KU SRC

การประชุมวิชาการ ประจำปี 2563

ANNUAL CONFERENCE

28 สิงหาคม 2563

KASETSART UNIVERSITY

คำนำ

การจัดประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเป็นเวทีให้นักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ในหลากหลายสาขาวิชาได้ประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ และงานวิจัย โดยร่วมนำเสนอบทความวิชาการ ผลงานวิจัย และสิ่งประดิษฐ์ เพื่อเป็นรากฐานของการพัฒนาอย่างยั่งยืน

คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ คณะกรรมการดำเนินงาน ผู้เข้าร่วมประชุม รวมทั้งผู้ให้การสนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

คณะกรรมการดำเนินงาน

สารจากรองอธิการบดี วิทยาเขตศรีราชา



จากนโยบายของประเทศ ที่มุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนาด้านการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างโอกาสในการแข่งขันและเพื่อให้ประเทศไทยหลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง จึงจำเป็นที่จะต้องมีการเผยแพร่ผลงานวิจัยในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการนำไปใช้งาน การประชุมทางวิชาการจึงเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการเผยแพร่ผลงานวิจัย ให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เกิดเครือข่ายการวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จึงได้กำหนดจัดการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2563 “The 4th KU SRC Annual Conference 2020” เป็นการจัดประชุมต่อเนื่อง ซึ่งในครั้งนี้เป็นการจัดประชุมแบบ Online ผ่านระบบ Application Zoom เพื่อเป็นการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 (COVID-19) ซึ่งการจัดการประชุมดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อก่อให้เกิดความร่วมมือทางวิชาการระหว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กับหน่วยงานภายนอกด้านการวิจัยและหน่วยงานเอกชนที่มีชื่อเสียง อีกทั้งเป็นช่องทางในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงานวิจัย ในหลากหลายสาขาวิชาระหว่างนักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ซึ่งตอบสนองต่อนโยบายของประเทศที่มุ่งเน้นการพัฒนาการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างโอกาสในการแข่งขัน ตลอดจนนโยบายของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการเป็นมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จึงเป็นเวทีให้คณาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไปได้ประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ และงานวิจัย โดยให้การสนับสนุน การเผยแพร่ และถ่ายทอดผลงานวิจัยสู่สังคม ในรูปแบบของการประชุมวิชาการระดับชาติ ซึ่งเป็นเวทีหนึ่งในการแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ และงานวิจัย และเพื่อเป็นการสร้างเครือข่ายนักวิจัยภายในประเทศต่อไป

ท้ายนี้ ผมขอขอบคุณผู้สนับสนุนจากภาครัฐและเอกชน รวมทั้งผู้ดำเนินงาน และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ช่วยให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ซึ่งได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง เป็นครั้งที่ 4 และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา คาดว่าจะได้รับความร่วมมืออีกในโอกาสต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.เสรี กุญแจนาค
รองอธิการบดีวิทยาเขตศรีราชา

หัวข้อในการประชุม

1. นวัตกรรมและเทคโนโลยี (Innovation and Technology)
2. วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Sciences and Applied Sciences)
3. วิทยาศาสตร์การเดินเรือและเทคโนโลยี (Marine Science and Technology)
4. การเงินและบัญชี (Finance and Accounting)
5. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)
6. เศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ (Economics and Applied Economics)
7. การจัดการ (Management)
8. การตลาด (Marketing)
9. ธุรกิจระหว่างประเทศ (International Business)
10. โลจิสติกส์ (Logistics)
11. กิจการให้บริการและการท่องเที่ยว (Hospitality and Tourism)

ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ
ผศ.ดร.ธเนศ วงศ์หงษ์
ผศ.วารุณี ตันติวงศ์วาณิช
อ.ดร.ไชยวัฒน์ กล่ำพล
ผศ.ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ
ผศ.ดร.สุนทรี เหล่าพัดจัน
ผศ.พรทิวา วิจิตรโกเมน
ผศ.ดร.กิติยา ทัศนะบรรจง
ผศ.ดร.ฐิติมา ไชยะกุล
ผศ.ดร.ศิรินุช อินละคร
ผศ.ปิยะดา โล
ผศ.ดร.นิภา นิรุตติกุล
ผศ.ณัฐวุฒิ ทรัพย์สมบัติ
ผศ.ดร.ภัสรา พงษ์สุขเวชกุล
ผศ.ดร.สมบูรณ์ สารพัด
ผศ.ดร.สมภพ จรุงธรรมโชติ
ผศ.ดร.ถิตรัตน์ พิมพาภรณ์
อ.ดร.เอกอนงค์ ตั้งฤกษ์วราสกุล
ผศ.กิริยา กุลชนะรัตน์
รศ.ดร.สถาพร เชื้อเพ็ง
อ.ดร.ปาริฉัตร เต็งสุวรรณ์
ผศ.ประไพพิศ สวัสดิ์รัมย์
ผศ.เชฎฐา ชำนาญหล่อ
อ.ดร.อธิวัฒน์ บุญมี
ผศ.ดร.รจนา ประไพนพ

ผศ.ดร.อนุวัฒน์ อรรถไชยวุฒิ
ผศ.ดร.จุฑามาศ ทวีไพบูลย์วงษ์
รศ.ดร.ฐิติวรรณ ศรีเจริญ
ผศ.ดร.ฐิติกร พัตนพิบูล
ผศ.ดร.ศิริรัตน์ ชุติชูเดช
ผศ.พัทธนันท์ เศรษฐนันทโภคิน
อ.ดร.พงศ์ภัค บานชื่น
ผศ.รัชรินทร์ กุลชาติ
ผศ.ดร.ศิรินุช อินละคร
ผศ.นิตยา โหราเรือง
ผศ.ดร.ธิญาดา พิชญาศุภกุล
ผศ.ดร.พรพรหม พรหมเพศ
อ.ดร.จุมพฏ บริราช
ผศ.ดร.จิตต์โสภิน มีระเกตุ
ผศ.ดร.พิมพรรณ สุจารินพงศ์
ผศ.ดร.วราภรณ์ ตั้งจิตรเจริญ
ดร.เจษฎา วงศ์แสนสุขเจริญ
รศ.ดร.ยอดชาย เตียเปี้ย
อ.ดร.ชาตินักรบ แสงสว่าง
ผศ.ดร.วุฒิพงศ์ อาจริยอาจอง
ผศ.ดร.นรารัก บุญญานาม
ผศ.พีรญา พงษ์ปรสุวรรณ์
อ.ดร.พัชรา ศรีพระบุ
อ.ดร.วรญา เนื่องมัจฉา
รศ.ดร.สมพล สกุลหลง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ต่อ)

ผศ.พัชนิจ เนาวพันธ์
ผศ.ดร.ทองใส จำนงการ
ผศ.จักรินทร์ กลั่นเงิน
ผศ.ดร.ประภาพรรณ เกษราพงศ์
ผศ.ดร.ปัญญา แขน้ำแก้ว
รศ.ดร.ณัฐศักดิ์ บุญมี
รศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย
รศ.ดร.ไพโรจน์ ทองประศรี
ผศ.ดร.เกวลิน มะลิ
ผศ.ดร.ภัทรวดี สุ่มทอง นาคมี
ผศ.ดร.สุภัทรชัย ชมพันธุ์
ผศ.ดร.โชติกา หยกทองวัฒนา
รศ.ดร.โชติกา หยกทองวัฒนา
ผศ.ดร.นิธิรัชต์ สงวนเดือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผศ.ดร.สุวรรธนา เทพจิต
อ.ดร.ภาตย์ สังข์แก้ว
รศ.ดร.สักรินทร์ อยู่ผ่อง
รศ.ดร.กัมปนาท เทียนน้อย
ผศ.ดร.อรษา ตันติยะวงศ์ษา
ผศ.ดร.กมลนัทธ์ มีถาวร
รศ.ดร.ปิ่นกนก วงศ์ปิ่นเพ็ชร์
รศ.ดร.ณพล อยู่บรรพต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศ.ดร.สนอง เอกสิทธิ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผศ.ดร.สมเกียรติ ตันติวงศ์วาณิช

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

รศ.สงกรานต์ กันทวงศ์

มหาวิทยาลัยบูรพา

รศ.ดร.ธนวัฒน์ พิมลจินดา
อ.ดร.ปิยะวัฒน์ ชนินทร์ตระกูล
อ.ดร.ปารีชา รัตนศิริ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อ.ดร.กฤษณรัช นิติสิริ ผศ.ดร.ฐิติพงศ์ จำรัส

มหาวิทยาลัยรังสิต

ผศ.ดร.วรรณกิตติ์ วรรณศิลป์

มหาวิทยาลัยมหิดล

อ.ดร.ธีรธร ยูงทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

อ.ดร.จตุพร อรุณกมลศรี อ.ดร.วิริยา นิตย์ธีรานนท์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผศ.ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ ผศ.ดร.ธัชพงศ์ ชูศรี

อ.ดร.สมคิด ภูมิโคกรักษ์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อ.ดร.ณัฏฐพัชร มณีโรจน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผศ.ดร.รัตนพล มงคลรัตนาสิทธิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

อ.ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

รศ.ดร.กฤษณ์ ปิ่นทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อ.ดร.เอกรงค์ สุขจิต

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผศ.ดร.วนิดา เจียรกุลประเสริฐ

รศ.ดร.ธนภร อำนวยกิจ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ผศ.ดร.จักรพันธ์ กิตตินรรัตน์

Honorary Consulate of Finland

ผศ.ดร.ฤทธิกร ศิริประเสริฐโชค

ประวัติ Keynote Speaker



คุณชัชวาลย์ วัฒนะโชติ

นักลงทุน และ ผู้ประกอบการในอสังหาริมทรัพย์

Influencer เจ้าของช่อง KIM Property Live ทาง YouTube และ Facebook มีผู้ติดตามรวม 500,000 คน

<u>ด้านการศึกษา</u>

- ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ปริญญาโท การจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA)

<u>ด้านการลงทุน ทำธุรกิจ</u>

- นักลงทุน และผู้ประกอบการณ์ในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์
- ผู้ร่วมก่อตั้ง บริษัท ZET Estate (Thailand)
- เจ้าของบริษัท W ASSET (Thailand)
- วิทยากรรับเชิญ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- อดีตนายก สโมสรโรตารี บ้านไร่ ปี 2015
- รางวัลนักธุรกิจเผื่อชุมชน จาก สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ
- นักเขียน Best Seller หนังสือ ความลับของอสังหาฯ ที่คนรวยไม่บอกคุณ

<u>ด้านประสบการณ์สอนและช่องทางถ่ายทอดความรู้</u>

- https://www.youtube.com/user/kimchatchawan
- www.facebook.com/kim.properth

สารบัญ

หัวข้อที่ 1 นวัตกรรมและเทคโนโลยี (Innovation and Technology) **หน้า**

ID006	The Ripeness of Bananas Classification with Machine Learning	1
ID030	A pilot-scale Production of Isomalto-oligosaccharide from Tapioca Starch	11
ID036	Developing Discharged Instructive Application of Mild Traumatic Brain Injury in Low Risk Caregiver on Mobile Devices	17
ID083	The Development of Inventory Process Management Model Of P.C.Takashima (Thailand) Co.,Ltd	27

หัวข้อที่ 2 วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Sciences and Applied Sciences) **หน้า**

ID003	Biodegradable Nursery Pot from Beverage Labelling Waste and Coconut Bagasse	36
ID009	Fruit and Seed Biological Characteristics of Tongkat Ali	46
ID015	Assessment of Carbon Footprint and Water Footprint from the Electricity Usage of the Building Activities in the University	52
ID018	Water Footprint of Industrial Tomato Cultivation in Lampang Province	61
ID019	Factors affecting progression of HIV infected patient at Chonburi hospital, Chonburi province	71
ID025	Abundance, factor affecting abundance, and breeding behavior of rock pigeons (Columba livia) in Kasetsart University, Sriracha Campus	78
ID027	Protein Extraction from Defatted Rice Bran by Xylanase, Phytase and Cellulase	88
ID039	Release of Major Plant Nutrients from Cassava Manufacturing Wastes in an Incubation Study	95
ID044	Fractionation and screening for antimicrobial activities from Peltophorum dasyrhachis (Mig.)	106
ID045	Callus induction and effect of elicitors on antioxidant activity of GAC momordica cochinchinensis (Lour.) Spreng. callus cultured in liquid media	113

หัวข้อที่ 2 วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Sciences and Applied Sciences) **หน้า**

ID046	Effect of Germination on Bioactive Compounds and Antioxidant Activities in Soy-Adzuki Milk	120
ID048	A Diarylheptanoid from Curcuma comosa Roxb. Mediates Wnt/β-catenin Signaling Pathway in the Regulation of Erythroid Cell Proliferation	129
ID054	The Study of antioxidant activity of Tao (Spirogyra spp.) in some lentic and lotic water area, Chiang Rai district, Chiang Rai Province	136
ID056	Analysis of Wastewater Treatment Plants in Chonburi Province Managed by Wastewater Management Authority	143
ID057	Automatic Chatbot for Answering Diseases of Elderlies	154
ID058	Optimization of pLVX-TetOne-Puro-AcGFP1 Lentiviral Vector Transduction for Hematopoietic Stem Cell Gene Therapy	163
ID060	Analyses of Genomic tRNA in Paenibacillus larvae; a Causative Agent of American Foulbrood (AFB) disease in Honey bees	172
ID065	Potentiality of waste filter cake from sugar industry as an adsorbent via hydrothermal carbonization	180
ID068	Effects of acid sugar and film forming agent types on properties of seasoning film	188
ID073	Households Electronic Waste Management: A Case study of Wat Buppharam Community, Bangkok	196
ID077	Effect of Sesame Oil Substitution to Coconut Milk on Quality of Ar-Koh Product	204
ID080	The study of bacterial contamination in water from drinking water vending machine and the identification of bacterial using nucleotide sequence of 16S rRNA gene	212
ID081	Influence of protein additions on the quality of gluten-free bread	220
ID082	Antibacterial activities of Vetiver grass extracts against dental carries bacteria Streptococcus mutans	226

หัวข้อที่ 2 วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Sciences and Applied Sciences) **หน้า**

ID091	Factors Affecting Decision to Drink Alcohol of High School Students: A Case Study in Private School of Klong Luang District Phatum Thani Province	231
ID094	Greenhouse Gas Emission from tourist traveling in Koh Larn, Pattaya City, Chonburi Province	238
ID102	Low-cost Langendorff perfusion system for rat cardiomyocyte isolation	244

หัวข้อที่ 3 การเงินและบัญชี (Finance and Accounting) **หน้า**

ID005	The Relationship Between Profitability, Price-to-Book Ratio And Stock Valuation With Enterprise Multiple Among Companies From Industrial Product Group In The Stock Exchange of Thailand	248
ID012	Effects of the Internal Control System in Accounting and Finance on the Performance Efficiency of Accountants in the Service Industry in the Central Region	257
ID049	Desirable characteristics of an accountant affecting the success of an accountant's work in Bangkok and its vicinity	269
ID085	The Effect of Executive Compensation on the Relationship between Discretionary Accruals Earnings Management and Firm Performance	278

หัวข้อที่ 4 วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) **หน้า**

ID001	An experimental study of auto-ignition of cooking oil by an induction cooker	288
ID010	Hull Shape Design of an Autonomous Underwater Glider	298
ID013	Analysis of Capacity of Means of Egress using Evacuation Software, case study Museum Building	303
ID016	Production Line Efficiency and Optimal Allocation Operators by Simulation Model A Case Study Oil Filter Automotive Manufacturer	311
ID017	Study of guidelines for studying waste in developed countries to be a guideline for the development of waste management systems in Thailand	322

หัวข้อที่ 4 วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) **หน้า**

ID020	Performance-Based Analysis for Life Safety using ALOHA Software; Case Study Assembly Auto Parts Manufacturing Plant	329
ID028	An Experimentel Study of Piloted Ignition and Burning Behavior of Firefighter Suit	341
ID031	Expiration platelet count: Blood Bank and Transfusion Medicine, Songklanagarind Hospital	349
ID038	A study of the SRG control method using dSPACE controller	357
ID041	Statistical Downscaling method for monthly Rainfall under Climate Change In the Eastern Economic Corridor	364
ID051	Modeling for Liquefied Petroleum Gas Leaks in Three Dimensions by Computational Fluid Dynamics Software to Determine the Safety Distance	372
ID055	Modeling Aromatics Production from Mixtures of Butanes and Butenes with Chemical Equilibria	379
ID059	The Effect of Water Flow Rate on Heat Transfer Efficiency for Closed Cooling Tower	389
ID062	A Study of Rail Weld Inspection Using Acoustic Emission	397
ID064	An Autonomous Vehicle Controlled using Vision-Based Approach	404
ID070	Defects Reduction in Engine Bracket Steering Parts Production Process: A Case Study of Metal Casting Company	410
ID071	Fire Evacuation Simulation of Ball Joint Part Factory	417
ID072	Long Pepper Drying Using a Combined Hot Air and Infrared Radiation	424
ID076	A Study of Water Footprint of Rice in Nakhon Si Thammarat Operation and Maintenance Project	430
ID078	Simulation of Fire Evacuation using Pathfinder Program: A Case Study of Child Development Center	437
ID084	Fuzzy Supervisory Control and Implementation of a Flexible-Joint SCARA Robot	444
ID086	The development of telerounding robot	452

หัวข้อที่ 4 วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) **หน้า**

ID087 A Development of Mathematical Model for Truck Transportation Scheduling to Optimize Truck Turn Driver and Truck Utilization 458

ID088 Empirical Model of Stress Distribution in Meter-gauge Ballasted Railroad Track 464

ID092 Fire Risk Assessment: A Case Study of Building Decorated by Aluminum Composite 475

ID093 Study on the deformation behavior of soft Kaolin clays under cyclic loadings 483

ID095 Design and development of automatic tablet counting machine 489

ID096 Development Guidelines on a Labor Database System for Employers 496

ID104 A Mathematical Model for Medical-glove Production Planning Problem 502

ID106 Effects of number of open-hole on ultimate tensile strength properties of glass fiber-reinforced composite materials 508

ID107 Comparison of Fire Evacuation Time between Actual Evacuation and Evacuation Simulations by Pathfinder Software: Case Study Carbon Fiber Reinforced Polymers Industry 516

ID108 Performance analysis of fire sprinkler system; Case study HDPE warehouse 524

ID109 Setup Time Reduction for Vacuum Thermoforming Machine 534

ID110 A Study of Water Footprint of Rice using Sprinkler and Drip Irrigation 544

หัวข้อที่ 5 เศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ (Economics and Applied Economics) **หน้า**

ID007 Forecasting for the prices of Rubber Unsmoked Sheet by Box-Jenkins Method 550

ID022 Factors Affecting Foreign Capital Movement in the Stock Exchange of Thailand 551

ID023 Employment Effect of Tax Deduction for Tourism 559

ID040 Some findings from open budget survey: Promoting transparency for supreme audit institution 568

ID043	Factors Affecting the Purchasing Decision on the Plant Chaengwattana Ratchapruek Single Housing Project by Pruksa Real Estate Public Company Limited	569
ID050	Factors Influencing the Selection of Bus Transport of the Transport Co.,Ltd. (Hua Hin Station)	577
ID061	Consumer behavior and factors affecting the decision to renew the voluntary motor insurance policy of the labor force insuring	585

หัวข้อที่ 6 การจัดการ (Management) **หน้า**

ID008	Optimization Sales Forecasting Model for Production Planning: A Case Study of Fast Food Restaurant	594
ID021	Trader’s Satisfaction on Buying Gemstone in Chanthaburi Gems Market	601
ID029	ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร	610
ID033	Academic Achievement, Expectation, Social Support from Friend and Result of the License Examination and Registration of Thai Traditional Medicine Professional among Students Graduated from Thaksin University	621
ID034	Factors Related Using Herbal Medicines Behaviour in Primary Health Care among Thaksin University Students Phatthalung Campus	631
ID035	Study of factors affecting the educational achievement of undergraduate students in Thai traditional medicine program, Thaksin University	641
ID047	Factor affecting to generate development model of new generation line leader in a case study of leading glass manufacturer group in Thailand	651
ID052	Developing environmental health management systems in emergencies and disasters, Department of Health	660
ID069	Guidelines of Communication Management for Image of Rambhai Brani Rajabhat University	667

หัวข้อที่ 6 การจัดการ (Management) **หน้า**

ID074 The Influenced of the Leadership Style to be Successful of the Improvement Projects Presented in the Contest of Task Achieving Type Golden Ant of ABC Company 679

ID079 Success of Kerry Express (Thailand) Company Limited in Lampang 688

ID111 Logistics Management in Property Administration in Case Study of Snack Factory in Pathumthani Province 696

หัวข้อที่ 7 การตลาด (Marketing) **หน้า**

ID026 Demographic Characteristics, Brand Reliability and Brand Confidence Affecting the Loyalty of Moshi Moshi Shop, Thai Brand Products in Japanese Style, Tesco Lotus Suphanburi Branch 704

ID053 Effect of Consumer Perception Process towards Sustainability Marketing on Brand Equity of Coffee Stores X 714

หัวข้อที่ 8 โลจิสติกส์ (Logistics) **หน้า**

ID075 Factors Affecting the Usage of School Buses 723

ID090 Improvement of Taxi Service Efficiency Based on GPS Big Data 731

หัวข้อที่ 9 กิจการให้บริการและการท่องเที่ยว (Hospitality and Tourism) **หน้า**

ID024 Intercultural Service Encounters in Hospitality: A Survey and Theoretical Framework 741

ID089 Attributes of Food and Beverage Quality Related to Customer Loyalty in Thai restaurants: A Case of Pattaya, Thailand 747

ID097 Cultural Tourism: Examples of Travel Routes with German Architectural Traces in Thailand 758

ID100 Impact of COVID-19 pandemic and Tourism recovery of Phuket province from the perspective of professional tourist guides 769

หัวข้อที่ 9 กิจการให้บริการและการท่องเที่ยว (Hospitality and Tourism) **หน้า**

ID105 Guideline for promotion of potential tourism in Bor Hin Subdistrict Sikao District Trang Province 779

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Innovation and Technology

ID006

การคัดแยกความสุกดิบของกล้วยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

The Ripeness of Bananas Classification with Machine Learning

ศศิน เทียนดี[1*] สุณัฏฐา ไวธัญญะกรรม[1] ปรวี วงศ์สวัสดิ์สุริยะ[1] และ อรอุมา พร้าโมต[2]
[1]โครงการจัดตั้งภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[*]E-mail: sasin.t@ku.th

Sasin Tiendee[1*], Sunutta Waithanyakam[1], Poravee Wongsawatsuriyha[1] and On-Uma Pramote[2]
[1]Department of Computing Establishment Project, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Kasetsart University
[2]Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University
[*]E-mail: sasin.t@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการคัดแยกความสุกดิบของกล้วยด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ข้อมูลภาพที่ใช้เป็นภาพกล้วยสุกและกล้วยดิบ ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอมทอง โดยบันทึกข้อมูลภาพในระบบสีอาร์จีบี (RGB) ด้วยกล้องดิจิทัล ในพื้นที่แสง 3 สภาพแสง คือ แสงในที่ร่ม แสงในห้อง และแสงกลางแจ้ง ค่าสีอาร์จีบี (RGB) ถูกใช้เป็นคุณลักษณะ (Feature) โดยที่นำค่าเหล่านั้นทำการทดลองจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน (K-Mean) พบว่าระนาบสีในระบบสีดังกล่าว มีค่าแนวโน้มที่บ่งชี้ว่าสามารถใช้เป็นคุณลักษณะแบ่งแยกความสุกดิบได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการสร้างโมเดลตัวจำแนกด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยแบ่งชุดข้อมูลภาพออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดข้อมูลเรียนรู้และชุดข้อมูลทดสอบ ในระยะการเรียนรู้ พบว่าตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยการตรวจสอบไขว้ จำนวน 10 รอบ (10-Fold Cross- Validation) ให้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เท่ากับ 94.5 % และ 94.11 % ตามลำดับ และในระยะการทดสอบตัวจำแนก มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) ในการจำแนกค่าสีกล้วยดิบและกล้วยสุก เท่ากับ 96.14 % และ 95.18 % ตามลำดับ

คำหลัก กล้วย ความสุกดิบ ค่าสีอาร์จีบี การจัดกลุ่มแบบเคมีน การคัดแยก การเรียนรู้ของเครื่อง

Abstract

The research proposed the method of the ripeness of bananas classification with Machine Learning. The images of ripe and unripe bananas are Lady Finger banana, Pisang Awak banana, and Gros Michel banana. They are taken by digital cameras in three lights environments: indoor light, outdoor light, and room light. The RGB color values of the bananas are used for the features. These features passed to K-Mean Clustering. It was found that the color plane in the RGB color system has a trend value indicating that it can be used as a feature to the ripeness classification. Therefore, this research has chosen to create the classifier are Logistic Regression and Decision Tree methods. The images dataset are separated into the learning and the testing phases. In the learning phase, the results showed that the classifiers created by

Logistic Regression and Decision Tree with 10-fold cross-validation, the accuracy values are 94.5% and 94.11% respectively. Then, the testing phase, the accuracy values are 96.14% and 95.18% respectively
Keywords: Bananas, Ripeness, RGB Color, K-Mean Clustering, Classification, Machine Learning

1. บทนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภค เป็นพืชที่ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ ปลูกและดูแลรักษาง่าย ให้ผลผลิตเร็ว เจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย เมื่อกล้วยดิบจะมีเปลือกสีเขียวและเมื่อกล้วยสุกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แต่ก็มีกล้วยบางสายพันธุ์ที่ไม่สามารถพิจารณาความสุกดิบจากสีผิวเปลือกกล้วยได้ ในธุรกิจส่งขายกล้วยที่ต้องคัดแยกความสุกดิบของกล้วยในปริมาณมาก ๆ ต้องใช้คนเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อต้นทุนค่าแรงที่เพิ่มขึ้นด้วย

งานวิจัยนี้นำเสนอการคัดแยกความสุกดิบของกล้วยด้วยระบบอัตโนมัติโดยอาศัยการเรียนรู้ของเครื่อง ใช้กล้วย 3 สายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง และกล้วยน้ำว้า ซึ่งเป็นกล้วยที่สามารถพิจารณาความสุกดิบจากสีผิวเปลือกกล้วยได้ ใช้กล้องดิจิทัลบันทึกข้อมูลภาพของกล้วยภายใต้ 3 สภาพแสง ได้แก่ แสงในที่ร่ม แสงในห้อง และแสงกลางแจ้ง โดยใช้ฉากหลังสีน้ำเงิน และทำการสร้างตัวจำแนกด้วยการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้คุณลักษณะ (Feature) เป็นค่าสีอาร์จีบี (RGB) จากภาพข้อมูลกล้วย 3 สภาพแสงเหล่านั้น จึงทำให้ตัวจำแนกความสุกดิบของกล้วยสามารถคัดแยกสีของเปลือกกล้วยได้ดีในสภาพแสงที่แตกต่างกันได้ ซึ่งงานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการคัดแยกความสุกดิบของกล้วย ลดต้นทุนค่าแรงในการจ้างคน มีความแม่นยำเพิ่มขึ้นได้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่า งานวิจัยของ Mendoza et al. [1] ได้บันทึกข้อมูลภาพกล้วยในสภาพแสงที่ได้กำหนดไว้โดยเฉพาะในอุปกรณ์และใช้ระบบสีแอลเอบี (LAB) เป็นส่วนหนึ่งของคุณลักษณะ (Feature) ที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง งานวิจัยของ Mustafa et al. [2] ทำการประมวลผลภาพโดยใช้ระบบสีแอลเอบี (LAB) เพื่อวัดขนาดและนับค่าสีของเปลือกกล้วย งานวิจัยของ Saad et al. [3] บันทึกข้อมูลภาพเป็น 3 ชุด ตามระยะการสุกดิบของกล้วย 3 ระยะ ไม่ได้ระบุถึงสภาพแสงที่ใช้บันทึกข้อมูลภาพ และใช้ค่าฮีสโตแกรมของภาพระบบสีอาร์จีบี (RGB) เป็นคุณลักษณะในการเรียนรู้ของเครื่อง งานวิจัยของ Intaravanne et al. [4] ออกแบบอุปกรณ์ในการประมาณค่าความสุกดิบของกล้วยโดยอาศัยการวิเคราะห์สเปกตรัม (2D Spectral) และบันทึกภาพด้วยโทรศัพท์มือถือ งานวิจัยของ Kulkarni et al. [5] ใช้ค่าความต้านทานของกล้วยและการประมวลผลภาพสีในระบบอาร์จีบี (RGB) ไม่ได้ระบุถึงสภาพแสงที่ใช้บันทึกข้อมูลภาพ เป็นคุณลักษณะให้กับฟัซซี่ลอจิกในการจำแนกความสุกดิบของกล้วย งานวิจัยของ Marimuthu et al. [6] ใช้ชุดข้อมูลภาพ MUSA ซึ่งบันทึกภาพแบบไฟส่องสว่างสม่ำเสมอ (Uniform Illumination) และใช้ระบบสีเอชเอสวี (HSV) และแอลเอบี (LAB) เป็นคุณลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครื่อง งานวิจัยของ Xie et al. [7] ใช้การบันทึกข้อมูลภาพแบบไฮเปอร์สเปกตรัม (Hyperspectral Image) ในการกำหนดสีของกล้วยในระบบสีแอลเอบี (LAB) เพื่อใช้ในการจำแนกความสุกดิบของกล้วย งานวิจัยของ Sabilla et al. [8] บันทึกข้อมูลภายในอุปกรณ์ควบคุมแสง ใช้ข้อมูลภาพในระบบสีอาร์จีบี (RGB) ทำการแปลงเป็นภาพระดับเทา (Grayscale) และใช้การเรียนรู้ของเครื่องมากกว่าหนึ่ง งานวิจัยของ Vetrekar et al. [9] ใช้ข้อมูลภาพหลายสเปกตรัม (Multi-spectral Imaging) ร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อใช้คัดแยกความสุกดิบของกล้วย งานวิจัยของ Maimunah et al. [10] บันทึกข้อมูลภาพภายในอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบไว้ โดยจะทำการบันทึกข้อมูลภาพในทุกช่วงเวลาจากกล้วยดิบจนไปถึงสุก และใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกความสุกดิบของกล้วย งานวิจัยของ Mazen et al. [11] บันทึกข้อมูลภาพด้วยกล้องดิจิทัลไม่ได้ระบุถึงสภาพแสง ทำการแปลงข้อมูลภาพในระบบสีอาร์จีบี (RGB) เป็นระบบสีเอชเอสวี (HSV) และคำนวณค่าคุณสมบัติต่าง ๆ นำไปใช้สร้างตัวจำแนกความสุกดิบของกล้วย

จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้ทำการบันทึกข้อมูลภาพของกล้วยด้วยกล้องดิจิทัล ภายใต้ 3 สภาพแสง ได้แก่ แสงในที่ร่ม แสงในห้อง และแสงกลางแจ้ง และเลือกใช้ระบบสีอาร์จีบี (RGB) เป็นคุณลักษณะในการสร้างตัวจำแนกความสุกดิบของกล้วย ซึ่งยังไม่มีการทำวิจัยในลักษณะนี้มาก่อน

3. วิธีการที่นำเสนอ

งานวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการจัดเตรียมชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยสุกและดิบโดยใช้ระบบสีอาร์จีบี (RGB) และทำการคำนวณหาแนวโน้มของค่าสีเปลือกกล้วยสุกและดิบว่าระนาบสีใดของระบบสีอาร์จีบี (RGB) จะมีอิทธิพลต่อการแบ่งแยกสีเปลือกกล้วยสุกและดิบ เพื่อใช้ประเมินเบื้องต้นว่าค่าสีในระบบสีอาร์จีบี (RGB) สามารถใช้คัดแยกสีเปลือกกล้วยสุกและดิบได้ จากนั้นจะใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ทำการเรียนรู้ค่าสีในระบบอาร์จีบี (RGB) ของเปลือกกล้วยสุกและดิบของกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ภายใต้ 3 สภาพแสง เพื่อสร้างโมเดลสำหรับคัดแยกสีของเปลือกกล้วยสุกและดิบ พร้อมประเมินประสิทธิภาพของโมเดลและทำการทดสอบใช้งานโมเดลที่สร้างขึ้นรายละเอียดมีลำดับดังนี้

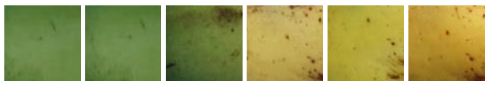
3.1 การจัดเตรียมชุดข้อมูลภาพสำหรับการเรียนรู้

งานวิจัยนี้ได้จัดทำชุดข้อมูลภาพ PSRU-KU และทำการแบ่งออกเป็น 6 ชุด ได้แก่ (1) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่ดิบ (2) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่สุก (3) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองดิบ (4) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองสุก (5) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ และ (6) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก แต่ละชุดข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลภาพบันทึกภายใต้ 3 สภาพแสง ได้แก่ (1) แสงในที่ร่ม (2) แสงในห้อง และ (3) แสงกลางแจ้ง ข้อมูลภาพแต่ละชุดจะมีฉากหลังเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งข้อมูลภาพมีขนาด 1616 x 1080 พิกเซล งานวิจัยนี้จะนำข้อมูลภาพทั้ง 6 ชุด มาทำการตัดแบ่งภาพโดยเลือกบริเวณผิวเปลือกกล้วยให้เป็นภาพขนาดเล็กเท่ากับ 101 x 101 พิกเซล โดยอาศัยการประมวลผลภาพด้วยแม่แบบ (Template) ขั้นตอนการตัดแบ่งภาพบริเวณผิวเปลือกกล้วยให้เป็นภาพขนาดเล็กแสดงดังภาพที่ 1 ตัวอย่างการตัดแบ่งภาพแต่ละชุดข้อมูลแสดงดังภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 4

พิจารณาตารางที่ 1 รายละเอียดการแบ่งชุดข้อมูลภาพ PSRU-KU ออกเป็น 6 ชุดข้อมูลภาพของกล้วย 3 สายพันธุ์ภายใต้ 3 สภาพแสง จะได้ชุดข้อมูลภาพละ 450 ภาพ ซึ่งประกอบด้วย (1) ข้อมูลภาพในสภาพแสงในที่ร่ม จำนวน 150 ภาพ (2) ข้อมูลภาพในสภาพแสงในห้อง จำนวน 150 ภาพ และ (3) ข้อมูลภาพในสภาพแสงกลางแจ้ง จำนวน 150



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการตัดแบ่งภาพบริเวณผิวเปลือกกล้วยให้เป็นภาพขนาดเล็ก 101x101 พิกเซล



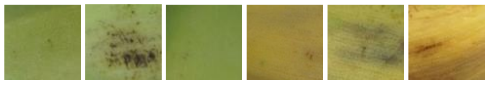
(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพขนาดเล็กของผิวเปลือกกล้วยไข่ดิบ (ก) แสงในที่ร่ม (ข) แสงในห้อง (ค) แสงกลางแจ้ง และผิวเปลือกกล้วยไข่สุก (ง) แสงในที่ร่ม (จ) แสงในห้อง (ฉ) แสงกลางแจ้ง



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 3 ตัวอย่างภาพขนาดเล็กของผิวเปลือกกล้วยหอมทองดิบ (ก) แสงในที่ร่ม (ข) แสงในห้อง (ค) แสงกลางแจ้ง และผิวเปลือกกล้วยหอมทองสุก (ง) แสงในที่ร่ม (จ) แสงในห้อง (ฉ) แสงกลางแจ้ง



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 4 ตัวอย่างภาพขนาดเล็กของผิวเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ (ก) แสงในที่ร่ม (ข) แสงในห้อง (ค) แสงกลางแจ้ง และผิวเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก (ง) แสงในที่ร่ม (จ) แสงในห้อง (ฉ) แสงกลางแจ้ง

ตารางที่ 1 การแบ่งชุดข้อมูลภาพ PSRU-KU ออกเป็น 6 ชุด

ชุดข้อมูลภาพกล้วย สุก/ดิบ	สภาพแสง	จำนวนภาพ	รวมภาพ
ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่ดิบ	แสงในที่ร่ม	150	450
	แสงในห้อง	150	
	แสงกลางแจ้ง	150	
ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่สุก	แสงในที่ร่ม	150	450
	แสงในห้อง	150	
	แสงกลางแจ้ง	150	
ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองดิบ	แสงในที่ร่ม	150	450
	แสงในห้อง	150	
	แสงกลางแจ้ง	150	
ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองสุก	แสงในที่ร่ม	150	450
	แสงในห้อง	150	
	แสงกลางแจ้ง	150	
ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ	แสงในที่ร่ม	150	450
	แสงในห้อง	150	
	แสงกลางแจ้ง	150	
ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก	แสงในที่ร่ม	150	450
	แสงในห้อง	150	
	แสงกลางแจ้ง	150	

3.2 การหาแนวโน้มของค่าสีเปลือกกล้วย

ในขั้นตอนนี้เป็นการคำนวณเพื่อหาแนวโน้มของค่าสีผิวเปลือกกล้วยสุกและดิบด้วยวิธีเคมีน (K-Mean) โดยใช้ 6 ชุดข้อมูลภาพของกล้วย 3 สายพันธุ์ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1 ชุดข้อมูลภาพละ 150 ภาพ ซึ่งประกอบด้วย (1) ข้อมูลภาพในสภาพแสงในที่ร่ม จำนวน 50 ภาพ (2) ข้อมูลภาพในสภาพแสงในห้อง จำนวน 50 ภาพ และ (3) ข้อมูลภาพในสภาพแสงกลางแจ้ง จำนวน 50 ภาพ ดังนั้นจะได้ (1) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่ดิบ จำนวน 150 ภาพ (2) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่สุก จำนวน 150 ภาพ (3) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองดิบ จำนวน 150 ภาพ (4) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองสุก จำนวน 150 ภาพ (5) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ จำนวน 150 ภาพ (6) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก จำนวน 150 ภาพ พิจารณาตารางที่ 1 ประกอบความเข้าใจ

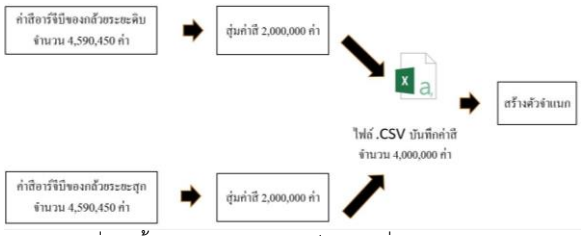
จากชุดข้อมูลภาพจำนวน 6 ชุดที่ได้มานั้น จะนำชุดข้อมูลแต่ละชุดนั้นมาทำการแบ่งกลุ่มค่าสีด้วยวิธีการเคมีน (K-Mean Clustering) สำหรับข้อมูลภาพในระบบสีอาร์จีบี (RGB) จะประกอบด้วยจุดสีหรือที่เรียกว่าพิกเซล โดยที่แต่ละพิกเซลประกอบไปด้วยค่าสีแดง (Red) ค่าสีเขียว (Green) และค่าสีน้ำเงิน (Blue) เริ่มต้นที่ ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่ดิบ จะทำการบันทึกค่าสีอาร์จีบี (RGB) ของชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่ดิบทั้งหมด เก็บไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ซึ่งค่าสีที่บันทึกได้จะมีจำนวน 1,530,150 ค่าสี หมายความว่าโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) นี้จะมีขนาด 1,530,150 แถว และ 3 หลัก ซึ่งก็คือค่าสีอาร์จีบี (RGB) จากนั้นนำข้อมูลค่าสีในแถวลำดับดังกล่าวมาคำนวณแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มด้วยวิธีการเคมีน ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ค่าสีอาร์จีบี (RGB) ที่เป็นจุดเซนทรอยด์ (Centroid) ของกลุ่มที่แบ่งได้จำนวน 3 กลุ่ม โดยที่จะดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นนี้จนครบทั้ง 6 ชุดข้อมูลภาพ

3.3 การสร้างตัวจำแนกสีเปลือกกล้วยสุกและดิบและประเมินประสิทธิภาพตัวจำแนก

ในงานวิจัยนี้ทำการทดลองสร้างตัวจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้จะใช้ชุดข้อมูลภาพเดียวกันในการสร้างตัวจำแนก โดยจะทำการรวมชุดข้อมูลภาพจำนวน 6 ชุดที่ได้จากการเตรียมในขั้นตอนที่ 3.2 และทำการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยสุกของกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ จำนวน 450 ภาพ ประกอบด้วย (1) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่สุก จำนวน 150 ภาพ (2) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองสุก จำนวน 150 ภาพ และ (3) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก จำนวน 150 ภาพ และ กลุ่มที่ 2 ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยดิบของกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์ จำนวน 450 ภาพ ประกอบด้วย (1) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่ดิบ จำนวน 150 ภาพ (2) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองดิบ จำนวน 150 ภาพ และ (3) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ จำนวน 150 ภาพ แสดงการแบ่งกลุ่มชุดข้อมูลภาพดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การแบ่งกลุ่มชุดข้อมูลภาพสำหรับใช้สร้างตัวจำแนก



ภาพที่ 6 ขั้นตอนกระบวนการเก็บค่าสีเพื่อสร้างตัวจำแนก

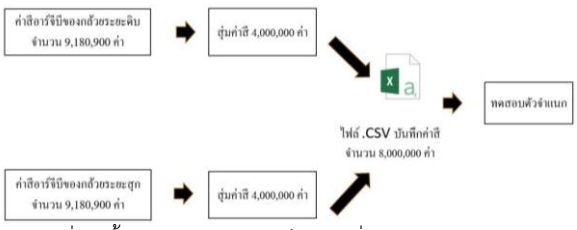
ในขั้นตอนนี้จะทำการนำเข้าชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยสุก 3 สายพันธุ์ จำนวน 450 ภาพ และทำการบันทึกค่าสีอาร์จีบี (RGB) ของชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยสุกทั้งหมดเก็บไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 1 ซึ่งจะมีค่าสีทั้งหมดจำนวน 4,590,450 ค่าสี และทำการสุ่มค่าสีไปใช้สร้างตัวจำแนก 2,000,000 ค่าสี โดยบันทึกไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 3 จากนั้นทำการนำเข้าชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยดิบ 3 สายพันธุ์ จำนวน 450 ภาพ และทำการบันทึกค่าสีอาร์จีบี (RGB) ของชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยดิบทั้งหมด เก็บไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 2 ซึ่งจะมีค่าสีทั้งหมดจำนวน 4,590,450 ค่าสี และทำการสุ่มค่าสีไปใช้สร้างตัวจำแนก 2,000,000 ค่าสี โดยบันทึกไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 3 ดังนั้นในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 3 จะมีค่าสีจำนวนทั้งสิ้น 4,000,000 ค่าสี พร้อมทั้งได้ระบุป้ายชื่อ (Label) ว่าค่าสีใดมาจากกลุ่มสีเปลือกกล้วยสุกหรือดิบ ซึ่งจะนำไปสร้างเป็นไฟล์ค่าที่คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (Comma Separated Value: CSV) และนำไปสร้างตัวจำแนกพร้อมประเมินประสิทธิภาพของตัวจำแนกด้วยการทำการตรวจสอบแบบไขว้จำนวน 10 รอบ (10 Fold Cross Validation) โดยใช้ซอฟต์แวร์แรพิดไมเนอร์ สตูดิโอ (RapidMiner Studio) ต่อไป แสดงขั้นตอนกระบวนการเก็บค่าสีเพื่อสร้างตัวจำแนก ดังภาพที่ 6

3.4 การทดสอบใช้งานตัวจำแนกสีเปลือกกล้วยสุกและดิบ

จากขั้นตอนที่ 3.3 จะได้ตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ในขั้นตอนนี้จะทำการสร้างชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยสำหรับทดสอบตัวจำแนกดังกล่าว โดยทำการสุ่มเลือกข้อมูลภาพจาก 6 ชุดข้อมูลภาพของกล้วย 3 สายพันธุ์ ชุดข้อมูลภาพละ 300 ภาพ สุ่มเลือกข้อมูลภาพที่ไม่ซ้ำกับข้อมูลภาพที่นำมาใช้สร้างตัวจำแนกข้างต้นซึ่งประกอบด้วย (1) ข้อมูลภาพในสภาพแสงในที่ร่ม จำนวน 100 ภาพ (2) ข้อมูลภาพในสภาพแสงในห้อง จำนวน 100 ภาพ และ (3) ข้อมูลภาพในสภาพแสงกลางแจ้ง จำนวน 100 ภาพ ดังนั้นจะได้ (1) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่ดิบ จำนวน 300 ภาพ (2) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่สุก จำนวน 300 ภาพ (3) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองดิบ จำนวน 300 ภาพ (4) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองสุก จำนวน 300 ภาพ (5) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ จำนวน 300 ภาพ (6) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก จำนวน 300 ภาพ โดยจะทำการรวมชุดข้อมูลภาพจำนวน 6 ชุดที่ได้จากการเตรียมข้างต้นมาทำการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยสุก 3 สายพันธุ์ จำนวน 900 ภาพ ประกอบด้วย (1) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่สุก จำนวน 300 ภาพ (2) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองสุก จำนวน 300 ภาพ และ (3) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก จำนวน 300 ภาพ และ กลุ่มที่ 2 ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยดิบ 3 สายพันธุ์ จำนวน 900 ภาพ ประกอบด้วย (1) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยไข่ดิบ จำนวน 300 ภาพ (2) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยหอมทองดิบ จำนวน 300 ภาพ และ (3) ชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบ จำนวน 300 ภาพ แสดงการแบ่งกลุ่มชุดข้อมูลภาพสำหรับใช้ทดสอบตัวจำแนกดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การแบ่งกลุ่มชุดข้อมูลภาพสำหรับใช้ทดสอบตัวจำแนก



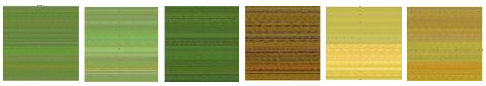
ภาพที่ 8 ขั้นตอนกระบวนการเก็บค่าสีเพื่อใช้ทดสอบตัวจำแนก

ในขั้นตอนนี้จะทำการนำเข้าชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยสุก 3 สายพันธุ์ จำนวน 900 ภาพ และทำการบันทึกค่าสีอาร์จีบี (RGB) ของชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยสุกทั้งหมดเก็บไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 1 ซึ่งจะมีค่าสีทั้งหมดจำนวน 9,180,900 ค่าสี และทำการสุ่มค่าสีไปใช้สร้างตัวจำแนก 4,000,000 ค่าสี โดยบันทึกไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 3 จากนั้นทำการนำเข้าชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยดิบ 3 สายพันธุ์ จำนวน 900 ภาพ และทำการบันทึกค่าสีอาร์จีบี (RGB) ของชุดข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยดิบทั้งหมด เก็บไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 2 ซึ่งจะมีค่าสีทั้งหมดจำนวน 9,180,900 ค่าสี และทำการสุ่มค่าสีไปใช้สร้างตัวจำแนก 4,000,000 ค่าสี โดยบันทึกไว้ในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 3 ดังนั้นในโครงสร้างข้อมูลแถวลำดับ (Array) ตัวที่ 3 จะมีค่าสีจำนวนทั้งสิ้น 8,000,000 ค่าสี พร้อมทั้งได้ระบุป้ายชื่อ (Label) ว่าค่าสีใดมาจากกลุ่มสีเปลือกกล้วยสุกหรือดิบ ซึ่งจะนำไปสร้างเป็นไฟล์ค่าที่คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (Comma Separated Value: CSV) และนำไปใช้ทำการทดสอบตัวจำแนกที่สร้างขึ้นข้างต้นด้วยซอฟต์แวร์แรพิดไมเนอร์ สตูดิโอ (RapidMiner Studio) ต่อไป แสดงขั้นตอนกระบวนการเก็บค่าสีเพื่อใช้ทดสอบตัวจำแนก ดังภาพที่ 8

4. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

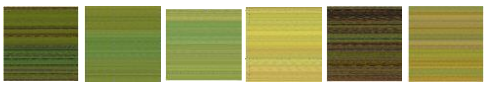
4.1 การพิจารณาแนวโน้มของค่าสีเปลือกกล้วย

ผลการหาแนวโน้มของค่าสีเปลือกกล้วยจากการนำชุดข้อมูลภาพผิวสีเปลือกกล้วยจำนวน 6 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ 1,530,150 ค่าสี ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนที่ 3.2 งานวิจัยนี้ทำการแบ่งกลุ่มค่าสีเปลือกกล้วยแต่ละชุดข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะประกอบด้วย ค่าสีแดง (R) ค่าสีเขียว (G) และค่าสีน้ำเงิน (B) ซึ่งเป็นจุดเซนทรอยด์ของกลุ่มค่าสี พิจารณาจากตารางที่ 2 จะเห็นว่าจุดเซนทรอยด์ของแต่ละกลุ่มของค่าสีเปลือกกล้วยดิบทั้ง 3 สายพันธุ์ จะมีค่าสีเขียวสูงกว่าค่าสีแดง ส่วนค่าสีน้ำเงินมีค่าต่ำสุด พิจารณาจากตารางที่ 3 ในส่วนของกล้วยสุกทั้ง 3 สายพันธุ์ จะมีค่าสีแดงสูงกว่าค่าสีเขียว ส่วนค่าสีน้ำเงินมีค่าต่ำสุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าข้อมูลภาพสีเปลือกกล้วยที่ใช้ระบบสีอาร์จีบี (RGB) นั้น ระนาบสีแดงและสีเขียวเป็นส่วนที่ใช้ในการคัดแยกความสุกดิบของสีเปลือกกล้วยได้ การแสดงค่าสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการเคมีนของกล้วยดิบและสุกทั้ง 3 สายพันธุ์แสดงดังภาพที่ 9 ถึง ภาพที่ 11 จะเห็นว่าการแบ่งแยกค่าสีของเปลือกกล้วยดิบและสุกแบ่งแยกกันชัดเจน แต่ก็ไม่สามารถระบุได้ว่าจะต้องมีค่าสีอาร์จีบี (RGB) เป็นตัวเลขเท่าใดในการแบ่งแยกความสุกดิบ ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้ค่าสีอาร์จีบี เป็นคุณลักษณะในการสร้างตัวจำแนกเพื่อคัดแยกความสุกดิบ ซึ่งจะรายงานผลในหัวข้อถัดไป



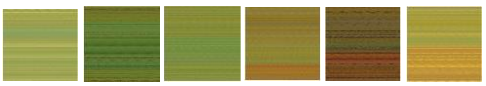
(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 9 ค่าสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการเคมีนของกล้วยไข่ดิบ (ก) กลุ่มที่ 1 (ข) กลุ่มที่ 2 (ค) กลุ่มที่ 3 และกล้วยไข่สุก (ง) กลุ่มที่ 1 (จ) กลุ่มที่ 2 (ฉ) กลุ่มที่ 3



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 10 ค่าสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการเคมีนของกล้วยหอมทองดิบ (ก) กลุ่มที่ 1 (ข) กลุ่มที่ 2 (ค) กลุ่มที่ 3 และกล้วยหอมทองสุก (ง) กลุ่มที่ 1 (จ) กลุ่มที่ 2 (ฉ) กลุ่มที่ 3



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 11 ค่าสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการเคมีนของกล้วยน้ำว้าดิบ (ก) กลุ่มที่ 1 (ข) กลุ่มที่ 2 (ค) กลุ่มที่ 3 และกล้วยน้ำว้าสุก (ง) กลุ่มที่ 1 (จ) กลุ่มที่ 2 (ฉ) กลุ่มที่ 3

4.2 การสร้างตัวจำแนกและการวัดประสิทธิภาพ

จากการนำชุดข้อมูลค่าสี จำนวน 4,000,000 ค่าสี มาสร้างตัวจำแนกตามรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนที่ 3.3 และผลการวัดประสิทธิภาพด้วยการทำการตรวจสอบไขว้ (Cross Validation) จำนวน 10 รอบ ของตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิตติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การแบ่งกลุ่มค่าสีเปลือกกล้วยดิบของกล้วย 3 สายพันธุ์ ด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

พันธุ์กล้วย	แบ่งกลุ่ม	กล้วยดิบ (ค่าสีเฉลี่ย)		
		สีแดง (R)	สีเขียว (G)	สีน้ำเงิน (B)
กล้วยไข่	กลุ่ม 1	111.61	141.20	65.04
	กลุ่ม 2	139.72	168.67	92.14
	กลุ่ม 3	79.80	112.53	45.43
กล้วยหอมทอง	กลุ่ม 1	84.71	92.21	34.38
	กลุ่ม 2	114.07	132.41	54.90
	กลุ่ม 3	141.44	158.55	79.78
กล้วยน้ำว้า	กลุ่ม 1	158.51	165.60	84.27
	กลุ่ม 2	96.92	117.30	46.12
	กลุ่ม 3	129.03	141.79	61.11

ตารางที่ 3 การแบ่งกลุ่มค่าสีเปลือกกล้วยสุกของกล้วย 3 สายพันธุ์ ด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

พันธุ์กล้วย	แบ่งกลุ่ม	กล้วยสุก (ค่าสีเฉลี่ย)		
		สีแดง (R)	สีเขียว (G)	สีน้ำเงิน (B)
กล้วยไข่	กลุ่ม 1	127.45	95.32	34.80
	กลุ่ม 2	215.56	195.83	88.52
	กลุ่ม 3	179.80	153.70	57.36
กล้วยหอมทอง	กลุ่ม 1	196.31	184.88	85.02
	กลุ่ม 2	81.93	70.71	37.26
	กลุ่ม 3	153.58	141.91	60.50
กล้วยน้ำว้า	กลุ่ม 1	144.46	123.56	49.65
	กลุ่ม 2	109.33	81.32	38.18
	กลุ่ม 3	178.76	153.92	61.18

ตารางที่ 4 ค่า TP, FP, FN, TN, Precision, Recall, F-Score, Accuracy ของตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิตติค

Class	TP	FP	FN	TN
กล้วยดิบ	1,897,892	117,745	102,108	1,882,255
	Precision	Recall	F-Score	Accuracy
	94.16 %	94.89 %	93.84 %	94.50 %
Class	TP	FP	FN	TN
กล้วยสุก	1,882,255	102,108	117,745	1,897,892
	Precision	Recall	F-Score	Accuracy
	94.85 %	94.11 %	94.48 %	94.50 %

จากตารางที่ 4 พบว่ากล้วยดิบมีค่าผลบวกจริง (True Positive: TP) เท่ากับ 1,897,892 ค่าผลบวกเท็จ (False Positive: FP) เท่ากับ 117,745 ค่าผลลบเท็จ (False Negative: FN) เท่ากับ 102,108 และค่าผลลบจริง (True Negative: TN) เท่ากับ 1,882,255 และกล้วยสุกมีค่าผลบวกจริง (True Positive: TP) เท่ากับ 1,882,255 ค่าผลบวกเท็จ (False Positive: FP) เท่ากับ 102,108 ค่าผลลบเท็จ (False Negative: FN) เท่ากับ 117,745 และค่าผลลบจริง (True Negative: TN) เท่ากับ 1,897,892 จากค่าดังกล่าวทำให้ได้ผลลัพธ์ต่างๆ สามารถคำนวณค่าความแม่นยำ (Precision) ของกล้วยดิบ เท่ากับ 94.16 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 94.85 % ค่าการจดจำคลาส (Recall) ของกล้วยดิบ เท่ากับ 94.89 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 94.11 % ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของกล้วยดิบและกล้วยสุก เท่ากับ 94.5 % และค่าเฉลี่ยของค่าการจดจำคลาสนั้นและค่าความแม่นยำ (F-Score) ของกล้วยดิบเท่ากับ 93.84 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 94.48 %

ตารางที่ 5 ค่า TP, FP, FN, TN, Precision, Recall, F-Score, Accuracy ของตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ

Class	TP	FP	FN	TN
กล้วยดิบ	1,912,559	148,097	87,441	1,851,903
	Precision	Recall	F-Score	Accuracy
	92.81 %	95.63 %	94.20 %	94.11 %
Class	TP	FP	FN	TN
กล้วยสุก	1,851,903	87,441	148,097	1,912,559
	Precision	Recall	F-Score	Accuracy
	95.49 %	92.60 %	94.02 %	94.11 %

จากตารางที่ 5 พบว่ากล้วยดิบได้ค่าผลบวกจริง(True Positive: TP) เท่ากับ 1,912,559 ค่าผลบวกเท็จ (False Positive: FP) เท่ากับ 148,097 ค่าผลลบเท็จ (False Negative: FN) เท่ากับ 87,441 และค่าผลลบจริง (True Negative: TN) เท่ากับ 1,851,903 และกล้วยสุกได้ค่าผลบวกจริง (True Positive: TP) เท่ากับ 1,851,903 ค่าผลบวกเท็จ (False Positive: FP) เท่ากับ 87,441 ค่าผลลบเท็จ (False Negative: FN) เท่ากับ 148,097 และค่าผลลบ

จริง (True Negative: TN) เท่ากับ 1,912,559 จากค่าดังกล่าวสามารถคำนวณค่าความแม่นยำ (Precision) ของกล้วยดิบ เท่ากับ 92.81 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 95.49 % ค่าการจดจำคลาส (Recall) ของกล้วยดิบ เท่ากับ 95.63 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 92.60 % ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของกล้วยดิบและกล้วยสุก เท่ากับ 94.11 % และค่าเฉลี่ยของค่าการจดจำคลาสและค่าความแม่นยำ (F-Score) ของกล้วยดิบ เท่ากับ 94.20 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 94.02 %

จากการพิจารณาแนวโน้มของค่าสีเปลือกกล้วย จึงทำให้ทราบว่าค่าสีของเปลือกกล้วยในระบบสีอาร์จีบี (RGB) สามารถนำมาใช้ในการแบ่งแยกความสุกดิบของกล้วยได้ งานวิจัยนี้จึงใช้ค่าสีอาร์จีบี (RGB) เป็นคุณลักษณะและใช้การสร้างตัวจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิตติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ซึ่งมีผลการวัดประสิทธิภาพที่มีค่ามากกว่า 90 % แสดงว่าตัวจำแนกสามารถแบ่งแยกความสุกดิบของสีเปลือกกล้วยได้ดี

4.3 การทดสอบใช้งานตัวจำแนก

ในขั้นตอนนี้จะเป็นผลการทดสอบการใช้งานจริงของตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิตติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.3 โดยที่ชุดข้อมูลทดสอบมีจำนวน 8,000,000 ค่าสี ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนที่ 3.4 และผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ค่า TP, FP, FN, TN, Precision, Recall, F-Score, Accuracy ของตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิตติค

Class	TP	FP	FN	TN
กล้วยดิบ	3,834,242	142,894	155,758	3,857,106
	Precision	Recall	F-Score	Accuracy
	96.41 %	95.86 %	95.19 %	96.14 %
Class	TP	FP	FN	TN
กล้วยสุก	3,857,106	155,758	142,894	3,834,242
	Precision	Recall	F-Score	Accuracy
	95.88 %	96.43 %	95.17 %	96.14 %

จากตารางที่ 6 พบว่ากล้วยดิบได้ค่าผลบวกจริง (True Positive: TP) เท่ากับ 3,834,242 ค่าผลบวกเท็จ (False Positive: FP) เท่ากับ 142,894 ค่าผลลบเท็จ (False Negative: FN) เท่ากับ 155,758 และค่าผลลบจริง (True Negative: TN) เท่ากับ 3,857,106 และกล้วยสุกได้ค่าผลบวกจริง (True Positive: TP) เท่ากับ 3,857,106 ค่าผลบวกเท็จ (False Positive: FP) เท่ากับ 155,758 ค่าผลลบเท็จ (False Negative: FN) เท่ากับ 142,894 และค่าผลลบจริง (True Negative: TN) เท่ากับ 3,834,242 จากค่าดังกล่าวสามารถคำนวณค่าความแม่นยำ (Precision) ของกล้วยดิบ เท่ากับ 96.41 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 95.88 % ค่าการการจดจำคลาส (Recall) ของกล้วยดิบ เท่ากับ 95.86 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 96.43 % ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของกล้วยดิบและกล้วยสุก เท่ากับ 96.14 % และค่าเฉลี่ยของค่าการจดจำคลาสและค่าความแม่นยำ (F-Score) ของกล้วยดิบเท่ากับ 95.19 % และของกล้วยสุกเท่ากับ 95.17 %

ตารางที่ 7 ค่า TP, FP, FN, TN, Precision, Recall, F-Score, Accuracy ของตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ

Class	TP	FP	FN	TN
กล้วยดิบ	3,813,745	199,543	186,255	3,800,457
	Precision	Recall	F-Score	Accuracy
	95.03 %	95.34 %	95.34 %	95.18 %
Class	TP	FP	FN	TN
กล้วยสุก	3,800,457	186,255	199,543	3,813,745
	Precision	Recall	F-Score	Accuracy
	95.33 %	95.01 %	95.01 %	95.18 %

จากตารางที่ 7 พบว่ากล้วยดิบได้ค่าผลบวกจริง (True Positive: TP) เท่ากับ 3,813,745 ค่าผลบวกเท็จ (False Positive: FP) เท่ากับ 199,543 ค่าผลลบเท็จ (False Negative: FN) เท่ากับ 186,255 และค่าผลลบจริง (True Negative: TN) เท่ากับ 3,800,457 และกล้วยสุกได้ค่าผลบวกจริง (True Positive: TP) เท่ากับ 3,800,457 ค่าผลบวกเท็จ (False Positive: FP) เท่ากับ 186,255 ค่าผลลบเท็จ (False Negative: FN) เท่ากับ 199,543 และค่าผลลบจริง (True Negative: TN) เท่ากับ 3,813,745 จากค่า

ดังกล่าวสามารถคำนวณค่าความแม่นยำ (Precision) ของกล้วย เท่ากับ 95.03 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 95.33 % ค่าการจดจำคลาส (Recall) ของกล้วยดิบ เท่ากับ 95.34 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 95.01 % ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของกล้วยดิบและกล้วยสุก เท่ากับ 95.18 % และค่าเฉลี่ยของค่าการจดจำคลาสและค่าความแม่นยำของกล้วยดิบ (F-Score) เท่ากับ 95.34 % และของกล้วยสุก เท่ากับ 95.01 %

จากตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้จำนวน 4,000,000 ค่าสี และได้นำตัวจำแนกเหล่านั้นมาทำการทดสอบด้วยชุดข้อมูลทดสอบที่เป็นคนละชุดกัน จำนวน 8,000,000 ค่าสี พบว่าตัวจำแนกที่สร้างขึ้นนี้ให้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) มีค่าสูงมากถึง 95 % นั่นหมายความว่าตัวจำแนกเหล่านี้มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เพื่อจำแนกความสุกดิบของสีเปลือกกล้วยได้จริง

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการคัดแยกความสุกดิบของสีเปลือกกล้วย 3 สายพันธุ์ คือ (1) กล้วยไข่ (2) กล้วยหอมทอง และ (3) กล้วยน้ำว้า ซึ่งแบ่งออกเป็นกล้วยสุกและกล้วยดิบ โดยบันทึกข้อมูลภาพในระบบสีอาร์จีบี (RGB) ด้วยกล้องดิจิทัล ภายใต้ 3 สภาพแสง คือ (1) แสงในที่ร่ม (2) แสงในห้อง และ (3) แสงกลางแจ้ง และทำการพิจารณาแนวโน้มของค่าสีเปลือกกล้วยที่ได้เตรียมไว้ข้างต้น ทำให้ทราบว่าค่าสีของเปลือกกล้วยในระบบสีอาร์จีบี (RGB) สามารถนำมาใช้สร้างตัวจำแนกเพื่อคัดแยกความสุกดิบของกล้วย 3 สายพันธุ์ ใน 3 สภาพแสงได้ ซึ่งตัวจำแนกที่สร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) และวิธีการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) พร้อมวัดประสิทธิภาพตัวจำแนกนั้น พบว่ามีความถูกต้อง (Accuracy) อยู่ที่ประมาณ 90 % และทดสอบการใช้งานจริง พบว่ามีความถูกต้อง (Accuracy) อยู่ที่ประมาณ 95 %

ในอนาคตสามารถทำการพัฒนาต่อยอดโดยนำตัวจำแนกนี้ไปพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศหรือโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้บนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลแบบเวลาจริง (Real-time) ได้ อีกทั้งสามารถปรับปรุงหรือเพิ่มเติมข้อมูลภาพสายพันธุ์ของกล้วยที่บันทึกจากอุปกรณ์และสภาพแสงที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ตัวจำแนกมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการจัดตั้งภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] F. Mendoza and J. M. Aguilera, "Application of Image Analysis for Classification of Ripening Bananas," *Journal of Food Science,* vol. 69, no. 9, pp. E471-E477, 2004/12/01 2004.

[2] N. B. A. Mustafa *et al.*, "Image processing of an agriculture produce: Determination of size and ripeness of a banana," in *2008 International Symposium on Information Technology*, 26-28 Aug. 2008 2008, vol. 1, pp. 1-7.

[3] H. Saad, I. Ahmad Puad, O. Noriza, J. Mohamad Huzaimy, N. Nani fadzlina, and A. Nur Azam, "Recognizing the ripeness of bananas using artificial neural network based on histogram approach," in *2009 IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications*, 18-19 Nov. 2009 2009, pp. 536-541.

[4] Y. Intaravanne, S. Sumriddetchkajorn, and J. Nukeaw, "Cell phone-based two-dimensional spectral analysis for banana ripeness estimation," *Sensors and Actuators B: Chemical,* vol. 168, pp. 390-394, 2012/06/20/ 2012.

[5] M. N. Kulkarni and R. P. Mudhalwadkar, "Data driven modelling for banana ripeness assessment," in *2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 15-16 June 2017 2017, pp. 662-665.

[6] S. Marimuthu and S. M. M. Roomi, "Particle Swarm Optimized Fuzzy Model for the Classification of Banana Ripeness," *IEEE Sensors Journal,* vol. 17, no. 15, pp. 4903-4915, 2017.

[7] C. Xie, B. Chu, and Y. He, "Prediction of banana color and firmness using a novel wavelengths selection method of hyperspectral imaging," *Food Chemistry,* vol. 245, pp. 132-140, 2018/04/15/ 2018.

[8] I. A. Sabilla, C. S. Wahyuni, C. Fatichah, and D. Herumurti, "Determining Banana Types and Ripeness from Image using Machine Learning Methods," in *2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology (ICAIIT)*, 13-15 March 2019 2019.

[9] N. Vetrekar, R. Ramachandra, K. B. Raja, and R. S. Gad, "Multi-Spectral Imaging for Artificial Ripened Banana Detection," in *2019 8th European Workshop on Visual Information Processing (EUVIP)*, 28-31 Oct. 2019 2019, pp. 187-192.

[10] Maimunah, R. T. Handayanto, and Herlawati, "Nondestructive Banana Ripeness Classification using Neural Network," in *2019 Fourth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 16-17 Oct. 2019 2019, pp. 1-4.

[11] F. M. A. Mazen and A. A. Nashat, "Ripeness Classification of Bananas Using an Artificial Neural Network," *Arabian Journal for Science and Engineering,* vol. 44, no. 8, pp. 6901-6910, 2019/08/01 2019.

ID030

A pilot-scale Production of Isomalto-oligosaccharide from Tapioca Starch

Pitchayanin Chanowan[1*], Wirote Youravong[2] and Santad Wichienchot[2]
[1]Functional Food and Nutrition Program, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, Thailand
[2]Center of Excellence in Functional Foods and Nutraceuticals, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, Thailand
[*]E-mail: jha_5561_@hotmail.com

Abstract

Isomalto-oligosaccharides are branch-chain oligosaccharides (α-(1,6) linkages) with or without α-(1,4) linkages with prebiotic property. The aim of this study was to optimize conditions for production of IMO in lab scale (3L and 30L) and pilot scale (70-300L fermentor). The production of IMO by enzymatic synthesis using 3-step approach. The first step was liquefaction by the action of α-amylase, pH 6, temperature of 90˚C and incubation time of 2 hours. For second step was saccharification by action of β-amylase at pH 7, temperature of 55˚C and incubation time of 6 hours. The last step was transglucosylation by action of transglucosidase at pH 5, incubated at 60˚C for 3 hours. The production volumes at 3L and 30L showed significant difference in IMO component. The pilot-scale production between 2-step and 3-step production was compared. The result found that 2-step production at 12 h gave the highest yield of IMO (43.09%) and total oligosaccharide of 89.23%. In addition, purification of IMO was achieved by yeast fermentation. The purified IMO contained glucose (1.53%) less than before purification (3.86%). Total IMO content was slightly different between tIMO before (63.84%) and after (62.4%) purification. The molecular weight distributions of tIMO were IDP2 (15.72%), panose (13.92%), IDP4 (8.94%), IDP5 (5.65%), IDP6 (6.5%) and IDP7 (11.61%).

Keywords: Isomalto-oligosaccharide, pilot-scale, tapioca starch, prebiotic

1. Introduction

At present time, the demand of functional ingredients is increasing annually. The reason is alternative and healthy food raising due to people awareness on personal health and well- being. Isomalto-oligosaccharides (IMO) are food ingredient with a prebiotic property, food additive that stimulates the growth of probiotics. IMO is widely accepted as food ingredient and sweetener. IMO generally consists of 2– 5 glucose moieties linked together by α-(1,6) linkage, and sometimes there can be a possible presence of α-(1,4) linkage along with the α-(1,6) linkage (Chockchaisawasdee and Poosaran, 2013). The most common IMOs are isomaltose, panose, isopanose, isomaltotriose, nigerose, kojibiose, and larger branched malto-oligosaccharides (Sorndech *et al.*, 2017). They are generally associated with specific health benefits and classified as prebiotic (Guo, 2013). They commercially produced from corn starch. The

synthesis process of IMOs from starch is to firstly hydrolyze starch into α-(1,4)-linked α-D-gluco-oligosaccharides using α-amylase, pullulanase and α-amylase, and then converted to α-(1,6)-linked oligosaccharides using α-transglucosidase (Takaku, 1988). Tapioca is one of the most important agricultural products of the world. In Thailand, tapioca is one of commercially economic crops that it is produced over 20 million tons per year. The tapioca flour consists of 75-80% starch and 1.5-2.0% protein (Santisopasri *et al*., 1998). IMO production in Thailand can produce from tapioca due to tapioca is source of starch and it is a low-cost raw material. This might increase economic and nutritive value of this agricultural product of Thailand. In current industrial scale they are using the 2 or 3- step process (liquefaction, saccharification and tranglucosylation). However, it takes long time and high production cost. This study aims to optimize the conditions for production of IMO from tapioca starch in lab (3-30L) and pilot scale (70-300L).

2. Materials & Methods

2.1 Materials

Tapioca starch was supplied by Thai Flour Industry Co., Ltd. (Nakhon Pathom, Thailand). α-amylase, β- amylase and transglucosidase were supplied by Amano Enzyme Co., Ltd. (Nagoya, Japan). Chemicals including HCl, NaOH, acetonitrile and isopropanol were purchased from Sigma-Aldrich, (St. Louis, Missouri, USA). The standards of IMO including maltose, glucose, isomaltose, panose and isomaltotriose were supplied by Megazyme Co., Ltd. (Illinois, USA).

2.2 IMO production by 3-step method

2.2.1 Liquefaction

Starch slurry was prepared at 30% (w/v). pH was adjusted to 6 with 0.1M NaOH. The slurry was added α-amylase 0.05% of tapioca starch. The slurry was placed in a water bath at 90°C for 2 hours with continuous agitation at 200 rpm. The activity of the enzyme was terminated by heating the slurry at 100°C for 10 minutes.

2.2.2 Saccharification

The liquefied starch slurry was adjusted to pH 5.5 by 0.1 M HCl. The enzyme β-amylase 0.1% was added into the slurry. The slurry was placed in water bath at 60°C for 6 hours with continuous agitation at 200 rpm. The activity of the enzyme was terminated by heating the slurry at 100°C for 10 minutes.

2.2.3 Transglucosylation

The saccharified slurry was adjusted to pH 5 by 0.1 M NaOH or 0.1 M HCl. The enzyme transglucosidase was added into the slurry at 0.1%. The slurry was placed in shaking incubator at 55°C for 24 hours with continuous agitation at 200 rpm. The sample (3 ml) was taken every 3 hours and activity of enzyme was terminated by heating the slurry at 100°C for 10 minutes. The sample was determined by high performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD) (Hemmaratchirakul *et al.*, 2015).

2.3 IMO production by 2-step method

The liquified slurry was adjusted to pH 5.5 by 0.1M NaOH or 0.1 M HCl. The enzyme β-amylase and transglucosidase was added into the slurry at 0.08% and 0.1%, respectively. The slurry was continuous agitation at 200 rpm with 55°C for 24 hours. The sample was taken every 6 hours and

activity of enzyme was terminated by heating the slurry at 100°C for 10 minutes.

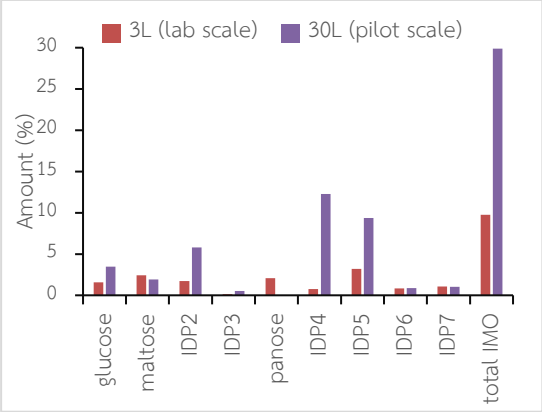


Figure 1. The composition of tapioca IMO produced by 3-step of lab scale and pilot scale.

2.4 IMO purification by yeast fermentation

The IMO syrup was heated to 100°C for 15 minutes and cooled down to 40°C then inoculated with the yeast *Saccharomyces cerevisiae* of 0.4% (w/v) and fermentation for 6 hours. The sample was determined IMO content with HPAEC-PAD.

2.5 IMO compositions analyzed by HPAEC-PAD

The sample was centrifuged at 10,000 xg for 15 minutes. Samples were analyzed by HPAEC- PAD (Dionex ICS 3000) using CarboPac PA- 200 column and an electrical detector. Two mobile phases, A (150 mM sodium hydroxide) and B (150 mM sodium hydroxide + 500 mM sodium acetate) at flow rate of 0.2 ml/min. Twenty-five microliters of sample were injected into the column. Glucose and oligosaccharide standards (maltose, panose and IDP2-7) were used for creating of calibration curves.

3.1 Results and discussion

3.1 IMO production by 3-step method

The optimal conditions for production of tapioca IMO (tIMO) in lab scale was selected to compare with a pilot-scale production. The slurry of tapioca starch (30%, w/v) was used for production of tIMO with 3-step method. The first step started with liquefaction using α-amylase followed by a second step of saccharification using β-amylase and the third step was transglucosylation by transglucosidase. The content of tIMO analyzed by HPAEC-PAD consisted of isomaltotriose (IDP2), panose, isomaltotriose (IDP3), isomaltotetraose (IDP4), isomaltopentaose (IDP5), isomaltohexose (IDP6) and isomaltoheptaose (IDP7) as showed in Figure 1. The molecular weight distribution of IMO produced in lab scale and pilot scale was significantly difference ($p < 0.05$). The amount of IDP2, IDP4 and IDP5 were increased sharply in pilot scale. The total yield of IMO from tapioca produced from 3L was 9.75% whereas the total IMO obtained from pilot scale (29.87%) was significantly elevated ($p < 0.05$). This result is accordance with previous study about scaling up process of glucose production from lab scale to pilot scale. The results showed percentage of glucose obtained for the pilot scale (47 %) was higher than the laboratory scale (36%) (Herath, 2017). This result is accordance with previous study about scaling up process of glucose production from lab scale to pilot scale. The results showed percentage of glucose obtained for the pilot scale (47 %) was higher than the laboratory scale (36%) (Herath, 2017). Other study of Prajummuang (2003) that produced glucose from cassava pulp in lab scale and pilot scale. The result indicated that the enzyme used in pilot-scale production was lower amount than lab scale. In addition, higher yield of glucose was obtained in a pilot-scale production. The reason that pilot scale has ability to produce high yield of product due to

the increase of efficiency of mixing and operation control in pilot-scale or industrial instruments.

3.2 IMO production by 3-step and 2- step method in pilot scale

The 2-step method started with liquefaction by α- amylase followed by saccharification by β-amylase combined with transglucosylation using transglucosidase. The 3-step method started with liquefaction by α- amylase followed by saccharification by β-amylase and the last step was transglucosylation by transglucosidase. The results showed total IMO from 2-step production gave the highest yield (43.09%).

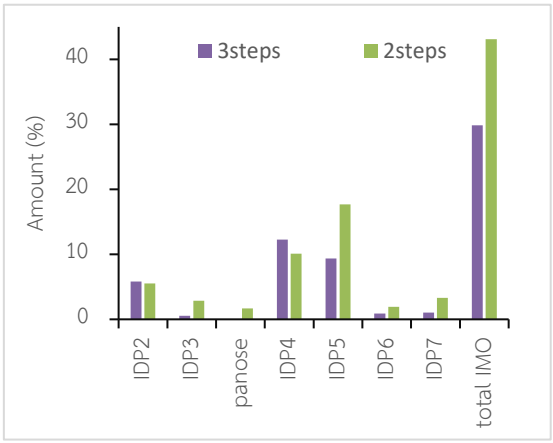


Figure 2. The component of IMO produced by 3-step and 2-step method in pilot-scale production.

3.3 IMO purification

Results from the yeast fermentation for the removal of digestible sugars to produce high purity IMO starting from the tapioca IMO was mixed with yeast *Saccharomyces cerevisiae* of 0.4% and fermented for 6 h. Digestible sugars including glucose, maltose, and maltotriose were utilized by yeast cells. But none of the IMO component was utilized by yeast. Total IMO of tIMO before purified by yeast was 63.84% and after purified was 62.4%. It was slightly difference between before and after purification. The difference between tIMO before and after purification was the reduction in concentration of glucose and maltose. Glucose before purification was 3.86% and after purification was 1.57%. In addition, maltose was decreased from 6.79% to 4.44%. The purified tIMO (ptIMO) and commercial IMO from tapioca (cIMO) were not significant different in IMO total yield. Glucose, IDP2 and IDP4 showed slightly difference ($p < 0.05$) between cIMO and tIMO after purification while maltose, IDP3, panose, IDP5, IDP6 and IDP7 were totally difference ($p < 0.05$). Normally, glucose is by-product from IMO production. The reason that remove glucose from IMO due to high purity of IMO resulted in higher prebiotic property thus less dose of consumption. Previous study of IMO production from rice crumbs and tapioca flour by two strains of yeast. The most effective to remove glucose in IMO was done by *Saccharomyces cerevisiae* fermentation for 24 h followed by *Saccharomyces carlsbergensis* for 3 d. In addition, the death rate of yeast cells in IMO from tapioca flour was higher than IMO from rice crumbs because rice crumbs contain nutrients higher than tapioca flour (Pan and Lee, 2005). Dasaesamoh *et al.* (2016) reported that pectinase from dragon fruit purification by yeast. The result showed glucose, fructose, and sucrose completely removed with no effect to oligosaccharide content by yeast fermentation at 30°C for 4 d with addition of urea as nitrogen source.

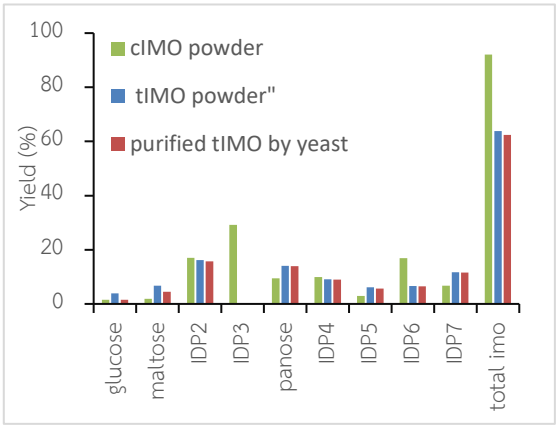


Figure 3. The content of IMO in tapioca IMO before and after purification compared to commercial IMO.

4. Conclusion

The IMO yield produced in a pilot scale (29.87%) was higher than lab scale (9.74%). The 2-step method gave the highest yield of 43.09% at 12 h fermentation. The purification of tapioca IMO was successful by yeast fermentation to remove glucose from 3.86% to 1.57% at 35°C, for 6h. Total IMO was slightly different between tIMO before (63.84%) and after (62.4%) purification. The results obtained from this study showed that tapioca starch could be a potential raw material for IMO production as a prebiotic ingredient.

Acknowledgement

This work was supported by grants from Thailand Research Fund (TRF) and Green Innovative Biotechnology Co. Ltd., Thailand.

References

[1] Suwimol Chockchaisawasdee and Naiyatat Poosaran. 2013. Production of isomalto oligosaccharides from banana flour. Journal of The Science of Food and Agriculture, Volume 93, p. 180-186.

[2] Waraporn Sorndech, Domenico Sagnelli, Andreas Blennow, and Sunanta Tongta. 2017. Combination of amylase and transferase catalysis to improve IMO compositions and productivity. LWT Food Science and Technology, Volume 79, p. 479-486.

[3] Guo, M. 2013. Functional Foods: Principles and Technology: Elsevier Science.

[4] Takaku, H. 1988. Anomalously linked oligosaccharides mixture. In: handbook of amylases and related enzymes: their sources, isolation methods, properties and applications. The Amylase Research Society of Japan. Pergamon Press, New York, p. 215.

[5] Vilai Santisopasri, Klanarong Sriroth, and Kanjana Kurotjanawong. 1998. Biochemical changes of cassava roots in different varieties harvesting dates and physiochemical properties of starch. National science and technology development agency.

[6] Hemmaratchirakul J, Jaturapiree P, Prueksasri S, and Wichienchot S. 2015. Production of galactooligosaccharide by β-galactosidase from *Lactobacillus pentosus* var. *plantarum* BFP32. International Food Research Journal, Volume 22 No.6, p. 2550-2557.

[7] Madara D.W. Samaranayake, Aruma B.G.C.J. De Silva, Warnakulasuriya R.D. Fernando, Katudeni V.T. Gunawardhane and Herath Mudiyanselage T. Herath. 2017. Optimization of liquefaction and saccharification times for laboratory scale production of glucose syrup from cassava starch and scaling up process of optimized conditions at pilot scale. Research Journal of Chemical Science. Volume 7 No.7, p.16-25.

[8] Prajummuang, P. 2003. Production of glucose syrup from cassava pulp by enzymatic hydrolysis in pilot scale. Master of Science in Biotechnology. Khon Kaen University.

[9] Pan Yen Chung and Lee Wen chien. C. 2005. Production of high purity isomalto oligosaccharides syrup by the enzymatic conversion of transglucosidase and fermentation of yeast cells. Biotechnology and Bioengineering. Volume 89, p. 797-804.

[10] Dasaesamoh R, Wirote Yourawong, and Santad Wichienchot. 2016. Optimization on pectinase extraction and purification by yeast fermentation of oligosaccharides from dragon fruit (*Hyloceus undatus*). International Food Research Journal. Volume 23 No.6, p. 2601-2607.

ID036

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำบนอุปกรณ์เคลื่อนที่

Developing Discharged Instructive Application of Mild Traumatic Brain Injury in Low Risk Caregiver on Mobile Devices

ฟุรซาน บินซา[1*] เนตรนภา คู่พันธวี[2] และ ขนิษฐา นาคะ[2]
[1]นักศึกษาหลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[2]สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุทางศัลยศาสตร์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[*]E-mail: Fursan.psu@gmail.com

Fursan Binsa[1], Natenapha Khupantavee[2], Kanittha Naka[2]
[1]Master Student, Faculty of Nursing, Prince of Songkla University.
[2]Major of Adult and Gerontological Nursing (Surgical Nursing), Faculty of Nursing, Prince of Songkla University.
[*]E-mail: Fursan.psu@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ประเมินคุณภาพของแอพพลิชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการพัฒนาโปรแกรมบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างเป็นระบบ 5 ขั้นตอนของโมเดลแอดดี (ADDIE model) ร่วมกับทฤษฎีเชื่อมโยง (Connectivism) เป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า แอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ โดยใช้ชื่อว่า MTBI PSU มีจำนวน 10 หน้าต่างหลัก ประกอบด้วย (1) หน้าต่างแนะนำแอพพลิเคชั่นฯ (2) หน้าต่างที่เกี่ยวข้องกับการเข้าสู่แอพพลิชั่นฯ (3) หน้าต่างหน้าแรก (4) หน้าต่างเมนูการทำงาน (5) หน้าต่างวิดีทัศน์คำแนะนำ (6) หน้าต่างเอกสารคำแนะนำ (7) หน้าต่างทดสอบความเข้าใจก่อนกลับบ้าน (8) หน้าต่างตั้งค่าเวลาเตือน (9) หน้าต่างประเมินอาการขณะอยู่บ้าน และ (10) หน้าต่างเบอร์ติดต่อฉุกเฉิน โดยผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านอยู่ในระดับดี และความพึงพอใจโดยรวมของผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำจำนวน 10 รายอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

คำหลัก แอพพลิเคชั่น ผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ คำแนะนำก่อนจำหน่ายจากแผนกฉุกเฉิน

Abstract

This study aimed to develop and evaluate the Discharged Instructive of Low Risk Mild Traumatic Brain Injury Caregiver Application, and to explore the users' satisfaction. The researcher applied the five-phase systematically programmed development approach on computer networks (ADDIE model), together with Connectivism Theory to be conceptual frameworks for the study. The study found out that there are 10 main screen displays of Discharged Instructive of Low Risk Mild Traumatic Brain Injury Caregiver Application including, (1) introduction application display (2) accessing application display (3) first (main) page display (4) login display (5) instruction video display (6) instruction document display (7) understanding test display

(8) reminder setting display (9) home symptom evaluating display (10) emergency contact display. In addition, the evaluation from 3 academic authors for the application is good, and the overall satisfaction of 10 low risk mild traumatic brain injury caregivers using the application is most satisfied.

Keywords: Mobile Application, Mild Traumatic Brain Injury in Low Risk, Emergency Discharge Instruction

1. บทนำ

ผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อย (mild traumatic brain injury, mTBI) เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุดจำนวน 55.9 ล้านรายต่อปีเมื่อเทียบกับความรุนแรงระดับอื่น ๆ [1] ในประเทศไทยพบจำนวนของกลุ่มบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยมากที่สุดเช่นกัน คิดเป็นร้อยละ 70-90 [2]

ราชวิทยาลัยประสาทศัลยแพทย์และคณะ ได้แบ่งระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) ผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงสูง (mTBI high risk) (2) ผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงปานกลาง (mTBI moderate risk) และ (3) ผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ (mTBI low risk) โดยผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ เป็นผู้ป่วยบาดเจ็บที่มีคะแนนกลาสโกว์โคมา (Glasgow Coma Scale, GCS) เท่ากับ 15 คะแนน ไม่มีอาการผิดปกติทางระบบประสาทและไม่มีอาการปวดศีรษะ แพทย์จะอนุญาตให้กลับบ้านจากแผนกฉุกเฉิน และจะได้รับคำแนะนำการเฝ้าระวังและติดตามอาการและอาการแสดงอันตรายขณะอยู่ที่บ้านและข้อปฏิบัติตัวที่เหมาะสมใน 24 ชั่วโมงภายหลังการบาดเจ็บ แม้ว่าผู้ป่วยบาดเจ็บกลุ่มดังกล่าวจะมีความเสี่ยงต่ำ แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ผู้ป่วยจำนวน 1 ราย (ร้อยละ 10) จากการศึกษานำร่องของเสาวนุช (2558) และจำนวน 9 ราย (ร้อยละ 1.2) ในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดภาคตะออกเฉียงเหนือ [3] เกิดภาวะเลือดออกในสมองภายหลังการบาดเจ็บ โดยกลับมาแผนกฉุกเฉินซ้ำด้วยอาการไม่รู้สึกตัวเนื่องจากผู้ป่วยและผู้ดูแลไม่สามารถจดจำรายละเอียดอาการและอาการแสดงอันตรายที่ต้องนำผู้ป่วยกลับมาโรงพยาบาลซ้ำได้

ประเด็นสำคัญของคำแนะนำผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำในแนวปฏิบัติกรณีสมองบาดเจ็บเพื่อให้ผู้ป่วยและผู้ดูแลสามารถเฝ้าระวังและติดตามอาการและอาการแสดงอันตราย รวมทั้งข้อปฏิบัติอื่น ๆ ที่เหมาะสมโดยปฏิบัติอย่างน้อยหลังการบาดเจ็บ 24 ชั่วโมง [4] แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า รูปแบบการให้คำแนะนำส่วนใหญ่จะให้ผ่านวาจาร่วมกับการใช้ภาพพลิก แผ่นพับหรือคู่มือสำหรับทบทวนความรู้ในการดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำขณะอยู่บ้าน [5], [6], [7] การใช้บริการส่งข้อความสั้น ๆ เพื่อแจ้งเตือนและติดตามอาการขณะอยู่บ้าน (Short Massage Service, SMS) [8] และการใช้วิดีโอบนคอมพิวเตอร์ [9] เป็นสื่อในการให้คำแนะนำผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำและผู้ดูแลก่อนจำหน่ายจากแผนกฉุกเฉิน โดยพบระดับคะแนนความรู้ภายหลังได้รับคำแนะนำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังคงรูปแบบของการให้ข้อมูลเพียงอย่างเดียว ยังไม่พบวิธีการที่สามารถแจ้งเตือนและติดตามผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำขณะอยู่บ้าน แม้จะนำ SMS มาออกแบบในการแจ้งเตือนและติดตาม แต่ยังมีข้อจำกัดของ SMS ที่สามารถส่งต่อข้อมูลเฉพาะตัวอักษรและไม่สามารถส่งข้อมูลได้พร้อม ๆ กันหลายรายการ [8]

ปัจจุบันเทคโนโลยีเคลื่อนที่เพื่อสุขภาพ (mobile health, mHealth) ถูกนำมาใช้ในงานด้านสาธารณสุขมากขึ้น [10] โดยเฉพาะเทคโนโลยีแอพพลิเคชั่น ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยให้การคงเหลือของความรู้และเพิ่มความต่อเนื่องในการปฏิบัติตามคำแนะนำมากขึ้น เนื่องจากสามารถออกแบบวิธีการให้ข้อมูลในรูปแบบที่หลากหลาย ได้แก่ วิดีโอแอนิเมชั่น การแสดงข้อมูลผ่านจอ (Information display) หรือการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลอง (scenario practice) และยังมีลักษณะเด่นสำคัญที่สามารถข้ามข้อจำกัดการให้ข้อมูลต่อหน้าในครั้งเดียว (face to face) การให้คำแนะนำที่ใช้แผ่นพับ ภาพพลิกและคู่มือ ได้แก่ มีลักษณะของการแจ้งเตือน และการติดตาม ที่ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำได้อย่างมีประสิทธิภาพ [11], [12] โดยพบ

การศึกษาที่ใช้เทคโนโลยีแอพพลิเคชั่นที่มีรูปแบบการแจ้งเตือนและการติดตามเกี่ยวกับการรับประทานยาของผู้ป่วยกลุ่มโรคเรื้อรังขณะอยู่บ้าน ซึ่งจะมีการแจ้งเตือนทุกครั้งเมื่อถึงเวลารับประทานยาในรูปแบบของเสียงและรูปภาพ และส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังผู้ดูแล หากผู้ป่วยไม่รับประทานยาตามเวลาที่กำหนด ผลลัพธ์จากการใช้แอพพลิเคชั่นดังกล่าวช่วยลดปัญหาการรับประทานยาไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ความต่อเนื่องในการรักษาดีมากขึ้น [13], [14] นอกจากนี้ ยังพบข้อสรุปของการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบที่ศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยอื่น ๆ โดยใช้เทคโนโลยีแอพพลิเคชั่นเป็นสื่อในการให้ความรู้ แจ้งเตือนและติดตาม พบว่าผลลัพธ์ทางสุขภาพภายหลังได้การศึกษาของผู้ป่วยดีขึ้น [15], [16] รวมทั้งเพื่อพัฒนาต่อยอดโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนสมาร์ทโฟนของราชวัช [17] ให้มีระบบแจ้งเตือนและติดตาม เพื่อให้คุณภาพการให้คำแนะนำดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาแอพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ โดยใช้กรอบแนวคิดโมเดลแอดดี (ADDIE model) และทฤษฎีเชื่อมโยงความรู้ (Connectivism) เพื่อลดอุบัติการณ์ของการเกิดภาวะแทรกซ้อนและลดความรุนแรงของภาวะเลือดออกในสมองและอาการภายหลังสมองได้รับการกระทบกระเทือน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

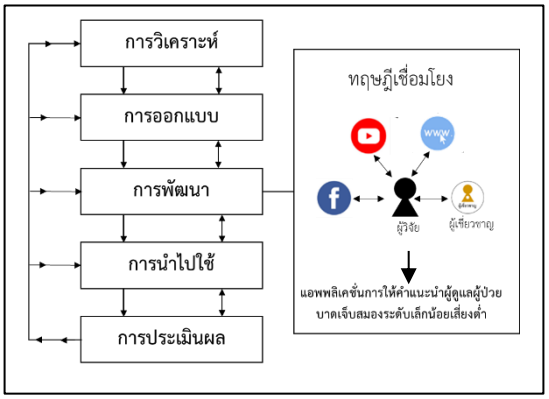
1. เพื่อพัฒนาแอพพลิชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ

2. เพื่อประเมินคุณภาพของแอพพลิชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ

3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพพลิชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ

4. กรอบแนวคิดการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้กรอบแนวคิดโมเดลแอดดี (ADDIE model) ซึ่งเป็นแนวคิดการพัฒนาโปรแกรมบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) (2) ขั้นการออกแบบ (Design) (3) ขั้นการพัฒนา (Development) (4) ขั้นการนำไปใช้ (Implementation) (5) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) [18] ร่วมกับทฤษฎีเชื่อมโยงความรู้ (Connectivism) ที่เชื่อว่าการแสวงหาความรู้อย่างใดอย่างหนึ่ง สามารถเรียนรู้ได้จากทรัพยากรที่มีอยู่รอบตัว โดยเฉพาะความรู้บนเครือข่ายออนไลน์ ซึ่งมีข้อมูลมากกว่าในตัวของแต่ละคน มีความหลากหลาย สามารถตัดสินใจเลือกประเด็นที่ต้องเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง โดยความรู้นั้นอาจจะมาจากสิ่งที่ไม่มีชีวิตก็ได้ [19]



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการศึกษา

5. การดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นฯในครั้งนี้ใช้กระบวนการพัฒนาโปรแกรมการสอนอย่างเป็นระบบโมเดลแอดดี (ADDIE model) ร่วมกับประยุกต์ใช้ทฤษฎีเชื่อมโยงความรู้ (Connectivism) ในขั้นการพัฒนาโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นการวิเคราะห์ โดยทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลกระทบที่เกิดจากการบาดเจ็บสมองระเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ เนื้อหาการให้คำแนะนำและการวางแผนจากแผนกฉุกเฉินที่ผ่านมา รวมทั้งรูปแบบที่เหมาะสมในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในการให้คำแนะนำก่อนจำหน่ายผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าวก่อนจำหน่ายจากแผนกฉุกเฉิน โดยสามารถระบุประเด็นปัญหาเพื่อใช้ในการพัฒนาดังนี้ (1) ผู้ป่วยและผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำยังตัดสินใจกลับมาโรงพยาบาลซ้ำล่าช้า ส่งผลให้ผู้ป่วยมีอาการรุนแรง โดยถูกนำส่งเมื่อมีอาการหมดสติจากภาวะ

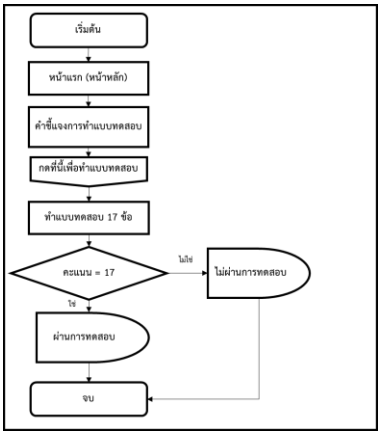
เลือดออกในสมอง ทั้ง ๆ ที่เริ่มมีอาการและอาการแสดงอันตรายอื่น ๆ ที่ไม่รุนแรงมาก่อนหน้านี้ (2) เนื้อหาการให้คำแนะนำยังไม่ครอบคลุมในประเด็นของการพักการใช้สมองและการค่อย ๆ กลับมาปฏิบัติกิจวัตรประจำวันตามปกติ ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลต่อความรุนแรงของการเกิดกลุ่มอาการภายหลังสมองได้รับการกระทบกระเทือนได้ในอนาคต (3) ยังไม่พบเครื่องมือที่สามารถแจ้งเตือนเพื่อเฝ้าระวังและติดตามอาการแบบทันทีทันใด (Real time) ทุก 4 ชั่วโมง ขณะอยู่ที่บ้าน

2. ขั้นการออกแบบ โดยนำข้อสรุปจากการวิเคราะห์ปัญหาหรือประเด็นที่ต้องนำไปพัฒนาต่อเนื่อง โดยมีรายเอียด ดังนี้

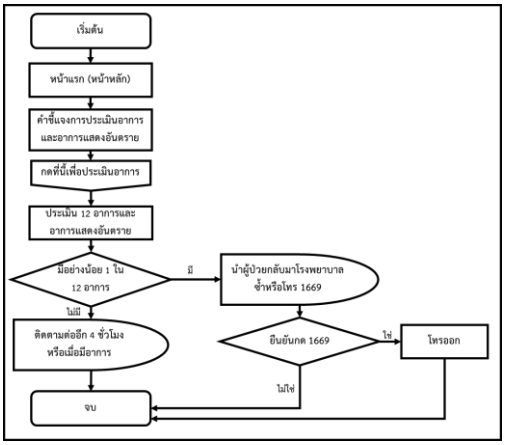
2.1. การออกแบบคำแนะนำสำหรับผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 2 ประเด็น ดังนี้ (1) เนื้อหาของคำแนะนำฯ ประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับการบาดเจ็บสมอง ข้อปฏิบัติที่ผู้ดูแลต้องดูแลผู้ป่วยขณะอยู่ที่บ้าน ได้แก่ การเฝ้าระวังอาการและอาการแสดงอันตรายของการเกิดภาวะเลือดออกในสมองหลังการบาดเจ็บ 24 ชั่วโมง และข้อปฏิบัติที่ต้องให้ผู้ป่วยงด หลีกเลี่ยงและส่งเสริมให้ปฏิบัติหลังการบาดเจ็บ 24 ชั่วโมงแรกถึง 2 สัปดาห์หลังการบาดเจ็บ (2) วิธีการนำเสนอคำแนะนำฯ โดยเลือกการนำเสนอผ่านวิดีโอ โดยออกแบบบทดำเนินเรื่อง (storyboard) ของวิดีโอ และเอกสารในรูปแบบอินโฟกราฟฟิก (Infographic)

2.2 การกำหนดผังงาน (flow chart) ของแอพพลิเคชั่นฯ (รูปที่ 2 และ 3) และออกแบบดำเนินเรื่อง (storyboard) ของวิดีทัศน์คำแนะนำ

2.3 การออกแบบหน้าจอภาพ (Screen design) โดยมีรายละเอียดการออกแบบ ดังนี้ (1) ขั้นตอนการจัดพื้นที่ของจอภาพในแต่ละหน้าต่างโดยการร่างเค้าโครงจัดเรียงข้อมูลในแต่ละหน้าโดยสังเขป (Wireframe) และนำไปออกแบบในโปรแกรมตัดต่อสำเร็จรูปเพื่อให้ได้แบบหน้าจอที่เสมือนจริงมากขึ้น (รูป 4 และ 5)



รูปที่ 2 ตัวอย่างผังงานส่วนการทำงานของแบบทดสอบความเข้าใจก่อนกลับบ้าน

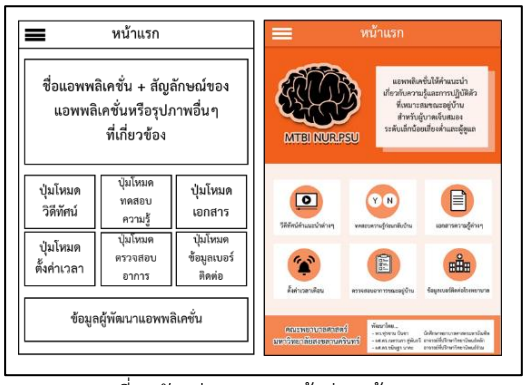


รูปที่ 3 ตัวอย่างผังงานส่วนการทำงานการประเมินอาการขณะอยู่ที่บ้าน

(2) กำหนดรูปแบบของตัวอักษร EkkamaiStandard-Light.ttf สำหรับหัวข้อส่วนหัว (app bar) ของแอพพลิเคชั่นฯ และรูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK.ttf สำหรับส่วนอื่น ๆ ทั้งหมดในแอพพลิเคชั่นฯ โดยขนาดตัวอักษรขึ้นกับขนาดของแต่ละจอภาพ โดยหัวข้อจะมีขนาดใหญ่กว่าเนื้อหาเสมอ และ (3) กำหนดให้สีส้ม CIEL^{77},a^{25}, b^{65} เป็นสีพื้นสำหรับส่วนหัวในแต่ละจอภาพและสีขาวเป็นสีพื้นสำหรับเนื้อหา



รูปที่ 4 ตัวอย่างจอภาพหน้าต่างเข้าสู่แอพพลิเคชั่นฯ



รูปที่ 5 ตัวอย่างจอภาพหน้าต่างหน้าแรก

3. ขั้นการพัฒนา (Development) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่

3.1 ขั้นเตรียมการ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

3.1.1 ขั้นเตรียมการพัฒนาแอพพลิเคชั่น ประกอบด้วย (1) เตรียมข้อความที่จะใช้ในแต่ละจอภาพ (2) เตรียมภาพโดยผู้วิจัยได้ซื้อลิขสิทธิ์การใช้ภาพจาก https://www.freepik.com/ (3) เลือกแพลตฟอร์ม (Platform) เพื่อใช้พัฒนา โดยผู้วิจัยเลือกฟลัตเตอร์ (Flutter) ที่พัฒนาโดยกูเกิ้ล (google) ในการพัฒนาในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นแพลตฟอร์มที่พัฒนาไฮบริดแอพพลิเคชั่น (Hybrid Application) ซึ่งสามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการ (operating system, OS) แอนดรอยด์ (android) และไอโอเอส (iOS) และยังเป็น โอเพ่นซอร์ส (Open source) ที่ให้เสรีภาพการติดตั้ง การเรียกใช้งาน, แก้ไขปรับปรุง และเผยแพร่ ไม่ว่าจะโดยการจำหน่ายหรือให้ฟรีก็ตาม โดยผู้วิจัยเตรียมความรู้ผ่านการอบรมออนไลน์หลักสูตร สร้างแอพพลิเคชันบน Android และ iOS ด้วย Flutter 32 ชั่วโมง บนเว็ปไซต์ https://www.udemy.com/ และจากสื่อออนไลน์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ยูทูป (YouTube) เฟสบุค (Facebook) (3) ดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Flutter platform โปรแกรมวิชวลสตูดีโอ (Visual Studio Code, VS Code) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ไขและปรับแต่งโค้ด (Code Editor) และโปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio) (4) เตรียมผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นเพื่อปรึกษาในข้อสงสัยระหว่างการพัฒนา

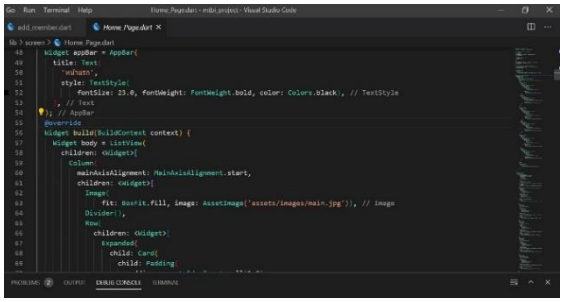
3.1.2 ขั้นเตรียมการพัฒนาสื่อวิดีโอ เอกสารในรูปแบบอินโฟกราฟฟิกและคู่มือการใช้แอพพลิเคชั่นฯ ดังนี้ (1) ส่งตรวจสอบเนื้อหาคำแนะนำที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านการบาดเจ็บสมองและการดูแลผู้ป่วยอุบัติเหตุฉุกเฉินตรวจสอบจำนวน 3 ท่าน ร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำมาคำนวณค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index, CVI) ได้เท่ากับ 1 (2) เตรียมนักแสดง โดยอธิบายวัตถุประสงค์และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องผ่านปากเปล่าและเป็นเอกสาร (3) เตรียมอุปกรณ์ ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายวิดีทัศน์ ได้แก่ กล้องถ่ายรูป ขาตั้งกล้อง ไมโครโฟน (4) เตรียมสถานที่ในการถ่ายวิดีทัศน์ (5) เตรียมเสียงเอฟเฟคที่อนุญาตให้ใช้ฟรี (6) เตรียมภาพที่เกี่ยวข้องจาก https://www.freepik.com/

3.2. ขั้นดำเนินการพัฒนา แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

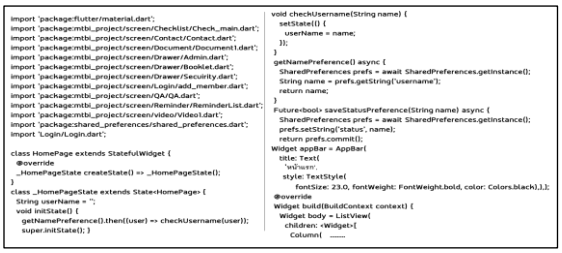
3.2.1 ขั้นดำเนินการพัฒนาแอพพลิเคชั่น โดยบน VS Code โดยใช้ Flutter platform (รูปที่ 6 และรูปที่ 7)

3.2.2 ขั้นดำเนินการพัฒนาสื่อวิดีทัศน์คำแนะนำ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (1) ผู้วิจัยได้นัดหมายนักแสดงเพื่อถ่ายวิดีทัศน์ (2) ผู้วิจัยตัดต่อวิดีทัศน์โดยใช้โปรแกรมตัดต่อสำเร็จรูป

3.2.3 ขั้นดำเนินการพัฒนาสื่อเอกสารในรูปแบบอินโฟกราฟฟิกและคู่มือการใช้แอพพลิเคชั่นฯ โดยใช้โปรแกรมตัดต่อภาพสำเร็จรูป



รูปที่ 6 ตัวอย่างหน้าต่างการเขียนโค้ดบน VS Code



รูปที่ 7 ตัวอย่างบางส่วนของโค้ดหน้าต่างหน้าแรก

4. ขั้นการนำไปใช้ (Implementation) ในขั้นตอนนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่

4.1 ช่วงระหว่างพัฒนา ผู้วิจัยจะทดลองใช้แอพพลิเคชั่น วิดีทัศน์คำแนะนำ เอกสารคำแนะนำและคู่มือการใช้แอพพลิเคชั่นด้วยตนเองร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น และส่งต่อผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคโนโลยีจำนวน 3 ท่านเพื่อตรวจสอบคุณภาพโดยใช้แบบประเมินคุณภาพแอพพลิเคชั่นทางสุขภาพของไทยของวิลาสินีและศุภชัย (2562) โดยผู้วิจัยตั้งเกณฑ์ด้วยวิธีการกำหนดอันตราภาคชั้น 3 ชั้น โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 0-38 แบ่งระดับคะแนนตามค่าเฉลี่ย ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 และข้อคิดเห็นปลายเปิด เพื่อหาข้อบกพร่องหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเพื่อนำไปแก้ไข

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดระดับค่าเฉลี่ยคุณภาพของแอฟพลิเคชั่นฯ

คะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
0-12.7	คุณภาพแอพพลิเคชั่นระดับต่ำ
12.8–25.4	คุณภาพแอพพลิเคชั่นระดับปานกลาง
25.5-38	คุณภาพแอพพลิเคชั่นระดับดี

4.2 ช่วงหลังจากนำข้อคิดเห็นจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแก้ไข ผู้วิจัยจะนำไปใช้ในการศึกษานำร่องกับผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ จำนวน 10 ราย เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง ผลของการให้คำแนะนำโดยใช้แอพพลิเคชั่นบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่อความรู้และการปฏิบัติการดูแลของผู้ดูแลผู้บาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำก่อนจำหน่ายจากแผนกฉุกเฉิน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ราย คือ ร้อยละ 20 ของขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (50 ราย) ที่คำนวณโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของโพลิทและเบค [21]

5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่นำผลจากการประเมินของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงคุณภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ด้านแอพพลิเคชั่น ดังนี้ (1) สัญลักษณ์ของแอพพลิเคชั่นฯ ควรพิจารณาเป็นภาพหรือเพิ่มข้อความที่สื่อถึงการบาดเจ็บสมองมากกว่านี้ (2) แก้ไขโค้ดในส่วนของการบันทึกข้อมูลประเภทตัวเลข เช่น หมายเลขติดต่อต้องไม่รับข้อมูลที่เป็นตัวอักษร (3) ข้อความในปุ่มบางปุ่มยังสื่อความหมายได้ไม่ชัดเจน (4) ควรจัดลำดับความสำคัญของปุ่มโดยปุ่มที่ใช้ในการประเมินควรจะอยู่เป็นอันดับต้น ๆ (5) ลบจอภาพที่เกินความจำเป็นออก (6) เพิ่มเติมรายละเอียดในโหมดคู่มือการใช้แอพพลิเคชั่นฯ ให้ครอบคลุม (7) แจ้งกลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมเกี่ยวกับนโยบายด้านความปลอดภัยของข้อมูล ข้อมูลที่แอพพลิเคชั่นจะดึงเข้าไปหลังจากติดตั้งบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ หากไม่มีให้แจ้งกลุ่มตัวอย่างให้ชัดเจนว่าไม่มีการดึงข้อมูลใด ๆ

5.2 ด้านวิดีทัศน์คำแนะนำ ดังนี้ (1) ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของวิดีทัศน์สามารถแสดงเป็นข้อความอธิบายด้านล่างวิดีทัศน์ได้เลย เพื่อความกระชับและสื่อสารได้ตรงประเด็น

5.3 ด้านเอกสารคำแนะนำ ดังนี้ (1) ปรับการใช้รูปแบบตัวอักษร (Font) ที่อ่านง่ายขึ้น (2) เพิ่มเติมรูปภาพเพื่อความน่าสนใจของเอกสาร (3) กำหนดโทนสีหลักในการออกแบบ

5.4 ด้านคู่มือการใช้แอพพลิเคชั่น ดังนี้ (1) แก้ไขข้อความที่เป็นศัพท์ทางเทคนิค เช่น โหมด ดรอเวอร์ เป็นภาษาที่เข้าใจง่ายขึ้น (2) แก้ไขให้สอดคล้องกับข้อคิดเห็นที่เสนอในแอพพลิเคชั่น

6. ผลการวิจัย

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ผู้วิจัยเสนอผลการศึกษาในรูปแบบรูปภาพและตารางประกอบคำบรรยาย ดังนี้

1. ผลลัพธ์การพัฒนาแอพพลิชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำโดยใช้ Flutter platform โดยใช้ชื่อว่า MTBI PSU ประกอบด้วย 10 หน้าต่างหลักและรวมจำนวนหน้าต่างย่อยทั้งหมด 70 หน้าต่าง ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 และรูปที่ 8 และ 9

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดจอภาพของแพลลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ

ที่	รายละเอียดหน้าต่างหลัก	จำนวนหน้าต่างในแต่ละส่วน
1	หน้าต่างแนะนำแอพพลิเคชั่นฯ	1
2	หน้าต่างที่เกี่ยวข้องกับการเข้าสู่แอพพลิชั่นฯ	2
3	หน้าต่างหน้าแรก	1
4	หน้าต่างเมนูการทำงาน (drawer)	12
5	หน้าต่างวิดีทัศน์คำแนะนำ	7
6	หน้าต่างเอกสารคำแนะนำ	7
7	หน้าต่างทดสอบความเข้าใจก่อนกลับบ้าน	19
8	หน้าต่างตั้งค่าเวลาเตือน	3
9	หน้าต่างประเมินอาการขณะอยู่บ้าน	17
10	หน้าต่างเบอร์ติดต่อฉุกเฉิน	1
รวมหน้าต่างทั้งหมด		**70**



รูปที่ 8 ตัวอย่างหน้าต่างในแอพพลิเคชั่นฯ



รูปที่ 9 ตัวอย่างหน้าต่างในแอพพลิเคชั่นฯ



รูปที่ 10 ตัวอย่างวิดีทัศน์ในส่วนการทำงานวิดีทัศน์คำแนะนำ



รูปที่ 11 ตัวอย่างเอกสารในรูปแบบอินโฟกราฟฟิก ในส่วนการทำงานเอกสารคำแนะนำ

2. คุณภาพของแอพพลิชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำโดยใช้แบบประเมินคุณภาพแอพพลิเคชั่นทางสุขภาพของไทย ดังรายละเอียดในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนเฉลี่ยคุณภาพแอพพลิเคชั่นฯ ก่อนและหลังแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ (n=3)

คุณภาพแอพพลิเคชั่นฯ	Mean (S.D.)	ระดับคุณภาพ
ก่อนแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ	25(5.20)	ปานกลาง
หลังแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ	29(2.65)	ดี

จากตางรางที่ 3 พบว่า คุณภาพของแอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.20) เมื่อนำข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิมาแก้ไข คุณภาพของแอพพลิเคชั่นฯ เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย 29 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.65)

3. ความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพพลิชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้แอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำจำนวน 10 ราย ดังรายละเอียดในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการใช้แอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ (n=10)

ข้อ	รายละเอียด	Mean (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
1	ขั้นตอนของแอพพลิเคชั่นนี้มีความสะดวก ไม่ยุ่งยาก	5.00 (0)	มากที่สุด
2	ท่านสามารถเข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอนของแอพพลิเคชั่นได้	4.70 (0.48)	มากที่สุด
3	ท่านรู้สึกว่าแอพพลิเคชั่นนี้มีความสร้างสรรค์และทันสมัย	4.90 (0.32)	มากที่สุด
4	การใช้แอพพลิเคชั่นนี้ทำให้ท่านมั่นใจในการเฝ้าระวังและติดตามอาการและอาการแสดงอันตรายทางระบบประสาทที่บ้านมากขึ้น	5.00 (0)	มากที่สุด
5	แอพพลิเคชั่นนี้ทำให้ช่องทางในการติดต่อและติดตามอาการผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำหลังจำหน่ายได้ง่ายขึ้น	5.00 (0)	มากที่สุด
6	ท่านคิดว่าแอพพลิเคชั่นนี้มีความเหมาะสมกับตัวท่าน	4.90 (0.32)	มากที่สุด
7	การใช้แอพพลิเคชั่นนี้ทำให้ท่านมีความรู้เกี่ยวกับภาวะสมองบาดเจ็บเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ	5.00 (0)	มากที่สุด
8	ท่านคิดว่าการใช้แอพพลิเคชั่นนี้ควรนำไปใช้ในการดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำคนอื่น ๆ ได้	5.00 (0)	มากที่สุด
9	แอพพลิเคชั่นนี้มีความน่าสนใจต่อการใช้งาน	4.90 (0.32)	มากที่สุด
10	ความพึงพอใจในภาพรวมของแอพพลิเคชั่นนี้	5.00 (0)	มากที่สุด

จากตางรางที่ 4 พบว่า คุณภาพของแอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำความพึงพอใจต่อการใช้แอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

7. การอภิปรายผล

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำโดยใช้โมเดลแอดดีซึ่งเป็นแนวคิดการพัฒนาโปรแกรมบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์อย่างเป็นระบบ โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหาการออกแบบเค้าโครงและพัฒนาแอพพลิเคชั่นฯ หลังจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการนำไปใช้และประเมินผล โดยผู้วิจัยได้ส่งตรวจสอบคุณภาพทั้งในประเด็นของเนื้อหาคำแนะนำสำหรับผู้ดูแลผู้บาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำและแอพพลิเคชั่นโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องจำนวน 6 ท่าน ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1 และคุณภาพของแอพพลเคชั่นฯอยู่ในระดับดี และความพึงพอใจของผู้ดูแล

ผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด จะเห็นได้ว่า การพัฒนาอย่างมีระบบโดยใช้โมเดลแอดดีลส่งผลให้ผลลัพธ์การพัฒนาออกมาอยู่ในระดับที่ดีสอดคล้องกับการศึกษาของอภิณพร และณัฐพงศ์ (2560) ที่พัฒนาแอพพลิเคชั่นคำศัพท์ภาษาไทยพื้นฐานสำหรับเด็กอนุบาล 1 บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้โมเดลแอดดี พบว่าคุณภาพแอพพลิเคชั่นที่ผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก และระดับความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมาก [20]

8. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นการใช้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำโดยใช้โมเดลแอดดีทำให้คุณของแอพพลิเคชั่นฯ อยู่ในระดับดีและผู้ใช้มีความพึงพอใจโดยรวมในระดับพึงพอใจมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาครั้งต่อไปควรนำแอพพลิเคชั่นการให้คำแนะนำผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำไปใช้เพื่อประเมินผลลัพธ์ประสิทธิผลด้านความรู้การปฏิบัติการดูแลและการปฏิบัติการดูแลของผู้ดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยเสี่ยงต่ำ

2. การศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาสมรรถนะด้านเทคโนโลยีในกลุ่มที่เข้ารับบริการในแผนกฉุกเฉิน เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาคุณภาพการให้คำแนะนำโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแอพพลิเคชั่นให้สอดคล้องมากที่สุด

จริยธรรมในการวิจัย

การวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาและรับรองจากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2563 รหัสรับรอง PSU IRB 2020 – NSt 012 และจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย จากโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดสงขลา เมื่อวันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2563 รหัสรับรอง SKH IRB 2020-StdNrt-ON2-06011

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ปีการศึกษา 2562 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

[1] Dewan, M., C., Rattani, A., Gupta, S., Baticulon, R., E., Hung, Y., C., Punchak, M., ... Park K., B. 2019. Estimating the global incidence of traumatic brain injury. Journal Neurosurgery, 130(4), 1080-1097.

[2] สงวนสิน รัตนเลิศ. 2561. การดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บที่ศีรษะสู่การรับรองเฉพาะโรค. (ครั้งที่ 1) กรุงเทพฯ: สหมิตรพัฒนาการพิมพ์.

[3] ราชวัช ทวีคูณ. 2562. ผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์บนสมาร์ทโฟนก่อนการจำหน่ายต่อผลลัพธ์ที่คัดสรรในผู้ป่วยสมองบาดเจ็บเล็กน้อย. (พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

[4] ราชวิทยาลัยประสาทศัลยแพทย์. 2562. แนวทางเวชปฏิบัติกรณีสมองบาดเจ็บ. ค้นจาก http://www.neuro.or.th/content_news_l.php?cat_slug=cat_cpg (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 ตุลาคม 2562).

[5] ขวัญใจ ลือเมือง. 2556. ผลของโปรแกรมสนับสนุนและให้ความรู้ต่อการรับรู้ความสามารถของ ผู้ดูแลในการ เฝ้าระวังภาวะเลือดออกในสมองของผู้ป่วยบาดเจ็บศีรษะเล็กน้อย. (พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

[6] เสาวนุช สมศรี. 2558. ผลของการวางแผนการจำหน่ายผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระดับเล็กน้อยจากแผนกฉุกเฉินต่อความรู้และการปฏิบัติของผู้ดูแล. (พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[7] วิมล มากขุนทด. 2555. ผลของโปรแกรมการเตรียมความพร้อมในการจำหน่ายผู้ป่วยบาดเจ็บศีรษะ ระดับเล็กน้อยและผู้ดูแล ต่ออาการที่เกิดภายหลังการบาดเจ็บ

ศีรษะและการกลับรักษาซ้ำ. (พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลผู้ใหญ่). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

[8] Suffoletto, B., Akers, A., McGinnis, K. A., Calabria, J., Wiesenfeld, H. C., & Clark, D. B. 2013. A Sex Risk Reduction Text-Message Program for Young Adult Females Discharged From the Emergency Department. Journal of Adolescent Health, 53(3), 387-393.

[9] Hoek A. E., Hamer M. V., Deelstra C. K., Beeck E. F. V., Dippel D. W. J., Haagsma J. A., & Rood P. P. M.. 2017. Attitude of patients, healthcare professionals, and noninjured lay persons towards online video instructions on mild traumatic brain injury: a cross-sectional study. International. Journal of Emergency Medicine, 10(25). 1-4.

[10] Mosa, A., H., M., Yoo, L., & Sheets L. 2012. A Systematic Review of Healthcare Applications for Smartphones. BMC Medical Informatics and Decision Making, 12(67), 2-31.

[11] กนกวรรณ. 2554. ปัจจัยที่มีผลต่อการดาวน์โหลดแอพพลิเคชั่น (application) ของผู้ใช้ โทรศัพท์มือถือไอโฟน (iPhone). (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารเทคโนโลยี) วิทยาลัยนวัตกรรม. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานครฯ.

[12] Benferdia, Y., & Zakaria, N. H. 2014. A systematic literature review of content-based mobile health. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.67812484&site=eds-live (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 ตุลาคม 2562).

[13] Fallah, M., & Yasini, M. 2017. A Medication Reminder Mobile App: Does It Work for Different Age Ranges. Studies in Health Technology and Informatics, 235, 68-72.

[14] Mertens, A., Brandl, C., Miron-Shatz, T., Schlick, C., Neumann, T., Kribben, A., . . . Becker, S. 2016. A mobile application improves therapy-adherence rates in elderly patients undergoing rehabilitation: A crossover design study comparing documentation via iPad with paper-based control. Medicine, 95(36), 1-8.

[15] Dounavi, K., & Tsoumani, O. 2019. Mobile Health Applications in Weight Management: A Systematic Literature Review. American Journal of Preventive Medicine, 56(6), 894-903.

[16] Lee, J.-A., Choi, M., Lee, S. A., & Jiang, N. 2018. Effective behavioral intervention strategies using mobile health applications for chronic disease management: a systematic review. BMC Medical Informatics and Decision Making, 18(1), 12.

[17] ราชวัช ทวีคูณ และชัจคเณศ์ แพรขาว. 2562. ผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์บนสมาร์ทโฟนก่อนจำหน่ายต่อความรู้ของผู้ป่วยสมองบาดเจ็บเล็กน้อย. วารสารพยาบาลทหารบก, ปีที่ 20 ฉบับที่ 2, หน้า 272-279.

[18] Asad, E., M., M., Hassan, R., & Sherwani, E., F. 2014. instructional Models For Enhancing The Performance Of Students And Workforce During Educational Training. Academia Arena, 6(3), 27-31.

[19] Kop, R., & Hill, A. 2008. Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past?. International Review of Research in Open and Distance Learning, 9(3), 1-13.

[20] อภิณพร ภูจีระ และณัฐพงศ์ พลสยม. 2560. การพัฒนาแอพพลิเคชั่นคำศัพท์ภาษาไทยพื้นฐานสำหรับเด็กอนุบาล 1 บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, ปีที่ 3 ฉบับที่ 2, หน้า 7-14.

[21] Polit, D. F., & Beck, C. T. 2012. Nursing research: generating and assessing evidence for nursing practice (9th ed.). Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.

ID083

การพัฒนาแบบจำลองกระบวนการธุรกิจระบบคลังสินค้า บริษัท พี.ซี.ทาคาชิมา (ประเทศไทย) จำกัด

The Development of Inventory Process Management Model Of P.C.Takashima (Thailand) Co.,Ltd

สราวุธ โชคอำนวยกูล[1*], ปราลี มณีรัตน์[2] และ ปภาดา พิชยชนานนท์[3]
[1]นักศึกษา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
[2,3]อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
[*]E-mail: beemio21@gmail.com

Sarawut Chokumnoykul[1*], Paralee Maneerat[2] and Papada Pitchayachananon[3]
[1] Master of Science Program in Information Technology Studies Sripatum University
[2,3] Faculty of Information Technology Sripatum University
[*]E-mail: beemio21@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบจัดการคลังสินค้าของบริษัทบริษัทพี.ซี.ทาคาชิมา(ประเทศไทย).มีปัญหาในการจัดการข้อมูลและกระบวนงาต่างๆ ภายในหน่วยงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทำให้ขาดการวางแผนจัดการกระบวนการที่ไม่เป็นมาตรฐานงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองกระบวนการธุรกิจคลังสินค้าของบริษัท พี.ซี. ทาคาชิมา(ประเทศไทย) จำกัด โดยทำการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการธุรกิจการจัดการคลังสินค้า ด้วยซอฟต์แวร์บิซากี เพื่อจำลองการทำงานกระบวนการธุรกิจจัดการคลังสินค้า ผลการประเมินความพึงพอใจของกระบวนการธุรกิจจัดการคลังสินค้า จากหัวหน้างานของแผนกต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจำนวน 6 คนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.39) จะเห็นได้ว่าแบบจำลองกระบวนกระบวนการธุรกิจคลังสินค้าของบริษัท พี.ซี. ทาคาชิมา(ประเทศไทย) จำกัด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ ในการจัดการงานต่างๆ และช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารได้เป็นอย่างดี

คำหลัก คลังสินค้า การจัดการกระบวนการธุรกิจ บีซากี

Abstract

At present, the warehouse management system of P.C. Takashima (Thailand) Co., LTD. has problems in its information management and internal processes. Its process management system is not standardized. This study has the objective to develop a warehouse business process model for P.C. Takashima (Thailand) Co., LTD. by analyzing the warehouse management business process by Bizagi and designing a means to simulate the warehouse management process. From the satisfaction survey of the warehouse management business process involving 6 related supervisors of different departments, the satisfaction level was high (average = 4.39). It can be seen that the warehouse business process model of P.C. Takashima (Thailand) Co., LTD. can be applied to effectively manage and support the decision-making of executives.

Keywords: Warehouse, Business Process Management, Bizagi

1. บทนำ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของส่วนงานคลังสินค้าของ บริษัท พี.ซี.ทาคาชิมา (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทชั้นนำในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) โดยมีการจัดจำหน่ายให้กับลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ เช่น Fujitsu, Mitsubishi เป็นต้น โดยสินค้าของบริษัทเป็นการแปรรูปโลหะทองเหลือง, ทองแดง, เหล็กแผ่น ผลิตออกมาเป็นชิ้นส่วนอะไหล่

เครื่องปรับอากาศ ทำให้องค์กรจำเป็นต้องมีระบบสารสนเทศเข้ามามีส่วนช่วยในกระบวนการดำเนินธุรกิจ ในปัจจุบันองค์กรยังขาดระบบสารสนเทศที่สามารถเชื่อมต่อฐานข้อมูลและวิเคราะห์ของกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร ส่งผลให้การวางแผนผลิตสินค้าและบริหารจัดการทรัพยากรยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร จึงมีแนวความคิดที่จะนำการจัดการกระบวนการธุรกิ(Business Process Management(BPM)) มาช่วยพัฒนาและปรับใช้ในองค์กรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงาน จึงจำต้องมีการปรับปรุงระบบงานให้สอดคล้องและเหมาะสมของแต่ละองค์กร ทั้งนี้สิ่งที่สำคัญของการนำระบบ BPM มาใช้ในองค์กรก็มีตัวแปรสำคัญหลายประการที่มีผลต่อความสำเร็จ เช่น ความยุ่งยากซับซ้อน จึงต้องมีข้อมูลของการทำงานปัจจุบันที่ชัดเจนและปัญหาที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ก็คือ บุคลากรขององค์กร ที่เป็นตัวแปรที่มีผลต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการนำระบบ BPM เข้ามาใช้ในองค์กร ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องศึกษาให้เข้าใจถึงปัจจัยความพร้อมในด้านต่าง ๆขององค์กร เพื่อจะได้เตรียมความพร้อมในการที่จะใช้ระบบ BPM จะส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อการดำเนินธุรกิจต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการธุรกิจคลังสินค้าและส่วนที่เกี่ยวข้อง ด้วยหลักการการจัดการกระบวนการทางธุรกิจ (Business Process Management) โดยใช้โปรแกรมบิซากี (Bizagi)

2.2 ประเมินผลแบบจำลองการจัดการกระบวนการธุรกิจคลังสินค้าของบริษัท พี.ซี.ทาคาชิมา(ประเทศไทย) จำกัด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

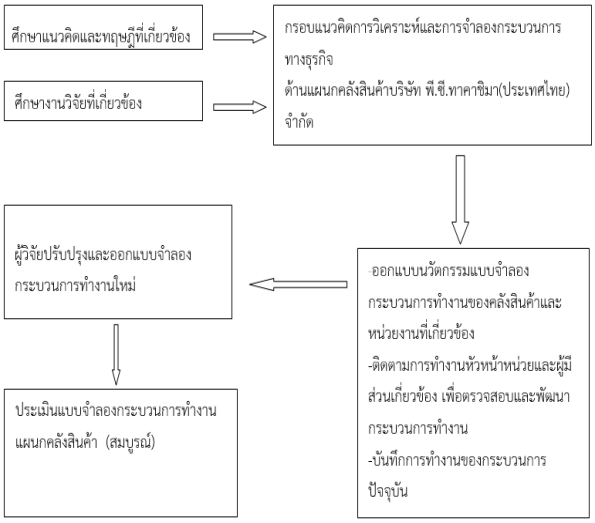
การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลขั้นตอนการทำงานคลังสินค้าของบริษัท พี.ซี. ทาคาชิมา (ประเทศไทย) จำกัด โดยใช้ โปรแกรม Bizagi Process Modeler เพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของกระแสงานของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบคลังสินค้าทั้งหมดโดยมีขั้นตอน3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาแนวคิดและทฤษฎี BPM และการจัดการคลังสินค้า เช่น การสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับการทำงานของระบบคลังสินค้า เช่น พนักงานฝ่ายขาย พนักงานจัดซื้อ พนักงานวางแผน พนักงานQA/QC พนักงานคลังสินค้า พนักงานทั่วไปและผู้บริหาร

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบและวิเคราะห์กระบวนการของคลังสินค้าใหม่โดยใช้เครื่องมือแผนภาพแสดงการทำงานตามหลักการ Business Process Management โดยใช้โปรแกรม Bizagi แสดงให้เห็นภาพกระบวนการที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของคลังสินค้า เช่น แผนกฝ่ายขาย แผนกจัดซื้อ แผนกวางแผน แผนกQA/QC แผนกคลังสินค้า แผนกผลิต

ขั้นตอนที่ 3 ประเมินผลแบบจำลองกระบวนการธุรกิจคลังสินค้า โดยมีผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนร่วมในกระบวนการทั้งหมด 6 คน ซึ่งเป็นหัวหน้าแผนกของในแต่ละกระบวนการที่เกี่ยวข้องโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ

4. กรอบแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4.1. กระบวนการทางธุรกิจ (Business Process)

กระบวนการทางธุรกิจ (Business Process) หมายถึง ขั้นตอนในการประกอบธุรกิจ โดยเริ่มตั้งแต่การลงทุนสินทรัพย์ถาวร จนถึงการดำเนินงานเพื่อให้มีสินค้าออกสู่ท้องตลาด นำมาซึ่งรายได้ เมื่อหักค่าใช้จ่ายดำเนินการแล้วเหลือเป็นกำไรสุทธิ กระบวนการทางธุรกิจจึงเป็นกิจกรรมหรืองานที่ตอบสนองวัตถุประสงค์ของธุรกิจหรือนโยบายของธุรกิจตั้งแต่การนำ เงินมาลงทุนในกิจการเพื่อใช้จ่ายเป็นเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ วัตถุดิบ การซื้อ การขาย การขนส่งสินค้า ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการบริหารงานด้านต่างๆ การดำเนินงานที่มุ่งเน้นด้านการปฏิบัติงานของหน่วยงานอย่างถูกต้อง และเหมาะสม สามารถทำเป็นขั้นตอน โดยการจัดโครงสร้างองค์กรด้วยการกำหนดบทบาทหน้าที่ และความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนหรือกิจกรรมไว้ในกระบวนการ

ทำงานสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท (Margaret Rouse,2018) คือ

1.Management processes เป็นกระบวนการทำงานในการกำกับดูแลการทำงานของระบบโดยจะรวมถึง Corporate Governance และ Strategic Management ไว้

2.Operational processes เป็นกระบวนการทำงานที่ประกอบขึ้นเป็นธุรกิจหลัก เช่น การจัดซื้อ การผลิต การตลาด การโฆษณา และงานขาย

3.Supporting processes เป็นกระบวนการทำงานที่สนับสนุนกระบวนการหลักของธุรกิจเช่น Recruitment, Accounting, Call center, Technical support

4.2. ทฤษฎีการจัดการจัดคลังสินค้า (Warehouse Management)

ความหมายของการจัดการคลังสินค้า (Introduction to Warehouse Management) คลังสินค้า (Warehouse) หมายถึง พื้นที่ ๆ ได้วางแผนไว้แล้วเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้สอยและการเคลื่อนย้ายสินค้าและวัตถุดิบ โดยคลังสินค้าทำหน้าที่ ในการเก็บสินค้าระหว่างกระบวนการเคลื่อนย้าย เพื่อสนับสนุนการผลิตและการกระจายสินค้าซึ่งสินค้าที่เก็บในคลังสินค้า (Warehouse) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่วัตถุดิบ (Material) ซึ่งอยู่ในรูป วัตถุดิบ ส่วนประกอบและ ชิ้นส่วนต่าง ๆ สินค้าสำเร็จรูปหรือสินค้า จะนับรวมไปถึงงานระหว่างการผลิตตลอดจนสินค้าที่ ต้องการทิ้งและวัสดุที่นำมาใช้ใหม่ (คำนาย อภิปรัชญาสกุล, 2550)

4.3. ทฤษฎีการจัดการกระบวนการธุรกิจ (Business Process Management (BPM)

การจัดการกระบวนการธุรกิจ คือ หลักการในการพัฒนา การวัดประสิทธิภาพ การดำเนินงานและจำลองกระบวนการทางธุรกิจ (Business Processes) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทางธุรกิจได้อย่างต่อเนื่อง end-to-end ตั้งแต่ต้นกระบวนการถึงสิ้นสุดกระบวนการ (ธนเดช เพิ่มพูน, 2558) รวมถึงวิธีการของการพัฒนากระบวนการ และเครื่องมือที่ใชสำหรับพัฒนากระบวนการ เช่น การเก็บข้อมูลของกระบวนการทำงาน รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการและเครื่องมือในการวิเคราะห์กระบวนการ (BPA-business process analysis) การสร้างแบบจำลอง และการวิเคราะห์ BPM จะเน้นส่วนที่เป็นการปรับเปลี่ยนการปฏิบัติงานตามแบบเดิมมาเป็นแบบกระบวนการสำหรับ BPM ที่จะศึกษาต่อไปจะเน้น กระแสงานทั้งหน่วยงาน การวิเคราะห์กระบวนการทางธุรกิจใช้เครื่องมือช่วยในการออกแบบที่เรียกว่า Business Process Model and Notation (BPMN) มาออกแบบกระบวนการทางธุรกิจ ในการออกแบบกระบวนการนี้จะต้องมีการจัดทำ As Is Process และ To Be Process (สุทธิ สินทอง, 2557)

4.4. สัญลักษณ์การจัดการกระบวนการธุรกิจ (Business Process Model and Notation (BPMN)

สัญลักษณ์การจัดการกระบวนการธุรกิจ ถูกจัดทำขึ้นเพื่ออธิบายกระบวนการทางธุรกิจและเป็นสื่อกลางที่ทำให้คนที่เกี่ยวข้องในกระบวนการทราบ ถูกพัฒนาขึ้นโดย Business Process Management Initiative (BPMI) และ Object Management Group (OMG) ได้ร่วมมือกันพัฒนามาตรฐานการสร้างแบบจำลองกระบวนการทำงานสัญลักษณ์ของ BPMN ที่มีรูปแบบใกล้เคียงกับ workflow โดยสามารถเริ่มต้นจากการเขียนแผนภาพ แล้วแปลงแผนภาพเป็นภาษาที่ทำงานได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ การพัฒนา BPMN ให้ความสำคัญกับคนทั่วไปซึ่งไม่ใช่นักไอที แต่เป็นผู้ทำงาน หรือผู้ที่เกี่ยวข้องที่จะเข้าใจแผนภาพและเขียนแผนภาพได้ ในการเขียนแผนภาพ (Business Process Diagram: BPD) กระบวนการทำงานของหน่วยงาน หรือในส่วนที่เกี่ยวข้องด้วยมาตรฐานของ BPMN อย่างน้อยใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนงานของหน่วยงาน ทำคู่มือควบคุมงาน คู่มือปฏิบัติงาน (ฉัตรชัย บุญญะฐี, ออนไลน์, 2558)

4.5. ทฤษฎี Workflow

เป็นกระบวนการจัดการระบบการทำงาน แบบมีแผนทำงานแบบมีขั้นตอน โดยสามารถกำหนดขั้นตอนการทำงาน ติดตามการทำงาน รวมถึงการอนุมติเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันแต่ละขั้นตอนการดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถตรวจสอบ กระบวนการทำงานในเรื่องของสถานะการดำเนินการและการตรวจสอบความล่าช้าในการดำเนินการ ที่เกิดขึ้นสามารถนา มาปรับปรุงและเป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงที่จะเกิดกับผลของงาน ตั้งแต่ต้นกระบวนการไปจนจบกระบวนการ(อารีรัตน์ หน่อยธงวาด, 2555) กระแสงานจะเริ่มต้น ขึ้นเมื่อได้รับการกระตุ้นจากอินพุต หรือข่าวสารและเมื่อกิจกรรมแรกดำเนินการเสร็จแล้วจะส่งต่อภาระให้กิจกรรมอื่น ๆทำต่อกันไปจนกระทั่ง จบกิจกรรมในกระแสงาน หรือจนกว่าจะถึงกิจกรรมสุดท้ายที่ไม่สามารถทำงานต่อไปได้อีก กล่าวคือกระแสงานเน้นที่การเคลื่อนที่ของข้อมูล และสารสนเทศจากกิจกรรมหนึ่งไปอีกกิจกรรมหนึ่งต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนจบงานที่ต้องทำระบบจัดการกระแสงาน (Workflow Management System) เป็น Tools หรือ Engine ในการสร้างกระแสงาน ซึ่งจะมีการกำหนดกระบวนการการทำงานร่วมกันกับผู้ใช้งานในระบบ

ต่าง ๆ ที่ทำงานอยู่บนเครื่องที่ต่างกันระบบทำหน้าที่ติดต่อกับงานย่อยต่าง ๆ กับผู้ใช้งาน

4.6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hector et. al. (2015) เสนองานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองและจำลองกระบวนการจอดเรือสำหรับท่าเทียบเรือปานามา โดยใช้ BPMN จำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในการดำเนินงานเชิงกลยุทธ์ ซึ่งผลการทดลองแบบจำลองทำให้ผู้ใช้งานมองเห็นกระบวนการในภาพรวม และเป็นเครื่องมือในการช่วยตัดสินใจได้ง่ายขึ้น

Sandra Sagdin (2558) กล่าวว่า การจัดการกระบวนการทางธุรกิจ (BPM) หมายถึงการแบ่งแยกระหว่างการบริหารเชิงกลยุทธ์และการดำเนินงาน ปัญหาส่วนใหญ่ที่บริษัทต้องเผชิญไม่ใช่การขาดความรู้เกี่ยวกับการจัดการกระบวนการทางธุรกิจ แต่เป็นการวางแผนกระบวนการที่สามารถเข้าถึงได้อย่างไร ซึ่งจะทำให้บริษัทสามารถปรับปรุงบริการได้อย่างต่อเนื่องและสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าในการปฏิบัติที่ดีที่สุดของบริษัท

อโณทัย มีสุวรรณ (2561) นำเสนอเรื่อง “การวิเคราะห์และออกแบบระบบการบริหารงานด้านกำลังพลกองทัพอากาศ ด้วยหลักการการจัดการกระบวนการทางธุรกิจ”มาใช้ในการออกแบบระบบการบริหารงานด้านกำลังพลกองทัพอากาศ ด้วยวิธีการ BPM แสดงการออกแบบกระบวนงานต่างๆ ในระบบการบริหารงานด้านกำลังพล เพื่อแสดงภาพรวมกระแสงานของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบทั้งหมด ช่วยทำให้ระบบการบริหารงานด้านกำลังพลกองทัพอากาศ มีกระบวนการที่เป็นมาตรฐานและมีประโยชน์ต่อการดูแลบริหารจัดการระบบงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

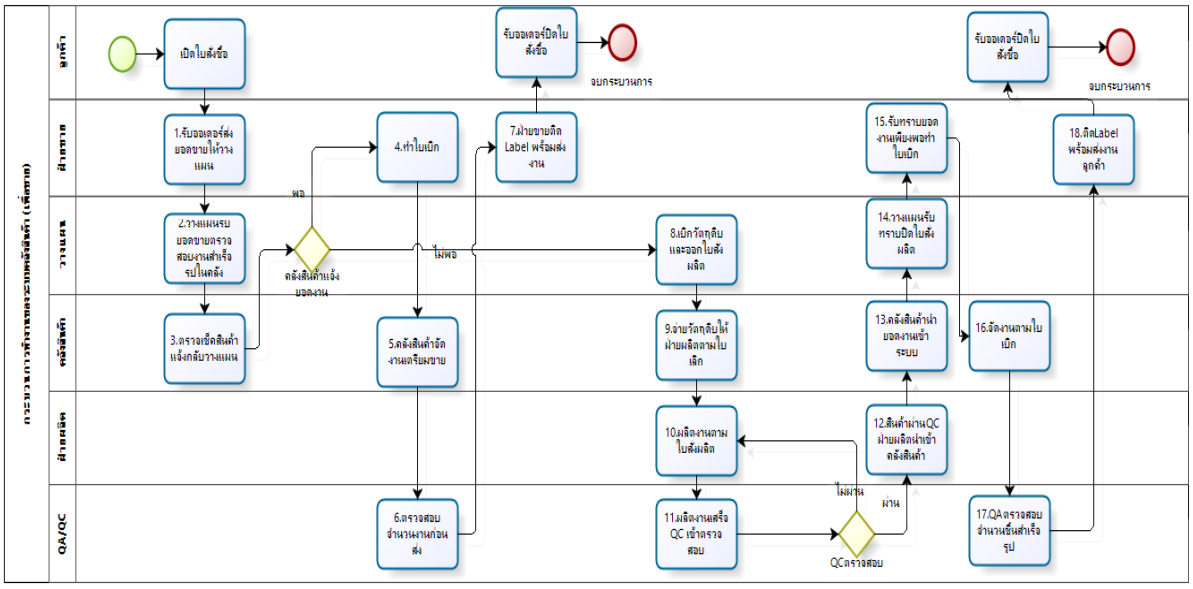
อรอนงค์ อุดมวงศ์ (2557) นำเสนอ “การนำรูปแบบกระบวนการทางธุรกิจมาใช้เพื่อปรับปรุงงานห้องสมุด ของสำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย” โดยการใช้กระบวนการทางธุรกิจ อธิบายรายละเอียดและความสัมพันธ์ของการดำเนินงานร่วมกันในองค์กร โดยพัฒนาและทดลองใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อปรับกระบวนการทำงานของสำนักหอสมุดกลาง ผลการวิจัยสรุปว่าการนำกระบวนการแบบจำลองมาปรับปรุงการทำงานสามารถลดขั้นตอนการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการนำทรัพยากรมาใช้ในการให้บริการได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

สราวุฒิ วลีธรชีพสวัสดิ์ และธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์ (2558) กล่าวว่า BPMN กลายมาเป็นตัวเลือกที่ได้รับความนิยมสำหรับการวิเคราะห์ธุรกิจ ในการนำเสนอพฤติกรรมของกระบวนการธุรกิจขององค์กร ถูกสร้างมาจากความต้องการระบบ สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการสร้างกรณีทดสอบต่อไปได้โดยมีงานวิจัยมากมายเสนอวิธีสร้างกรณีทดสอบจากแบบจำลองกระบวนการธุรกิจ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีสร้างกรณีทดสอบจากแบบจำลองกระบวนการธุรกิจอิงเหตุการณ์ขับเคลื่อนกระบวนการสร้างกรณีทดสอบประกอบด้วย การสร้างกราฟกระแสควบคุม การค้นหาเส้นทางทดสอบ การสร้างข้อมูลทดสอบ และการสร้างกรณีทดสอบ

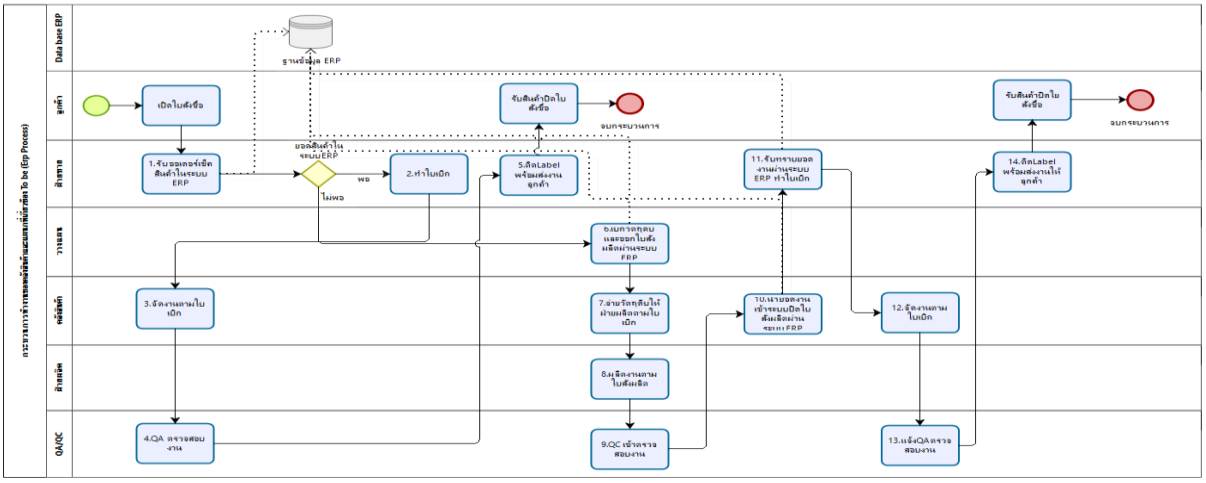
5. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยโดยการออกแบบและวิเคราะห์แบบจำลองการจัดการกระบวนการธุรกิจ ของแผนกคลังสินค้า บริษัท พี.ซี.ทาคาชิมา(ประเทศไทย)จำกัด กระบวนการการทำงานของระบบคลังสินค้าและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ซอฟต์แวร์ Bizagi ในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยกระบวนการที่เป็นปัจจุบัน (As Is) และกระบวนการใหม่ (To be) ดังนี้

การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานของคลังสินค้าที่เป็นปัจจุบัน (As Is) มีกระบวนการหลัก ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 5 แผนก โดยแยกออกเป็น 18 ขั้นตอน ดังรูปที่2



รูปที่ 2 กระบวนการทำงานของคลังสินค้าและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องปัจจุบัน (As Is)



รูปที่ 3 กระบวนการทำงานของคลังสินค้าและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแบบใหม่ (To be)

จากนั้นทำการจำลองวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองกระบวนการทำงานของระบบคลังสินค้าที่เป็นปัจจุบัน (As Is) โดยใช้ซอฟต์แวร์บิซากี แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจำลองวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองกระบวนการทำงานของคลังสินค้าที่เป็นปัจจุบัน (As Is)

ชื่อกระบวนการ (Process title)	Min. time	Max. time	Avg. time	Total time
ฝ่ายขาย รับออเดอร์ส่งยอดให้วางแผน	10m	11h 14m	5h 41 m 20s	237d 56m
วางแผน รับยอดขายตรวจสอบสินค้าในคลัง	5m	5m	5m	3d 11h 20m
คลังสินค้า ตรวจเช็คสินค้าแจ้งกลับวางแผน	20m	3d 2h 1m	1d 12h 49m 26s	1534d 8h 2m
ฝ่ายขาย ทำใบเบิก	20m	1d 3h 8m	14h 16m 48s	409d 8h 43m
คลังสินค้า จัดยอดงานเตรียมขาย	1h 40m	6d 1h 31m	3d 23h 40m 16s	2742d 13h 48m
QA/QC ตรวจสอบงานก่อนส่ง	30m	58m	30m 57s	14d 18h 59m
ฝ่ายขาย ติดLabel พร้อมส่งสินค้า	30m	4d 3h 49m	1d 16h 40m	1166d 5h 54m
วางแผน เบิกวัตถุดิบและออกใบสั่งผลิต	30m	1d 3h 17m	14h 7m 10s	183d 13h 21m
คลังสินค้าจ่ายวัตถุดิบให้ฝ่ายผลิตตามใบเบิก	2h 54m	6d 2h 20m	3d 22h 44m 43s	1231d 16h 32m
ฝ่ายผลิต ผลิตงานตามใบสั่งผลิต	1d	27d 7h 22m	14d 5h 54m 20s	413d 3h 16m
QA/QC เข้าตรวจสอบงานผลิต	2h	2h 7m	2h 14s	2d 10h 7m
ฝ่ายผลิต สินค้าผ่านQCฝ่ายผลิตนำเข้าคลัง	22h 20m	18d 22h 20m	9d 20h 8m 27s	108d 5h 33m
คลังสินค้า นำยอดเข้าระบบ	1h	2h	1h 27m 16s	16h
วางแผน ปิดใบสั่งผลิต	20m	20m	20m	3h 40m
ฝ่ายขาย รับทราบยอดงานเพียงพอทำใบเบิก	20m	20m	20m	3h 40m
คลังสินค้าจัดงานตามใบเบิก	1h	1h 20m	1h 16m	14h
QA ตรวจสอบจำนวนชิ้นงานสำเร็จรูป	30m	1h	40m	7h 20m
ฝ่ายขาย ติด Label พร้อมส่งงานลูกค้า	30m	3h 40m	2h 6m 21s	23h 10m
กระบวนการทำงานของระบบคลังสินค้า (เพื่อขาย) เวลาทั้งหมด	**1d 4h 20m**	**20d 12h 13m**	**8d 6h 43m 33s**	**98d 18h 35m**

หมายเหตุ คำอธิบาย

Min. time : เวลาที่ใช้น้อยที่สุดในการประมวลผล
Max. time : เวลาที่ใช้มากที่สุดในการประมวลผล
Avg. time : เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล
Total time : เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการประมวลผล
d : จำนวนวัน
h : จำนวนชั่วโมง
m : จำนวนนาที

จากตารางที่ 2 ฝ่ายขายจะรับ Order จากอีเมลล์จากลูกค้าซึ่งใช้เวลาตรวจสอบประมาณ 10 นาที แล้วจึงทำการแจ้งยอดขายให้แผนกวางแผน เมื่อวางแผนได้รับยอดขายแล้วจะแจ้งให้คลังสินค้าตรวจสอบซึ่งใช้เวลาประมาณ5นาที คลังสินค้าจะทำการตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูปว่ามีเพียงพอขายหรือไม่จะใช้เวลาประมาณ20นาที แล้วจึงโทรแจ้งกลับแผนกวางแผนใช้เวลา 5 นาที (กรณีสินค้ามีเพียงพอขาย) วางแผนจะแจ้งกลับไปที่ฝ่ายขายให้ทำใบเบิกใช้เวลาประมาณ5นาที ฝ่ายขายจะใช้เวลาประมาณ20นาทีในการทำใบเบิกเพื่อแจ้งไปยังคลังสินค้า คลังสินค้ารับใบเบิกจัดงานตามระบบ Fifo เพื่อจัดของไปยังลานโหลดสินค้าใช้เวลาประมาณ1ชั่วโมง และแจ้งให้Qaมาตรวจสอบงานใช้เวลาในการตรวจสอบประมาณ 30 นาที เมื่อQAตรวจสอบสินค้าเสร็จ จะมีฝ่ายขายมาติดLabel และส่งงานให้ลูกค้า ใช้เวลาประมาณ30นาที (กรณีสินค้าไม่เพียงพอขาย) วางแผนจะทำการเบิกวัตถุดิบและออกใบสั่งผลิตใช้เวลาประมาณ30นาที

คลังสินค้าจะรับใบเบิกวัตถุดิบจากแผนวางแผนและทำการจ่ายตามระบบFifoให้ฝ่ายผลิตใช้เวลาประมาณ2ชั่วโมง ฝ่ายผลิตจะใช้เวลาผลิตสินค้าประมาณ1วัน เมื่อผลิตงานเสร็จแล้ว แผนกQCจะเข้าตรวจสอบใช้เวลาประมาณ2ชั่วโมง เมื่อผ่านQCฝ่ายผลิตจะส่งสินค้าเข้าคลังสินค้าใช้เวลาประมาณ20 นาที คลังสินค้าจะย้ายงานมาไว้และทำยอดเข้าระบบใช้เวลาประมาณ1ชั่วโมงแล้วแจ้งให้วางแผนทราบ เมื่อวางแผนทราบว่างานมีเพียงพอก็จะปิดใบสั่งผลิตแล้วแจ้งให้ฝ่ายขายทราบใช่เวลาประมาณ20นาที เมื่อฝ่ายขายรับทราบยอดงานเพียงพอก็จะทำใบเบิกให้คลังสินค้าโดยใช้เวลาประมาณ20 นาที หลังจากคลังสินค้าได้รับใบเบิกก็จะจัดงานตามระบบ Fifo และส่งงานไปยังลานโหลดสินค้าใช้เวลาประมาณ1 ชั่วโมง เมื่อสินค้าอยู่ลานโหลดจะมีQAมาตรวจสอบงานโดยใช้เวลาประมาณ30นาทีแล้วจึงแจ้งไปยังฝ่ายขาย ฝ่ายขายจะทำการติดLabel และส่งมอบงานให้ลูกค้า ใช้เวลาประมาณ 30นาที จากกระบวนการทั้งหมดจะทำให้ลูกค้าได้รับสินค้าโดยวัดจากการประมวลผลของโปรแกรมบีซากี ใช้เวลาอย่างน้อยที่สุดประมาณ 1 วัน 4 ชั่วโมง 20 นาที และมีค่าเฉลี่ยที่ 8 วัน 6 ชั่วโมง 43 นาที

การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานของคลังสินค้าแบบใหม่ (To be)โดยจำลองการนำซอฟต์แวร์ ERP มาใช้ในองกรค์ โดยมีกระบวนการหลัก ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 5 แผนก โดยแยกออกเป็น 14 ขั้นตอน ดังภาพที่3

จากนั้นทำการจำลองวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองกระบวนการทำงานของคลังสินค้าและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแบบใหม่ (To be) โดยใช้ซอฟต์แวร์บิซากี แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจำลองวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองกระบวนการทำงานของคลังสินค้าที่เป็นปัจจุบัน (To be)

ชื่อกระบวนการ (Process title)	Min. time	Max. time	Avg. time	Total time
ฝ่ายขาย รับออเดอร์เช็คสินค้าในระบบERP	5m	6h 47m	3h 27m 32s	144d 3h 1m
ทำใบเบิก	10m	6h 52m	4h 6m 11s	83d 18h
คลังสินค้าจัดงานตามใบเบิก	1h	6d 42m	3d 1h 21m	1497d 17h
QA ตรวจสอบงาน	30m	1h 29m	32m 8s	10d 22h 29m
ฝ่ายขายติด Label พร้อมส่งงานลูกค้า	1h	4d 3h 47m	2d 12h 27m 27s	1234d 8h 14m
เบิกวัตถุดิบและออกใบสั่งผ่านระบบERP	10m	5h 20m	2h 50m 22m	60d 8h 14m
จ่ายวัตถุดิบให้ฝ่ายผลิตตามใบเบิก	30m	6d 1h 12m	2d 17h 30m 15s	1391d 23h 6m
ผลิตงานตามใบสั่งผลิต	1d	28d 14h 57m	14d 19h 42m 12s	429d 19h 24m
QC เข้าตรวจสอบชิ้นงาน	2h	2h 1m	2h 6s	2d 10h 3m
คลังสินค้านำยอดเข้าระบบปิดใบสั่งผลิตผ่านระบบERP	1h	5d 16h 29m	18h 41m 22s	22d 14h
ฝ่ายขาย รับทราบยอดงานผ่านระบบ ERP ทำใบเบิก	10m	29m	11m 14s	5h 26m
คลังสินค้า จัดงานตามใบเบิก	1h	11h 22m	1h 21m 43s	1d 15h 30m
QA เข้าตรวจนับจำนวนชิ้นงาน	30m	30m	30m	14h 30m 3s
ชื่อกระบวนการ (Process title)	**Min. time**	**Max. time**	**Avg. time**	**Total time**
ฝ่ายขายติดLabel พร้อมส่งงานลูกค้า	30m	4d 3h 7m	1d 6h 4m 47s	36d 8h 19m
กระบวนการทำงานของระบบคลังสินค้า (ERP) เวลาทั้งหมด	**1d 4h**	**29d 4h 47m**	**6d 13h 4m 36s**	**82d 2h 5m**

จากตารางที่ 3 หลังจากที่ฝ่ายขายได้รับออเดอร์ผ่านอีเมลล์จากลูกค้าจะทำการเช็คสินค้าผ่านระบบERP โดยตรงโดยใช้เวลาทั้งหมดประมาณ5นาที หากมีสินค้าครบถูกต้องตามจำนวนก็จะทำการเปิดใบเบิกโดยใช้เวลาประมาณ 10 นาที แล้วส่งให้แผนกคลังสินค้าจัดชิ้นงานตามใบเบิกซึ่งในส่วนนี้คลังสินค้าจะใช้เวลาจัดชิ้นงานไปยังลานโหลดสินค้าประมาณ 1 ชั่วโมง ต่อจากนั้นจะแจ้งให้ QA เข้ามาตรวจสอบจำนวนชิ้นงานก่อนส่งลูกค้า QA จะใช้เวลาตรวจสอบประมาณ 30 นาที เมื่อ QA ตรวจสอบเสร็จจะมีฝ่ายขายเข้ามาติดLabelและส่งงานให้ลูกค้าฝ่ายขายจะใช้

เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จบขั้นตอน (กรณีสินค้าสำเร็จรูปไม่พอ) วางแผนจะทำการเบิกวัตถุดิบและออกใบสั่งผ่านระบบ ERP โดยใช้เวลาประมาณ 10 นาที คลังสินค้าได้รับใบเบิกวัตถุดิบจะใช้เวลาจ่ายวัตถุดิบให้ฝ่ายผลิตประมาณ 30 นาที ฝ่ายผลิตจะผลิตชิ้นงานตามใบสั่งผลิตโดยใช้เวลาประมาณ 1 วัน เมื่อผลิตเสร็จจะมี QC เข้าตรวจสอบชิ้นงานจะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เมื่อตรวจสอบเสร็จแล้วจะมีคลังสินค้ามานำยอดเข้าระบบและปิดใบสั่งผลิตผ่านระบบ ERP โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นฝ่ายขายจะทราบยอดงานผ่านระบบERP และจะทำใบเบิกชิ้นงานเพื่อขายโดยใช้เวลาประมาณ 10 นาที คลังสินค้าจะได้รับใบเบิกและจะจัดชิ้นงานตามใบเบิกแล้วนำไปไว้ที่ลานโหลดโดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จัดชิ้นงานเสร็จจะมี QA เข้ามาตรวจสอบจำนวนชิ้นงานโดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที ต่อจากนั้นจะมีฝ่ายขายเข้ามาติดLabel และส่งงานให้ลูกค้าเป็นขั้นตอนสุดท้ายโดยใช้เวลาประมาณ 30 นาที จากกระบวนการทั้งหมดจะทำให้ลูกค้าได้รับสินค้าโดยวัดจากการประมวลผลของโปรแกรมบีซากี ใช้เวลาอย่างน้อยที่สุดประมาณ 1 วัน 4 ชั่วโมง 4 นาที และมีค่าเฉลี่ยที่ 6 วัน 13 ชั่วโมง 4 นาที 36 วินาที

สรุปจากเดิมที่ลูกค้าจะได้รับสินค้าโดยคิดเวลาการประมวลผลจากโปรแกรมบีซากีจะมีค่าเฉลี่ยของเวลาอยู่ที่ 8 วัน 6 ชั่วโมง 43 นาที และกระบวนการใหม่จะมีค่าเฉลี่ยของเวลาอยู่ที่ 6 วัน 13 ชั่วโมง 4 นาที 36 วินาที ลดเวลาไปทั้งหมดที่ 2 วัน 12 ชั่วโมงโดยประมาณ และยังลดขั้นตอนการทำงาน จากเดิมที่มีทั้งหมด 18 ขั้นตอน เหลือเพียง 14 ขั้นตอน เนื่องจากมีการจำลองนำโปรแกรม ERP มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงาน ทำให้ขั้นตอนการทำงานลดลงและสามารถทำงานได้รวดเร็วมากขึ้นกว่าปัจจุบัน เพราะการใช้โปรแกรม ERP เข้ามาช่วยในการทำงานนั้น พนักงานสามารถเช็คงานสำเร็จรูปหรือวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตได้ผ่านฐานข้อมูลของระบบ ERP ได้ตลอดเวลาโดยที่พนักงานไม่จำเป็นต้องโทรศัพท์ไปสอบถามยังแผนกต่างๆ เพื่อตรวจสอบวัตถุดิบหรือจำนวนงานที่ลูกค้าต้องการ

ผลการประเมินความพึงพอใจ

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการจำลองกระบวนการทำงานแบบใหม่ผ่านโปรแกรมบีซากีเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำรูปแบบกระบวนการทำงานแบบใหม่ไปอธิบายกระบวนการทำงานให้หัวหน้าและพนักงานทุกคนในแต่ละแผนกรับทราบ จากนั้นจึงให้หัวหน้าแผนกจำนวนทั้งหมด 6 คนเป็นตัวแทนตอบแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ

แบบประเมินความพึงพอใจที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลคะแนนของแบบประเมินแบ่งออกเป็น 5 ระดับที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินดังนี้ เกณฑ์ประเมินผล 5 ระดับ (ตั้งแต่น้อยที่สุด = 1 ถึงมากที่สุด = 5) ซึ่งนำมาสรุปรายละเอียดไว้ 4 ด้าน ดังที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจแบบจำลองกระบวนการทำงานคลังสินค้าและแผนกที่เกี่ยวข้อง

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.	ระดับ
เนื้อหาและข้อมูลในกระบวนการทำงานครบถ้วน	4.50	0.50	ดี
ความสามารถในการลดขั้นตอนและกระบวนการทำงาน	4.23	0.73	ดี
ประสิทธิภาพในด้านการนำไปใช้งานจริง	4.33	0.50	ดี
รูปแบบรายงานในด้านการพัฒนาความรู้ความเข้าใจ	4.50	0.50	ดี
ผลสรุปการประเมิน	**4.39**	**0.56**	**ดี**

จากตารางที่ 4 ทำให้เห็นว่าหัวหน้าแผนกทั้ง 6 คน มีการยอมรับและมีความพึงพอใจในแบบจำลองกระบวนการทำงานของคลังสินค้าอยู่ในระดับดี

6. สรุปและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์และออกแบบแบบจำลองกระบวนการธุรกิจการจัดการคลังสินค้าของบริษัท ด้วยหลักการ BPM จึงทำให้เห็นภาพรวมขั้นตอนการทำงานของแผนกที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่างๆ ประกอบด้วย กระบวนการขาย กระบวนการวางแผน กระบวนการคลังสินค้า กระบวนการผลิต และกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ จึงช่วยทำให้สามารถวิเคราะห์การทำงานของแต่ละส่วนเพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานที่ใช้ในองค์กรให้เกิดประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไปและสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1.ผลการประเมินความพึงพอใจของเนื้อหาและข้อมูลในกระบวนการทำงานร่วมกันของแต่ละแผนกที่ทำงานร่วมกับคลังสินค้ามีความถูกต้องและครบถ้วนอยู่ในระดับดี จากแบบสอบถามความพึงพอใจหัวหน้างานแต่ละแผนก

2.ผลการประเมินด้านกระบวนการทำงานมีความชัดเจนและสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นอยู่ในระดับดี จากแบบสอบถามความพึงพอใจหัวหน้าของแต่ละแผนก

3.ผลการประเมินด้านประสิทธิภาพและการนำไปใช้งานจริงอยู่ในระดับดี จากแบบสอบถามความพึงพอใจหัวหน้างานของแต่ละแผนก

4.ผลการประเมินในรูปแบบรายงานของกระกระบวนการทำงานมีความเข้าใจง่ายและสามารถพัฒนากระบวนการทำงานของคลังสินค้าและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้อยู่ในระดับดี จากแบบสอบถามความพึงพอใจหัวหน้างานของแต่ละแผนก

ข้อเสนอแนะ

การออกแบบจำลองกระบวนการธุรกิจการจัดการคลังสินค้าของบริษัท ด้วยหลักการ BPM เป็นเพียงการสร้างแบบจำลองกระบวนการทำงาน ให้กับบริษัท พี.ซี.ทาคาชิมา (ประเทศไทย)จำกัด เป็นโปรแกรมที่เข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในทางเทคนิคต่างๆได้ แต่ต้องใช้เวลาในการศึกษาเพื่อให้เข้าใจโครงสร้างและเครื่องมือของโปรแกรม โดยนักพัฒนาโปรแกรมสามารถนำไปประยุกต์สร้างแอพพลิเคชั่นของระบบคลังสินค้าหรือแผนกต่างๆที่เกี่ยวข้องได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทพี.ซี.ทาคาชิมา(ประเทศไทย)จำกัดและพนักงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Margaret Rouse. (2018). Business Process,[ออนไลน์], สืบค้นจาก https://searchcio.techtarget.com/definition/business-process (13 ม.ค. 2563)

[2] ธนเดช เพิ่มพูน. (2558). Business Process Management (ตอนที่ 1). [ออนไลน์], สืบค้นจาก http://www.cioworldmagazine.com (9 มี.ค.2563)

[3] ฉัตรชัย บุญญะฐิ. (2558). Business Process Modeling Notation : BPMN.[ออนไลน์],สืบค้นจาก https://www.gotoknow.org/posts/260886 (9 มี.ค. 2563)

[4] คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2550). การจัดการคลังสินค้า = Warehouse management (พิมพ์ครั้งที่2) กรุงเทพฯ: บริษัทโฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (2550)

[5] Hector Mendoza, Guimara Tuñón, Luis Carlos Rabelo, & John Pastrana Rebeca Caceres. (2015). Modeling and Simulation of Berthing Processes for a Panamanian Container Terminal using BPMN and Discrete Event Simulation. In Proceedings of the International Conference on Operations Excellence and Service Engineering Orlando, Florida, USA, pp. 841-850.

[6] Sandra Sagin. (2015). APPROACHING PROCESS ORIENTATION AND BUSINESS PROCESS MANAGEMENT : THE CASE STUDY OF THE COMPANY VIP MOBILE (Master's Thesis Faculty of Economics, Graduate School University of Ljubljana).

[7] อโณทัย มีสุวรรณ. (2561). การวิเคราะห์และออกแบบระบบการบริหารงานด้านกำลังพล กองทัพอากาศด้วยหลักการ การจัดการกระบวนการทางธุรกิจ (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

[8] อรอนงค์ อุดมวงศ์.(2557). การนำรูปแบบกระบวนการทางธุรกิจมาใช้เพื่อปรับปรุงงานห้องสมุดของสำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. วารสารวิชาการวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย,(1), 155-162

[9] สราวุฒิ วลีธรชีพสวัสดิ์, ธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์. (2558). "การสร้างกรณีทดสอบจากแบบจำลองกระบวนการธุรกิจอิงเหตุการณ์ขับเคลื่อน (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต). คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Sciences and Applied Sciences

ID003

กระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้จากขุยฉลากและขุยมะพร้าว

Biodegradable Nursery Pot from Beverage Labelling Waste and Coconut Bagasse

ปิ่นประภา โสมากุล[1] และ สิรินารี เงินเจริญ[1*]
[1]สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
[*]E-mail: sirinaree.th@gmail.com

Pinprapa Somakul[1] and Sirinaree Ngencharoen[1*]
[1]Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Science and Social Sciences
Burapha University, Sakaeo Campus
[*]E-mail: sirinaree.th@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้จากขุยฉลากของอุตสาหกรรมการผลิตสุราขาวร่วมกับขุยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุในท้องถิ่น จำแนกอัตราส่วนของขุยฉลากและขุยมะพร้าวเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน ขึ้นรูปเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบสี่เหลี่ยม ขนาด 10x10x1 เซนติเมตร และแบบกระถางกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี พบว่าตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น อัตราส่วนระหว่างขุยฉลากและขุยมะพร้าวเท่ากับ 10:90 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด เนื่องจากขึ้นรูปได้ง่ายและย่อยสลายได้เร็วที่สุด ระยะเวลาแห้งของตัวอย่างชิ้นงาน เท่ากับ 3 วัน น้ำหนักเฉลี่ย 1.75±1.45 กรัม ค่าการดูดซับน้ำ 40.03 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบดัชนีการแตกร่วนได้ผลว่ากระถางเพาะชำมีความคงทนไม่แตกหัก ค่าความคงตัวเมื่อดูดซับน้ำเท่ากับ 126.82 นาที เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ยูเรีย-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในระดับต่ำ แต่โพแทสเซียม มีค่าอยู่ในระดับสูง สำหรับผลทดสอบชิ้นงานที่ขึ้นรูปแบบกระถางนั้น อัตราส่วนระหว่างขุยฉลากและขุยมะพร้าวเท่ากับ 10:90 เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกันกับชิ้นงานที่ขึ้นรูปแบบแผ่น โดยมีระยะเวลาแห้งของตัวอย่างชิ้นงาน เท่ากับ 5 วัน น้ำหนักเฉลี่ย 9.25±0.67 กรัม และให้ผลทดสอบคุณสมบัติทางเคมีสอดคล้องกับผลทดสอบชิ้นงานแบบแผ่น นอกจากนี้ พบว่าต้นทุนการผลิตต่อหน่วย 2.77 บาท ซึ่งต่ำกว่ากระถางเพาะชำขนาดเดียวกันด้วย

คำหลัก กระถางเพาะชำ ขุยฉลาก ขุยมะพร้าว

Abstract

The purpose of this research was to develop the biodegradable nursery pot composed of labelling waste from the white liquor industry and coconut fiber from the local area. The ratio of nursery pot was divided by the ratio of labelling waste and coconut fiber to 4 groups as 10:90, 20:80, 30:70 and 40:60. Mixed with glue paste and hand-made molded to 2 shapes as plate specimen, 10x10x1.5 cms. and nursery pot

specimen, 7 cms diameter approximately. Next, the physical properties were analyzed. The results were shown that, labelling waste and coconut ratio of 10:90 was the most optimum ratio to develop mentioned materials to be biodegradable nursery pot summarized by the results of plate specimen as it was easiest to mold and fastest degrade, dried- period equal to 3 days, average weight was 1.75±1.45 g, water absorption value equal to 40.03%. Shatter index was tested and found that plate specimens not able to chap. Stability period when absorbed water equal to 126.8 min. Additionally, the chemical properties were analyzed. It was found that urea-nitrogen and nitrate-nitrogen were very low. Ammonia - nitrogen, and phosphorus were low but potassium value was high. Likewise, the test results of the nursery pot specimen by usability method. it was found the result the ratio of labelling waste and the coconut fiber equal to 10:90 was suitable as a biodegradable nursery pot. Analyzed results were shown that dried-period of nursery pot equal to 5 days, average weight 9.25±0.67 g, for the chemical results it was indicated that consistent with the plate specimens. Additionally, the production cost per unit equal to 2.77 baht which was lower than the same size nursery pots.

Keywords: Nursery pot, Labelling waste, Coconut bagasse

1. บทนำ

การขยายพันธุ์พืชเป็นการเพิ่มจำนวนต้นพืชด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อการเพาะปลูกหรือใช้ประโยชน์อื่น ๆ จัดเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่มีความจำเป็นในการเพาะปลูกพืชทุกชนิด เนื่องจากต้องเตรียมต้นพืชเอาไว้ให้ทันต่อเวลาปลูกตลอดจนได้ต้นที่โตได้ขนาดเหมาะสม มีความแข็งแรง จำนวนเพียงพอกับขนาดพื้นที่ปลูก (คณาจารย์ภาควิชาพืชศาสตร์, 2543) การขยายพันธุ์พืชมักใช้กระถางเพาะชำหรือถุงเพาะชำที่ผลิตจากพลาสติก เมื่อนำต้นไม้ไปปลูกลงดินแล้วกระถางหรือถุงพลาสติกเพาะชำเหล่านั้นจะกลายเป็นขยะพลาสติกซึ่งเป็นปัญหาสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมทั้งดิน น้ำ อากาศ รวมทั้งมีผลกระทบต่อเนื่องสู่สิ่งมีชีวิต (Verma et al., 2016) พลาสติกเหล่านี้ใช้เวลาการย่อยสลายยาวนาน ตั้งแต่ 58 – 1,200 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก (Chamas et al., 2020) หากนำไปเผาเพื่อทำลายจะเกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม (ยุพาวรรณ พลการ, 2558) การใช้กระถางที่ทำจากวัสดุธรรมชาติหรือวัสดุที่ย่อยสลายได้ทดแทนการใช้พลาสติกในการเพาะชำต้นไม้เป็นแนวทางหนึ่งในการลดปริมาณขยะของเสียและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลาสติก (เตือนใจ ปิยัง และคณะ, 2561) จากการสำรวจข้อมูลวัสดุที่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ ส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่มีเส้นใยที่ช่วยในการยึดเกาะเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับกระถางที่และยืดอายุการใช้งานของกระถาง เหมาะกับช่วงเวลาในการเพาะกล้าต้นไม้ก่อนนำไปปลูกลงดิน ตัวอย่างวัสดุที่สามารถนำมาผลิตกระถางชีวภาพได้ เช่น ขุยมะพร้าว ฟางข้าว และผักตบชวา

ด้วยเหตุผลสำคัญข้างต้น จึงกำหนดงานวิจัยนี้โดยมีวัตถุประสงค์ ได้แก่ พัฒนากระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้เพื่อใช้ทดแทนกระถางหรือถุงเพาะชำพลาสติก ทั้งนี้เพื่อลดปริมาณการใช้พลาสติก ซึ่งผู้วิจัยสำรวจและคัดเลือกวัสดุ 2 ชนิด คือ (1) ขุยฉลากจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสุราขาว ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ ขุยฉลากดังกล่าวเป็นกระดาษได้มาจากขั้นตอนการล้างขวดเพื่อนำขวดมาใช้ซ้ำ เป็นกากอุตสาหกรรมไม่อันตรายที่มีปริมาณมาก และ (2) ขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุหาได้ง่ายในท้องถิ่น ต้นทุนต่ำ มีการดูดซับน้ำได้ดี (กิตติชัย โสพันนา และคณะ, 2558) มาประสานด้วยกาวแป้งเปียก เพื่อขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะชำ จากนั้นทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมต่อการผลิตกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ ก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งต่อภาคอุตสาหกรรมเพราะลดปริมาณขุยฉลากที่ต้องกำจัดสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งเพิ่มมูลค่าขุยฉลากดังกล่าว สอดคล้องยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมให้เป็นมิตร

กับสังคมและสิ่งแวดล้อม (สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม, 2559) ทั้งยังเกิดประโยชน์ต่อภาคเกษตรกรรม เนื่องจากสนับสนุนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) สร้างทางเลือกเพื่อลดการใช้กระถางเพาะชำหรือถุงเพาะชำจากพลาสติก ด้วยการใช้กระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ และอุปกรณ์

ขุยฉลากจากโรงงานผลิตสุราขาว แสดงดังรูปที่ 1 ขุยมะพร้าว แป้งมันสำปะหลัง ถาดเพาะชำ กระบอกตวง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เครื่องชั่งน้ำหนัก 500 g กระถางพลาสติก ขนาด 5.5 นิ้ว และขนาด 11 นิ้ว แม่พิมพ์สี่เหลี่ยม 10x10x1 เซนติเมตร เมล็ดพันธุ์พริกขี้หนู (Capsicum *annuum* (L.)) และตู้อบลมความร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น SNB 100



รูปที่ 1 ขุยฉลากจากการล้างขวดของโรงงานผลิตสุรา

2.2 วิธีการวิจัย

2.1.1 เตรียมขุยฉลาก ขุยมะพร้าวและกาวแป้งเปียก

นำวัสดุ ได้แก่ ขุยฉลากมาล้างด้วยน้ำจนสะอาด ผึ่งให้หมาดน้ำแล้วพักไว้ จากนั้นนำขุยมะพร้าวมาคัดแยกเศษมะพร้าวที่มีขนาดใหญ่ออก เตรียมกาวแป้งเปียกโดยใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังและน้ำ เท่ากับ 400 กรัม ต่อ น้ำ 2 ลิตร นำไปตั้งไฟและเคี่ยวจนเป็นกาวแป้งเปียก

2.2.2 ศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างขุยฉลากและขุยมะพร้าวที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะชำ

ขึ้นรูปกระถางเพื่อศึกษาอัตราส่วนของกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ โดยนำขุยฉลาก ขุยมะพร้าวและกาวแป้งเปียกที่เตรียมไว้มาผสมกัน อัตราส่วนระหว่างขุยฉลากต่อขุยมะพร้าว (โดยปริมาตร) เท่ากับ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 100:0

ผสมกาวแป้งเปียกปริมาตรเท่ากันในทุกอัตราส่วน จากนั้นขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์กระถาง 2 ใบ โดยนำวัสดุใส่กระถางแม่พิมพ์ขนาดใหญ่กว่าบรรจุตามรูปทรงกระถาง ใช้กระถางอีกใบซึ่งมีขนาดเล็กกว่าอัดเนื้อวัสดุในกระถางใบใหญ่ดังกล่าวให้แน่นโดย ให้กระถางมีความหนา 1 เซนติเมตร ดึงวัสดุออกจากกระถาง นำกระถางไปตากแดดจนกระถางแห้งสนิท คัดเลือกอัตราส่วนของวัสดุหลักที่มีความเป็นไปได้ต่อการพัฒนาเป็นกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ โดยวิเคราะห์จากความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปและสภาพคงตัวของกระถางเพาะชำหลังกระถางแห้งสนิท

2.2.3 การเตรียมตัวอย่างกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นเพื่อทดสอบคุณสมบัติ

ผสมวัสดุเพื่อขึ้นรูปตัวอย่างชิ้นงานกระถางเพาะชำ 2 แบบ ได้แก่ (1) แบบกระถางทั่วไป และ (2) แบบแผ่นสี่เหลี่ยม แบบกระถางทั่วไปนั้น ดำเนินการตามวิธีการในข้อ 2.2.2 สำหรับแบบแผ่นสี่เหลี่ยม นำวัสดุมาขึ้นรูปในแม่พิมพ์ขนาด 10x10x1 เซนติเมตร นำตัวอย่างที่ได้ไปตากแดดจนตัวอย่างแห้งสนิท

2.2.4 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้

2.2.4.1 ระยะการตากแห้ง

ตากกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นจนแห้งโดยตากบริเวณเดียวกัน บันทึกผลเป็นจำนวนวันตั้งแต่เริ่มตากชิ้นงานจนกระทั่งชิ้นงานแห้งสนิท และน้ำหนักคงที่และบันทึกน้ำหนัก

2.2.4.2 น้ำหนัก

เปรียบเทียบน้ำหนักของกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นได้ในแต่ละอัตราส่วนชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง หาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและบันทึกผล

2.2.4.3 การดูดซับน้ำ

เตรียมตัวอย่างที่ขึ้นรูปแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 120 ℃ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่ออบเสร็จ ชั่งตัวอย่างเพื่อหาน้ำหนักเป็น

น้ำหนักเริ่มต้นหรือน้ำหนักก่อนการดูดซับน้ำ บันทึกค่าเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Wd) จากนั้นรดน้ำให้ตัวอย่างชิ้นงานอิ่มตัวด้วยน้ำ ตั้งทิ้งไว้ให้น้ำส่วนเกินที่ชิ้นงานดูดซับไว้หมด สังเกตได้จากไม่มีน้ำหยดจากตัวอย่างชิ้นงาน นำตัวอย่างที่ได้ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้เป็นน้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงานที่อิ่มน้ำ (Ws) นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณหาการดูดซับน้ำของตัวอย่างชิ้นงาน จากสูตร (1)

$$W = \frac{(Ws-Wd)x100}{Wd} \quad (1)$$

โดยที่ W คือ ร้อยละของการดูดซับน้ำ (เปอร์เซ็นต์) Ws คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่อิ่มน้ำ (กรัม) และ Wd คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่แห้ง (กรัม)

2.2.4.4 ดัชนีการแตกร่วน

ทดสอบความสามารถของกระถางเพาะชำที่มีความทนทานต่อการขนย้ายและนำมาใช้งานด้วยวิธีทดสอบดัชนีการแตกร่วน (Friability index) หรือดัชนีแตกละเอียด (Shatter index) ดำเนินการโดยนำตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นในอัตราส่วนต่าง ๆ ปล่อยจากที่สูง 1.80 เมตร ลงสู่พื้นซีเมนต์ซ้ำ ๆ กัน 6 ครั้ง (นันทนา ฤกษ์เกษม และคณะ, 2560) และบันทึกผล กรณีที่พบการแตกร่วนให้นำชิ้นงานไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร แล้วนำส่วนที่เหลือของชิ้นงานจากการชั่งน้ำหนัก คำนวณหาค่าดัชนีการแตกร่วน ได้จากสมการที่ (2)

$$R = \frac{Wf}{Wi} \quad (2)$$

โดยที่ R คือ ดัชนีการแตกร่วน Wf คือ น้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น (กรัม) และ Wi คือ น้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นที่เหลือหลังการทดสอบ (กรัม)

2.2.4.5 ค่าความคงตัว

เตรียมตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น อัตราส่วนละ 6 ซ้ำ ทดสอบโดยการแช่น้ำทิ้งไว้แล้วจับเวลาสังเกตการเสียสภาพของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นทุก 1 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างชิ้นงานเริ่มมีรอยแตกและมีชิ้นส่วนของชิ้นงานหลุดออก หยุดเวลาแล้วบันทึก

2.2.4.6 คุณสมบัติทางเคมี

ย่อยตัวอย่างแบบแผ่นในแต่ละอัตราส่วนเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (กิตติชัย โสพันนา และคณะ, 2558) โดยทำการทดสอบด้วยชุดทดสอบปุ๋ย มก.5 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สังเกตและบันทึกผล

2.2.4.7 การย่อยสลาย

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยสลายของกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นแต่ละอัตราส่วน ด้วยวิธีดำเนินการ ดังนี้

(1) ตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น อัตราส่วนละ 6 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักตั้งต้น นำชิ้นงานไปทดสอบการเสื่อมสภาพหรือการย่อยสลายด้วยวิธีวงจรเปียกแห้ง (Wet-dry cycle) (Pedreño-Rojas et al., 2019) โดยการตั้งวางชิ้นงานกลางแจ้ง (วงจรแห้ง) แต่หลีกเลี่ยงการตั้งวางในพื้นที่สัมผัสน้ำ รดน้ำ (วงจรเปียก) โดยใช้ปริมาณการรดน้ำครั้งละ 30 มิลลิลิตร รอบเวลาการรดน้ำ ได้แก่ 1 รอบต่อ 1 วัน 2 รอบต่อ 1 วัน 1 รอบต่อ 2 วัน และ 1 รอบต่อ 3 วัน

การทดสอบด้วยวิธีเร่งวงจรแห้งเปียกนี้ดำเนินการในพื้นที่เดียวกันตลอดการวิจัยจนครบระยะเวลา 2 เดือน นำชิ้นงานไปอบที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักชิ้นงานหลังอบเพื่อคำนวณหาน้ำหนักที่ย่อยสลายไป

(2) กระถางเพาะชำ นำตัวอย่างกระถางเพาะชำมาชั่งน้ำหนักตั้งต้น แล้วนำไปบรรจุดินให้ระดับความสูงของดินต่ำกว่าขอบบนของกระถาง 2 เซนติเมตร นำต้นกล้าพริกปลูกลงในกระถางเพาะชำ จากนั้นนำกระถางเพาะชำที่ไป ใส่กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 นิ้ว บรรจุดินในกระถางพลาสติก โดยบรรจุดินโดยปริมาตรของกระถางให้ระดับของดินดินต่ำกว่าขอบบนของกระถาง 2 เซนติเมตร

รดน้ำต้นพริกวันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร รดน้ำต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 เดือน ระหว่างการทดสอบการย่อยสลายบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ สังเกตลักษณะของขุยฉลากและขุยมะพร้าวที่เหลือจากการย่อยสลายและบันทึกผล

2.2.5 ต้นทุนการผลิตกระถางเพาะชำต่อหน่วย

วิเคราะห์ต้นทุนโดยประมาณของการผลิตกระถางเพาะชำต่อหน่วย โดยประเมินจากต้นทุนค่าวัสดุและอุปกรณ์ทั้งหมด (ต้นทุนราคา ณ วันที่ทำการผลิตกระถางเพาะชำ) และจำนวนกระถางเพาะชำต่อหน่วยที่ผลิตได้

3. ผลการวิจัย

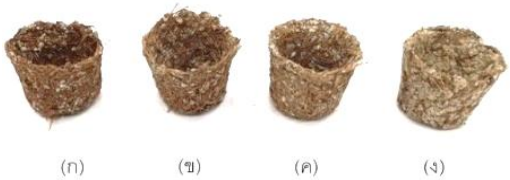
3.1 การขึ้นรูปกระถางเพาะชำและแผ่นตัวอย่างชิ้นงาน

อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปนั้น พิจารณาจากอัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปได้ง่าย เมื่อขึ้นรูปแล้วคงสภาพได้ไม่บิดเบี้ยว จากการสังเกตลักษณะดังกล่าว พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปทั้งกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น คือ อัตราส่วนระหว่างขุยฉลาก (Labelling waste; LW) และขุยมะพร้าว (Coconut Bagasse; CB) เท่ากับ 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60

สำหรับอัตราส่วนอื่นนั้นไม่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป เพราะเมื่อผสมวัสดุกับกาวแป้งเปียกเนื้อวัสดุยึดติดเป็นชิ้นงานยากไม่คงรูป หลังตั้งทิ้งไว้จนแห้งกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นมีรูปทรงที่ไม่แน่นอน บิดเบี้ยว ไม่สวยงาม ลักษณะตัวอย่างของกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นที่ไม่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปและเหมาะสมต่อการขึ้นรูปดังกล่าว แสดงดังรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ตัวอย่างกระถางเพาะชำที่ไม่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป
(ก) LW:CB เท่ากับ 50:50 (ข) LW:CB เท่ากับ 60:40
(ค) LW:CB เท่ากับ 70:30 (ง) LW:CB เท่ากับ 80:20
(จ) LW:CB เท่ากับ 90:10 (ช) LW:CB เท่ากับ 0:100



รูปที่ 3 ตัวอย่างกระถางเพาะชำที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป
(ก) LW:CB เท่ากับ 10:90 (ข) LW:CB เท่ากับ 20:80
(ค) LW:CB เท่ากับ 30:70 (ง) LW:CB เท่ากับ 40:60

3.2 ระยะเวลาการตากแห้งของกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น

กระถางเพาะชำที่อัตราส่วนระหว่าง LW:CB เท่ากับ 10:90 มีระยะเวลาการตากแห้งสั้นที่สุด คือ 5 วัน ส่วนอัตราส่วน 20:80 มีระยะเวลาการตากแห้งยาวนานกว่า คือ 7 วัน สำหรับอัตราส่วนระหว่าง LW:CB เท่ากับ 30:70 และ 40:60 มีระยะเวลาการตากแห้งเท่ากัน คือ 8 วัน

สำหรับระยะเวลาการตากตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นนั้นมีแนวโน้มเดียวกัน คือ ตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นอัตราส่วนระหว่าง LW:CB เท่ากับ 10:90 มีระยะเวลาการตากแห้งสั้นที่สุด คือ 3 วัน อัตราส่วน 20:80 มีระยะเวลาการตากแห้งยาวนานกว่า คือ 4 วันและอัตราส่วน 30:70, 40:60 มีระยะเวลาการตากแห้ง 6 วัน

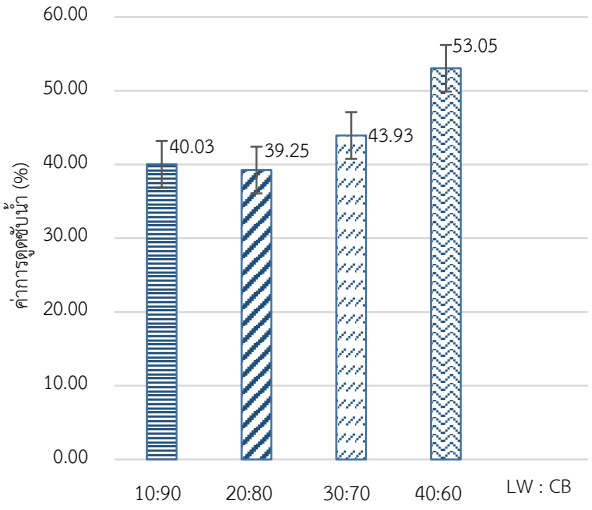
3.3 น้ำหนักของกระถางเพาะชำและแผ่นตัวอย่างชิ้นงาน

กระถางเพาะชำอัตราส่วนระหว่างขุยฉลากต่อขุยมะพร้าวในอัตราส่วนเท่ากับ 40:60 มีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมา คือ 30:70, 20:80 และ 10:90 มีน้ำหนักน้อยที่สุด น้ำหนักของกระถางแต่ละอัตราส่วนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [Anova:Single Factor;P=0.016;α 0.05]

สำหรับตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นที่อัตราส่วนเท่ากับ 40:60 น้ำหนักมากที่สุด รองลงมา คือ 30:70, 20:80 และ 10:90 มีน้ำหนักน้อยที่สุด น้ำหนักดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน [Anova: Single Factor; P=0.032;α 0.05]

3.4 การดูดซับน้ำของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น

ผลการดูดซับน้ำของตัวอย่างชิ้นงานตัวอย่างแบบแผ่นในอัตราส่วน LB:CB เท่ากับ 40:60 มีค่าการดูดซับน้ำมากที่สุด คือ 53.05 % แสดงดังรูปที่ 4 อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบเปรียบเทียบการดูดซับน้ำจากขุยฉลากและขุยมะพร้าว พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [t-Test: Unequal Variances; t Stat= 6. 06,P(T<= t) one- tail= 0.002;α 0.05]



รูปที่ 4 ค่าการดูดซับน้ำของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นในอัตราส่วนระหว่าง LW:CB ที่ต่างกัน

3.5 ดัชนีการแตกร่วน

การทดสอบด้วยวิธี Drop shatter test ให้ผลว่าตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นทุกอัตราส่วนไม่มีการแตกร่วน

3.6 ค่าความคงตัวของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น

ตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นทุกอัตราส่วนมีค่าความคงตัวแตกต่างกันอย่างมาก ทั้งนี้ตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นที่มีค่าความคงตัวมากที่สุด คือ ตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นอัตราส่วนระหว่าง LW:CB เท่ากับ 30:70 มีค่าความคงเท่ากับ 400.05 นาที ส่วนตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นที่มีค่าความคงตัวน้อยที่สุด คือ อัตราส่วนระหว่าง LW:CB เท่ากับ 10:90 มีค่าความคงตัวเพียง 126.82 นาที

3.7 คุณสมบัติทางเคมีของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น

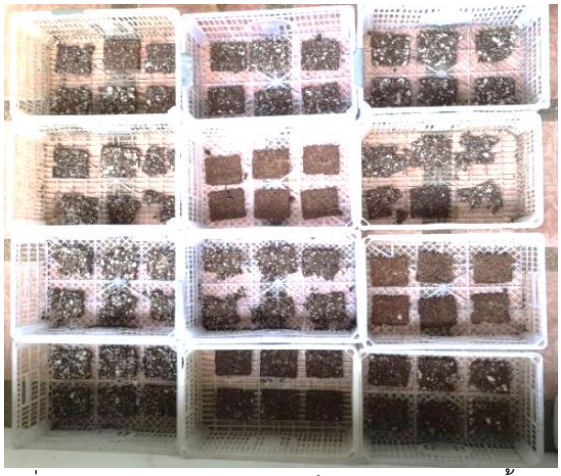
ผลทดสอบแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ยูเรีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น

อัตราส่วนระหว่าง LW:CB	NH_4+	NO_3-	Urea	P_2O_5	K_2O
ขุยฉลาก (LW)	ต่ำ	ต่ำมาก	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง
ขุยมะพร้าว (CB)	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำมาก	ต่ำ	สูง
10:90	ต่ำ	ต่ำมาก	ต่ำมาก	ต่ำ	สูง
20:80	ต่ำมาก	ต่ำ	ต่ำมาก	ต่ำ	สูง
30:70	ต่ำมาก	ต่ำ	ต่ำมาก	ต่ำ	สูง
40:60	ต่ำมาก	ต่ำ	ต่ำมาก	ต่ำ	สูง

3.8 การย่อยสลายของกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น

ผลทดสอบการย่อยสลายของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นด้วยวิธีเร่งวงจรแห้งเปียก และผลทดสอบการย่อยสลายของกระถางเพาะชำด้วยวิธีการจำลองปลูกลงดินโดยนำกระถางเพาะชำบรรจุดินแล้ว ใส่กระถางพลาสติกแล้วบรรจุดินปลูกพริก แสดงดังรูปที่ 5-6



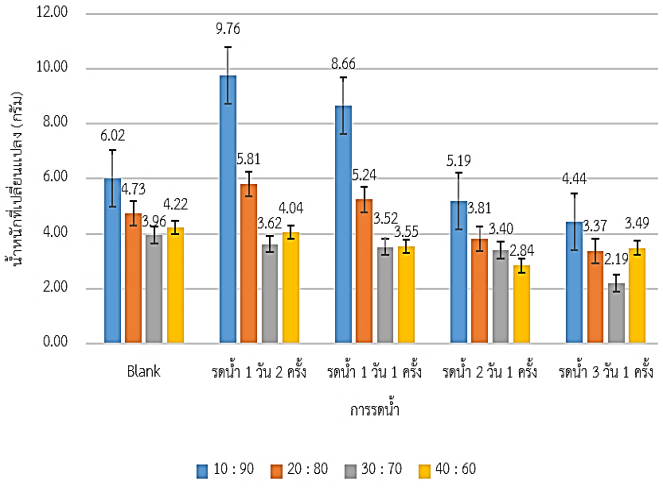
รูปที่ 5 การทดสอบการย่อยสลายโดยการนำตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นไปตั้งวางกลางแจ้ง



รูปที่ 6 การทดสอบการย่อยสลายโดยการจำลองปลูกลงดิน

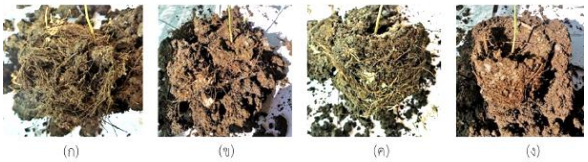
การทดสอบการย่อยสลายของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น ดำเนินการโดยนำตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นในแต่ละอัตราส่วนมารดน้ำ และตั้งทิ้งไว้ภายใต้อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ ทำให้ตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นมีการแตก และชิ้นส่วนของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นหลุดร่อน เมื่อชั่งน้ำหนักแต่ละกลุ่มการทดสอบมีน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน ดังรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าการทดสอบการย่อยสลายของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น ในอัตราส่วนระหว่าง LW:CB เท่ากับ 10:90 มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากที่สุดหรือย่อยสลายมากที่สุด รองลงมา คือ 20:80, 40:60 และ 30:70 ตามลำดับ

สำหรับผลการทดสอบการรดน้ำแต่ละแบบ คือ 2 ครั้งต่อ 1 วัน 1 ครั้งต่อ 1 วัน 1 ครั้งต่อ 2 วัน และ 3 วัน 1 ครั้ง พบว่าผลการย่อยสลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ [Anova:Single Factor;P= 8.79E-08;α 0.05]



รูปที่ 7 น้ำหนักตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นที่เปลี่ยนแปลง

สำหรับผลทดสอบการย่อยสลายของกระถางเพาะชำที่ปลูกพริก เมื่อทดสอบโดยการปลูกลงดินนั้น ในระยะ 4 เดือน กระถางเพาะชำอัตราส่วนระหว่าง LW:CB เท่ากับ 10:90 มีการย่อยสลายมากที่สุด รองลงมา คือ 20:80, 40:60 และ 30:70 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การทดสอบการย่อยสลายของกระถางเพาะชำด้วยการปลูกพริกและปลูกลงในดิน
(ก) LW:CB เท่ากับ 10:90 (ข) LW:CB เท่ากับ 20:80
(ค) LW:CB เท่ากับ 30:70 (ง) LW:CB เท่ากับ 40:60

3.9 ต้นทุนการผลิตกระถางเพาะชำต่อหน่วย

ประเมินต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจากวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ (1) แป้งมันสำปะหลัง 38 บาท จำนวน 4 ถุง รวมราคา 152 บาท (2) ขุยมะพร้าวบรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม ราคา 95 บาท (3) ขุยฉลาก ไม่มีค่าใช้จ่ายเนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสุรา (4) กระถางเพื่อใช้เป็นแม่พิมพ์ จำนวน 2 ใบ รวมราคา 10 บาท (5) เชื้อเพลิงเหลวสำหรับเตาแก๊สขนาดเล็กขนาดถังบรรจุ 4 กิโลกรัม ราคา 150 บาท (6) น้ำประปา 2 ลูกบาศก์เมตร (โดยประมาณ) รวมราคา 8 บาท วัสดุและอุปกรณ์นี้สามารถนำมาผลิตกระถางเพาะชำได้จำนวน 150 ชิ้น โดยประมาณ เนื่องจากระหว่างการผลิตมีบางชิ้นงานมีสภาพไม่เหมาะสมและไม่นำมาใช้ ดังนั้น กระถางเพาะชำ 1 ใบมีต้นทุนต่อหน่วย เท่ากับ 2.77 บาท (โดยประมาณ)

4. อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาพัฒนากระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้จากขุยฉลากและขุยมะพร้าวที่อัตราส่วนเท่ากับ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 100:0 ดำเนินการขึ้นรูปเป็นแผ่นและกระถางโดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน จากนั้น

ทดสอบลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้จากขุยฉลากและขุยมะพร้าว รวมทั้งศึกษาสมบัติความเป็นกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้

พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมหรือสามารถขึ้นรูปได้ดี คือ ขุยฉลากและขุยมะพร้าวในอัตราส่วน เท่ากับ 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 สำหรับอัตราส่วนอื่น ๆ ที่ใช้ขุยฉลากมากแต่ใช้ขุยมะพร้าวน้อยนั้นไม่เหมาะต่อการขึ้นรูป เนื่องจากขุยมะพร้าวมีโครงสร้างเป็นเส้นใย (Danso and Manu, 2020) ช่วยในการยึดเกาะให้สามารถขึ้นรูปกระถางเพาะชำได้ เมื่ออัตราส่วนของขุยมะพร้าวลดลงแต่อัตราส่วนของขุยฉลากเพิ่มขึ้นทำให้การขึ้นรูปได้ยาก หลังการขึ้นรูปกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น รูปทรงของรูปกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นบิดเบี้ยว

จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นที่ใช้ ขุยฉลากและขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 ได้แก่ ระยะเวลาการตากแห้งของกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น ค่าการดูดซับน้ำของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น ค่าดัชนีการแตกร่วน ค่าความคงตัวของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นคุณสมบัติทางเคมีของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นและการศึกษาสมบัติความเป็นกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้

พิจารณาระยะเวลาการตากแห้งของกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น ให้ผลที่แสดงให้เห็นว่าการใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ทำให้กระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นมีความชื้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นไปตากให้แห้งเพื่อลดความชื้น (เตือนใจ ปิยัง และคณะ, 2561) วิธีการที่สะดวก คือ การตากแดดโดยตรงซึ่งเป็นวิธีการที่ประหยัด (สุจิน สุนีย์ และธีรเวท ฐิติกุล, 2553) สำหรับการตากแห้งกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นจากวัสดุขุยฉลากต่อขุยมะพร้าว งานวิจัยนี้ พบว่ากระถางเพาะชำขุยฉลากต่อขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 10:90 ใช้ระยะเวลาในการตากแห้งน้อยที่สุด คือ 5 วัน ระยะเวลาในการตากแห้งของกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นในทุกอัตราส่วนไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก เมื่อชิ้นงานตัวอย่างแห้ง ชิ้นงานทุกอัตราส่วนไม่มีการแตกร่วนซึ่งแสดงให้ว่าชิ้นงานในทุกอัตราส่วนมีความแข็งแรง มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมกับการเป็นกระถางเพาะชำได้ดี น้ำหนักของกระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น กระถางเพาะชำและตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นที่อัตราส่วนเท่ากับ 10:90 มีน้ำหนัก เท่ากับ 9.58 ± 0.66 และ 2.48 ± 2.46 กรัม เป็นอัตราส่วนที่มีน้ำหนักเบาที่สุด เนื่องจากอัตราส่วนที่เปลี่ยนไปทำให้เห็นว่าอัตราส่วน 10:90 นี้ มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมกับการนำมาผลิตกระถางเพาะชำได้ดีที่สุด เนื่องจากกระถางเพาะชำเมื่อมีน้ำหนักเบา ทำให้สามารถขนย้ายได้สะดวก เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

อย่างไรก็ตามเมื่อชิ้นงานเปียกน้ำ ผลการดูดซับน้ำของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น อัตราส่วนระหว่างขุยฉลากและขุยมะพร้าว เท่ากับ 40:60 ดูดซับน้ำได้มากที่สุด คือ 53.05 % การดูดซับน้ำของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นดังกล่าวแปรผันตามปริมาณขุยฉลาก เนื่องจากขุยฉลากมีความพรุนช่วยให้อากาศและของเหลวซึมผ่านได้ง่าย เมื่อน้ำซึมเข้าสู่ชิ้นงานหรือกระถางเพาะชำ สังเกตได้อย่างชัดเจนว่า ชิ้นงานหรือกระถางเพาะชำที่มีขุยฉลากมากซึ่งสามารถดูดซับน้ำได้มากจะมีการพองตัวมากด้วย เป็นผลจากน้ำแทรกเข้าไปในเนื้อวัสดุได้มากทำให้เกิดการดันตัวของชิ้นส่วนวัสดุออกมามากทำให้เกิดการพองตัวได้มาก (เตือนใจ ปิยัง และคณะ, 2561)

เมื่อน้ำแทรกซึมเข้าไปในเนื้อวัสดุได้ จะทำให้เกิดการเสียสภาพ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ผลิตกระถางเพาะชำทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ขุยมะพร้าว คือ เซลลูโลส มีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขา เส้นใยเหล่านี้มีสมบัติ คือ เมื่อเปียกน้ำ ความเหนียวและความแข็งแรงจะลดลง ถ้าสัมผัสแสงแดดเป็นระยะเวลานานเส้นใยจะสลายตัว (โรสลีนา จาราแว และคณะ, 2559) ขุยฉลากเป็นกระดาษที่มีลักษณะเป็นขุยขนาดเล็กและเปื่อยยุ่ยซึ่งง่ายต่อการเสียสภาพ นอกจากนี้กาวแป้งเปียกที่ใช้เป็นวัสดุประสานนั้นแม้จะมีสภาพแข็งเมื่อแห้ง แต่ก็ละลายได้เมื่อสัมผัสน้ำ ดังนั้นกระถางเพาะชำรวมทั้งชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปทุกอัตราส่วนจึงเสื่อมสภาพได้ทั้งสิ้นโดยมีระยะเวลาความคงตัวและการย่อยสลายที่แตกต่างกันไป

กล่าวคือ ตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นอัตราส่วนระหว่าง LW:CB เท่ากับ 30:70 มีค่าความคงตัวมากที่สุด คือ 400.05 นาที รองลงมาคือ อัตราส่วน 40:60, 20:80 และ 10:90

ตามลำดับ เมื่อทดสอบการย่อยสลายหรือการเสื่อมสภาพของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นจากผลการวิเคราะห์การเสื่อมสภาพของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น ได้ทดสอบการเสื่อมสภาพของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น โดยรดน้ำแต่ละวัน รายละเอียดดังบทที่ 3 แสดงผลว่า การเสื่อมสภาพของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น จากการเก็บข้อมูลระยะเวลา 35 วัน ตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเสื่อมสภาพตามระยะเวลา พิจารณาลักษณะการเสื่อมสภาพของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น มีการแตกเป็นชิ้น แต่อย่างไรก็ตามชุดการทดลอง การรดน้ำ 1 วัน 2 ครั้ง ในอัตราส่วน 10:90 นั้น มีการย่อยสลายของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่นมากที่สุด เนื่องจากปริมาณขุยมะพร้าวที่มากขึ้นนี้ส่งผลให้การเสียรูปอย่างถาวรของชิ้นงานมากขึ้นด้วย (สมพงษ์ พิริยายนต์ และกิตติศักดิ์ บัวศรี, 2562)

นอกจากนี้งานวิจัยได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของตัวอย่างชิ้นงานแบบแผ่น พบว่า ค่าโพแทสเซียมเท่านั้นที่มีระดับสูง สำหรับค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ยูเรีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีค่าอยู่ระดับต่ำมากและต่ำธาตุอาหารหลักบางชนิดที่พบในกระถางเพาะชำอาจเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ เมื่อพบความเป็นไปได้ของการพัฒนากระถางเพาะชำด้วยขุยฉลากและขุยมะพร้าวดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้ประเมินต้นทุนการผลิตต่อหน่วย พบว่า กระถางเพาะชำนี้มีต้นทุนต่อหน่วยสูงกว่าถุงเพาะชำจากพลาสติกแต่ต่ำกว่ากระถางเพาะชำพลาสติกขนาดเดียวกันซึ่งมีราคาประมาณ 5-6 บาท อย่างไรก็ตามต้นทุนการผลิตกระถางเพาะชำนี้สามารถลดลงได้ด้วยวิธีต่างๆ อาทิ เลือกใช้วัสดุหรืออุปกรณ์จากตลาดค้าส่งที่มีราคาถูกกว่า ใช้แป้งมันที่เป็นกากอุตสาหกรรมของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

5. สรุป

ขุยฉลากซึ่งเป็นกากอุตสาหกรรมที่ไม่อันตรายจากโรงงานผลิตสุรา และขุยมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุหาได้ง่ายในท้องถิ่น สามารถนำมาพัฒนาร่วมกันเพื่อใช้ประโยชน์เป็นกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน ทั้งนี้อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นกระถางเพาะชำสำหรับขยายพันธุ์พืชในระยะเวลาสั้นก่อนนำต้นกล้าในกระถางเพาะชำนั้นไปปลูกต่อมากที่สุด ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างขุยฉลากต่อขุยมะพร้าวโดยปริมาตร เท่ากับ 10:90 ข้อได้เปรียบที่ชัดเจนของกระถางเพาะชำจากงานวิจัยนี้ คือ กระถางสามารถย่อยสลายได้ มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยใกล้เคียงกับถุงเพาะชำพลาสติกแต่มีต้นทุนต่ำกว่ากระถางเพาะชำพลาสติกขนาดเท่ากัน นอกจากนี้พบว่ากระถางเพาะชำนี้มีธาตุอาหารสำคัญ ได้แก่ ค่าโพแทสเซียมสูง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช

หากต้องการให้กระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้นี้มีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชอื่นเพิ่มเติม อาจพัฒนาได้โดยการใช้วัสดุอื่นผสมเพื่อขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะชำ ทั้งนี้ควรศึกษาความเหมาะสมของระยะเวลาการย่อยสลายซึ่งมีผลต่อการดูแลต้นกล้าของพืชก่อนนำไปปลูกประกอบกันด้วย เนื่องจากกระถางเพาะชำนี้จะย่อยสลายได้จึงอาจไม่เหมาะกับการเพาะชำต้นกล้าของพืชเป็นระยะเวลานาน อย่างไรก็ตามหากต้องการเพิ่มระยะเวลาการย่อยสลายของกระถางเพาะชำ อาจศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความหนาของกระถางและองค์ประกอบของวัสดุที่นำมาใช้ ให้มีความเหมาะสมกับพืชที่นำมาปลูกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนขุยฉลากจากขั้นตอนการล้างขวด เพื่อใช้เป็นวัสดุในการทำกระถางเพาะชำที่ย่อยสลายได้ จากบริษัทเฟื่องฟูอนันต์ จำกัด

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. ยุทธศาสตร์เกษตรและสหกรณ์ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579). ข้อมูลจาก www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER2/DRAWER049/GENERAL/DATA0000/00000022.PDF

[2] กิตติชัย โสพันนา วิชชุดา ภาโสม กนกวรรณ วรดง และอนันตสิทธิ์ ไชยวังราช. 2558. การประดิษฐ์และสมบัติของกระถางชีวภาพ. SNRU Journal of Science and Technology, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2, หน้า 1-7.

[3] คณาจารย์ภาควิชาพืชศาสตร์. 2543. เอกสารคำสอน วิชาหลักการกสิกรรม. ข้อมูลจาก http://natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510-111web/Book%20outline.htm. (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 กรกฎาคม 2563).

[4] เตือนใจ ปิยัง วรรณวิภา ไชยชาญ และกัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์. 2561. การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ปีที่ 10 ฉบับที่ 3, หน้า 497-511.

[5] นันทนา ฤกษ์เกษม, สิรินารี เงินเจริญ และชัยฤกษ์ ตั้งเฮงเจริญ. 2560. คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน. วารสารวิชชา, ปีที่ 37 ฉบับที่ 1, หน้า 25-38.

[6] ยุพาวรรณ พลการ. 2559. กระถางย่อยสลายได้จากต้นปาล์มน้ำมัน. ข้อมูลจาก https://prezi.com/tucbnugh8dij/presentation. (วันที่สืบค้นข้อมูล 14 มิถุนายน 2563).

[7] โรสลีนา จาราแว, อามีเนาะ มะสาเมาะ และนูรฟาดูรา ยูโซ๊ะ. 2559. คุณสมบัติฉนวนกันความร้อนของหญ้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1, หน้า 25-35.

[8] สมพงษ์ พิริยายนต์ และกิตติศักดิ์ บัวศรี. 2562. การผลิตและทดสอบสมบัติทางความร้อนและทางกลของวัสดุผสมจากน้ำยางธรรมชาติและเส้นใยมะพร้าว, หน้า 684-690. ในรายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 4. สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

[9] สุจิน สุนีย์ และธีรเวท ฐิติกุล. 2553. เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, กรุงเทพมหานคร.

[10] สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม. 2559. แผนยุทธศาสตร์กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2560-2564. ข้อมูลจาก www.industry.go.th/industry/index.php/th/about/plan/2016-05-16-08-01-54 (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 กรกฎาคม 2563).

[11] Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J.H., Abu-Omar, M., Scott, S.L., and Suh, S. 2020. Degradation Rates of Plastics in the Environment. ACS Sustainable Chemical Engineering, 8, 3494-3511.

[12] Danso, H., and Manu, D. 2020. Influence of Coconut Fibres and Lime on the Properties of Soil-Cement Mortar. Case Studies in Construction Materials, 12, e00315-e00316.

[13] Verma, R., Vinoda, K.S., Papireddy, M., and Gowda, A.N.S. 2016. Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. Procedia Environmental Sciences, 35, 701-708.

[14] Pedreño-Rojas, M.A., Morales-Conde, M.J., Rubio-de-Hita, P., and Pérez-Gálvez, F. 2019. Impact of Wetting–Drying Cycles on the Mechanical Properties and Microstructure of Wood Waste–Gypsum Composites. Material (Basel), 12 (11), 1-17.

ID009

ลักษณะทางชีววิทยาของผลและเมล็ดของปลาไหลเผือก

Fruit and Seed Biological Characteristics of Tongkat Ali

นิลุบล นวลจันทร์คง[1*] และ เจษฎา โสภารัตน์[2]
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
[2]สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[*]E-mail: nuanjunkong.n@gmail.com

Nilubol Nuanjunkong[1*] and Jessada Sopharat[2]
[1]Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University
[2]Department of Agricultural Innovation and Management, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University
[*]E-mail: nuanjunkong.n@gmail.com

บทคัดย่อ

ปลาไหลเผือก (*Eurycoma longifolia* Jack) เป็นพืชสมุนไพรที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม พืชชนิดนี้ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดต่ำ เป็นอุปสรรคสำคัญในการเพาะปลูกในเชิงพาณิชย์ อีกทั้ง รายงานการศึกษาทางชีววิทยาของผลและเมล็ดของพืชนี้ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก งานวิจัยฉบับนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะบางประการของผลและเมล็ด และการงอกของเมล็ดปลาไหลเผือกที่เพาะปลูกในประเทศไทย พบว่า ผลระยะสุกเต็มที่ซึ่งมีสีดำ มีความสมบูรณ์ของเมล็ดมากที่สุด ปริมาณน้ำส่วนใหญ่ของผลสะสมอยู่ในผนังผล พบในเมล็ดเพียง 26.40% เมล็ดเริ่มงอกครั้งแรกในระหว่างวันที่ 19 ถึง 21 หลังการเพาะ และมีเปอร์เซ็นต์การงอกร้อยละ 50 ในวันที่ 32 หลังการเพาะ ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการปรับปรุงการเพาะปลูกและเพิ่มผลิตภาพของปลาไหลเผือก เพื่อการเพาะปลูกเชิงการค้าในอนาคต
คำหลัก: เปอร์เซ็นต์การงอก ระยะการเจริญของผล ปลาไหลเผือก ลักษณะทางชีววิทยา

Abstract

Tongkat Ali (*Eurycoma longifolia* Jack) is now a famous medicinal plant. Nevertheless, this plant has low yielding and seed germination; which is a significant barrier for its commercial cultivation. Reports on biological features of fruit and seed, moreover, are very limited in Thailand. Accordingly, this research aimed to study the characteristics of the fruit, seed and seed germination of Tongkat Ali grown in Thailand. The fruit of black color at ripening stage had the highest seed fertility. A large quantity of fruit water was observed in pericarp; 26.40% was reserved in the seed. The seed initially germinated between day 19 and 21 after cultivation and reached 50% germination at 32-day cultivation. These results could be employed as basic information for improving the cultivation and productivity of Tongkat Ali for achieving the commercial purpose in the future.
Keywords: Germination percentage, Fruit developmental stage, Tongkat Ali, Biological characteristics

1. บทนำ

ปลาไหลเผือก (*Eurycoma longifolia* Jack) เป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ Simaroubaceae เป็นไม้ยืนต้นสูงประมาณ 15 เมตร ไม่แตกกิ่งก้าน มีรายงานว่า เป็นพืชที่สร้างดอกแยกเพศอยู่ต่างต้น (Dioecious plant) [1] เป็นพืชสมุนไพร (Medicinal plant) ที่สำคัญชนิดหนึ่งพบในคาบสมุทรอินโดจีน แถบประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย เวียดนาม กัมพูชา เมียนมาร์ ลาว และไทย พืชชนิดนี้มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น Quassinoids, Canthin-6-one alkaloids, Eurycomalactone และ Bioactive steroids เป็นต้น สามารถนำไปใช้เป็นยาบำรุงกำลัง ยาบำรุงหลังคลอดบุตร บรรเทาอาการไข้หวัด รักษาแผลในปาก และใช้รักษาไข้มาลาเรีย [2] Effendy และคณะ [3] รายงานว่า รากปลาไหลเผือก สามารถใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรคกระดูกพรุน ที่มีสาเหตุมาจากการลดลงของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone) ในเพศชายได้ นอกจากนี้ สารสกัดจากปลาไหลเผือกยังช่วยลดการเป็นหมันในเพศชาย โดยทำให้ปริมาตรน้ำอสุจิและจำนวนอสุจิเพิ่มมากขึ้น ตลอดจนช่วยส่งเสริมการเคลื่อนที่ของอสุจิ [4]

ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น ทำให้ความต้องการพืชสมุนไพรชนิดนี้มีเพิ่มมากขึ้น ไม่จำกัดความต้องการอยู่เพียงในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เท่านั้น แต่ได้แพร่หลายไปในแถบตะวันตกอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ปลาไหลเผือกในถิ่นที่อยู่ตามธรรมชาติเริ่มลดจำนวนลงและหายาก อีกทั้งพืชชนิดนี้ให้ผลผลิตต่ำ ไม่สม่ำเสมอ และเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดต่ำ [1] ความรู้เบื้องต้นทางชีววิทยาของผลและเมล็ดจึงเป็นข้อมูลสำคัญประการหนึ่ง ที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการเพาะปลูกพืชชนิดนี้ในแปลงเกษตรกรรม และเพื่อเพิ่มผลิตภาพของพืชชนิดนี้ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

งานวิจัยชิ้นนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเพิ่มองค์ความรู้ด้านลักษณะของผลและการงอกของเมล็ดปลาไหลเผือกสายพันธุ์ที่พบในจังหวัดสงขลาของประเทศไทย เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการวิจัยด้านการเพาะปลูกเพื่อการต่อยอดพัฒนาศักยภาพให้เป็นพืชสมุนไพรทางเลือกใหม่ ที่สร้างรายได้แก่เกษตรกรไทยในอนาคต

2. วิธีการวิจัย

2.1 ตัวอย่างพืช

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย โดยเก็บตัวอย่างผลและเมล็ดจากต้นปลาไหลเผือกที่มีอายุ 3 ปี จำนวน 5 ต้น จากสวนของเกษตรกร ในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ช่วงเวลาทำการวิจัยระหว่างเดือนมกราคม - มิถุนายน พ. ศ. 2563

2.2 การตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ด

เก็บผลปลาไหลเผือก นำมาคัดแยกเป็นระยะการเจริญต่างๆ ตามสีของผล จากนั้นนำผลแต่ละระยะไปตัดแยก (Dissected) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ด โดยตรวจนับและบันทึกจำนวนผลที่มีเมล็ดสมบูรณ์และเมล็ดลีบ ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 28-37 ผล ใช้จำนวนผลทั้งหมด 98 ผลต่อระยะการเจริญ

2.3 การศึกษาความยาวผล ความกว้างผล น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณน้ำ

นำผลสีดำจำนวน 20 ผล ไปถ่ายภาพและหาขนาดความยาวและความกว้างของผลโดยใช้โปรแกรม ImageJ

นำผลสีดำที่ชั่งน้ำหนักสดเรียบร้อยแล้ว ไปตัดแยกเป็นชิ้นส่วนที่เป็นผนังผลและเมล็ด ชั่งน้ำหนักสดของผนังผลและเมล็ด จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 °C [5] จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกค่าที่ได้เป็นน้ำหนักแห้ง หลังจากนั้นนำค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไปคำนวณปริมาณน้ำ (Water content) ตามสมการที่ 1 [5] ในแต่ละชิ้นส่วนของผล ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 20 ผล

$$\text{ปริมาณน้ำ}\ (\%) = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100 \quad (1)$$

2.4 การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด

นำผลปลาไหลเผือกที่มีสีดำ ที่นำส่วนของผนังผลชั้นนอกและผนังผลชั้นกลางออกแล้ว ไปเพาะลงในถาดเพาะกล้า โดยใช้พีทมอส (Peat moss) เป็นวัสดุเพาะ วางถาดเพาะกล้าในเรือนเพาะชำ ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.20 ± 0.39 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 53.10 ± 2.16% รดน้ำให้วัสดุเพาะชุ่มทุกวันๆ ละครั้ง ครั้งละประมาณ 20 มิลลิลิตรต่อเมล็ด ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกทุกวัน เป็นเวลา 36 วัน หลังจากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกตามสมการที่ 2 [6] ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 20 เมล็ด

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่เพาะ}} \times 100 \quad (2)$$

2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Kruskal-Wallis 1-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Dunn-Bonferroni ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P≤0.05) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics Subscription รายงานผลการศึกษาในรูปของค่าเฉลี่ย ± ความเคลื่อนคลาดมาตรฐาน (Mean ± SE)

3. ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า สามารถจำแนกระยะการเจริญของผลของปลาไหลเผือกจากอ่อนไปแก่ ตามลักษณะสีผลได้ 4 ระยะ คือ ระยะผลสีเขียว ผลสีเหลืองส้ม ผลสีแดง และผลสีดำ ตามลำดับ ในผลสีเขียว ส่วนใหญ่เอ็มบริโอยังไม่เจริญเต็มที่ (Immature embryo) ส่วนผลสีเหลืองส้ม สีแดง และสีดำ เอ็มบริโอเจริญเต็มที่ (Mature embryo) งานวิจัยฉบับนี้ จึงตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ด ในผลที่มีสีเหลืองส้ม สีแดง และสีดำ พบว่า ผลสีดำที่นำมาศึกษามีความสมบูรณ์ของเมล็ดทั้งหมด (100.00 ± 0.00%) ส่วนผลสีแดง และสีเหลือง มีความสมบูรณ์ของเมล็ดลดลงมา มีค่าเป็น 75.75 ± 6.92% และ 59.08 ± 2.64% ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ผลสีเหลืองส้มซึ่งเป็นผลในระยะอ่อนที่สุด มีปริมาณเมล็ดลีบมากที่สุด (40.92 ± 2.64%) มีรายงานว่า ในพืช เช่น *Acacia caven* จะมีการคัดเลือกตามธรรมชาติ ให้ผลที่มีเมล็ดและเอ็มบริโอที่แข็งแรงกว่าสามารถเข้าสู่ระยะการเจริญเต็มที่ (Maturity) ได้มากกว่า ดังนั้นผลในระยะการเจริญที่แก่กว่าจึงมีความสมบูรณ์ของเมล็ดสูงกว่ากว่าผลที่มีอายุน้อยกว่า [7] การฝ่อของเมล็ดหรือเอ็มบริโอในผลอ่อน อาจมีสาเหตุมาจากการได้รับปัจจัยจำเป็น เช่น อาหารและแร่ธาตุ ไม่เพียงพอ [8] หรือเกิดจากความไม่สมดุลของฮอร์โมนในพืช เช่น กรดแอบไซซิก กรดกิบเบอเรลลิค และกรดอินโดลแอซีติก เป็นต้น [9] เนื่องจากผลสีดำมีความสมบูรณ์ของเมล็ดมากที่สุด งานวิจัยฉบับนี้ จึงนำผลสีดำไปใช้ศึกษาน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณน้ำ และการงอกในลำดับถัดไป

ผลปลาไหลเผือกมีรูปร่างคล้ายรูปไข่ ความยาวและความกว้างของผลโดยเฉลี่ยเท่ากับ 13.85 ± 0.14 และ 10.66 ± 0.13 มิลลิเมตร ตามลำดับ ใกล้เคียงกับขนาดผลปลาไหลเผือกที่ปลูกในประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีความยาว 10-20 มิลลิเมตร และกว้าง 5-10 มิลลิเมตร [10] ในระยะผลสุกเต็มที่ จะมีสีดำ (ภาพที่ 1A) ประกอบด้วยชั้นผนังผลที่มีผนังผลชั้นในแข็ง (ภาพที่ 1B) เมล็ดที่สมบูรณ์จะมีเอ็มบริโอเจริญเต็มที่ มีใบเลี้ยงขนาดใหญ่จำนวน 2 ใบ (ภาพที่ 1B, C)

ตารางที่ 1 ปริมาณผลที่มีเมล็ดสมบูรณ์และผลที่มีเมล็ดลีบในระยะการเจริญที่แตกต่างกัน

ระยะการเจริญของผล	ปริมาณผลที่มีเมล็ดสมบูรณ์ (%)	ปริมาณผลที่มีเมล็ดลีบ (%)
ผลสีเหลืองส้ม	59.08 ± 2.64^{b}	40.92 ± 2.64^{a}
ผลสีแดง	75.75 ± 6.92^{ab}	24.25 ± 6.92^{ab}
ผลสีดำ	100.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{b}

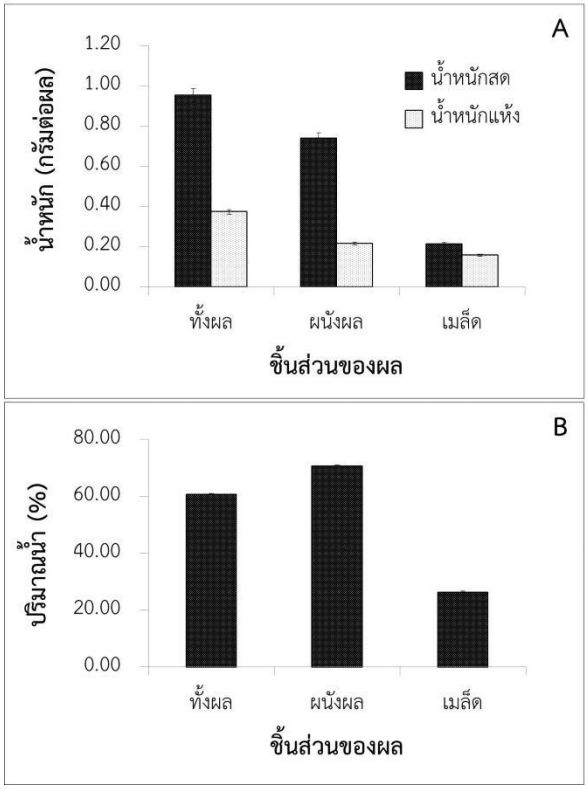
ในคอลัมน์เดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P ≤ 0.05)



ภาพที่ 1 ลักษณะผลและเมล็ดของปลาไหลเผือก (A) ผลสุกเต็มที่มีสีดำ (B) ผนังผลและเมล็ด (C) เอ็มบริโอที่มีใบเลี้ยงขนาดใหญ่ (ศรชี้)

น้ำหนักสดของผล (0.95 ± 0.03 กรัมต่อผล) มีค่าสูงกว่าน้ำหนักแห้ง (0.37 ± 0.01 กรัมต่อผล) ประมาณ 2.6 เท่า (ภาพที่ 2A) พบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนใหญ่ของผลมาจากผนังผล ซึ่งมีน้ำหนักสดเท่ากับ 0.74 ± 0.03 กรัมต่อผล และน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.22 ± 0.03 กรัมต่อผล ผลสุกปลาไหลเผือกทั้งผล มีความชื้นหรือปริมาณน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 60.83 ± 0.13% โดยน้ำดังกล่าว ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในผนังผล (70.81 ± 0.20%) มากกว่าเมล็ด (26.40 ± 0.33%) (ภาพที่ 2B) ผลรวมของปริมาณน้ำ (%) ในผนังผล

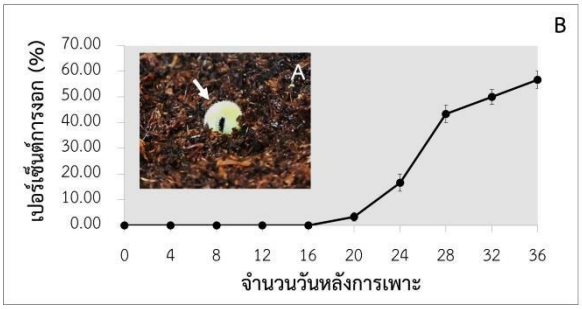
กับปริมาณน้ำในเมล็ด จะไม่เท่ากับปริมาณน้ำของผลทั้งผล เนื่องจากปริมาณน้ำที่ได้ คำนวณจากสมการที่ 1 โดยเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเทียบกับน้ำหนักสดของแต่ละชิ้นส่วนของผล ดังนั้น ปริมาณน้ำของผลทั้งผล จึงไม่สามารถคำนวณจากการนำเปอร์เซ็นต์ของน้ำในผนังผลไปรวมกับเปอร์เซ็นต์ของน้ำในเมล็ด หากจะให้ได้ค่าที่ถูกต้อง จะต้องนำน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลทั้งผล เข้าสู่สูตรคำนวณตามสมการที่ 1



ภาพที่ 2 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณน้ำในชิ้นส่วนต่างๆ ของผลปลาไหลเผือก (A) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (B) ปริมาณน้ำ

การทราบปริมาณน้ำหรือความชื้นเริ่มต้นในเมล็ด มีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการเก็บรักษาเมล็ดให้คงคุณภาพไว้ได้ในระยะเวลายาวนาน ส่วนใหญ่สามารถเก็บรักษาคุณภาพของเมล็ดไว้ได้นาน ในสภาวะที่มีความชื้นในเมล็ดในระดับที่เรียกว่า ระดับความชื้นวิกฤติ (Critical moisture content) ในปลาไหลเผือก มีรายงานว่า ระดับความชื้นวิกฤติมีค่าประมาณ 2.61% [1] อย่างไรก็ตาม รายงานค่าระดับความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดปลาไหลเผือกสายพันธุ์ที่พบในประเทศไทย ยังมีน้อยมาก จึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นนี้ต่อไป

เมล็ดปลาไหลเผือกมีรูปแบบการงอกที่ฝังใบเลี้ยงไว้ใต้ดิน (Hypogeal germination) ลำต้นเหนือใบเลี้ยงจะยืดตัวขึ้นมาขณะที่งอก [1] งานวิจัยฉบับนี้ จึงตรวจสอบการงอกของเมล็ดปลาไหลเผือก โดยพิจารณาจากการปรากฏของลำต้นเหนือใบเลี้ยงบนผิววัสดุเพาะ (ภาพที่ 3A) จากการศึกษาและติดตามการงอกของเมล็ด พบว่าเมล็ดปลาไหลเผือกเริ่มงอกวันแรกประมาณวันที่ 19-21 หลังการเพาะ เมล็ดมีการงอกอย่างช้าๆ ในช่วง 0-20 วันแรก ถัดจากนั้นเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 3.33 ± 1.67% เป็น 43.33 ± 3.33% ในระหว่างวันที่ 20-28 หลังจากวันที่ 28 เป็นต้นไป เปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เมล็ดปลาไหลเผือกมีเปอร์เซ็นต์การงอก 50.00 ± 2.89% และ 56.67 ± 3.33% ในวันที่ 32 และ 36 หลังการเพาะ ตามลำดับ (ภาพที่ 3B)



ภาพที่ 3 การงอกของเมล็ดปลาไหลเผือก (A) เมล็ดที่งอกจะปรากฏลำต้นเหนือใบเลี้ยงบนผิววัสดุเพาะ (ศรชี้) (B) กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดปลาไหลเผือก

เมล็ดปลาไหลเผือกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เริ่มต้นการงอกเร็วกว่าสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีรายงานว่า งอกวันแรกในวันที่ 35 หลังการเพาะ [10] ความแตกต่างดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธุ์และปริมาณน้ำที่เมล็ดได้รับระหว่างการทดลอง เป็นต้น จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ภายในระยะเวลา 32 วัน

เมล็ดปลาไหลเผือกสามารถงอกได้ 50% ของเมล็ดที่เพาะทั้งหมด แตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้าที่มีรายงานว่า แม้จะติดตามการงอกไปจนกระทั่งครบ 120 วัน การงอกของปลาไหลเผือกก็ไม่ถึง 50% [10] นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์การงอกที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ยังสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดปลาไหลเผือกที่นำผนังผลชั้นในออกและเพาะเลี้ยงในหลอดทดลองบนอาหารสูตร MS ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพียงประมาณ 10% [10] แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการงอกของปลาไหลเผือกสายพันธุ์ที่พบในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องตรวจสอบชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในลำดับถัดไป เพื่อยืนยันศักยภาพของสมุนไพรชนิดนี้ ก่อนส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกเพื่อการค้าในอนาคต

4. สรุปผล

ปลาไหลเผือกระยะสุกเต็มที่หรือผลสีดำ มีความสมบูรณ์ของเมล็ดมากที่สุด ภายหลังการเพาะ เมล็ดเริ่มงอกในวันที่ 19-21 และงอกได้ร้อยละ 50 ในวันที่ 32 หลังการเพาะ ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยด้านการเพาะปลูกปลาไหลเผือก เพื่อการต่อยอดและส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกเชิงการค้าในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณจินต์ โสภารัตน์ เกษตรกรสวนปลาไหลเผือก สำหรับตัวอย่างผลและเมล็ดปลาไหลเผือก ขอขอบคุณ คุณ Anna Chatthong อาจารย์ชาวต่างชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับการตรวจทานความถูกต้องของบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และสาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับการสนับสนุนสถานที่ และวัสดุอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Matra, N. B. 2006. Germination and Viability of *Eurycoma longifolia* Jack. Seeds after Storage under Different Environments. Bachelors Dissertation. Malaysia Sarawak University.

[2] Wan, R. K., Rosazlin, A. and Rozita, A. 2010. Growth of Tongkat Ali (*Eurycoma longifolia*) on a Sandy Beach Ridges Soil in Malaysia, p. 104-107. In the Proceedings of 19th World Congress of Soil Science; Soil Solutions for a Changing World. The University of Western Australia, Brisbane.

[3] Effendy, N. M., Mohamed, N., Muhammad, N., Mohamad, I. N. and Shuid, A. N. 2012. *Eurycoma longifolia*: Medicinal Plant in the Prevention and Treatment of Male Osteoporosis due to Androgen Deficiency, Hindawi Publishing Corporation, Volume 2012, p. 1-9.

[4] Rehman, S. U., Choe, K. and Yoo, H. H. 2016. Review on a Traditional Herbal Medicine, *Eurycoma longifolia* Jack (Tongkat Ali): Its Traditional Uses, Chemistry, Evidence-Based Pharmacology and Toxicology, Molecules, Volume 21 Issue 3, p. 1-31.

[5] Dam, S., Laursen, B. S., Ornfelt, J. H., Jochimsen, B., Staerfeldt, H. H., Friis, C., Nielsen, K., Goffard, N., Besenbacher, S., Krusell, L., Sato, S., Tabata, S., Thøgersen, I. B., Enghild, J. J. and Stougaard, J. 2009. The Proteome of Seed Development in the Model Legume *Lotus japonicas*, Plant Physiology, Volume 149 Issue 3, p. 1325-1340.

[6] พรทิพย์ ถาวงศ์. 2545. ผลของโรคเมล็ดด่างที่มีต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว, วารสารวิชาการเกษตร, ปีที่ 20 ฉบับที่ 2, หน้า 111-120.

[7] Torres, C., Eynard, M. C., Aizen, M. A. and Galetto, L. 2002. Selective Fruit Maturation and Seedling Performance in *Acacia caven* (Fabaceae), International Journal of Plant Sciences, Volume 163 Issue 5, p. 809-813.

[8] Mena-Ali, J. I. and Rocha, O. J. 2005. Selective Seed Abortion Affects the Performance of the Offspring in *Bauhinia ungulate*, Annals of Botany, Volume 95 Issue 6, p. 1017-1023.

[9] Yan, B., Hou, J., Cui, J., He, C., Li, W., Chen, X., Li, M. and Wang, W. 2019. The Effects of Endogenous Hormones on the Flowering and Fruiting of *Glycyrrhiza uralensis*, Plants, Volume 8 Issue 11, p. 1-12.

[10] Keng, C. L., Sal, S. T. and Teo, C. K. 2002. A Preliminary Study on the Germination of *Eurycoma longifolia* Jack (Tongkat Ali) Seeds, Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, Volume 25 Issue 1, p. 27-34.

ID015

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากการใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน

Assessment of Carbon Footprint and Water Footprint from the Electricity Usage of the Building Activities in the University

ณัฐฌา มาตรสงคราม[1*] และ สุนทรี ขุนทอง[2]
[1]สาขาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: c_kku@hotmail.com

Natcha Matsongkram[1*] and Soontree Khuntong[2]
[1]Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2] Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: c_kku@hotmail.com

บทคัดย่อ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน โดยการตรวจสอบจากแบบแปลนอาคารพร้อมกับสำรวจลักษณะการใช้งานของพื้นที่อาคารโดยตรงและวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานคือ เครื่องปรับอากาศ และไฟฟ้าส่องสว่าง พบว่าผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีกำลังความเย็น (BTU) เท่ากัน มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) แตกต่างกัน ตามขนาดของแต่ละห้อง แต่ละชั้น และช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ส่วนลักษณะการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ ซึ่งต้องการความส่องสว่างที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์และกิจกรรมต่างๆในการใช้งาน จึงมีการใช้งานโคมไฟและหลอดไฟฟ้าแตกต่างกัน รวมทั้งมีเวลาเปิดปิดการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างที่แตกต่างกัน ดังนั้นคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าส่องสว่างในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องการเรียนการสอนจึงสัมพันธ์กับช่วงเวลาของการใช้งาน โดยคำนวณจากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า คือ 1.34 ton CO_2 e ต่อวัน หรือ 443.89 ton CO_2 e ต่อปี สามารถประเมินเทียบกับความต้องการใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่ 29,593 ต้นในการดูดซับ และหากพิจารณาถึงชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะพบว่าเครื่องปรับอากาศปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็น 2.7 เท่าของไฟฟ้าส่องสว่าง เนื่องจากว่าในส่วนของไฟฟ้าส่องสว่างใช้หลอดไฟฟ้าแอลอีดี (Light Emitting Diode Lamp, LED Lamp) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแหล่งพลังงานแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าส่องสว่างในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องการเรียนการสอนคำนวณได้จากการใช้พลังงานไฟฟ้าคูณสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีฟ้า พบว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าคือเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 6.92 m^3ต่อวัน หรือ เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 2,076.34 m^3ต่อปี และมีผลประเมินค่าความตึงเครียดด้านน้ำจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบเท่ากับน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้กับน้ำจืดที่มีในพื้นที่ต่อวันเท่ากับ 0.18 m^3H_2O หรือคิดต่อปีเท่ากับ 53.98 m^3H_2O ซึ่งเป็นค่าที่

น้อยมาก เนื่องจากดัชนีความตึงเครียดของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีค่าระดับความตึงเครียดด้านน้ำระดับต่ำ

คำหลัก คาร์บอนฟุตพริ้นท์ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ การใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคาร พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐาน

Abstract

Assessment of Carbon Footprint and water footprint from the electricity usage of the building activities in the university was related to teaching and learning. This research surveyed the living space in the building area and measured the electricity consumption of basic electrical appliances which consists of air condition and electric light. It was found that the difference in electrical consumption (kWh) for air-condition resulted from room size on each floor and period time at the same set temperature. For the electrical light, the different illumination was dependent on purposes, activities, operation time, and so on. Therefore, electrical usage was related to operating time. Carbon Footprint from electrical usage from basic electrical appliances was 1.34 ton CO_2 e/day or 443.89 ton CO_2 e/year that equal to 29,593 large trees to absorb. Air conditioners emitted greenhouse gases 2.7 times to LED type (Light Emitting Diode Lamp, LED Lamp) electric light which performed high-efficiency lighting sources. Water footprint from electrical usage of basic electrical appliances was equivalent to 6.92 m^3H_2O/day or equal to 2,076.34 m^3H_2O/year. The evaluation of the water stress from the electrical used equivalent to clean fresh water. The evaluation of water stress from electrical consumption was equivalent to 0.18 m^3H_2O/day or equal to 53.98 m^3H_2O/year.

Keywords: Carbon Footprint, Water Footprint, The electricity usage of the building activities, The electricity consumption of basic electrical appliances

1. บทนำ

ปัจจุบันอัตราการเติบโตของประชากรและเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้น้ำสูงขึ้น เห็นได้จากวิกฤตสภาพอากาศผันผวนอย่างสุดขั้ว (Extreme weather events) ซึ่งเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากสภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิโดยรวมของโลกสูงขึ้น ส่งผลให้สภาพภูมิอากาศทั่วโลกเปลี่ยนแปลง จากการประชุมสมัชชาประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Conference of Parties: COP) ครั้งที่ 21 หรือ COP21 ที่กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นการกำหนดเป้าหมายสำคัญที่รัฐบาลแต่ละประเทศได้ข้อสรุปเป็น “ข้อตกลงปารีส” หรือ Paris Agreement ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change) หรืออนุสัญญา UNFCCC โดยกำหนดเป้าหมายสำคัญอย่างเป็นทางการในด้านอุณหภูมิโลกว่าภายในสิ้นศตวรรษนี้ (อีก 84 ปี) มนุษย์จะไม่ปล่อยให้โลกร้อนขึ้นเกิน 2 องศาเซลเซียส ข้อตกลงปารีสจึงเชิญชวนให้แต่ละประเทศกำหนดเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยสมัครใจในระหว่าง พ.ศ. 2563 - 2573 ที่เหมาะสมกับประเทศของตนเอง โดยขอให้คำนึงถึงความเป็นธรรมและเท่าเทียมภายใต้บริบทการพัฒนาที่ยั่งยืน [1] ประเทศไทยได้แสดงเจตจำนงในการร่วมลงนามและให้สัตยาบันต่อข้อตกลงปารีส เมื่อวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2559 ในการกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ ประเทศไทยจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อสหประชาชาติโดยแบ่งเป็นสองช่วง คือ ช่วงที่หนึ่ง ก่อนปี พ.ศ. 2563 จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 7-20 เปอร์เซนต์ นับจากระดับที่ปล่อยปกติ และช่วงที่สอง ระหว่างปี พ.ศ. 2563-2573 จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 20-25 เปอร์เซนต์ นับจากระดับที่ปล่อยปกติ [2]

จากกระแสการตื่นตัวในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงเป็นตัวชี้วัด ที่แสดงถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ

ผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนที่เด่นชัดอีกปะการหนึ่ง คือเมื่อมหาสมุทรมีอุณหภูมิสูงขึ้นพลังงานที่พายุได้รับก็มากขึ้น ส่งผลให้พายุมีความรุนแรงมากและบางครั้งเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงหรือไม่ตกตามฤดูกาลซึ่งพบได้บ่อยขึ้น ทำให้บางภูมิภาคของโลกต้องเผชิญกับภาวะอากาศที่แห้งแล้งรวมทั้งการขาดน้ำจืดที่สะอาดสำหรับอุปโภค บริโภค [3] สถาบันจัดการน้ำระหว่างประเทศ (IWMI) ได้ประมาณการว่าในราวปี พ.ศ. 2568 ประชากรจำนวนกว่า 4,000 ล้านคน ใน 48 ประเทศ (2 ใน 3 ของประชากรโลก) จะเผชิญกับปัญหาความขาดแคลนน้ำ ซึ่งทั่วโลกมีความต้องการใช้น้ำถึง 3.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในขณะที่มีทรัพยากรน้ำจืดสำรองเพียง 2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี [4] วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จึงเป็นเครื่องมือชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม

จากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่กำลังเผชิญทำให้หลายองค์กรพยายามที่จะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมของตน เพื่อนำไปสู่แนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และลดความต้องการใช้น้ำ โดยพบว่าภาคพลังงานเป็นส่วนที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ดังนั้นมหาวิทยาลัยเป็นสถานที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้าเพื่อกิจกรรมภายในอาคารและในแต่ละมหาวิทยาลัยมีการใช้งานอาคารจำนวนหลายอาคาร อีกทั้งมหาวิทยาลัย ยังเป็นสถาบันที่เป็นต้นแบบให้แก่สังคม ซึ่งพบว่าปัจจุบันมีสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศถึงจำนวน 310 แห่ง [5] ดังนั้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารจึงมีความสำคัญ

การศึกษาครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เพื่อหาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความต้องการใช้น้ำ จากการใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์

ภาวะเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาสู่บรรยากาศ ทั้งกิจกรรมการดำรงชีวิตประจำวัน ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และการใช้พลังงาน คาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดถึงผลกระทบจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่มีต่อระบบสิ่งแวดล้อมในแง่ของปริมาณก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร แบ่งการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ออกเป็น 3 ประเภทคือ

ประเภทที่ 1 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กรจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรโดยตรง เช่น การผลิตไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การใช้พาหนะขององค์กร การรั่วซึม/รั่วไหล เป็นต้น

ประเภทที่ 2 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานได้แก่ การซื้อพลังงาน เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานไอน้ำ มาใช้ในองค์กรเป็นต้น

ประเภทที่ 3 การปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ เช่น การเดินทางของพนักงานด้วยพาหนะที่ไม่ใช่ขององค์กร การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

2.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG)

ก๊าซเรือนกระจกมีหน้าที่ดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่สองผ่านชั้นบรรยากาศเข้ามาสู่โลกโดยจะดูดซับรังสีความร้อนไว้บางส่วน เพื่อให้อากาศบนโลกอบอุ่นเหมาะสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญและถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต มี 7 ชนิด ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ยังมีก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ สารซีเอฟซี (CFC หรือ Chlorofluorocarbon) ซึ่งใช้เป็นสารทำความ

เย็นและใช้ในการผลิตโฟม แต่ไม่ถูกกำหนดในพิธีสารเกียวโต เนื่องจากเป็นสารที่ถูกจำกัดการใช้ในพิธีสารมอนทรีออล [6]

2.3 วอเตอร์ฟุตปริ้นท์

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยในการจัดการน้ำ เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในห่วงโซ่อุปทาน เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนกระทั่งส่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค การทำลายเศษซาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคทราบถึงปริมาณน้ำที่ใช้แท้จริงในกระบวนการต่างๆ หรือสินค้าต่างๆ ทำให้ตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรน้ำที่นับวันจะขาดแคลนมากขึ้น วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (Green Water Footprint) หมายถึงปริมาณน้ำฝนที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินส่วนที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีฟ้า (Blue Water Footprint) หมายถึงปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำทั้งจากน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่นำมาใช้ในการผลิตสินค้า การบริการ และการสูญเสียไปในกระบวนการผลิต

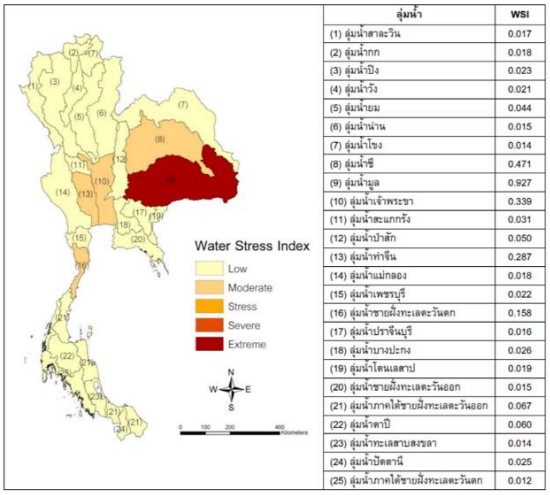
วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (Grey Water Footprint) หมายถึงปริมาณน้ำดีที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพมาตรฐานก่อนปล่อย

2.4 ความตึงเครียดด้านน้ำ (Water stress index: WSI)

ความตึงเครียดด้านน้ำเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่นิยมประเมินระดับความตึงเครียดด้านน้ำในแต่ละพื้นที่เป็นหลักการประเมินหาค่าดัชนีความตึงเครียดด้านน้ำ(WSI) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์คำนวณหาผลกระทบขั้นกลางและขั้นปลายที่เกิดจากการใช้น้ำตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยที่ดัชนีความตึงเครียดของน้ำไม่มีหน่วย เป็นค่าที่บ่งบอกเชิงคุณภาพและปริมาณของน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้ สำหรับค่าดัชนีความตึงเครียดด้านน้ำได้มีการศึกษาลุ่มน้ำในประเทศไทยทั้งหมด 25 ลุ่มน้ำเพื่อใช้ในการประเมินถึงโอกาสการแย่งชิงทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดในแต่ละพื้นที่ของลุ่มน้ำ ซึ่งสามารถจำแนกระดับความตึงเครียดด้านน้ำโดยอ้างอิงค่าดัชนีความตึงเครียดด้านน้ำ

ตารางที่ 1 จำแนกความตึงเครียดด้านน้ำ [7]

ระดับความตึงเครียดด้านน้ำ	ตัวชี้วัด WSI
รุนแรงมาก	>0.9
รุนแรง	<0.9
ตึงเครียด	0.5
ปานกลาง	0.1<0.5
ต่ำ	<0.1



ลุ่มน้ำ	WSI
(1) ลุ่มน้ำสาละวิน	0.017
(2) ลุ่มน้ำกก	0.018
(3) ลุ่มน้ำปิง	0.023
(4) ลุ่มน้ำวัง	0.021
(5) ลุ่มน้ำยม	0.044
(6) ลุ่มน้ำน่าน	0.015
(7) ลุ่มน้ำโขง	0.014
(8) ลุ่มน้ำชี	0.471
(9) ลุ่มน้ำมูล	0.927
(10) ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	0.339
(11) ลุ่มน้ำสะแกกรัง	0.031
(12) ลุ่มน้ำป่าสัก	0.050
(13) ลุ่มน้ำท่าจีน	0.287
(14) ลุ่มน้ำแม่กลอง	0.018
(15) ลุ่มน้ำเพชรบุรี	0.022
(16) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันตก	0.158
(17) ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	0.016
(18) ลุ่มน้ำบางปะกง	0.026
(19) ลุ่มน้ำโตนเลสาป	0.019
(20) ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	0.015
(21) ลุ่มน้ำภาคใต้ชายฝั่งทะเลตะวันออก	0.067
(22) ลุ่มน้ำตาปี	0.060
(23) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	0.014
(24) ลุ่มน้ำปัตตานี	0.025
(25) ลุ่มน้ำภาคใต้ชายฝั่งทะเลตะวันตก	0.012

รูปที่ 1 ระดับความตึงเครียดด้านน้ำ [8]

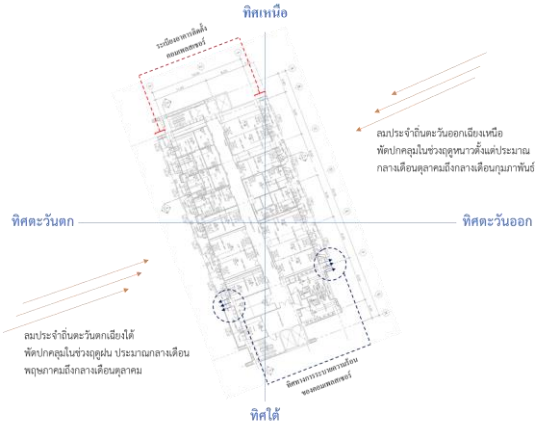
3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 สถานที่ศึกษา อาคารเรียนและปฏิบัติการพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม อาคารที่ 26 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ปัจจุบันตั้งอยู่ เลขที่199 หมู่ 6 ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230



รูปที่ 2 แผนที่ตั้งของอาคารที่ 26 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาคารเรียนและปฏิบัติการพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม อาคารที่ 26 เป็นอาคารสูง 12 ชั้น ตั้งหันหน้าอาคาร(ส่วนกว้างของอาคาร)ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งทำให้ตัวอาคารรับแดดเต็มที่ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยมีลักษณะของพื้นที่การใช้งานแบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ



รูปที่ 3 ทิศการตั้งของอาคารที่ 26 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.กลุ่มห้องจัดกิจกรรมประกอบด้วยห้องจัดนิทรรศการ ห้องประชุม ห้องรับรอง จำนวน 19 ห้อง พื้นที่การใช้สอย 1,410 ตารางเมตร

2.กลุ่มห้องซ่อมบำรุงประกอบด้วย ห้องเก็บของ ห้องซ่อมบำรุงจำนวน 7 ห้อง พื้นที่การใช้สอย 201 ตารางเมตร

3.กลุ่มห้องสำนักงานประกอบด้วย ห้องพักอาจารย์ ออฟพิศสำนักงาน ประชาสัมพันธ์ และห้องครัว จำนวน 90 ห้อง พื้นที่การใช้สอย 1,579 ตารางเมตร

4.กลุ่มห้องการเรียนการสอนประกอบด้วย ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ จำนวน 58 ห้อง พื้นที่การใช้สอย 3,286 ตารางเมตร

5.กลุ่มพื้นที่ส่วนกลางประกอบด้วย ห้องน้ำชาย ห้องน้ำหญิง ทางเดิน ทางหนีไฟ ซึ่งมีอยู่ประจำทุกชั้น

โดยส่วนที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากการใช้ไฟฟ้าของกิจกรรมภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน นั้นคือ กลุ่มห้องการเรียนการสอน กลุ่มห้องสำนักงาน และ กลุ่มพื้นที่ส่วนกลาง โดยการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐาน คือ เครื่องปรับอากาศ และไฟฟ้าส่องสว่าง

3.2 การเก็บข้อมูล

3.2.1 สำรวจและดำเนินการวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ตามช่วงเวลาใช้งานปกติโดยวัดต่อเนื่อง 3 ชั่วโมง โดยเปิดเครื่องปรับอากาศทุกตัวภายในห้องและเลือกวัดค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศ 1 ตัว

3.2.2 สำรวจและดำเนินการวัดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดไฟ โดยการเปิดไฟทุกดวงในห้องแล้ววัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

3.2.3 หาแนวทางหรือวิธีการในการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

3.3 การคำนวณ

3.3.1 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ใช้หลักตามสมการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร อ้างอิงค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังสมการ

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kg CO_2 e)= ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) ที่ได้จากการวัดจริง X ค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (1)

ค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก = 0.5986 จากไฟฟ้าแบบ grid mix ปี 2016-2018; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03 จากแหล่งอ้างอิง Thai National LCI Database/MTEC (TGO Electricity 2016-18)

3.3.2 การคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ใช้หลักตามสมการอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำสีฟ้า ดังสมการ

ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (m^3H_2O/kWh) = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (kWh) ที่ได้จากการวัดจริง X ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (2)

ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำสีฟ้า = 0.0028 แปลงปริมาณไฟฟ้าค่าความต้องการน้ำ (m^3H_2O/หน่วย)

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ การได้มาของวัตถุดิบ

รายการ	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (m^3H_2O/หน่วย)		
		น้ำสีเขียว	น้ำสีฟ้า	น้ำสีเทา
ไฟฟ้า	kWh	0.0000	0.0028	0.0000

3.3.3 การคำนวณค่าฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) คำนวณในรูปของโอกาสการเกิดผลกระทบด้านการขาดแคลนน้ำ ซึ่งคำนวณจากปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และดัชนีความตึงเครียดน้ำ โดยฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่า(m^3H_2O)

ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ = ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ X ดัชนีความตึงเครียดน้ำ (3)

ดัชนีความเครียดน้ำแม่น้ำบางปะกง = 0.026 อ้างอิงข้อมูลรายเดือนจากรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ “ฟุตพริ้นท์น้ำของพืชอาหาร อาหารสัตว์ พลังงาน และเส้นใย เพื่อจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (ระยะที่ 2)” โดย ศ.ดร.แชบเบียร์ กีวาลา และคณะ [8]

4. ผลและวิจารณ์

4.1 ลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

อาคารติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยออกแบบเป็นสองชุดทำงานร่วมกัน ได้แก่ ชุดคอนเดนซิง (Condensing unit) และชุดแฟนคอยล์ (Fan-coil unit) สำหรับใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านชุดแฟนคอยล์ ลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศของกลุ่มพื้นที่ใช้งานที่เกี่ยวของกับการเรียนการสอนของอาคาร จะมีช่วงเวลาใช้งานเปิด-ปิด ดังนี้

- กลุ่มห้องสำนักงานมีการใช้งานประจำตั้งแต่เวลา 08.00-16.00 น. โดยมีเวลาปิดเครื่องปรับอากาศ คือ 12.00 -13.00 น.

- กลุ่มห้องการเรียนการสอน มีการใช้งานประจำตั้งแต่เวลา 07.00-19.30 น. โดยมีเวลาปิดเครื่องปรับอากาศ คือ 12.00 -13.00 น. และ 16.00-16.30 น.

ผลการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh) ของเครื่องปรับอากาศ

กำลังความเย็น (บีทียู)	ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh)		
	ช่วงเช้า (9.00-12.00 น.)	ช่วงบ่าย (13.00-16.00 น.)	ช่วงเย็น (16.30-19.30 น.)
18100	0.5484	0.4904	0.4027
24200	1.3345	1.2264	0.8384
30000	0.6307	0.5943	0.6186
42028	1.5777	1.4916	
48032	1.0078	0.9451	
60040	1.2668		
36100	2.9754		
98000	3.3683		

4.2 ลักษณะการใช้งานไฟฟ้าส่องสว่าง

การศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละพื้นที่ซึ่งต้องการความส่องสว่างที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์และกิจกรรมต่างๆ มีเวลาเปิดปิดการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ดังนี้

- กลุ่มห้องสำนักงาน ช่วงเวลาใช้งาน 08.00-16.00 น. โดยมีเวลาปิดไฟฟ้าส่องสว่าง คือ 12.00 -13.00 น.

- กลุ่มห้องการเรียนการสอน ช่วงเวลาใช้งาน 07.00-20.00 น. และโดยมีเวลาปิดไฟฟ้าส่องสว่างคือ 12.00 -13.00 น.

- กลุ่มพื้นที่ส่วนกลางจะมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงในการดูแลความปลอดภัย

ผลการวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh) ของไฟฟ้าส่องสว่าง

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง (kWh) ของไฟฟ้าส่องสว่าง

ชนิดของโคมไฟฟ้า/จำนวนหลอดต่อโคม	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง(kWh)			
	กำลังไฟฟ้า/หลอด(วัตต์)			
	7	8	9	20
Downlight/1	0.0204			
Downlight/2			0.0123	
LED/1				0.0216
LED-Lens Cover/1		0.0083		0.0216
LED-Lens Cover/2				0.0204
LED-Lens Cover/3				0.0229
LED-mirror Louver/1				0.0333
LED-mirror Louver/2				0.0231
LED-mirror Louver/3				0.0233

4.3 ผลประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐาน

ตารางที่ 5 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า

พื้นที่	พลังไฟฟ้าต่อปี(kWh)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ton CO_2 e) ต่อปี	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (m^3H_2O) ต่อปี
เครื่องปรับอากาศ			
กลุ่มสำนักงาน	146,648	87.78	410.61
กลุ่มการเรียนการสอน	394,835	236.35	1,105.53
รวม	541,483	324.13	1,516.14
ไฟฟ้าส่องสว่าง			
กลุ่มสำนักงาน	17,542	10.5	49.11
กลุ่มการเรียนการสอน	52,228	31.26	146.25
กลุ่มพื้นที่ส่วนกลาง	130,298	78	364.83
รวม	200,068	119.76	560.19
รวมไฟฟ้าพื้นฐาน		443.89	2,076.33

จากผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าส่องสว่างในกิจกรรมเกี่ยวข้องการเรียนการสอนแล้ว พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 443.89 ton CO_2 e ต่อปี ซึ่งคิดเทียบกับการใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่ 29,593 ต้นในการดูดซับ คิดจากต้นไม้ใหญ่ 1 ต้น สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เฉลี่ย 9-15 กิโลกรัมต่อปี [9] และหากพิจารณาถึงชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะพบว่าเครื่องปรับอากาศปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็น 2.7 เท่าของไฟฟ้าแสงสว่าง เนื่องจากไฟฟ้าส่องสว่างใช้หลอดไฟฟ้าแอลอีดี (Light Emitting Diode Lamp, LED Lamp) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแหล่งพลังงานแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง แสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟฟ้าแอลอีดีมีความแตกต่างจากแสงสว่างที่ได้จากหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดไฟฟ้าเอชไอดี เพราะหลอดไฟฟ้าแอลอีดีกำเนิดแสงโดยไม่เกิดความร้อน ซึ่งหมายถึงไม่มีการสูญเสียพลังงาน มีศักยภาพด้านการประหยัดพลังงาน

ผลการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและไฟฟ้าส่องสว่างในกิจกรรมเกี่ยวข้องการเรียนการสอนเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 6.92 m^3 ต่อวัน หรือ เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 2,076.34 m^3 ต่อปี และการผลประเมินค่าความตึงเครียดด้านน้ำพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบเท่ากับน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้เทียบกับน้ำจืดที่มีในพื้นที่ต่อปีเท่ากับ 53.98 m^3H_2O เทียบเท่า ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมาก เนื่องจากดัชนีความตึงเครียดของน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกงมีค่าระดับความตึงเครียดด้านน้ำระดับต่ำ คือน้อยกว่า 0.1 แสดงให้เห็นถึงการมีน้ำเพียงพอเพื่อการเกษตร อุตสาหกรรมหรือภาคครัวเรือน

4.4 แนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

จากผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 2.7 เท่าของการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่าง ดังนั้นจึงพิจารณาลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศเป็นลำดับแรก ดังแนวทางต่อไปนี้

1.การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง อันเนื่องมาจากระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศมีอุณหภูมิต่ำลง 1 องศาเซลเซียส จะช่วยประหยัดพลังงานได้ 1-2% [10] ดังนั้นการลดอุณหภูมิอากาศระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานคือการนำน้ำทิ้งที่เกิดจากการควบแน่นของความชื้นที่คอล์ยเย็นซึ่งมีอุณหภูมิ 15-40 องศาเซลเซียส มาช่วยในการระบายความร้อนแก่สารทำความเย็นร่วมกับการระบายความร้อนโดยอากาศที่คอนเดนเซอร์ จะทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงและใช้พลังงานลดลง ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 64,653 kWh ต่อปี คิดเป็นผลประหยัดไฟฟ้าได้ 285,767 บาทต่อปี คำนวณเป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลงได้ 38.70 ton CO_2 e ต่อปี และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 181.03 m^3 ต่อปี แนวทางนี้จะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงินประมาณ 1,300,900 บาท มีระยะคืนทุนที่ 4.5 ปี

2.การติดตั้งเทอร์โมสตัทแบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากทิศการตั้งของอาคารทำให้ตัวอาคารรับแดดอย่างเต็มที่ทั้งช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยส่วนใหญ่พฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศมักจะตั้งอุณหภูมิต่ำในช่วงแรกเพื่อให้อุณหภูมิภายในห้องเย็นเร็วขึ้น ซึ่งวิธีการใช้งานเครื่องปรับอากาศในลักษณะนี้จะทำให้สูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์การควบคุมอุณหภูมิจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 54,184 kWh ต่อปี คิดเป็นผลประหยัดไฟฟ้าได้ 239,336 บาทต่อปีซึ่งคำนวณเป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลงได้ 32.41 ton CO_2 e ต่อปี และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 151.62 m^3 ต่อปี แนวทางนี้จะต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงินประมาณ 433,500 บาท มีระยะคืนทุนที่ 1.8 ปี

5. สรุป

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากเครื่องใช้ไฟฟ้าพื้นฐานในอาคาร สามารถแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 443.89 ton CO_2 e ต่อปี โดยเครื่องปรับอากาศปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็น 324.13 ton CO_2 e ต่อปี และไฟฟ้าแสงสว่างปล่อยก๊าซเรือนกระจก 119.76 ton CO_2 e ต่อปี

การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ โดยใช้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีฟ้าพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 2,076.34 m^3 ต่อปี โดยค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 1516.15 m^3 ต่อปี และจากไฟฟ้าส่องสว่างเทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 560.19 m^3 ต่อปี พื้นที่ของมหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์วิทยาเขตศรีราชาอยู่ในลุ่มน้ำบางปะกงซึ่งมีดัชนีความตึงเครียดของน้ำในระดับต่ำ โดยพบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เทียบเท่ากับน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้เท่ากับ 53.98 m^3H_2O เทียบเท่าต่อปี

การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า คือการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งเครื่องปรับอากาศมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงกว่าไฟฟ้าส่องสว่างถึง 2.7 เท่า จึงมีแนวทางลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศ ดังนี้

- การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศคือการนำน้ำทิ้งที่เกิดจากการควบแน่นของความชื้นที่คอล์ยเย็นมาช่วยในการระบายความร้อนแก่สารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลงและใช้พลังงานลดลง โดยใช้เงินลงทุนประมาณ 1,300,900 บาท สามารถประหยัดไฟฟ้า 64,653 kWh ต่อปี คิดเป็นเงิน 285,767 บาทต่อปีมีระยะคืนทุนที่ 4.5 ปี

- การติดตั้งเทอร์โมสตัทแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งทั่วไปแล้วการปรับตั้งอุณหภูมิให้สูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส [10] จะประหยัดพลังงานได้ 10% โดยใช้เงินลงทุนประมาณ 433,500 บาท สามารถประหยัดไฟฟ้า 54,184 kWh ต่อปี คิดเป็นเงิน 239,336 บาทต่อปี มีระยะคืนทุนที่ 1.8 ปี

การเลือกแนวทางลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่เหมาะสมควรมีการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์รวมถึงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

[1] ฝ้ายคำ หาญณรงค์, ข้อตกลงปารีส ความหวังในการกู้วิกฤตโลกร้อน, ข้อมูลจาก https://prachatai.com/journal/2016/04/65491 (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 มกราคม 2563).

[2] INDC. (2015), INDCs as communicated by Parties, ข้อมูลจาก https://www4.unfccc.int/sites/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 มกราคม 2563).

[3] สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม(ประเทศไทย), ความรู้เรื่องโลกร้อน, ข้อมูลจาก https://adeq.or.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 มกราคม 2563).

[4] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมและสถาบันอาหาร. 2558. Water Footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร, สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม.

[5] สำนักนโยบายและแผนการอุดมศึกษา. 2558. สรุปข้อมูลสถาบันอุดมศึกษาระดับปริญญาจำแนกตามภาคและจังหวัด.

[6] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก, ข้อมูลจาก http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=7&s2=16&sub3=sub3 (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 มกราคม 2563).

[7] ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม. 2558. การใช้น้ำอย่างยั่งยืนด้วยร่องรอยการใช้น้ำ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 ,หน้า 41-46.

[8] แชบเบียร์ กีวาลา และคณะ. 2559. โครงการ “ฟุตพริ้นท์น้ำของพืชอาหาร อาหารสัตว์ พลังงาน และเส้นใย เพื่อจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (ระยะที่ 2),ข้อมูลจาก http://www.agripolicyresearch.com/?p=1853 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 กุมภาพันธ์ 2563).

[9] กรมโยธาธิการและผังเมือง. ต้นไม้แค่ต้นเดียวช่วยลดมลพิษได้มากกว่าที่คิด,ข้อมูลจาก https://dpt.go.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 มีนาคม 2563).

[10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2562). เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารควบคุม,ข้อมูลจาก http://webkc.dede.go.th/testmax/node/3846 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2563).

ID018

วอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงานในจังหวัดลำปาง

Water Footprint of Industrial Tomato Cultivation in Lampang Province

มนัสวี พานิชนอก[1*] และ ภัทรนัย ไชยพรม[2]
[1]สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเนชั่น
[2]สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเนชั่น
[*]E-mail: manuswee_pha@nation.ac.th

Manuswee Phanichnok[1*] and Pattaranai Chaiprom[2]
[1]Occupational Health and Safety Program, Faculty of Public Health, Nation University
[2]Public Health Program, Faculty of Public Health, Nation University
[*]E-mail: manuswee_pha@nation.ac.th

บทคัดย่อ

มะเขือเทศจัดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่สามารถบริโภคได้ตลอดทั้งปี และมีความต้องการในภาคอุตสาหกรรมค่อนข้างสูง จังหวัดลำปางเป็นพื้นที่หนึ่งที่สามารถเพาะปลูกมะเขือเทศได้เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่เอื้ออำนวย และปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงสำหรับการปลูกมะเขือเทศคือปัจจัยด้านทรัพยากรน้ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกมะเขือเทศชนิดส่งโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดลำปาง โดยศึกษาเปรียบเทียบการปลูกมะเขือเทศทั้งในและนอกฤดูกาล และชนิดของดินที่ปลูก ผลการศึกษาพบว่าการปลูกในช่วงนอกฤดูกาลมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดสูงกว่าการปลูกในฤดูกาล นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกนอกฤดูกาลบนดินร่วนเหนียวมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีนมากกว่าวอเตอร์ฟุตพรินท์บลูและวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าจังหวัดลำปางสามารถปลูกมะเขือเทศนอกฤดูกาลได้ ถึงแม้จะมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดสูงกว่าการปลูกในฤดูกาลแต่ส่วนใหญ่เป็นความต้องการใช้น้ำฝน การศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนงานบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในจังหวัดลำปางให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำหลัก วอเตอร์ฟุตพรินท์ มะเขือเทศ จังหวัดลำปาง

Abstract

Tomato is considered an economic crop of Thailand. Tomato can be consumed throughout the year and have a high demand in the industrial sector. Lampang is one area where tomato can be grown due to the favorable climate. However, water resources are important factor to consider for crop growth. The aim of this research is to study the water footprints of industrial tomato cultivation in Lampang province by comparing the crop cultivation of both in season and off-season, and the type of soil that is grown. The results showed that the off-season cropping had the total water footprint higher than the cropping season. In addition, the off-season cropping on clay loam had green water footprint higher than blue and grey water footprint. The results can be mentioned that off-season tomato cultivated in Lampang although the total water footprint is quite high, most of them require rainwater. The results of this study can be used for enhancing water resources management in Lampang province.

Keywords: water footprint, tomato, Lampang province

1. บทนำ

มะเขือเทศเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมและมีการบริโภคตลอดทั้งปีและถือเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมะเขือเทศอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นของมนุษย์ [1] มะเขือเทศจึงนิยมนำมาประกอบอาหารอย่างหลากหลาย และปัจจุบันกระแสรักสุขภาพของประชาชนทั่วโลกรวมถึงประเทศไทยทำให้มะเขือเทศถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากในมะเขือเทศมีสารไลโคพีนที่มีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์และช่วยลดความเสี่ยงจากมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด และมะเร็งปากมดลูก [2] นอกจากนี้มะเขือเทศยังนำมาแปรรูปหรือเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวาง เช่น น้ำมะเขือเทศ ซอสมะเขือเทศ มะเขือเทศแช่อิ่ม มะเขือเทศอบแห้ง แยมมะเขือเทศ เป็นต้น ด้วยคุณประโยชน์ข้างต้นของมะเขือเทศ รัฐบาลจึงให้การสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการค้นคว้าวิจัย พัฒนาผลิตภัณฑ์มะเขือเทศอย่างต่อเนื่อง ทั้งด้านการปรับปรุงพันธุ์พืช เทคนิคการเพาะปลูก การเพิ่มพื้นที่เพาะปลูก ตลอดจนการจ้างงานในท้องถิ่น [3] ทำให้เกษตรกรหันมาปลูกมะเขือเทศเพิ่มมากยิ่งขึ้น

การปลูกมะเขือเทศให้ได้ผลผลิตดีมีคุณภาพ ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสม เนื่องจากมะเขือเทศต้องการสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 - 30 องศาเซลเซียส ฝนและความชื้นสูงอาจเป็นสาเหตุสำคัญทำให้โรคในพืชได้ [4] จึงนิยมปลูกในช่วงฤดูหนาว ด้วยมะเขือเทศเป็นพืชอายุสั้นใช้ระยะเวลาตลอดการเพาะปลูกเพียง 4-5 เดือน แต่เป็นที่นิยมบริโภคตลอดทั้งปี จึงได้มีการปลูกมะเขือเทศนอกฤดูกาลเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ทั้งนี้การปลูกมะเขือเทศนอกฤดูกาลให้ได้ผลผลิตดี ควรปลูกในพื้นที่สูงในสภาพอากาศไม่ร้อนจัด มีวัสดุคลุมแปลงเพื่อลดการระเหยของน้ำในดิน ควรให้น้ำทุกวันอย่างสม่ำเสมอ และแปลงปลูกสามารถระบายน้ำได้ดี [5] จังหวัดลำปางถือเป็นพื้นที่ศักยภาพที่สามารถปลูกมะเขือเทศได้ มีกำลังการผลิตในกลุ่มภาคเหนือเป็นอันดับที่ 3 รองจากจังหวัดเชียงใหม่ และตาก โดยจังหวัดลำปางมีกำลังการผลิตมะเขือเทศในปี 2561 เท่ากับ 3,368 ตัน แบ่งเป็นมะเขือเทศที่ใช้บริโภคสด เท่ากับ 598 ตัน และมะเขือเทศโรงงาน เท่ากับ 2,770 ตัน อัตราการผลผลิตมะเขือเทศโรงงาน เท่ากับ 6.97 ตัน/ไร่ [6] การปลูกมะเขือเทศให้ได้ผลผลิตที่ดีนั้น การให้น้ำแก่พืชถือเป็นสิ่งจำเป็นด้วยเหตุผลที่ว่าน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช และการให้น้ำแก่พืชที่เพียงพอเหมาะสม ไม่น้อยจนกระทั่งพืชเหี่ยวเฉาและไม่มากจนก่อให้เกิดการสูญเสียและสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำโดยเปล่าประโยชน์ จึงถือเป็นเรื่องที่สำคัญหากเกษตรกรทราบถึงปริมาณน้ำที่พืชต้องการหรือปริมาณน้ำที่ควรใส่ลงในแปลงเพาะปลูกพืชเพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างเป็นปกติ ทั้งนี้ปริมาณการให้น้ำแก่พืชอย่างเหมาะสมที่เชื่อมโยงไปยังผลผลิตของพืชจะสะท้อนให้เห็นถึงความคุ้มค่าทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์และด้านทรัพยากรธรรมชาติ

วอเตอร์ฟุตพรินท์เป็นเครื่องมือในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้ชี้วัดหรือประเมินปริมาณการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำในทุก ๆ ขั้นตอนของกิจกรรมทั้งทางตรงและทางอ้อม สามารถมองเห็นภาพรวมของการบริโภคน้ำได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นข้อมูลวอเตอร์ฟุตพรินท์ของกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงการผลิตและการบริโภคสินค้าและบริการ จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำของประเทศ การวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศในจังหวัดลำปาง โดยมุ่งเน้นการปลูกมะเขือเทศโรงงานหรือพันธุ์ที่ปลูกเพื่อส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นมะเขือเทศที่มีการเก็บเกี่ยวในระยะผลสุกและเก็บเกี่ยวพร้อมกัน โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวอเตอร์ฟรุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงานทั้งในและนอกฤดูกาล รวมทั้งเปรียบเทียบชนิดของดินที่ปลูก เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการเพาะปลูกมะเขือเทศได้อย่างเหมาะสมทั้งในแง่ของเศรษฐศาสตร์และทรัพยากรน้ำ เกิด

ความสอดคล้องกับบริบทและนโยบายด้านการพัฒนาและการส่งเสริมกิจกรรมการเกษตรของจังหวัดลำปาง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วอเตอร์ฟุตพรินท์

วอเตอร์ฟุตพรินท์ (Water Footprint; WF) หรือร่องรอยการใช้น้ำ เป็นเครื่องมือในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้ชี้วัดหรือประเมินปริมาณการใช้น้ำของกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงการผลิตและการบริโภคสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม วอเตอร์ฟุตพรินท์จัดเป็นมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม ตาม ISO 14046 และอยู่ในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 เพื่อเป็นแนวทางการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ โดยผลลัพธ์ของการประเมินจะออกมาในรูปของปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยเวลา ได้แก่ ลูกบาศก์เมตร/ปี หรือหน่วยของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลูกบาศก์เมตร/ตัน นอกจากนี้ยังสามารถประเมินปริมาณการใช้น้ำของบุคลากรในองค์กร หน่วยงาน ชุมชน จังหวัด หรือประเทศได้ ในหน่วยลูกบาศก์เมตร/คน/ปี [7] ประเภทของวอเตอร์ฟุตพรินท์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1. วอเตอร์ฟุตพรินท์เขียวหรือวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีน หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินเนื่องจากน้ำฝนที่ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ 2. วอเตอร์ฟุตพรินท์น้ำเงินหรือวอเตอร์ฟุตพรินท์บลู หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินที่ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ และ 3. วอเตอร์ฟุตพรินท์เทาหรือวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางมลสารในน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน [8] การวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ในรูปของผลิตภัณฑ์มะเขือเทศสดชนิดส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วยวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีน บลู และเกรย์ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/ตัน

การคำนวณวอเตอร์ฟุตพรินท์

วอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดของการปลูกมะเขือเทศโรงงานคำนวณได้จากผลรวมของวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีน บลู และเกรย์ แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตร/ตัน [7] ตามสมการที่ (1)

$$WF_{total} = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey} \quad (1)$$

วอเตอร์ฟุตพรินท์กรีนและบลู มีหลักการคำนวณที่เหมือนกัน แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตร/ตัน ตามสมการที่ (2) และ (3)

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (2)$$

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (3)$$

โดย WF_{green} และ WF_{blue} คือ ค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีนและบลูของพืช (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

$CWU_{green,}$ และ CWU_{blue} คือ ค่าความต้องการใช้น้ำประเภทกรีนและบลูของพืช (ลูกบาศก์เมตร/ไร่)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่)

ค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (Crop Water Use; CWU) สามารถคำนวณได้จากค่าสะสมของการคายระเหยน้ำบนพื้นที่เพาะปลูกพืช (Evapotranspiration; ET) ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช (Length of growing period; lgp) แสดงในหน่วยมิลลิเมตร และค่า 1.6 เป็นค่าคงที่ในการเปลี่ยนจากหน่วยจากมิลลิเมตรเป็นลูกบาศก์เมตร/ไร่ [9] ตามสมการที่ (4) และ (5)

$$CWU_{green} = 1.6 \sum_{d=1}^{lgp} ET_{green} \quad (4)$$

$$CWU_{blue} = 1.6 \sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue} \quad (5)$$

โดย ET_{green} และ ET_{blue} คือ ค่าสะสมการคายระเหยน้ำของพื้นที่เพาะปลูกพืชประเภทกรีนและบลู (มิลลิเมตร)

วอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ เป็นการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องการใช้เพื่อเจือจางมลสารที่มีอยู่ในน้ำหรือแหล่งน้ำให้มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตร/ตัน ตามสมการที่ (6)

$$WF_{Grey} = \frac{(\alpha \times AR)/(C_{max} - C_{nat})}{Y} \quad (6)$$

โดย WF_{grey} คือ ค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ของพืช (ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

AR คือ อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่ (กิโลกรัม/ไร่)

α คือ อัตราการชะล้างสารเคมีลงสู่แหล่งน้ำ งานวิจัยครั้งนี้คิดที่ร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่เกษตรกรรม [8]

C_{max} คือ ความเข้มข้นของมลสารในแหล่งน้ำผิวดินที่มากสุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) งานวิจัยครั้งนี้กำหนดค่ามาตรฐานความเข้มข้นของไนเตรตในหน่วยไนโตรเจน 5 มิลลิกรัม/ลิตร [10]

C_{nat} คือ ค่าความเข้มข้นของมลสารตามธรรมชาติ งานวิจัยครั้งนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ [11]

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่)

2.2 การปลูกมะเขือเทศโรงงานในจังหวัดลำปาง

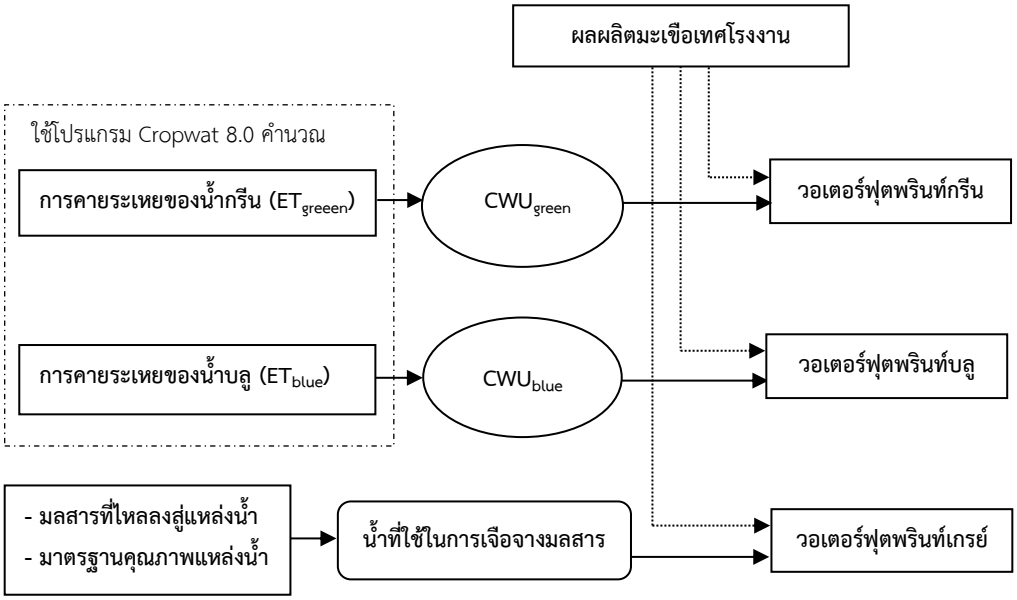
ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [6] ข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูก ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ในปี 2557 ถึง 2561 แสดงตามตารางที่ 1 ผลผลิตต่อไร่ของมะเขือเทศโรงงานพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และพื้นที่เก็บเกี่ยวที่มีแนวโน้มที่ลดลง ส่วนข้อมูลดินพบว่าพื้นที่การปลูกมะเขือเทศโรงงานสามารถปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิด แต่จะให้ผลลิตดีเมื่อปลูกในดินร่วมปนทรายและดินร่วนเหนียว [4] การปลูกมะเขือเทศโรงงานในจังหวัดลำปางยังนิยมปลูกในฤดูหนาวซึ่งเป็นการปลูกตามฤดูกาลเนื่องจากมะเขือเทศชอบอากาศที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ และนอกจากนี้ยังมีเกษตรกรบางส่วนที่ปลูกนอกฤดูกาลทั้งนี้ปริมาณและราคาของมะเขือเทศเป็นไปตามสัญญาผูกพันธ์กับโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 1 พื้นที่การเก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของมะเขือเทศโรงงาน จังหวัดลำปาง ปี 2557-2561

ปี	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิต/ไร่ (ตัน/ไร่)
2557	630	1,943	3.084
2558	763	2,484	3.256
2559	766	2,636	3.441
2560	714	2,703	3.786
2561	697	2,770	3.974

3. วิธีการศึกษา

การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงานครั้งนี้เป็นการศึกษาในปี 2561 แนวทางการประเมินแสดงตามรูปที่ 1 โดยใช้โปรแกรม Cropwat 8.0 ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO [12] เพื่อใช้ในการคำนวณค่า ET_{green} และ ET_{blue} ซึ่งเป็นค่าที่สำคัญเพื่อนำไปคำนวณค่าความต้องการใช้น้ำของพืช ตามสมการที่ (4) และ (5) ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์



รูปที่ 1 ผังการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

กรีน และบลู คำนวณได้ตามสมการที่ (2) และ (3) และค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์คำนวณได้ตามสมการที่ (6) การศึกษาครั้งนี้ยังเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงานทั้งในและนอกฤดูกาล ซึ่งการปลูกในฤดูกาลจะปลูกช่วงเดือนตุลาคม ส่วนการปลูกนอกฤดูกาลจะปลูกช่วงเดือนกุมภาพันธ์โดยทำการศึกษาภายใต้เงื่อนไขที่เหมือนกันทั้งสองฤดูกาล นอกจากนี้ยังศึกษาเปรียบเทียบการปลูกบนดินที่แตกต่างกัน คือดินร่วนปนทราย (Sandy Loam; SL) และดินร่วนเหนียว (Clay Loam; CL) เนื่องจากการปลูกมะเขือเทศโรงงานสามารถปลูกได้ดีบนดิน 2 ชนิดดังกล่าว

ข้อมูลทุติยภูมิที่สำคัญในการคำนวณค่าปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกหรือค่า Evapotranspiration ด้วยโปรแกรม Cropwat 8.0 ประกอบด้วยข้อมูลด้านสภาพอากาศรายเดือน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงที่สุดและต่ำที่สุด (องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ความเร็วลม (กิโลเมตร/วัน) ความยาวนานของแสงแดด (ชั่วโมง) และปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) โดยผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลำปาง [13] เนื่องจากการเลือกใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากแหล่งข้อมูลของพื้นที่ศึกษาจริงจะมีอิทธิพลโดยตรงต่อค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ที่คำนวณได้มากกว่าการใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากฐานข้อมูลในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม CLIMWAT [14] ข้อมูลพืช ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิการใช้น้ำของพืช ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช (วัน) ความยาวของรากพืช (เมตร) ระดับการขาดน้ำของพืชที่ใกล้ถึงจุดเหี่ยวเฉา (%) ปัจจัยตอบสนองต่อการให้ผลผลิตพืช และความสูงของพืช (เมตร) ใช้ข้อมูลจาก FAO [15] พื้นที่เพาะปลูกมะเขือเทศโรงงานและผลผลิต ใช้ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [6] ข้อมูลดิน ได้แก่ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ทั้งหมดในดิน (มิลลิเมตร/เมตร) อัตราการแทรกซึมน้ำผ่านดิน (มิลลิเมตร/วัน) ปริมาณความชื้นในดินที่เริ่มขาด (%) การหยั่งรากลึกในดินของพืช (เซ็นติเมตร) ใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน [16] ส่วนการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ คำนวณได้จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ปลูกในฤดูกาล โดยมีการใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 สูตร 46-0-0 และสูตร 13-13-21 จำนวน 100 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนการปลูกนอกฤดูกาลจะมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่าเนื่องจากมะเขือเทศต้องทนต่อสภาพอากาศที่อุณหภูมิสูงและเป็นการปลูกหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตของการปลูกในฤดูกาลซึ่งอาจทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุ ทั้งนี้ได้มีการใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 เพิ่มขึ้นอีก 30 กิโลกรัม/ไร่ [4]

4. ผลการศึกษา

4.1 ค่าความต้องการใช้น้ำของพืชและวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีนและบลูของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

ค่าความต้องการใช้น้ำของพืช เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณการสูญเสียน้ำจากพื้นที่การเกษตร ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณการคายระเหยน้ำจากพืชและค่าการระเหยน้ำของดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ปลูกพืชในหน่วยลูกบาศก์เมตร/ไร่ ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีนและบลู เป็นปริมาณการใช้น้ำต่อผลผลิตของพืช ผลการศึกษาแสดงได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความต้องการใช้น้ำของพืชและวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีนและบลูของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

ชนิดดิน	CWU (ลบ.ม./ไร่)			WF (ลบ.ม./ตัน)		
	กรีน	บลู	รวม	กรีน	บลู	รวม
ปลูกในฤดูกาล						
SL	184	342	526	46	86	132
CL	208	318	526	52	80	132
ปลูกนอกฤดูกาล						
SL	312	476	788	78	120	198
CL	454	334	788	114	84	198

ข้อมูลจากตารางที่ 2 ความต้องการใช้น้ำ (CWU) ของการปลูกมะเขือเทศโรงงานในจังหวัดลำปางพบว่าการปลูกในฤดูกาลบนดินร่วนปนทรายมีค่า CWU_{green} และ CWU_{blue} เท่ากับ 184 และ 342 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และการปลูกบนดินร่วนเหนียวมีค่า CWU_{green} และ CWU_{blue} เท่ากับ 208 และ 318 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ส่วนการปลูกนอกฤดูกาลบนดินร่วนปนทรายมีค่า CWU_{green} และ CWU_{blue} เท่ากับ 312 และ 476 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และการปลูกบนดินร่วนเหนียวมีค่า

CWU_{green} และ CWU_{blue} เท่ากับ 454 และ 334 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ซึ่งข้อมูล CWU นี้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญที่ทำให้เกษตรกรสามารถให้น้ำในแปลงเพาะปลูกได้อย่างเหมาะสม ส่วนวอเตอร์ฟุตพรินท์ (WF) พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์รวมของการปลูกในฤดูกาล (132 ลูกบาศก์เมตร/ตัน) มีค่าน้อยกว่าการปลูกนอกฤดูกาล (198 ลูกบาศก์เมตร/ตัน)

4.2 วอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน เป็นการหาปริมาณน้ำที่ต้องการใช้เพื่อเจือจางมลสารในแหล่งน้ำที่เกิดจากการชะล้างปุ๋ยจากพื้นที่เพาะปลูกลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การศึกษาครั้งนี้คิดเฉพาะการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เมื่อทำการเจือจางมลสารของธาตุไนโตรเจนในแหล่งน้ำแล้วจะถือเป็นการเจือจางมลสารชนิดอื่น ๆ ไปด้วยเช่นกัน โดยการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของการปลูกในฤดูกาลจะมีปริมาณที่น้อยกว่าการปลูกนอกฤดูกาล ค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์แสดงตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน ปริมาณการชะล้างปุ๋ยไนโตรเจนลงแหล่งน้ำและค่าวอเตอร์ฟรุตพรินท์เกรย์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (กก./ไร่)	ปริมาณการชะล้างปุ๋ยไนโตรเจนลงแหล่งน้ำ (ตัน/ฤดูกาลปลูก)	วอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ (ลบ.ม./ตัน)
ในฤดูกาล		
17.50	1.22	88
นอกฤดูกาล		
21.40	1.49	108

ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ในการปลูกมะเขือเทศโรงงานทั้งในและนอกฤดูกาลเท่ากับ 17.50 และ 21.40 กิโลกรัม/ไร่ และปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติของการปลูกทั้งในและนอกฤดูกาลเท่ากับ 1.22 และ 1.49 ตัน ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ของการปลูกในและนอกฤดูกาลเท่ากับ 88 และ 108 ลูกบาศก์เมตร/ตัน

4.3 วอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

วอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดเป็นการรวมค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ประเภทกรีน บลู และเกรย์ แสดงให้เห็นถึงผลรวมปริมาณการใช้น้ำฝน น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำที่ใช้ในการเจือจางมลสารในแหล่งน้ำที่เกิดจากการชะล้างปุ๋ยของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน แสดงตามตารางที่ 4

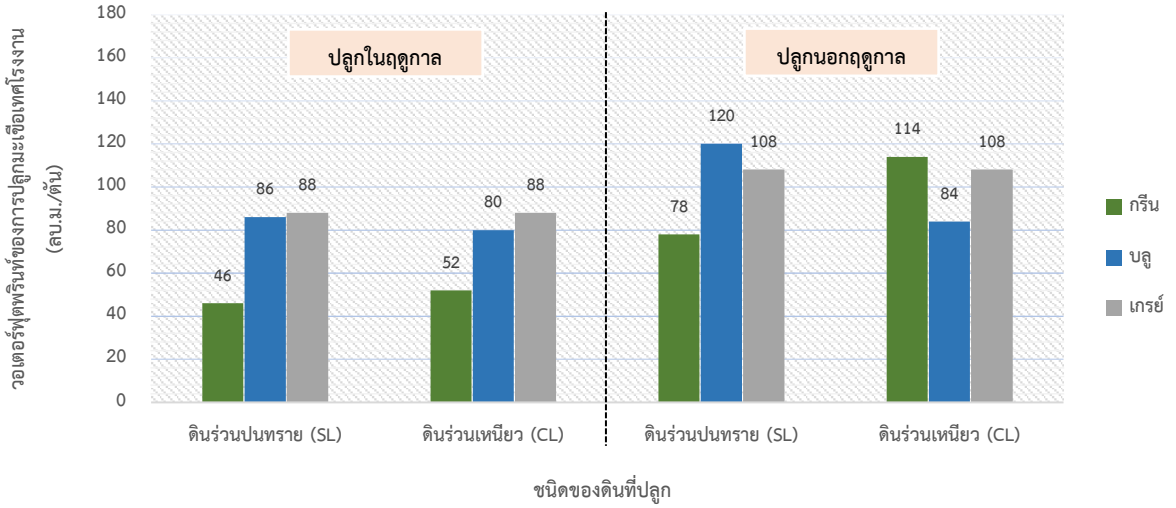
ตารางที่ 4 วอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

ชนิดดิน	วอเตอร์ฟุตพรินท์ (ลบ.ม./ตัน)			
	กรีน	บลู	เกรย์	ทั้งหมด
ปลูกในฤดูกาล				
SL	46	86	88	220
CL	52	80	88	220
ปลูกนอกฤดูกาล				
SL	78	120	108	306
CL	114	84	108	306

จากตารางที่ 4 ค่าวอเตอร์ฟรุตพรินท์ทั้งหมดของการปลูกมะเขือเทศโรงงานในฤดูกาล (220 ลูกบาศก์เมตร/ตัน) มีค่าน้อยกว่าการปลูกนอกฤดูกาล (306 ลูกบาศก์เมตร/ตัน) โดยการปลูกในฤดูกาลบนดินทั้งสองชนิด มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์มากที่สุด รองลงมาเป็นวอเตอร์ฟุตพรินท์บลูและกรีน ตามลำดับ ส่วนการปลูกนอกฤดูกาลบนดินร่วนปนทรายมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์บลูมากที่สุด รองลงมาเป็นวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์และกรีน ตามลำดับ และการปลูกบนดินร่วนเหนียวมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีนมากที่สุด รองลงมาเป็นวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์และบลู ตามลำดับ

การปลูกมะเขือเทศโรงงานบนดินที่ต่างชนิดกันตามรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาการใช้น้ำในแต่ละประเภท โดยประเภทกรีน พบว่าการปลูกทั้งสองฤดูกาลบนดินร่วนเหนียวมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีนมากกว่าการปลูกบนดินร่วนปนทราย เนื่องจากดินร่วนเหนียวมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่า เมื่อฝนตกลงมาดินร่วนเหนียวสามารถเก็บรักษาความชื้นในดินไว้ได้นานเพื่อให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ และการใช้น้ำประเภทบลูพบว่าการปลูกในฤดูกาลบนดินทั้งสองชนิดและการปลูกนอกฤดูกาลบนดินร่วนเหนียวมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นการปลูกนอกฤดูกาลบนดินร่วนเหนียวซึ่งมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ที่สูงกว่าเป็นผลจากการใช้น้ำฝนซึ่งเป็นน้ำที่มีต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ส่วนการใช้น้ำประเภทเกรย์

ของการปลูกนอกฤดูกาลมีค่าสูงส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดที่ค่าสูงตามไปด้วย ผลงานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า



รูปที่ 2 วอเตอร์ฟุตพรินท์กรีน บลู และเกรย์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงาน

การปลูกมะเขือเทศโรงงานของจังหวัดลำปาง โดยการปลูกในฤดูกาลมีความเหมาะสมมากกว่าการปลูกนอกฤดูกาล เนื่องจากมีความคุ้มค่าของการใช้น้ำที่มากกว่า แต่จะพบว่าการปลูกในฤดูกาลนั้นจะมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่สูงกว่าการใช้น้ำฝน เนื่องจากการปลูกในฤดูกาลเป็นการปลูกในช่วงต้นฤดูหนาวซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกน้อยทำให้พืชต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติหรือน้ำจากระบบชลประทานมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ แต่การปลูกในฤดูกาลเป็นช่วงที่อากาศไม่ร้อนจัดทำให้ดินในพื้นที่เพาะปลูกคายระเหยน้ำลดลง ส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์รวมมีค่าที่ต่ำ ส่วนการปลูกนอกฤดูกาลเป็นการปลูกช่วงต้นฤดูร้อนก็สามารถกระทำได้ถึงแม้ว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดจะมีค่าที่สูง แต่ถ้าหากปลูกบนดินร่วนเหนียวจะเกิดความคุ้มค่าของการใช้น้ำเนื่องจากส่วนใหญ่เป็นการใช้น้ำฝน ทั้งนี้เกิดจากระยะการเจริญเติบโตของพืชในช่วงกลาง (ช่วง Middle stage ของพืชจะตรงกับต้นเดือนพฤษภาคม) ซึ่งพืชมีความต้องการใช้น้ำสูงจะตรงกับช่วงที่ฝนเริ่มตกมากขึ้นและดินร่วนเหนียวสามารถเก็บรักษาความชื้นในดินที่เกิดจากฝนตกไว้ได้นานทำให้ปริมาณการใช้น้ำฝนมีค่าสูง

4.4 **วอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศของจังหวัดลำปางและพื้นที่ต่าง ๆ**

การศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมผลการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศจากพื้นที่อื่น ๆ ทั้งในและต่างประเทศพบว่าการศึกษาในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ส่วนในต่างประเทศพบว่ามีการศึกษาในประเทศสเปน [17] ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำปินิออส ประเทศกรีซ [18] และการศึกษาค่าเฉลี่ยของการปลูกมะเขือเทศทั่วโลก [19] แสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 วอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศในพื้นที่ต่าง ๆ

พื้นที่	วอเตอร์ฟุตพรินท์ (ลม.บ./ตัน)			
	กรีน	บลู	เกรย์	ทั้งหมด
ลำปาง (ไทย)	46-114	80-120	88-108	220-306
สเปน [16]	5	92	139	236
กรีซ [17]	1.8-49.7	6.1-68.2	10.2-41.2	63.5-130.8
เฉลี่ยทั่วโลก [18]	108	63	43	214

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศในจังหวัดลำปาง ประเทศไทย เปรียบเทียบกับต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศในทวีปยุโรปที่นิยมบริโภคมะเขือเทศเป็น

จำนวนมาก โดยประเทศที่มีการศึกษาได้แก่ ประเทศสเปนและกรีซ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตมะเขือเทศสดและส่งออกเพื่อการบริโภคทั่วทวีปยุโรป ผลการศึกษาครั้งนี้มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของประเทศสเปนและกรีซ นั่นคือ มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์บลูสูงกว่าวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีน ส่วนวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์พบว่าการศึกษาในประเทศกรีซมีค่าน้อยที่สุด และค่าของประเทศไทยนั้นใกล้เคียงกับประเทศสเปน ผลการศึกษาในประเทศกรีซยังพบว่ามีค่าที่วอเตอร์ฟุตพรินท์ค่อนข้างกว้าง ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นการศึกษาในพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 24 แห่งครอบคลุมลุ่มแม่น้ำปินิออส ซึ่งมีความแตกต่างในเรื่องของการบริหารจัดการภายในพื้นที่เกษตรกรรม เทคโนโลยีในการผลิต ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลดิน และผลผลิตที่ได้ ส่วนค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพรินท์ของพื้นที่เพาะปลูกมะเขือเทศทั่วโลก มีความแตกต่างกับการศึกษาครั้งนี้ โดยค่าเฉลี่ยทั่วโลกมีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์บลูน้อยกว่าวอเตอร์ฟุตพรินท์กรีน อย่างไรก็ตามค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดของการศึกษาครั้งนี้ การศึกษาของประเทศสเปน และค่าเฉลี่ยทั่วโลกพบว่ามีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนการศึกษาในประเทศกรีซมีค่าน้อยที่สุดเนื่องจากประเทศกรีซมีผลผลิตต่อไร่ที่สูง

5. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงานในจังหวัดลำปางปี 2561 โดยการศึกษาเปรียบเทียบการปลูกในฤดูกาลและนอกฤดูกาล รวมทั้งการปลูกบนดินที่ต่างชนิดกัน การศึกษาพบว่าการปลูกมะเขือเทศโรงงานในฤดูกาล (ปลูกเดือนตุลาคม) มีค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดน้อยกว่าการปลูกนอกฤดูกาล (ปลูกเดือนกุมภาพันธ์) นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกทั้งสองฤดูกาลบนดินร่วนเหนียวมีความต้องการใช้น้ำฝน (ประเภทกรีน) มากกว่าการปลูกบนดินร่วนปนทราย และค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เกรย์ของการปลูกในฤดูกาลมีค่าน้อยกว่าการปลูกนอกฤดูกาล เนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่ต่ำกว่า ส่วนการปลูกนอกฤดูกาลถึงแม้ว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดจะมีค่าสูง แต่การปลูกบนดินร่วนเหนียวกลับพบว่ามีสัดส่วนการใช้น้ำฝนที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งการใช้น้ำฝนถือเป็นน้ำที่มีต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมที่ต่ำ ดังนั้นการปลูกมะเขือเทศโรงงานในฤดูกาลและปลูกบนดินร่วนเหนียวจะมีความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนการปลูกนอกฤดูกาลนั้นก็สามารถกระทำได้โดยควรปลูกบนดินร่วนเหนียวจะมีความเหมาะสมมากกว่าปลูกบนดินร่วนปนทราย

การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ผลิตภัณฑ์เป็นการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิต หากเกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้จะส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ลดลงได้ จากข้อมูลในตารางที่ 1 ผลผลิตมะเขือเทศโรงงานในปี 2557 ถึง 2561 พบว่าอัตราผลผลิตต่อไร่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงอาจกล่าวได้ว่าค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกมะเขือเทศโรงงานในจังหวัดลำปางมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นข้อมูลการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินท์จึงเป็นประโยชน์ต่องานด้านนโยบายหรือการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและด้านการเกษตรของจังหวัดลำปางได้

การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพรินท์สามารถสะท้อนถึงความคุ้มค่าทางด้านทรัพยากรน้ำที่เชื่อมโยงไปยังเรื่องเศรษฐศาสตร์ได้อีกด้วย โดยการพิจารณาในลักษณะของการลดลงของการใช้น้ำในการผลิตสินค้าและบริการที่สะท้อนในรูปของเงิน โดยการคำนึงถึงสัดส่วนของการใช้น้ำประเภทบลูหรือน้ำจากระบบชลประทานหากพบว่าสามารถลดปริมาณน้ำในส่วนนี้ได้ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าน้ำ (คิดเทียบค่าบริการน้ำประปา) ค่าพลังงานหรือเชื้อเพลิงที่ใช้ในการสูบน้ำในแปลงเพาะปลูกพืช และเมื่อวิเคราะห์มูลค่าของการใช้น้ำ (ในรูปตัวเงิน) เทียบกับมูลค่าของตัวสินค้าที่ผลิตจะสะท้อนให้เห็นถึงความคุ้มค่าของการผลิต และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการปลูกพืชชนิดอื่น ๆ ในพื้นที่เดียวกันก็จะเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาตัดสินใจเลือกชนิดของพืชที่ปลูกในพื้นที่นั้น ๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะในปีที่มีปริมาณน้ำใช้อย่างจำกัด

เอกสารอ้างอิง

[1] สมภพ ฐิตะวสันต์. 2530. การผลิตมะเขือเทศเพื่อการค้า, สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพ.

[2] นิศารัตน์ ศิริวัฒนเมธานนท์, อาหารหลากสีมีประโยชน์

หลากหลาย (ตอนที่ 2): สารเคมีที่มีประโยชน์ จากผลไม้สีแดง, ข้อมูลจาก https://www.pharmacy.mahidol.ac.th./knowledge/files/0150.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 18 มิถุนายน 2563).

[3] ปราณี จิตกรณ์กิจศิลป์. 2537. ศักยภาพการผลิตและการส่งออกมะเขือเทศ, ในรายงานประชุมทางวิชาการครั้งที่ 32 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

[4] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, การปลูกมะเขือเทศ, ข้อมูลจาก https://www.ku.ac.th/e-magazine/nov49/agri/lycopersicon.htm (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มิถุนายน 2563).

[5] สมภพ ฐิตะวสันต์. 2526. การปลูกมะเขือเทศนอกฤดู, วาสารพระจอมเกล้า, ปีที่ 1, หน้า 40-49.

[6] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. มะเขือเทศ: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ พันธุ์โรงงานและบริโภค ปี 2557-2561, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ.

[7] Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. 2011. The water footprint assessment manual: setting the global standard, Earthscan, London, UK.

[8] Franke, N.A., Boyacioglu, H. and Hoekstra, A. Y. 2013. Grey water footprint accounting - tier 1 supporting guidelines, Value of water research report series, No. 65, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands.

[9] ทิพย์ปภา สุขุมาลชาติ อดิชัย พรพรมหมินทร์ และสุรชัย ลิปิวัฒนาการ. 2556. วิศวกรรมสาร มข, ปีที่ 40, ฉบับที่ 1, หน้าที่ 67-78.

[10] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดิน พ.ศ. 2537. 2537. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16 ง. หน้า 235-240.

[11] Mokonnen, M.M. and Hoektra, A.Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Hydrology and Earth System Sciences,15, 1577-1600.

[12] FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 2007. Software CROPWAT 8.0 and example of the use of CROPWT 8.0, Development and Management Service, Roam, Italy.

[13] กรมอุตุนิยมวิทยา. 2563. ข้อมูลสภาพอากาศและปริมาณน้ำฝน พ.ศ. 2561: ฐานข้อมูล, กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, กรุงเทพ.

[14] วรณี แพ่งงจันทึก และ จิตติ มังคละศิริ. 2557. การศึกษาเปรียบเทียบวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันในพื้นที่จังหวัดปทุมธานีและชลบุรี, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 25 ฉบับที่ 1, หน้าที่ 113-120.

[15] FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 2006. Crop evapotranspiration, Irrigation and drainage paper, No. 56, Development and Management Service, Roam, Italy.

[16] สมปอง นิลพันธ์. 1551. การศึกษาปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้ของชุดดินต่าง ๆ เพื่อกำหนดระยะเวลาและปริมาณการให้น้ำแก่พืชในประเทศไทย, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพ.

[17] Chico, D., Salmoral, G., Llamas, M.R., Garrido, A. and Aldaya M.M. 2010. The water footprint and virtual water exports of Spanish tomatoes, Available at https://www.researchgate.net/publication/304496108 (Accessed 20 June, 2020)

[18] Evangelou, E., Tsadilas, C., Tserlikakis, N., Tsitouras, A. and Kyritsis, A. 2016. Water footprint of industrial tomato cultivations in

the Pinios river basin: soil properties interactions, Water, 8, doi:10.3390/w8110515.

[19] Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2010. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Value of water research report series, No. 47, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands.

ID019

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินไปของโรคของผู้ป่วยที่ติดเชื้อเอชไอวี ณ คลินิกนิรนาม โรงพยาบาลชลบุรี จังหวัดชลบุรี

Factors affecting progression of HIV infected patient at Chonburi hospital, Chonburi province

ณัฏฐณิชชา กุลธนชัยโรจน์[1*] และ สุพิชา อินทรชุมนุม[2]
[1]สาขาวิชาเภสัชกรรมสังคมและบริหารเภสัชกิจ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[2]สาขาวิชาเภสัชกรรมปฏิบัติและการบริบาล คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[*]E-mail: nattanichcha@go.buu.ac.th

Nattanichcha Kulthanachairojana[1*] and Supicha Intarachumnum [2]
[1] Division of Social Pharmacy and Pharmacy Administration, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Burapha University
[2]Division of Pharmacy Practice and Clinical Pharmacy Faculty of Pharmaceutical Sciences, Burapha University
[*]E-mail: nattanichcha@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรคในผู้ป่วยติดเชื้อเอชไอวี ณ คลินิกนิรนาม โรงพยาบาลชลบุรี จังหวัดชลบุรี ผู้ป่วยจำนวน 160 คน ถูกคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษานี้ ตัวแปรต้นที่เก็บข้อมูลในงานวิจัย ได้แก่ ระดับ Cluster of Differentiation 4 Lymphocyte (CD4) พื้นฐานก่อนได้รับยาต้านไวรัส โรคร่วม ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา ชนิดของยาต้านไวรัส อายุ เพศ การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 52.80) อายุเฉลี่ยของประชากรอยู่ที่ 50.71 ปี (S.D. = 10.47) ส่วนใหญ่มีโรคร่วมคือ โรคความดันโลหิตสูง (ร้อยละ 19.37) ระดับ CD4 พื้นฐานก่อนเริ่มยาต้านไวรัส 21.66 เซลล์/มม.^{3} (S.D. = 8.81) โดยส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 91.88) และไม่ดื่มแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 94.38) ส่วนใหญ่รับประทานยาอย่างสม่ำเสมอ (ร้อยละ 81.88) และ ยาต้านไวรัสที่กลุ่มตัวอย่างใช้มากที่สุดคือ Lamivudine (ร้อยละ 88.13) ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่สัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรคของผู้ติดเชื้อเอชไอวี ได้แก่ระดับ CD4 ก่อนเริ่มยาต้านไวรัส ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา อายุ เพศ การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ ส่งผลต่อการดำเนินไปของโรคคือระดับ CD4 ของผู้ป่วย โดยปัจจัยด้านภูมิคุ้มกัน มีความสัมพันธ์ในทางบวก (p value < 0.05) ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา มีความสัมพันธ์ในทางบวก (p value < 0.05) อายุ การสูบบุหรี่และการดื่มแอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์ในทางลบกับการดำเนินไปของโรค ดังนั้นหากผู้ป่วยมีปัจจัยด้านภูมิคุ้มกันที่ดี มีความสม่ำเสมอในการรับประทานยา อายุที่ได้รับการวินิจฉัยที่น้อยกว่า ไม่สูบบุหรี่ ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ จะทำให้ระดับ CD4 หลังจากได้รับยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี เพิ่มขึ้นได้มากกว่า ปัจจัยด้านภูมิคุ้มกัน ความสม่ำเสมอในการรับประทานยาต้านไวรัส อายุที่ได้รับการวินิจฉัยและเริ่มยาต้านไวรัส การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ ส่งผลต่อการดำเนินไปของโรคในผู้ป่วยติดเชื้อเอชไอวี ดังนั้นการดูแลผู้ติดเชื้อเอชไอวีที่เริ่มการรักษาด้วยยาต้านไวรัส ควรแนะนำให้ผู้ป่วยรับประทานยาอย่างสม่ำเสมอ งด

เว้นการสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งทำให้ผลการรักษาดีขึ้น และการดำเนินไปของโรคเป็นไปอย่างช้าลง

คำหลัก ผู้ป่วยติดเชื้อเอชไอวี การดำเนินไปของโรค ปัจจัยด้านภูมิคุ้มกัน

Abstract

The objective of the study was to determine factors affecting progression of Human Immunodeficiency Virus (HIV) infected patients at Chonburi hospital, Chonburi province. A retrospective analysis study was conducted among HIV infected patients in Chonburi hospital, Thailand. 160 HIV infected patients were selected as samples. The Independent variable collected in the study was CD4 lymphocyte count, comorbidity, antiretroviral drugs, age, sex, smoking, and alcohol drinking. The average age was 50.71 years (S.D. = 10.47). Most of the comorbidity was hypertension (19.37%). The average baseline CD4 before starting antiretroviral was 21.66 cell/mm^3 (S.D. = 8.81). Most of them weren't smoking and alcohol drinking, 91.88%, and 94.38 respectively. Most of them were taking drugs consistently (compliance 81.88%). Most of the antiretroviral that patients take was Lamivudine (88.13%). The result found a relationship of average baseline CD4 before starting antiretroviral, compliance, age, smoking, and alcohol drinking with the progression of HIV infected patients. Immunological factor showed positive relationship with the progression ($p < 0.05$). Compliance and progression showed a positive relationship ($P < 0.05$). Age, smoking, and alcohol drinking showed a negative relationship with the progression. Therefore, HIV patients having high baseline CD4, good compliance, lower age, no smoking, and no alcohol drinking were more likely to have a higher CD4 level after taking antiretroviral for five years. Immunological factors, compliance of antiretroviral taking, age, smoking, and alcohol drinking were the factors affecting progression of HIV infected patients. Therefore, treatment of HIV infected patients should be recommended about taking the drug consistently, avoiding smoking and alcohol drinking for better treatment results, and slower disease progression.

Keywords: HIV-infected patient, disease progression, immunological factor

1. บทนำ

การติดเชื้อเอชไอวีเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่สำคัญทั่วโลกและประเทศไทย จำนวนผู้ติดเชื้อเอชไอวีรายใหม่ในประเทศไทยปี 2558 มีจำนวน 6,759 คน และมีผู้ป่วยที่ได้รับยาต้านไวรัสทั้งหมด 355,123 คน [1] งบประมาณของผู้ติดเชื้อเอชไอวีของประเทศไทยเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี 2553 งบประมาณที่รัฐบาลใช้จ่ายกับผู้ป่วยเอชไอวีคิดเป็น 9,922 ล้านบาท (0.09 % ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศไทย) [2] 73.18% ของงบประมาณผู้ป่วยเอชไอวีถูกใช้ไปกับการดูแลและรักษาผู้ป่วย โดยรวมถึง ยาต้านไวรัส ยาป้องกันและรักษาโรคติดเชื้อฉวยโอกาส การบริบาลผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยใน [3] ผู้ติดเชื้อเอชไอวีในแต่ละระดับ CD4 มีโอกาสในการติดเชื้อฉวยโอกาส การเกิดโรคแทรกซ้อน และคุณภาพชีวิตที่แตกต่างกัน [4] หากผู้ป่วยได้รับการรักษา และการดูแลที่เหมาะจะสามารถชะลอการดำเนินไปของโรค และการลดลงของ CD4 ได้ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินไปของโรคในผู้ติดเชื้อเอชไอวี แบ่งได้เป็น 4 ปัจจัย ได้แก่

1. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกัน (immunological factors) ได้แก่ ระดับ CD4 พื้นฐานก่อนได้รับยาต้านไวรัสโรคร่วมหรือยาที่ผู้ป่วยได้รับ

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับไวรัส (virological factors) ได้แก่ จำนวนเชื้อไวรัสพื้นฐานก่อนได้รับยาต้านไวรัส (viral

load) และการดื้อยาต้านไวรัส

3. ปัจจัยด้านสังคม ได้แก่ อายุ เพศ การสูบบุหรี่และการดื่มแอลกอฮอล์

4. ปัจจัยด้านยาต้านไวรัส ได้แก่การตอบสนองของ CD4 หลังได้รับยาต้านไวรัส และความสม่ำเสมอในการรับประทานยาซึ่งจะส่งผลต่อประวัติการดื้อยาต้านไวรัส [5][6][7]

ระดับ CD4 และ ระดับไวรัสพื้นฐานก่อนได้รับยาต้านไวรัส เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในการทำนายการดำเนินไปของโรค [8] แต่อย่างไรก็ตามควรพิจารณาปัจจัยด้านสังคมและปัจจัยด้านยาต้านไวรัสในการทำนายการดำเนินไปของโรคด้วย เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยกวนที่อาจทำให้ผลการศึกษาคลาดเคลื่อนได้ [9] ดังนั้นการค้นหาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการดำเนินของโรคที่แย่ลงของผู้ติดเชื้อเอชไอวี จะช่วยวางแผนการควบคุมการดำเนินไปของโรค รวมถึงการให้ความรู้แก่ผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง โรงพยาบาลชลบุรีเป็นโรงพยาบาลที่มีศักยภาพในการรองรับและดูแลผู้ป่วยที่ติดเชื้อเอชไอวีจำนวนมาก โดยการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะที่สัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรคของผู้ป่วยที่ติดเชื้อเอชไอวี ที่เข้ารับการรักษาในคลินิกนิรนาม โรงพยาบาลชลบุรี เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับทีมสุขภาพที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการวางแผนและดูแลผู้ป่วยกลุ่มนี้ต่อไป

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงฉบับนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังในผู้ป่วยติดเชื้อเอชไอวี (retrospective analysis study) ที่เข้ารับการรักษาที่คลินิกนิรนาม ณ โรงพยาบาลชลบุรี กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยติดเชื้อเอชไอวีที่เข้ารับการรักษาที่คลินิกนิรนาม ณ โรงพยาบาลชลบุรี และตรงตามเกณฑ์การคัดเลือกผู้ยินยอมตนให้ทำการวิจัย

2.1 กลุ่มตัวอย่างและสุ่มตัวอย่าง

การคำนวณขนาดตัวอย่างในการศึกษาหาปัจจัยเสี่ยงที่สัมพันธ์กับการเข้าสู่ระยะเอดส์ของผู้ติดเชื้อเอชไอวี ใช้สูตรของการวิเคราะห์ด้วยสูตรของ Jacob Cohen [10][11]

$$N \geq 20P \qquad (1)$$

เมื่อ N คือ จำนวนตัวอย่าง

P คือ จำนวนปัจจัยของผู้ป่วยที่ต้องการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดปัจจัยของผู้ป่วยที่ต้องการศึกษาทั้งหมด 8 ปัจจัย (P=8) ได้แก่ ระดับ CD4 พื้นฐานก่อนได้รับยาต้านไวรัส โรคร่วม ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา ชนิดของยาต้านไวรัส อายุ เพศ การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ เมื่อแทนค่าในสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างจะได้จำนวนตัวอย่าง 160 คน ผู้วิจัยทำการคัดเลือกผู้ป่วยจากเวชระเบียนโดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกผู้ยินยอมตนให้ทำการวิจัย

1. ผู้ป่วยอายุไม่น้อยกว่า 18 ปี
2. ได้รับการวินิจฉัยว่าติดเชื้อเอชไอวี
3. รับประทานยาต้านไวรัส
4. ผู้ป่วยยังมีชีวิตอยู่จนถึง 5 ปี หลังจากได้รับการวินิจฉัยว่าติดเชื้อเอชไอวี

เกณฑ์การคัดเลือกออกจากโครงการ

1. ไม่ทราบข้อมูลตั้งแต่เริ่มวินิจฉัยการติดเชื้อเอชไอวี
2. ข้อมูลตามเวชระเบียนผู้ป่วยและแบบบันทึกการบริบาลเภสัชกรรมไม่ชัดเจน
3. สตรีตั้งครรภ์
4. ผู้ป่วยที่ได้รับ immunosuppressant ต่อเนื่องเป็นเวลามากกว่า 6 เดือน

หลังจากคัดเลือกผู้ป่วยตามเกณฑ์การคัดเลือก โดยใช้ข้อมูลจากเวชระเบียนแล้ว กำหนดหมายเลขของผู้ป่วยเป็น 1, 2, 3, 4, ... , n จากนั้นจึงใช้การสุ่มแบบ systematic random sampling จนได้ผู้ป่วย จำนวน 160 คน

2.2 การสร้างเครื่องมือในงานวิจัย

แบบบันทึกประวัติของผู้ป่วย ประกอบด้วย เพศ, ปี พ.ศ. เกิดของผู้ป่วย, วันเดือนปีที่ได้รับการวินิจฉัย, วันเดือนปีที่เริ่มยา, ประวัติการสูบบุหรี่ ประวัติการดื่มแอลกอฮอล์, สูตรยาต้านไวรัสที่ได้รับ, ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา (content validity) และความเที่ยงตรงเฉพาะหน้าของแบบสอบถาม (face validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

2.3 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการขออนุญาตทำวิจัยจากคณะกรรมการ

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์โรงพยาบาลชลบุรี เมื่อได้รับอนุญาตจึงคัดเลือกผู้ติดเชื้อเอชไอวี ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่างจากฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ของโรงพยาบาลชลบุรี และรวบรวมข้อมูลย้อนหลังจากเวชระเบียนและฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ ลงในแบบบันทึกข้อมูลผู้ป่วย โดยเก็บข้อมูลสองช่วงเวลา ดังนี้

1. ที่จุดเริ่มต้นของการศึกษา โดยเลือกเก็บข้อมูลครั้งแรกที่มีข้อมูลครบถ้วนมากที่สุด หากไม่มีข้อมูลตัวแปรต้นครบถ้วน จะเก็บข้อมูลตัวแปรต้นที่ขาดหายไปจากครั้งถัดกันโดยมีระยะเวลาห่างกันไม่เกิน 6 เดือน โดยเก็บข้อมูลดังนี้ ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย ได้แก่ อายุ เพศ ปีเกิด วันที่ได้รับการวินิจฉัยว่าติดเชื้อเอชไอวี โรคร่วมของผู้ป่วย ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ระดับ CD4 การดื่มแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ ยาต้านไวรัส (HAART therapy) ที่ผู้ป่วยได้รับ

2. จุดเวลาที่เก็บข้อมูล ที่เวลา 5 ปีหลังจากจุดเริ่มต้น โดยเก็บข้อมูลดังนี้ ประวัติการใช้ยาต้านไวรัส และสาเหตุการเปลี่ยนสูตรยา ประวัติการติดเชื้อฉวยโอกาส ในระยะเวลา 5 ปี โรคร่วมของผู้ป่วยในระยะเวลา 5 ปี อาการแสดงของผู้ป่วยในระยะเอดส์ ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ระดับ CD4 ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์

จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในแบบบันทึกข้อมูลในกระดาษลงในคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยนี้มีการการรักษาความลับของข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยแยกบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมการวิจัยในแบบฟอร์มเฉพาะ ซึ่งจะมีผู้เข้าถึงข้อมูลได้จำกัด ข้อมูลนี้จะเชื่อมโยงกับข้อมูลในแบบบันทึกข้อมูลผู้ป่วย โดยใช้รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย (code) ในการบันทึกข้อมูล

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS version 22 กำหนดค่าความผิดผลาดแบบที่ 1 (α error) เท่ากับ 0.05 โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ร้อยละค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาความสัมพันธ์ของการดำเนินไปของโรคที่แย่ลงในผู้ป่วยที่ติดเชื้อเอชไอวี โดยใช้ chi-square และใช้สถิติอ้างอิงคือการวิเคราะห์เชิงถดถอยเชิงพหุ (multiple-regression analysis), ANOVA , independent t-test, chi-square และ correlation ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ผลการศึกษา

3.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

จากการข้อมูลจากผู้ป่วยติดเชื้อเอชไอวี เป็นจำนวน 160 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 52.50) อายุเฉลี่ยของประชากรอยู่ที่ 50.71 ปี ส่วนใหญ่มีโรคร่วมคือ โรคความดันโลหิตสูง (ร้อยละ 19.37) ระดับ CD4 พื้นฐานก่อนเริ่มยาต้านไวรัส 21.66 เซลล์/มม.^{3} โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 8.81 ผู้ป่วยส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ (ร้อยละ 91.88) และไม่ดื่มแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 94.38) ส่วนใหญ่รับประทานยาอย่างสม่ำเสมอ (ร้อยละ 81.88) และ ยาต้านไวรัสที่กลุ่มตัวอย่างใช้มากที่สุดคือ Lamivudine (ร้อยละ 88.13) กลุ่มตัวอย่างที่มีการสำรวจส่วนใหญ่มีระดับ CD4 หลังจากได้รับต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี มีระดับ CD4 เฉลี่ยคือ 67.44 เซลล์/มม.^{3} โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 13.14 ผลการศึกษาลักษณะทางประชากรศาสตร์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

ลักษณะประชากรศาสตร์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	84	52.5
หญิง	76	47.5
2. อายุเฉลี่ย 50.71 ปี (S.D .= 10.47)		
3. โรคร่วม		
วัณโรค	12	7.50
ไวรัสตับอักเสบบี	5	3.12
ไวรัสตับอักเสบซี	12	7.50
ความดันโลหิตสูง	31	19.37
เบาหวาน	13	8.12
ไขมันในเลือดสูง	24	15.00
โรคหัวใจและหลอดเลือด	5	3.12
โรคไต	2	1.25
โรคหลอดลมอุดกั้นเรื้อรัง	7	4.37
เกาท์	1	0.62

ลักษณะประชากรศาสตร์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
กรดไหลย้อน	1	0.62
เลือดจาง	29	18.12
สะเก็ดเงิน	1	0.62
ข้ออักเสบ	1	0.62
4. ระดับ CD4 ก่อนเริ่มยาต้านไวรัส 21.66 เซลล์/มม.^{3} (S.D.= 8.81)		
5. ระดับ CD4 5 ปีหลังเริ่มยาต้านไวรัส 67.44 เซลล์/มม.^{3} (S.D.= 13.14)		
6. การสูบบุหรี่		
สูบบุหรี่	13	8.12
ไม่สูบบุหรี่	147	91.88
7. การดื่มแอลกอฮอล์		
ดื่มแอลกอฮอล์	9	5.62
ไม่ดื่มแอลกอฮอล์	151	94.38
8. ความสม่ำเสมอในการรับประทานยาต้านไวรัส		
รับประทานยาสม่ำเสมอ	131	81.88
รับประทานยาไม่สม่ำเสมอ	29	18.12
9. ชนิดของยาต้านไวรัส		
Lamivudine	141	88.13
Stavudine	15	9.38
Efavirenz	85	53.13
Lopinavir/ritonavir	27	16.88
Nevirapine	61	38.13
Atazanavir	53	33.13
Tenofovir	57	35.63
Ritonavir	3	1.88
Didanosine	69	43.13
Indinavir	3	1.88

3.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินไปของโรค

ปัจจัยด้านภูมิคุ้มกัน คือ ระดับ CD4 ก่อนได้รับยาต้านไวรัส มีความสันพันธ์กับการดำเนินไปของโรคของผู้ป่วย โดยมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value < 0.05) หมายถึงหากระดับ CD4 ก่อนเริ่มยาต้านไวรัสมีค่าสูง ระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสก็จะมีค่าสูงด้วย

ความสม่ำเสมอในการรับประทานยามีความสัมพันธ์กับระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปีเปรียบเทียบระหว่างผู้ป่วยที่มีโรคร่วมและผู้ป่วยไม่มีโรคร่วม พบว่าค่าเฉลี่ย CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี ของผู้ป่วยที่มีความสม่ำเสมอในการรับประทานยาและผู้ป่วยที่ไม่มีความสม่ำเสมอในการรับประทานยามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) หมายถึงหากผู้ป่วยมีความสม่ำเสมอในการรับประทานยาระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสก็จะมีค่าสูงด้วย

อายุที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคติดเชื้อเอชไอวีมีความสัมพันธ์กับระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี ผลการศึกษาพบว่าอายุที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคติดเชื้อเอชไอกับระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี มีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p value < 0.01) หมายถึงหากอายุที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคติดเชื้อเอชไอวีมีค่ามาก ระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสก็จะมีค่าต่ำลง

การสูบบุหรี่มีความสัมพันธ์กับระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปีเปรียบเทียบระหว่างผู้ป่วยที่สูบบุหรี่และผู้ป่วยที่ไม่สูบบุหรี่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) หมายถึงหากผู้ป่วยสูบบุหรี่ ระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสก็จะมีค่าต่ำลง

การดื่มแอลกอฮอล์มีความสัมพันธ์กับระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี เปรียบเทียบระหว่างผู้ป่วยที่ดื่มแอลกอฮอล์และผู้ป่วยที่ไม่ดื่มแอลกอฮอล์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) หมายถึงหากผู้ป่วยดื่มแอลกอฮอล์ ระดับ CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสก็จะมีค่าต่ำลง

ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี ของผู้ป่วยเพศชายและผู้ป่วยเพศหญิงไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี ของผู้ป่วยที่ใช้ยาต้านไวรัสที่ต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการศึกษาพบว่าโรคร่วมที่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ย CD4 หลังจากเริ่มยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปีไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุของระดับ CD4 ของผู้ติดเชื้อเอชไอวีหลังจากใช้ยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี กับตัวแปรต้น ได้แก่ ปัจจัยด้านภูมิคุ้มกัน ปัจจัยด้านโรคร่วม ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา ชนิดของยาต้านไวรัส อายุที่ได้รับการวินิจฉัย เพศ การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ พบว่าปัจจัยด้านภูมิคุ้มกัน ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา อายุที่ได้รับการวินิจฉัย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ สามารถอธิบายระดับ CD4 ที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวแปรทั้งห้าสามารถอธิบายระดับ CD4 หลังจากได้รับการรักษาได้ 33.20% (p value < 0.05) และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะได้ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2 และสรุปผลการทดสอบสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุ

ตัวแปร	Unstandardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error		
ค่าคงที่	134.221	18.456	7.272	.143
ระดับ CD4 ก่อนเริ่มยาต้านไวรัส	0.426	0.343	1.241	.021
ความสม่ำเสมอในการรับประทานยา	6.628	3.805	.849	.039
อายุเมื่อได้รับการวินิจฉัย	-1.588	0.286	-5.549	.015
สูบบุหรี่	-10.448	2.528	-.834	.040
ดื่มแอลกอฮอล์	-1.317	0.969	.094	.025

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่	ผลการศึกษา	หมายเหตุ
1. ปัจจัยด้านภูมิคุ้มกันมีความสัมพันธ์กับต่อการดำเนินไปของโรค	✓	มีความสัมพันธ์ในทางบวก
2. ปัจจัยด้านโรคร่วมมีความสัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรค	✗	-
3. ความสม่ำเสมอในการรับประทานยามีความสัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรค	✓	มีความสัมพันธ์ในทางบวก
4. อายุที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคติดเชื้อเอชไอวีมีความสัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรค	✓	มีความสัมพันธ์ในทางลบ
5. เพศมีความสัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรค	✗	-
6. ชนิดของยาต้านไวรัสที่ผู้ป่วยรับประทานมีความสัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรค	✗	-
7. การสูบบุหรี่มีความสัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรค	✓	มีความสัมพันธ์ในทางลบ
8. การดื่มแอลกอฮอล์มีความสัมพันธ์กับการดำเนินไปของโรค	✓	มีความสัมพันธ์ในทางลบ

✓ หมายถึง สอดคล้องกับสมมติฐาน

✗ หมายถึง ไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน

4. สรุปผลการศึกษา

ผู้ป่วยที่มีปัจจัยด้านภูมิคุ้มกันที่ดีคือมีระดับ CD4 ก่อนเริ่มการรักษามาก มีความสม่ำเสมอในการรับประทานยา อายุที่ได้รับการวินิจฉัยที่น้อยกว่า ไม่สูบบุหรี่ ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ จะทำให้ระดับ CD4 หลังจากได้รับยาต้านไวรัสมาแล้ว 5 ปี เพิ่มขึ้นได้มากกว่าผู้ที่มีระดับ CD4 ต่ำ โดยสามารถนำงานวิจัยชิ้นไปใช้ในการดูแลผู้ติดเชื้อเอชไอวีที่เริ่มการรักษาด้วยยาต้านไวรัส โดยแนะนำให้ผู้ป่วยรับประทานยาอย่างสม่ำเสมอ งดเว้นการสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งทำให้ผลการรักษาดีขึ้น และการดำเนินไปของโรคเป็นไปช้าลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2558

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักระบาดวิทยา. 2558. สรุปสถานการณ์ผู้ป่วยเอดส์และการติดเชื้อเอชไอวี ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558. สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข: นนทบุรี.

[2] Thai Working Group on National AIDS Spending Assessment. 2009. Thailand National Expenditure on HIV/AIDS 2008-2009.

[3] Thai Working Group on National AIDS Spending Assessment. 2010 Thailand National Expenditure on HIV/AIDS 2008-2011.

[4] สำนักโรคเอดส์ วัณโรค และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2557. แนวทางการตรวจรักษาและป้องกันการติดเชื้อเอชไอวี ประเทศไทย ปี 2557. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด: กรุงเทพ.

[5] Egger M, May M, Chene G, Christian K, Royd W. 2002. Prognosis of HIV-1-infected patients starting highly active antiretroviral therapy: a collaborative analysis of prospective studies. The Lancet. 360(9327). 119–129.

[6] Wood E, Montaner JS, Yip B, Tyndall MW, Schechter MT, O'Shaughnessy MV, Hogg RS. 2004. Adherence to antiretroviral therapy and CD4 T-cell count responses among HIV-infected injection drug users. Antivir Ther, 9(2), 229-235.

[7] Florence E. et al. 2003. Factors associated with a reduced CD4 lymphocyte count response to HAART despite full viral suppression in the EUROSIDA study. HIV medicine. 4(3), 255-262.

[8] Hughes R, Sabin C, Sterne JAC, UKCHIC Study Group. 2007. Long-term trends in CD4 count in patients starting HAART: UK-CHIC study.

[9] Mair C, Hawes SE, Agne HD, Sow PS, N'doye I, Manhart LE, Fu PL, Gottlieb GS. 2007. Factors associated with CD4 lymphocyte counts in HIV-negative Senegalese individuals. Clinical and Experimental Immunology. 151(3), 432-440.

[10] Cohen J. 1998. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. New Jersey: Lawrence Eribaum Associated.

[11] ระพินทร์ โพธิ์ศรี. 2553. สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ID025

จำนวน ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวน และพฤติกรรมการขยายพันธุ์ของนกพิราบในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

Abundance, factor affecting abundance, and breeding behavior of rock pigeons *Columba livia* in Kasetsart University, Sriracha Campus

ทิพย์รัตน์ เกตุวร, นววรรณ เด่นดวง, สิริกร เสมสวน, สุธาสินี หอมสวาท,
เมธี จันทโรปกรณ์ และ จรรยา เจตน์เจริญ*
ภาควิชาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
*E-mail address: janya.ja@ku.th

Thipparat Katevorn, Nawawan Denduang, Sirikorn Seamsuan, Suthasinee Homsawat,
Methee Juntaropakorn and Janya Jadejaroen*
Department of Resources and Environment, Faculty of Science at Sriracha,
Kasetsart University Sriracha Campus
*E-mail address: janya.ja@ku.th

บทคัดย่อ

นกพิราบเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้วในประเทศไทย นกชนิดนี้มักอาศัยและทำรังตามอาคาร ทำให้เกิดความสกปรก และเป็นพาหะนำโรคในระบบต่าง ๆ เช่น ระบบทางเดินหายใจ ระบบย่อยอาหาร และระบบประสาท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา มีโครงการจัดตั้งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 มีการเติบโตรวดเร็ว โดยมีอาคารที่เปิดใช้งานแล้วในปี พ.ศ. 2562 ถึง 26 อาคาร และมีนกพิราบเข้ามาอาศัยและขยายพันธุ์ แต่ยังไม่ทราบจำนวนในแต่ละอาคาร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์และวิธีการดังนี้ 1) นับจำนวนนกพิราบ รังนก และไข่นก ตามอาคาร 26 อาคาร ในเดือนธันวาคม 2562–มีนาคม 2563 ช่วงเช้าและช่วงเย็นอย่างละ 8 ครั้งต่อเดือน 2) ศึกษาปัจจัยของแต่ละอาคารที่มีผลต่อจำนวนนกพิราบโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และ 3) ศึกษาว่านกพิราบมีพฤติกรรมการขยายพันธุ์ทุกเดือนหรือไม่ โดยผลการศึกษาพบว่า 1) มีนกพิราบอาศัยในทั้ง 26 อาคาร รวม 87–190 ตัว (เฉลี่ย 125.7±23.3 ตัว) จำนวนนกช่วงเช้าและเย็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (p=0.05) โดยพบนกพิราบโตเต็มวัยครั้งละ 0–43 ตัว (เฉลี่ย 4.7±5.9 ตัว) พบจำนวนตัวสูงสุดต่อครั้งที่อาคาร 4, 15, 5, 11 และ 1 จำนวนครั้งละ 43, 39, 30, 30 และ 29 ตัว ตามลำดับ พบจำนวนเฉลี่ยสูงสุดต่อครั้งที่อาคาร 15, 1, 13, 11 และ 2 เฉลี่ย 20.4, 12.7, 10.5, 8.2 และ 6.6 ตัว ตามลำดับ พบรังนกรวม 61 รัง ใน 10 อาคาร ทั้งนี้ ที่อาคาร 26 ซึ่งสังเกตรังนกได้ต่อเนื่อง พบว่าจากทั้งหมด 7 รัง มีไข่ 13 ฟอง และเติบโตถึงวัยที่ขยายพันธุ์ได้ 8 ตัว (ร้อยละ 61.5) เมื่อประเมินจำนวนคู่นกทุกอาคารเพิ่มเติม พบประมาณ 102 คู่ ซึ่งอาจวางไข่ได้ปีละ 1,224 ฟอง ทำให้ประมาณจำนวนนกพิราบที่จะเพิ่มขึ้นได้ราวปีละ 753 ตัว 2) ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนนกพิราบ ได้แก่ จำนวนจุดให้อาหารสุนัข จำนวนจุดที่นกสามารถทำรัง จำนวนจุดที่นกสามารถเกาะพัก จำนวนสุนัข และอายุอาคาร โดยมีค่า r = 0.572, 0.568, 0.473, 0.383 และ 0.251 ตามลำดับ ส่วนความสูงอาคารมีค่า r=-0.020 และ 3) พบพฤติกรรมการขยายพันธุ์ตลอด 4 เดือน การศึกษานี้แนะนำให้ป้องกันพื้นที่ตามอาคารที่นกเข้ามาอาศัย รวมทั้งป้องกันอาคารใหม่ที่กำลังจะเปิดใช้ โดยอาจใช้วิธีการติดตาข่าย ย้ายรังนกออกจากอาคาร โดยเริ่มจากอาคารที่พบนกและรังนก

จำนวนมากและมีความเสี่ยงสูงต่อสุขภาพของนิสิตและบุคลากรก่อน ควบคู่ไปกับการควบคุมแหล่งอาหารทั้งบริเวณอาคารและบริเวณอื่นโดยเฉพาะตามแนวถนนที่มีการให้อาหารสุนัขและลิงป่า เพราะจำนวนจุดหรือพื้นที่ดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อจำนวนนกพิราบในมหาวิทยาลัย

คำหลัก นกพิราบ ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น จำนวน พฤติกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Abstract

Rock pigeons *Columba livia* are declared as an invasive alien species in Thailand. They can inhabit and build their nests in buildings and cause dirtiness and human risks of diseases associated, including, respiratory, digestive, and nervous systems. Kasetsart University Sriracha Campus was founded in 1989 and was fast-growing which there were 26 available in 2019. Pigeons have inhabited the buildings but the numbers were unknown. This study, thus, aimed to 1) estimate their numbers including nests and eggs from Dec. 2019 to Feb. 2020 at the 26 buildings for eight times in the morning and eight times in the evening of each month, 2) analyze the relationships between the average number of bird in each building and each factor that may affect it by using Pearson's Correlation and 3) investigate whether pigeons show breeding behavior in all months. The results showed that 1) they occupied all the 26 buildings with a total number of 87–190 (mean=125.7±23.3). The numbers counted in the morning and evening were not significantly different (p=0.05). The numbers of pigeons per observation were 0–43 (mean=4.7±5.9). The maximum numbers per observation were at Building 4, 15, 5, 11, and 1 with 43, 39, 30, 30, and 29 birds, respectively. The maximum average numbers per observation were of Building 15, 1, 13, 11, and 2 with 20.4, 12.7, 10.5, 8.2, and 6.6 birds, respectively. Seeing their nests were limited, only 61 were seen in nine buildings. However, nests could be continuously observed at Building number 26. Of 7 nests, 13 eggs were hatched and became 8 juveniles (61.5%). We thus estimated 102 pairs from all the buildings and assessed that they could lay up to 1,224 eggs/year and could add up 753 pigeons/year. 2) Factors affecting numbers of the bird in each building were the numbers of places that people always gave food for dogs, numbers of areas that birds could use for nesting, numbers of areas that birds could use for resting or roosting, numbers of dogs, and the age of that building with r=0.572, 0.568, 0.473, 0.383 and 0.251 respectively, while that of the building height is -0.020. 3) Breeding behavior of pigeons was found in all the four months. We suggest preventing buildings, including the new ones, from resting, roosting, and nesting by the birds by, for example, installing nets. Controlling their provisioning food sources, both at the buildings and along the road where people always provided food for dogs and monkeys in which numbers of food places were the most important factor that affected the number of pigeons on the campus, will also be needed.

Keywords: pigeon, invasive species, abundance, behavior, Kasetsart University

1. บทนำ

นกพิราบ (Rock pigeon, *Columba livia*) มีถิ่นกำเนิดในทวีปยุโรปและเอเชียตอนเหนือ ซึ่งภายหลังได้กระจายไปหลายพื้นที่ทั่วโลก รวมทั้งทุกภูมิภาคของประเทศไทยซึ่งปัจจุบันประมาณว่ามีถึงราว 10 ล้านตัว และจัดเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้ว (รายการที่ 1) (สำนักงาน

นโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561) โดยนกพิราบเป็นพาหะของเชื้อกลุ่มต่าง ๆ เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว พยาธิ และไรนก ซึ่งทำให้เกิดโรค เช่น ติดเชื้อในปอด เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ท้องร่วง และไข้หวัดนก (Haag-Wackernagel, 2006; Abolnik, 2014) ซึ่งมนุษย์อาจได้รับเชื้อโรคจากละอองจากการกระพือปีกของนกทางลมหายใจ และการสัมผัสมูล น้ำลาย หรือสารคัดหลั่งจากตัวนก จากบริเวณรังและที่เกาะพักซึ่งมักพบมูลนกและสิ่งสกปรกสะสมจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะตามอาคารมักมีระเบียงหรือพื้นที่ชอกหลืบต่าง ๆ คล้ายหน้าผาซึ่งเป็นที่ทำรังตามธรรมชาติ นกพิราบสามารถปรับตัวกินอาหารได้หลากหลาย เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่ว ขนมปัง อาหาร และเศษอาหารต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เดิมเป็นสถานีวิจัยและฝึกงานของนิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต่อมาเริ่มมีโครงการจัดตั้งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 และมีการเติบโตรวดเร็วเช่นเดียวกับการขยายตัวของชุมชนเมือง โดยมีจำนวนอาคารเพิ่มขึ้นนับถึงปี พ.ศ. 2561 รวม 26 อาคาร (และยังไม่แล้วเสร็จอีก 2 อาคาร) และพบว่าอาคารต่าง ๆ มีนกพิราบไปอยู่อาศัยและทำรัง ทำให้สกปรก ไม่สวยงาม เป็นแหล่งเชื้อโรค ทำให้เกิดความเสี่ยงด้านสุขภาพของนิสิต บุคลากร และผู้มาใช้อาคาร ทำให้เกิดการกัดกร่อนเสียหายของโลหะตามอาคาร และหากนกเพิ่มจำนวนมากขึ้น แต่ละอาคารอาจได้รับผลกระทบมากขึ้น รวมทั้งนกอาจขยายพื้นที่ไปอาศัยและทำรังในอาคารใหม่ที่กำลังจะเปิดใช้ รวมทั้งอาจออกไปอาศัยและเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรคในชุมชนใกล้เคียงด้วย งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาจำนวนนกพิราบ ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนนกพิราบ และการขยายพันธุ์ของนกพิราบที่อาศัยตามอาคารในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เพื่อเป็นข้อมูลในการป้องกันและควบคุมประชากรนกพิราบต่อไป

2. วิธีการ

2.1 พื้นที่ศึกษา

อาคาร 26 อาคาร ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี (รูปที่ 1, ตารางที่ 1) ในพื้นที่ 199 ไร่ 48 ตารางวา ซึ่งประกอบด้วยอาคารสำนักงาน อาคารเรียน อาคารปฏิบัติการ อาคารพลศึกษา หอสมุด โรงอาหาร หอพักนิสิต และอาคารพักอาศัยบุคลากร เป็นต้น อาคารมีตั้งแต่ 1–11 ชั้น สร้างแล้วเสร็จระหว่างปี 2536–2561 มีอายุอาคารตั้งแต่ 2–27 ปี บางอาคารเป็นกลุ่มอาคาร ได้แก่ อาคาร 8 หอพักนิสิต และอาคาร 22 ธุรกิจศึกษา ที่ประกอบด้วย 8 และ 3 อาคาร ตามลำดับ



รูปที่ 1 ตำแหน่งของอาคารที่ 1–26 ที่ใช้ศึกษานกพิราบภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จ. ชลบุรี

2.2 จำนวนนกพิราบ

นับนกพิราบ รวมทั้งรังและไข่นก ตามอาคาร 26 อาคาร ในเดือนธันวาคม 2562–มีนาคม 2563 สัปดาห์ละ 2 วัน (เดือนละ 8 ครั้ง) ทั้งช่วงเช้า (6.30–9.00 น.) และเย็น (16.00–18.30 น.) จำแนกตามช่วงอายุเป็น *นกพิราบโตเต็มวัย* (ตัวโตและมีขนขึ้นเต็มที่ ขนาด 29–37 ซ.ม.) *นกพิราบวัยเด็ก* (ขนาดพอ ๆ กับนกโตเต็มวัย แต่ลำตัวและหัวเพรียวกว่า ขนยังขึ้นไม่เต็มที่ สีที่ลำตัวยังไม่ชัดเจน) และ *ลูกนกวัยอ่อน* (ฟักออกจากไข่จนถึง 1 เดือน มีขนปกคลุมห่าง ๆ ยังช่วยเหลือตัวเองไม่ได้) (รูปที่ 2) การสำรวจใช้การมองเห็น ใช้กล้องสองตา ใช้โดรนบันทึกภาพถ่ายมุมสูงในบางอาคาร

ตารางที่ 1 อาคารจำนวน 26 อาคาร ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จำนวนชั้น ปีที่สร้างเสร็จ และอายุอาคาร

ลำดับและชื่ออาคาร	จำนวนชั้น	ปีที่สร้างเสร็จ	อายุ (ปี)
1 บริการวิทยาการ	4	2536	27
2 ปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์	3	2538	25
3 ปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์การบินและอวกาศยาน	2	2541	22
4 พักอาศัยบุคลากร	9	2541	12

ลำดับและชื่ออาคาร	จำนวนชั้น	ปีที่สร้างเสร็จ	อายุ (ปี)
5 วิทยาศาสตร์พื้นฐาน	2	2543	20
6 ศูนย์เรียนรวม	3	2546	17
7 โรงอาหารกลาง	1.5	2546	17
8 หอพักนิสิต (8 อาคาร)	5	2546	17
9 ศูนย์กิจกรรม	3	2546	17
10 ศูนย์เรียนรวม 2	4	2547	16
11 สถานที่และยานพาหนะ	2	2548	15
12 ศรีธรรมเกษตร	2	2548	15
13 พลศึกษา	2	2549	14
14 หอสมุดอนุสรณ์ 10 ปี	4	2550	13
15 ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	4	2550	13
16 รักษาความปลอดภัย	2	2551	12
17 ศูนย์เรียนรวม 3	4	2553	10
18 เศรษฐศาสตร์ ศรีราชา	4	2553	10
19 พักอาศัยบุคลากร 2	9	2558	5
20 สระว่ายน้ำ	2	2559	4
21 สนามฟุตซอล	1	2559	4
22 ธุรกิจศึกษา (3 อาคาร)	7, 2, 3	2561	2
23 วิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา	10	2561	2
24 พาณิชยนาวีนานาชาติ	7	2561	2
25 ศูนย์คอมพิวเตอร์	4	2561	2
26 วิทยาศาสตร์ ศรีราชา	11	2561	2

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนนกพิราบ

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนนกพิราบแต่ละอาคาร ได้แก่ *อายุของอาคาร ความสูงหรือจำนวนชั้นของอาคาร จำนวนจุดที่อาจพบนกมาเกาะอาศัย* (เช่น หลังคา ระเบียง โครงเหล็กใต้หลังคา เป็นต้น) *จำนวนจุดที่อาจพบนกมาทำรัง* (เช่น คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศตามระเบียงอาคาร ท่อระบายอากาศด้านนอกอาคาร บริเวณหัวเสาและโครงใต้หลังคาอาคาร เป็นต้น) *จำนวนสุนัขบริเวณอาคาร* และ*จำนวนจุดที่มีการให้อาหารสุนัข* (คือ จุดที่มักมีผู้ให้อาหารสุนัขตามอาคาร) โดยใช้จำนวนนกพิราบโตเต็มวัยเฉลี่ยแต่ละอาคารกับแต่ละปัจจัย มาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation, r) ในโปรแกรม SPSS Statistics 17.0



รูปที่ 2 นกพิราบวัยต่าง ๆ ได้แก่ นกพิราบโตเต็มวัย (บน) นกพิราบวัยเด็ก (ซ้ายล่าง) และลูกนกวัยอ่อน (ขวาล่าง)

2.4 พฤติกรรมการขยายพันธุ์ของนกพิราบ

ศึกษาว่านกพิราบว่ามีพฤติกรรมการขยายพันธุ์ทุกเดือนหรือไม่ โดยบันทึกพฤติกรรม *การเกี้ยวพาราสี* (การส่งเสียงร้องและการผงกหัวของนกพิราบเพศผู้ต่อนกพิราบเพศเมีย) *การผสมพันธุ์* (นกพิราบเพศผู้ผสมพันธุ์โดยขึ้นบนหลังของเพศเมีย) และ *การทำรัง* (นกพิราบเพศผู้หรือเพศเมียคาบเศษกิ่งไม้หรือวัสดุต่าง ๆ มาสร้างรัง) วิเคราะห์ร้อยละความถี่ของแต่ละพฤติกรรม จาก 0–100 เช่น จากการสำรวจเดือนละ 8 ครั้ง หากไม่พบพฤติกรรมนั้น ๆ และพบทุกครั้งในเดือนนั้น ๆ คิดเป็นร้อยละ 0 และ 100 ตามลำดับ

3. ผลและวิจารณ์

3.1 จำนวนนกพิราบ

พบนกพิราบอาศัยอยู่ทั้ง 26 อาคาร นกพิราบโตเต็มวัยรวม 87–190 ตัว (เฉลี่ย 125.7±23.3 ตัว) จำนวนนกช่วงเช้าและเย็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p=0.05$) โดยพบครั้งละ 0–43 ตัว (เฉลี่ย 4.7±5.9) ตัว และเฉลี่ยต่อครั้ง 0.1–20.4 ตัว (ตารางที่ 2) โดยพบนกเกาะอาศัยตั้งแต่หลังคา โครงเหล็กใต้หลังคา ระเบียงโดยเฉพาะที่มีคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศวางอยู่ ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร เช่น ระแนง ราว คาน ท่อสายไฟ ท่อระบายอากาศ หัวเสา เป็นต้น รวมทั้งเดินหากินตามพื้นชั้นล่างของอาคาร

พบนกพิราบโตเต็มวัยต่อครั้งสูงสุดที่อาคาร 4 พักอาศัยบุคลากร อาคาร 15 ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาคาร 5 วิทยาศาสตร์พื้นฐาน อาคาร 11 สถานที่และยานพาหนะ และอาคาร 1 บริการวิทยาการ จำนวน 43, 39,

30, 30 และ 29 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 2, รูปที่ 3) และพบน้อยที่สุดที่อาคาร 16 รักษาความปลอดภัย จำนวน 7 ตัว

พบนกเฉลี่ยสูงสุดที่อาคาร 15 ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาคาร 1 บริการวิทยาการ อาคาร 13 พลศึกษา อาคาร 11 สถานที่และยานพาหนะ และอาคาร 2 ปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ โดยพบเฉลี่ย 20.4, 12.7, 10.5, 8.2 และ 6.6 ตัว ตามลำดับ ทั้งนี้อาคาร 16 รักษาความปลอดภัย พบเฉลี่ยต่อครั้งน้อยที่สุดคือ 0.1 ตัว

จำนวนนกที่พบแต่ละครั้งในแต่ละอาคารมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) อาจเป็นเพราะวันที่อากาศดี มีแสงแดด นกส่วนใหญ่ออกมาเกาะพักตามที่โล่ง เช่น หลังคา หรือระเบียงอาคาร ทำให้นับนกได้ง่าย แต่ในวันที่มีฝนตกหรือฟ้าครึ้ม อาจทำให้นกหลบพักบริเวณที่อับสายตา เช่น บนที่สูง ใต้หลังคา หรือตามซอกอาคาร ทำให้นับนกได้ยากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ali et al. (2013) และ Harris et. al. (2016) ที่พบว่าสภาพอากาศแตกต่างกันมีผลต่อจำนวนนกพิราบที่พบ

เรื่องสภาพอากาศนั้น Li et al. (2016) ยังพบว่าวันที่มีมลพิษอากาศ วิสัยทัศน์ไม่ดี นกพิราบจะบินกลับรังเร็วกว่าปกติ ซึ่งมีผลต่อจำนวนนกที่นับได้เช่นกัน สำหรับพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศรีราชา ตั้งอยู่ในเขตเมืองที่อยู่ใกล้ถนนใหญ่และเขตอุตสาหกรรม และมีปริมาณการใช้ยานพาหนะของนิสิตและบุคลากรจำนวนมาก โดยเฉพาะช่วงเปิดเทอมที่มีการเรียนการสอน ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพอากาศ และส่งผลต่อจำนวนนกที่พบตามอาคารได้

ส่วนกรณีที่อากาศดีแต่พบนกจำนวนอาศัยตามอาคารน้อยหรือไม่พบเลย อาจเป็นเพราะนกพิราบซึ่งมักหากินเป็นฝูงพากันออกไปกินอาหาร ซึ่งช่วงเช้าและเย็นมักมีผู้คนนำอาหารมาให้สุนัขและลิงป่า ตามแนวถนนใกล้กับอาคารหลายอาคาร จึงอาจทำให้ไม่พบนกตามอาคาร และเป็นเหตุให้ผู้วิจัยมักพบฝูงนกพิราบกินอาหารบริเวณอื่น ๆ นอกตัวอาคารอยู่บ่อยครั้ง เช่น ตามแนวถนนเลียบภูเขาภายในมหาวิทยาลัย (นกบางตัวมีรูปแบบสีสันที่แตกต่างจากตัวอื่น เมื่อตามดูซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จะพอจำได้ว่านกตัวดังกล่าวอาศัยอยู่อาคารใด) จำนวน 4 จุด จุดละ 20–40 ตัว ซึ่งถนนนี้มักมีนิสิต บุคลากร และประชาชนทั่วไป มาออกกำลังกายช่วงเช้าและเย็น ซึ่งการบินไปมาของนกฝูงนกพิราบ ทำให้ผู้มาออกกำลังกายเสี่ยงต่อการได้รับเชื้อโรคจากนกได้

ในส่วนของรังนก ไข่นก และลูกนกวัยอ่อนนั้น มองเห็นและนับให้ครบถ้วนได้ค่อนข้างยาก เพราะนกมักทำรังบนที่สูงในมุมที่ปลอดภัยจากมนุษย์และผู้ล่า แม้ได้มีการนำโดรนมาช่วยบินสังเกตแล้ว ก็ยังมองเห็นได้จำกัด อย่างไรก็ตาม มีรังนกที่พบรวม 61 รัง ใน 10 อาคาร (ตารางที่ 2, รูปที่ 4) อาคารที่พบรังนกมากที่สุด ได้แก่ อาคาร 2 ปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ (14 รัง) อาคาร 19 (12 รัง) อาคาร 1 (8 รัง) และอาคาร 26 (7 รัง) ซึ่งอาคาร 2 ที่พบรังนกมากที่สุดส่วนใหญ่อยู่เหนือทางเดินเข้าและออกชั้นล่าง บนคานแนวนอนที่มีแนวร่องหรือพื้นที่ราบที่เหมาะสำหรับทำรัง ส่วนอาคาร 26 แม้อายุเพียง 2 ปี แต่ก็มีนกพิราบเข้ามาทำรังแล้วไม่น้อยกว่า 7 รัง เพราะมีแนวระเบียง มีท่อระบายอากาศและมีคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศอยู่ตามชั้นต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการเกาะและทำรังของนก ผู้วิจัยสังเกตว่านกมักเกาะพักอยู่ใกล้รัง ขับถ่ายและทำรังที่เดิมซ้ำ ๆ ดังนั้นจึงควรมีการย้ายรังนกออกจากอาคารและติดตาข่ายป้องกันการทำรังซ้ำ

สำหรับไข่นกพิราบ มองเห็นเพียง 34 ฟอง จำนวนเฉลี่ยรังละ 2±0.9 ฟอง (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนไข่นกพิราบเฉลี่ยในแต่ละรังของ Harris et. al. (2016) ส่วนลูกนกพิราบวัยอ่อนพบ 23 ตัว ใน 5 อาคารที่พบรังนก (ตารางที่ 3) ลูกนกพิราบวัยเด็กพบ 27 ตัว ใน 11 อาคาร โดยพบนอกเหนือจากอาคารที่พบรังนกด้วย (อาคาร 9, 13 และ 14) เพราะลูกนกวัยนี้สามารถติดตามพ่อแม่ออกมานอกรัง ทำให้สามารถนับจำนวนได้ และเป็นไปได้สูงว่าอาคารที่พบลูกนกวัยนี้ จะมีรังนกอยู่ด้วย

เนื่องจากข้อจำกัดในการนับจำนวนรังนกและการประเมินการเพิ่มจำนวนของนกพิราบ ผู้วิจัยจึงประมาณจำนวนคู่ของนกพิราบเพศผู้และเมียเพิ่มเติม เพราะอาจมีความสัมพันธ์กับจำนวนรังนกในแต่ละอาคาร โดยนับได้ 102 คู่ ใน 25 อาคาร (ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าจะมีรังนกอยู่ในทั้ง 25 อาคาร) (ตารางที่ 3) โดยพบจำนวนคู่นกมากที่สุดที่อาคาร 15 (14 คู่) อาคาร 13 (9 คู่) และอาคาร 2 (8 คู่) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 จำนวนนกพิราบโตเต็มวัย รังนก และไข่นก ที่พบที่อาคาร 26 อาคาร ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เดือนธันวาคม 2562 –มีนาคม 2563

อาคาร	จำนวนนกพิราบโตเต็มวัย (ตัว)	จำนวนรังนก (รัง)	จำนวนไข่นก (ฟอง)
1	5 – 29 (12.7 ± 4.2)	8	2
2	2 – 20 (6.6 ± 3.5)	14	4
3	0 – 9 (0.5 ± 0.6)	0	0
4	0 – 43 (5.7 ± 5.9)	4	7
5	0 – 30 (1.2 ± 1.7)	0	0
6	0 – 14 (2.5 ± 2.2)	0	0
7	0 – 21 (5.8 ± 3.6)	4	0
8	0 – 25 (2.0 ± 3.0)	0	0
9	1 – 12 (4.8 ± 2.2)	0	0
10	0 – 11 (3.5 ± 2.1)	4	2
11	0 – 30 (8.2 ± 4.4)	0	0
12	0 – 21 (1.1 ± 2.3)	0	0
13	1 – 25 (10.5 ± 5.7)	0	0
14	0 – 13 (1.0 ± 1.4)	0	0
15	5 – 39 (20.4 ± 6.1)	3	4
16	0 – 7 (0.1 ± 0.3)	0	0
17	0 – 13 (4.6 ± 3.1)	0	0
18	0 – 16 (2.3 ± 2.7)	0	0
19	0 – 25 (2.8 ± 3.0)	12	2
20	0 – 14 (4.1 ± 2.8)	4	0
21	0 – 8 (1.6 ± 1.6)	0	0
22	0 – 14 (3.4 ± 2.1)	1	0
23	0 – 13 (0.9 ± 1.8)	0	0
24	1 – 11 (4.9 ± 2.2)	0	0
25	0 – 8 (1.6 ± 1.4)	0	0
26	0 – 15 (4.7 ± 2.8)	7	13

ตารางที่ 3 จำนวนลูกนกพิราบวัยอ่อน นกพิราบวัยเด็ก และจำนวนคู่ของนกพิราบที่พบ ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เดือนธันวาคม 2562–มีนาคม 2563

อาคาร	จำนวนลูกนกวัยอ่อน (ตัว)	จำนวนนกพิราบวัยเด็ก (ตัว)	จำนวนคู่นก (คู่)
1	3	4	7
2	3	1	8
3	0	0	1
4	1	1	5
5	0	0	2
6	0	0	2
7	0	2	5
8	0	0	1
9	0	2	4
10	0	3	3
11	0	0	7
12	0	0	1
13	0	2	9
14	0	1	1
15	4	1	14
16	0	0	0
17	0	0	5
18	0	0	2
19	0	0	5
20	0	2	4
21	0	0	2
22	0	0	3
23	0	0	2
24	0	0	5
25	0	0	1
26	12	8	3



รูปที่ 3 นกพิราบที่พบตามอาคารต่าง ๆ เช่น อาคาร 15 ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (บน) และโครงหลังคาของอาคาร 17 ศูนย์เรียนรวม 3 (ล่าง)

หากนำนกพิราบ 102 คู่ มาประเมินจำนวนนกพิราบที่จะเพิ่มขึ้นในแต่ละปี โดยพิจารณาจำนวนไข่ต่อรังของนกแต่ละคู่ (เฉลี่ย 2 ฟอง) และวางไข่ได้ทุก 2 เดือน (Harris et al., 2016) ก็จะวางไข่ได้เดือนละ 204 ฟอง หรือปีละ 1,224 ฟอง และจากการสังเกตไข่นกที่อาคาร 26 วิทยาศาสตร์ ศรีราชา ที่เห็นรังนกได้ต่อเนื่อง พบว่าไข่นก 13 ฟอง ฟักเป็นลูกนกวัยอ่อนได้ 12 ตัว (อัตราการฟักออกจากไข่ร้อยละ 92.3) และเติบโตเป็นลูกนกวัยเด็กได้ 8 ตัว (อัตราการรอดของนกวัยอ่อนร้อยละ 66.7) ดังนั้นไข่นก 1,224 ฟอง จึงอาจฟักเป็นลูกนกวัยอ่อนได้ราวปีละ 1,130 ตัว และรอดเป็นลูกนกวัยเด็กได้ราวปีละ 753 ตัว (ร้อยละ 61.5 ของจำนวนไข่ทั้งหมด) (ซึ่งในอนาคตควรศึกษาอัตราการรอดโดยหาจำนวนตัวอย่างเพิ่มเติม) ซึ่งสามารถขยายพื้นที่ออกไปอาศัยและทำรังในอาคารใหม่ ๆ ที่กำลังจะเปิดใช้ รวมถึงแพร่กระจายไปยังชุมชนภายนอกมหาวิทยาลัยด้วย

ในการจัดการประชากรนกพิราบตามอาคารนั้น หากป้องกันตั้งแต่ระยะการออกแบบอาคารก็จะสามารถป้องกันนกพิราบได้ เช่น สร้างอาคารที่มีระเบียงที่มีช่องขนาดที่นกพิราบไม่สามารถเข้าออกได้ง่าย หรือมีแนวหิ้งเหนือหรือใต้หน้าต่างที่มีความลาดชัน ทำให้นกไม่สามารถวางรังไว้ได้อย่างมั่นคง เป็นต้น (Haag-Wackernagel & Geigenfeind, 2008) แต่หากอาคารนั้นสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็อาจใช้วิธีอื่นที่เหมาะสมกับรูปแบบของแต่ละอาคาร ในการป้องกันไม่ให้นกมาอยู่อาศัยและทำรัง รวมทั้งควบคุมแหล่งน้ำและแหล่งอาหารของนก ดังเช่นคำแนะนำจากการศึกษาของ Jacob et al. (2014) ที่แนะนำให้ควบคุมพื้นที่อาศัยและทำรัง ซ่อมแซมจุดบริเวณที่ชำรุดที่นกอาจเข้าไปทำรัง รวมทั้งแหล่งอาหารของนกเป็นหลัก โดยงานวิจัยดังกล่าว ศึกษาลักษณะพันธุกรรมของนกพิราบหลายประชากรในเมืองใหญ่ ๆ ของยุโรปและพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงแนะนำการจัดการนกพิราบว่าการฆ่านกพิราบในเมืองหนึ่ง ๆ ทิ้งอาจจะไม่ใช่วิธีที่เหมาะสม เพราะนกบินไปมาหากันได้ ดังที่พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงพันธุกรรมระหว่างกัน แม้อยู่ในระยะทางห่างกันหลายสิบกิโลเมตร



รูปที่ 4 รังนกและไข่นกพิราบตามอาคารต่าง ๆ เช่น บนคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศของอาคาร 2 ปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ (บน) ภายในอาคาร 20 สระว่ายน้ำ (ซ้ายล่าง) และระเบียงอาคาร 26 วิทยาศาสตร์ ศรีราชา (ขวาล่าง)

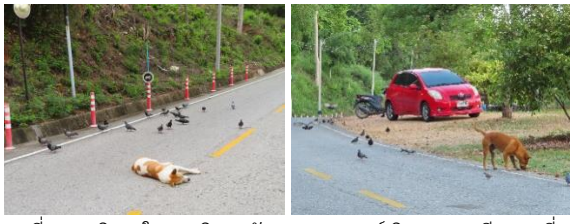
ดังนั้นอาคารที่พบนกพิราบ รังนก รวมทั้งจำนวนลูกนกและคู่นกจำนวนมาก (ตารางที่ 2 และ 3) นั้น ควรให้ความสำคัญเร่งด่วนในการควบคุมและป้องกัน เช่น การติดตาข่าย ติดลูกกรงโปร่ง แต่ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของอาคารแต่ละอาคาร จากการสังเกตพบว่าบางอาคารมีการทำสิ่งป้องกันการอาศัยและทำรังของนกพิราบในบางส่วนแล้ว เช่น อาคาร 2, 4 และ 15 แต่บางจุดชำรุด ทำให้นกพิราบกลับเข้าไปทำรังซ้ำอีก สำหรับการย้ายรังนกและการทำความสะอาดบริเวณที่นกทำรังนั้น มีการดำเนินการบ้างแล้วในบางอาคาร เช่น อาคาร 4, 8, 20 และ 26 เป็นต้น

อาคารอื่นที่ควรเร่งป้องกันไม่ให้นกเข้ามาอยู่อาศัย ได้แก่ อาคาร 7 โรงอาหารกลาง ซึ่งมักพบนก รังนก และมูลนกจำนวนมาก อาคาร 17 ศูนย์เรียนรวม 3 เพราะนกพิราบมักเกาะอยู่บนโครงเหล็กใต้หลังคา ซึ่งมีการถ่ายมูลและปลิวลงมาที่ชั้นต่าง ๆ และพื้นชั้นล่าง อาคาร 20 สระว่ายน้ำ (รูปที่ 5) ที่พบนกพิราบบินข้ามสระไปมา ลงไปกินน้ำ และขับถ่ายลงไปในสระน้ำ และอาคาร 2 ปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์ ที่นกมักทำรังอยู่ชั้นล่างด้านเหนือทางเดินเข้าและออกอาคาร ที่ทุกคนที่เข้าออกอาจได้รับเชื้อโรคได้

สำหรับการควบคุมแหล่งอาหารของนกพิราบในมหาวิทยาลัยนั้น พบว่าแหล่งอาหารมีทั้งตามอาคาร โดยเฉพาะจุดหรือบริเวณที่มีการให้อาหารสุนัขที่อยู่ประจำ

แต่ละอาคาร โดยมีทั้ง อาหารเม็ด เศษอาหาร และน้ำ ที่มีผู้นำมาวางไว้ให้ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมพื้นที่ วิธีการ และช่วงเวลาในการให้อาหารสุนัข เช่น ให้ในช่วงเย็นที่นกพิราบกลับรังแล้ว หรือผู้ให้อาหารต้องเฝ้ารอดูสุนัขให้กินอาหารให้หมด หากไม่หมดต้องนำไปทิ้งในถังขยะ

นอกจากนี้ ยังมีสุนัขที่อาศัยตามแนวถนนเลียบเขาและลิงป่าบนเขาภายในมหาวิทยาลัย ที่มักมีผู้นำอาหารมาให้ทั้งช่วงเช้าและเย็น ซึ่งมักพบฝูงนกพิราบมากินอาหาร (รูปที่ 5) ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงว่าเป็นนกที่อาศัยและทำรังในอาคารต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัย เพราะนกบางตัวมีสีสันที่เฉพาะ พอให้จำแนกได้ว่าอาศัยอยู่ที่อาคารใกล้ ๆ และพากันมากินอาหารบนถนน ดังนั้น จึงควรควบคุมการให้อาหารสุนัข ควบคุมประชากรสุนัขทั้งตามอาคาร ตามแนวเขา และบริเวณอื่นในมหาวิทยาลัย และควรทำความเข้าใจกับผู้นำอาหารมาให้สุนัขและลิงป่าด้วย



รูปที่ 5 นกพิราบในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ที่พบบริเวณแนวถนนเลียบเขาที่มักมีผู้นำอาหารมาเลี้ยงสุนัขและลิง

3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนนกพิราบ

ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ อายุของอาคาร (2–27 ปี, เฉลี่ย 12.5±7.7 ปี) ความสูงของอาคาร (1–11 ชั้น, เฉลี่ย 4.1±2.8 ปี) จำนวนจุดที่พบนกมาเกาะอาศัย (1–7 จุด, เฉลี่ย 3.6±1.9 จุด) จำนวนจุดที่อาจพบนกมาทำรัง (0–7 จุด, เฉลี่ย 1.6±1.7 จุด) จำนวนสุนัขบริเวณอาคาร (0–5 จุด, เฉลี่ย 1.3±1.0 จุด) และจำนวนจุดที่มีการให้อาหารสุนัข (0–7 ตัว, เฉลี่ย 2.9±1.9 ตัว) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) เรียงจากมากไปน้อยของจำนวนจุดที่มีการให้อาหารสุนัข จำนวนจุดที่อาจพบนกมาทำรัง จำนวนจุดที่อาจพบนกมาเกาะอาศัย จำนวนสุนัขบริเวณอาคาร และอายุอาคาร มีค่า r=0.572, 0.568, 0.473, 0.383, 0.251 ตามลำดับ ส่วนความสูงอาคารมีค่า r=-0.020

ดังนั้น อาคารที่มี “จำนวนจุดที่มีการให้อาหารสุนัข (r=0.572)” ยิ่งมีหลายจุด ก็ยิ่งส่งผลให้นกพิราบมาอาศัยมากขึ้น เนื่องจากอาหารสุนัขก็เป็นแหล่งอาหารสำคัญของนกพิราบในมหาวิทยาลัย (รูปที่ 6) ส่วน “จำนวนสุนัข (r=0.383)” มีค่าความสัมพันธ์ต่อจำนวนนกพิราบน้อยกว่าจำนวนจุดที่มีการให้อาหารสุนัข แต่จำนวนสุนัขก็เป็นสาเหตุของแหล่งอาหารนกพิราบในแต่ละอาคาร ซึ่งการศึกษานี้นับจำนวนสุนัขรวมทุกอาคารได้ 76 ตัว แต่เมื่อรวมกับสุนัขที่อาศัยบริเวณอื่น ๆ โดยเฉพาะริมถนนเลียบเขาเกษตร พบว่ามีประมาณ 124 ตัว แม้ว่ามหาวิทยาลัยได้มีการจับสุนัขทำหมัน แต่ก็ยังมีสุนัขบางตัวไม่ยอมให้จับ จึงยังคงมีลูกสุนัขเกิดใหม่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้งานวิจัยอื่นมักกล่าวถึงลักษณะและอายุของอาคาร แต่ไม่พบรายงานเรื่องอาหารสุนัขและจำนวนสุนัขที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของนกพิราบตามอาคาร



รูปที่ 6 ตัวอย่างจุดหรือบริเวณที่มีการให้อาหารสุนัข บริเวณด้านหน้าอาคาร 18 เศรษฐศาสตร์ศรีราชา

สำหรับ “จำนวนจุดที่อาจพบนกมาทำรัง (r=0.568)” และ “จำนวนจุดที่อาจพบนกมาเกาะอาศัย (r=0.473)” ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อจำนวนนกพิราบ แต่ 2 ปัจจัยนี้ประเมินค่อนข้างยาก เนื่องจากรูปแบบของแต่ละอาคารมีความแตกต่างกัน (เช่น มีระเบียงที่ไม่ใช่ระเบียงคนเดิน มีโครงเหล็กใต้หลังคา มีท่อสายไฟหรือท่ออากาศที่คล้ายคอนให้นกเกาะพัก เป็นต้น) บริเวณที่นกมาเกาะพักมักพบได้มากกว่าบริเวณพื้นที่ที่นกเลือกทำรัง เช่น อาคาร 15 ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่นกอาศัยรอบอาคาร แต่มักทำรังในส่วนระเบียงที่มีทั้งคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีแนวระแนงบังตา และบังแดดและฝน รวมทั้งมีแนวท่อระบายอากาศที่นกใช้เกาะพักใกล้บริเวณรัง เป็นต้น

ส่วน “อายุอาคาร (r=0.251)” นั้น มีความสัมพันธ์กับจำนวนนกพิราบน้อยกว่าปัจจัยอื่น เพราะไม่ใช่แต่อาคารที่มีอายุมากที่จะพบนกพิราบจำนวนมาก แต่อาคารใหม่ เช่น อาคาร 26 วิทยาศาสตร์ ศรีราชา ที่มีอายุ 2 ปี ก็พบนกพิราบและรังนกหลายรัง เพราะมีแนวระเบียงมีคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศวางอยู่ตามระเบียงแต่ละชั้น ประกอบกับมีท่อระบายอากาศตามแนวระเบียงที่นกมักใช้เกาะพักด้วย ในขณะที่อาคาร 23 วิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มีอายุเท่ากัน แต่ทั้งอาคารเป็นบานกระจก ยกเว้นบริเวณที่วางคอมเพรสเซอร์แต่ละชั้น ซึ่งในระยะยาวอาจเป็นที่ทำรังของนกพิราบได้ อย่างไรก็ตาม อาคารที่มีอายุเพิ่มขึ้น ก็อาจส่งผลต่อจำนวนนกพิราบที่เพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากมักมีจุดของอาคารที่ชำรุด เช่น ฝ้าเพดาน หรือจุดอื่น ๆ ทำให้นกเลือกเข้ามาอาศัยและทำรังเพิ่มขึ้น (Harris et. al., 2016)

สำหรับ “ความสูงอาคาร” ซึ่งมีค่า r=-0.020 นั้น เนื่องจากอาคารส่วนใหญ่มีความสูงไม่เกิน 4 ชั้น แต่ก็พบนกพิราบจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม นกมักเกาะบนชั้นสูง ๆ ของแต่ละอาคาร (ยกเว้นช่วงที่ลงมาหากินที่ชั้นล่าง) ทั้งนี้ชั้นสูง ๆ ของอาคารอาจช่วยให้นกปลอดภัยจากมนุษย์และผู้ล่า และยังช่วยให้สามารถมองเห็นแหล่งอาหารได้ดี

3.3 พฤติกรรมการขยายพันธุ์ของนกพิราบ

การศึกษานี้พบพฤติกรรมการขยายพันธุ์ของนกพิราบตลอดทั้ง 4 เดือน (ธันวาคม 2562–มีนาคม 2563) พฤติกรรมการเกี้ยวพาราสี พบร้อยละ 0–50.0 โดยมีค่าเฉลี่ยในเดือนธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม เท่ากับ 5.3, 0, 8.2 และ 6.3 ตามลำดับ พฤติกรรมการผสมพันธุ์ พบร้อยละ 0–25 เฉลี่ยเท่ากับ 1.9, 0.5, 1.0 และ 1.0 ตามลำดับ ส่วนการทำรัง พบร้อยละ 0–100 เฉลี่ยในเดือนธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม เท่ากับ 20.7, 18.8, 19.2 และ 21.6 ตามลำดับ ซึ่งหากศึกษาครบ 1 ปี ก็จะทำให้ยืนยันได้ว่านกพิราบภายในมหาวิทยาลัยมีพฤติกรรมการขยายพันธุ์ทั้งปีหรือไม่ (Harris et. al. (2016) รายงานว่านกพิราบขยายพันธุ์ตลอดทั้งปี) เพื่อนำมาช่วยประเมินแนวโน้มการเพิ่มจำนวนของนกพิราบได้ดียิ่งขึ้น

4. สรุปและเสนอแนะ

การศึกษานี้พบนกพิราบในทั้ง 26 อาคาร ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา รวมราว 87–190 ตัว พบครั้งละ 0–43 ตัว เฉลี่ยครั้งละ 4.7±5.9 พบรังนกจำนวน 61 รัง ใน 10 อาคาร แต่นับนกพิราบที่อยู่เป็นคู่ได้ 102 คู่ ใน 25 อาคาร ปัจจัยที่มีผลมากที่สุดต่อจำนวนนกพิราบ ได้แก่ จำนวนจุดที่มีการให้อาหารสุนัขตามอาคาร นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งอาหารของนกยังมาจากการเลี้ยงสุนัขและลิงป่าตามแนวถนนเลียบเขาภายในมหาวิทยาลัยด้วย สำหรับพฤติกรรมการขยายพันธุ์นั้นพบทุกเดือนในช่วงที่ศึกษา และพบว่าไข่นกพิราบมีอัตราการฟักจนรอดเป็นลูกนกที่ขยายพันธุ์ได้ร้อยละ 61.5 ซึ่งทำให้ประเมินได้ว่านกพิราบในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา อาจเพิ่มขึ้นถึงราวปีละไม่น้อยกว่า 750 ตัว

ข้อเสนอแนะในการจัดการนกพิราบ ได้แก่ ป้องกันพื้นที่ที่นกมาเกาะ เช่น ติดตาข่ายหรือกรงโปร่งตามระเบียง โดยเฉพาะที่มีคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศและแนวท่อที่เป็นที่เกาะของนก และใต้โครงเหล็กที่อยู่ใต้หลังคา รวมทั้งป้องกันอาคารใหม่ที่กำลังจะเปิดใช้ไม่ให้นกเข้าไปอาศัย การย้ายรังนกออกจากอาคาร การทำความสะอาดบริเวณที่พบตัวนกและรังนก ควบคู่ไปกับการควบคุมแหล่งอาหาร โดยเฉพาะพื้นที่ วิธีการ และช่วงเวลาที่ให้อาหารสุนัข ควบคุมจำนวนสุนัข ตลอดจนควบคุมการให้อาหารสุนัขและลิงป่าตามแนวถนนเลียบแนวภูเขาภายในมหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์อรนุช นิลเขต และอาจารย์ ดร. สุรีย์ ทองวณิชนิยม ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยนี้ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา ที่สนับสนุนค่าลงทะเบียนการนำเสนอผลงานวิชาการ ในงานประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศรีราชา ปี 2563

เอกสารอ้างอิง

[1] Abolnik, C. 2014. A current review of avian influenza in pigeons and doves (Columbidae). Veterinary Microbiology, 170: 181–196.

[2] Ali, S., Rakha, B. A., Hussain, I., Nadeem, M. S. and Rafique, M. 2013. Ecology of feral pigeon (*Columbia livia*) in urban areas of Rawalpindi/Islamabad, Pakistan. Pakistan Journal of Zoology, 45(5) 1229-1234.

[3] Haag-Wackernagel, D. 2006. Human diseases caused by feral pigeons. Advances in Vertebrate Pest Management, 4: 31–58.

[4] Haag-Wackernagel, D. and Geigenfeind, I. 2008. Protecting buildings against feral pigeons. European Journal of Wildlife Research, 54: 715–721.

[5] Harris, E., Crom, De Crom, E. P., Labuschacne, J. and Wilson, A. 2016. Urban environment use by Specked (*Columba guinea*) and Feral (*Columba livia*) pigeons on the University of South Africa's Muckleneuk Campus. Applied Ecology and Environmental Research, 14 (4): 399–419.

[6] Jacob, G., Prévot-Julliard, A.-C. and Baudry, E. 2014. The geographic scale of genetic differentiation in the feral pigeon (*Columbia livia*): implications for management. Biological Invasions. DOI: 10.1007/s10530-014-0713-2.

[7] Li, Z. Courchamp, F. and Blumstein, D. T. 2016. Pigeons home faster through polluted air. Scientific Reports. DOI: 10.1038/srep18989.

[8] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. มาตรการป้องกัน ควบคุม และกำจัดชนิดพันธุ์ต่างถิ่น. กองจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ.

ID027

การสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน ด้วยการใช้เอนไซม์ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลส

Protein Extraction from Defatted Rice Bran by Xylanase, Phytase and Cellulase

เพิ่มนที ญาณวิสิฏฐ์[1*] และ จิรารัตน์ อนันตกูล[1]
[1]ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[*]E-mail: y.permnatee@gmail.com, Jirarat.t@chula.ac.th

Permnatee Yanvisit[1*] and Jirarat Anuntagool[1]
[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
[*]E-mail: y.permnatee@gmail.com, Jirarat.t@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่สกัดน้ำมันแล้วเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้การสกัดโปรตีนด้วยการใช้เอนไซม์จะช่วยลดการใช้สารเคมีและค่าใช้จ่ายด้านการบำบัดน้ำเสีย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณเอนไซม์อันได้แก่ ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสที่เหมาะสมแก่การสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว โดยใช้ปริมาณเอนไซม์ตั้งแต่ร้อยละ 1 ถึงร้อยละ 3 ของน้ำหนักรำข้าว พบว่าในการใช้เอนไซม์แต่ละตัวแยกกันนั้นเซลลูเลสสกัดโปรตีนออกมาได้มากที่สุด ซึ่งการใช้เซลลูเลสร้อยละ 3 ของน้ำหนักรำข้าวสามารถสกัดโปรตีนได้ร้อยละ 7.93 ของปริมาณโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น ซึ่งเพิ่มขึ้นจากการไม่ใช้เอนไซม์เลยที่จะสกัดโปรตีนออกมาได้ร้อยละ 1.84 และเมื่อทำการเปรียบเทียบลำดับของการใช้เอนไซม์ในการสกัด พบว่า การสลับลำดับของเอนไซม์หรือการใช้เอนไซม์ทุกตัวในการสกัดนั้นให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เมื่อทำการใช้เอนไซม์ทั้งสามร่วมกันในการสกัดโปรตีนพบว่าปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมคือกไซลาเนสร้อยละ 3 ไฟเตสร้อยละ 1 และเซลลูเลสร้อยละ 3 ของน้ำหนักรำข้าวซึ่งสามารถสกัดโปรตีนออกมาได้ร้อยละ 10.90 ของปริมาณโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น

คำหลัก รำข้าว การสกัดโปรตีน เอนไซม์

Abstract

Protein extraction is an option to increase value of defatted rice bran. The enzymatic treatment can reduce usage of chemical reagents and costs of water treatment. The objective of this research was to study the optimum amount of enzymes: xylanase, phytase and cellulase for protein extraction from

defatted rice bran. The amount of enzymes was varied from 1% to 3% of rice bran weight. For each enzyme extraction, 3% cellulase gave the highest protein extraction yield of 7.93%, which was higher than water extraction that gave only 1.84% yield. Neither using different enzyme sequences nor combined enzymes affected the extraction yield significantly ($p>0.05$). For the extraction using combined enzyme, the optimum amounts of was 3% xylanase, 1% phytase and 3% cellulase that gave 10.90% protein extraction yield

Keywords: Rice bran, Protein extraction, Enzyme

1. บทนำ

ข้าวถือเป็นพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญอย่างหนึ่งของโลกเนื่องจากเป็นอาหารหลักของคนจำนวนมาก โดยเฉพาะในประเทศไทย ประเทศไทยนั้นมีความสามารถในการผลิตข้าวเป็นอันดับต้นๆของโลก โดยมีกำลังการผลิตข้าวเปลือกประมาณ 32 ล้านตันต่อปี ทั้งนี้หลังจากกระบวนการเก็บเกี่ยวแล้ว ข้าวเปลือกจะต้องผ่านกระบวนการสีข้าวสำหรับเปลี่ยนข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร ซึ่งกระบวนการสีข้าวนี้จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์พลอยได้นอกจากข้าวสารคือแกลบและรำข้าว โดยแกลบส่วนมากนั้นจะไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอาหาร แต่มักจะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือใช้ในด้านการเกษตร เช่น ใช้ปรับสภาพดิน ใช้เป็นส่วนประกอบของปุ๋ยหมักชีวภาพ เป็นต้น เนื่องจากองค์ประกอบของแกลบนั้นประกอบไปด้วยสารอนินทรีย์และเซลลูโลสในปริมาณมาก ต่างจากรำข้าวที่มักจะถูกนำไปผลิตเป็นน้ำมันรำข้าว เนื่องจากองค์ประกอบของรำข้าวนั้นประกอบไปด้วยไขมันในปริมาณมากและยังมีวิตามินอี วิตามินเค รวมถึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอย่าง oryzanol อีกด้วย [1]

เมื่อรำข้าวผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์พลอยได้เป็นรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน ซึ่งจะถูกนำไปขายเป็นอาหารสัตว์เนื่องจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันยังมีปริมาณโปรตีนที่สูงถึงร้อยละ 15 ถึงร้อยละ 20 อีกทั้งโปรตีนจากรำข้าวนั้นถือว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีโดยโปรตีนจากรำข้าวนั้นมีไลซีน (lysine) อันเป็นกรดแอมิโนจำกัด (limiting amino acid) มากกว่าโปรตีนจากธัญพืชอื่นๆ อย่างข้าวโพด ข้าวสาลีและข้าวโอ๊ต[2] นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงค่าการย่อยได้ที่แท้จริง (true digestibility, TD) ของโปรตีนจะพบว่าโปรตีนจากรำข้าวมีค่า TD เท่ากับ 94.8 ซึ่งเท่ากับโปรตีนเคซีน (casein) แต่มากกว่าโปรตีนเวย์ (whey protein isolate) และโปรตีนถั่วเหลือง (isolated soy protein) ที่มีค่าเท่ากับ TD 92.8 และ 91.7 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงค่า protein digestibility amino acid score (PDCAAS) จะพบว่าโปรตีนในรำข้าวมีค่า PDCAAS เท่ากับ 0.90 ซึ่งต่ำกว่าโปรตีนจากผลิตภัณฑ์นมและถั่วเหลือง แต่เมื่อเทียบกับโปรตีนจากคัพภะของข้าวจะพบว่าโปรตีนจากรำข้าวมีค่า PDCAAS มากกว่า[3]

นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนในรำข้าวนั้นมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเป็นหนึ่งในสมบัติเชิงหน้าที่ของรำข้าว โดยโปรตีนในรำข้าวนั้นประกอบด้วยกรดแอมิโนชนิดแอโรมาติก (aromatic amino acid) ร้อยละ 9.46-11.41 โดยกรดแอมิโนชนิดแอโรมาติกนี้จะมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูง[4] ทั้งนี้โปรตีนรำข้าวที่ถูกย่อยจนกลายเป็นเปปไทด์ที่มีมวลโมเลกุลน้อยกว่าจะมีค่าการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าเปปไทด์ที่มีมวลโมเลกุลสูงกว่า[5]

ด้วยคุณสมบัติของโปรตีนในรำข้าวที่กล่าวไปข้างต้นทำให้ในปัจจุบันนั้นมีการสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้มากกว่าการเป็นอาหารสัตว์

การสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันนั้นสามารถกระทำได้หลายวิธี คือการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ การสกัดด้วยวิธีทางกายภาพ และการสกัดด้วยเอนไซม์หรือใช้กระบวนการข้างต้นร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนั้นมีความสนใจในกระบวนการสกัดโปรตีนด้วยการใช้ตัวทำละลายลดลง เนื่องจากผู้บริโภคมีความใส่ใจในด้านกระบวนการผลิตอาหารมากขึ้นและยอมรับกระบวนการผลิตที่ไม่ใช่สารเคมีได้มากกว่า อีกทั้งการใช้สารเคมีๆต่างๆเป็นตัวทำละลายโปรตีนยังจำเป็นต้องมีขั้นตอนการล้างเพื่อกำจัดสารเคมีในกระบวนการออก ส่งผลให้เกิดน้ำเสียที่ต้องผ่านกระบวนการบำบัดในปริมาณมาก[6] และการสกัดโปรตีนจากรำข้าวด้วยวิธีการทางกายภาพนั้นก็มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ[7] เมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองวิธีที่กล่าวไว้ ดังนั้นวิธีการสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่น่าสนใจในปัจจุบันจึงเป็นวิธีการใช้เอนไซม์

หากแบ่งประเภทของโปรตีนในรำข้าวโดยอาศัยการละลายของโปรตีนจะพบว่าโปรตีนในรำข้าวประกอบด้วยโปรตีนที่ละลายในน้ำ (albumin) ร้อยละ 24-43 โปรตีนที่ละลายในสารละลายเกลือ (globulin) ร้อยละ 13-36 โปรตีนที่ละลายในสารละลายกรดหรือด่างอ่อน (glutelin) ร้อยละ 22-45 และโปรตีนที่ละลายในแอลกอฮอล์ (prolamin) ร้อยละ 1-5[2] อย่างไรก็ตามโปรตีนในรำข้าวนี้จะถูกกักเก็บอยู่ในเซลล์ของรำข้าวอันเป็นเซลล์พืชที่มีผนังเซลล์เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นกระบวนการสกัดโปรตีนจากรำข้าวบางกระบวนการจึงมีขั้นตอนที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายหรือย่อยผนังเซลล์ของรำข้าวโดยเฉพาะ โดยผนังเซลล์ของรำข้าวนี้ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) ร้อยละ 9 กลูโคแมนแนน (glucomannan) ร้อยละ 3 เฮเทอโรไซแลน (heteroxylan) ร้อยละ 60 และองค์ประกอบอื่น ๆ ร้อยละ 28[8] ดังนั้นการทำลายผนังเซลล์ของรำข้าวจะทำให้โปรตีนถูกปลดปล่อยออกมานอกเซลล์และสกัดออกมาได้ง่ายขึ้น โดยไซลาเนสและเซลลูเลสจะมีบทบาทในการทำลายผนังเซลล์ของรำข้าว ทั้งนี้ไซลาเนสจัดเป็นเอนไซม์ในกลุ่มเฮมิเซลลูเลส (hemicellulases) ชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยของสายพอลิเมอร์ในไซแลน (xylan) ให้กลายเป็นไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (xylo-oligosaccharides) และ/หรือไซโลส (xylose) ส่วนเซลลูเลสคือเอนไซม์ที่มีหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยโมเลกุลของเซลลูโลส (cellulose) ที่ตำแหน่งพันธะบีตา-1, 4 ไกลโคไซด์ (β-1, 4 glucosidic bond) ให้กลายเป็นกลูโคโอลิโกแซ็กคาไรด์ (gluco-oligosachharide) และ/หรือกลูโคส (glucose)

นอกจากผนังเซลล์แล้วอีกหนึ่งองค์ประกอบในรำข้าวที่มีส่วนในการขัดขวางการสกัดโปรตีนออกมาก็คือกรดไฟติก (phytic acid หรือ myo-inositol hexakisphosphate) หรือไฟเตท (phytate) หากอยู่ในรูปเกลือในปริมาณร้อยละ 1.7[8] ซึ่งกรดไฟติกนี้มีความสามารถในการจับกับโปรตีนได้ ดังนั้นการใช้ไฟเตสอันเป็ยเอนไซม์ที่มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ (phosphodiester bond) นั้นจะมีบทบาทในการปลดปล่อยโปรตีนภายในรำข้าวจากการถูกจับไว้โดยกรดไฟติกและสกัดออกมาได้ง่ายมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณเอนไซม์ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสที่เหมาะสมต่อการใช้ในการสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

รำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้วและผ่านกระบวนการทำให้เสถียรด้วยความร้อน (heat stabilized defatted rice bran) จากบริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด (รำข้าวมีปริมาณร้อยละ 19.12 ของน้ำหนักแห้งของรำข้าว)

เอนไซม์ไซลาเนส (xylanase, EC 3.1.2.8) 300,000 U/g มีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานคืออุณหภูมิ 50°C และ pH 5 จากบริษัท รีช ไบโอเทคโนโลยี่ จำกัด

เอนไซม์ไฟเตส (phytase, EC 3.1.3.26) 5,000 U/g มีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานคืออุณหภูมิ 37°C และ pH 5 จากบริษัท รีช ไบโอเทคโนโลยี่ จำกัด

เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase, EC 3.2.1.4) 15,000 U/ml มีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานคืออุณหภูมิ 50°C และ pH 5 จากบริษัท รีช ไบโอเทคโนโลยี่ จำกัด

3.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเอนไซม์แต่ละตัวในการสกัดโปรตีนจากรำข้าว

ในการศึกษาการสกัดโปรตีนด้วยไซเลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสนั้นจะใช้รำข้าว 1 ส่วนต่อน้ำกลั่น 5 ส่วนและเติมเอนไซม์ในปริมาณร้อยละ 1 2 และ 3 ของน้ำหนักรำข้าว จากนั้นจึงทำการปรับ pH ให้เป็น 5 แล้วจึงนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสสำหรับไซลาเนสและเซลลูเลส อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสสำหรับไฟเตสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 18,000 xg เป็นเวลา 30 นาที[9]

3.3 การศึกษาลำดับที่เหมาะสมของการใช้เอนไซม์ในการสกัดโปรตีนจากรำข้าว

ทำการทดลองโดยใช้ปริมาณเอนไซม์ไซลาเนสร้อยละ 2 ไฟเตสร้อยละ 2 และเซลลูเลสร้อยละ 2 ของน้ำหนักรำข้าว ทำการปรับ pH ให้เป็น 5 แล้วจึงทำการเปรียบเทียบระหว่าง 1) การใช้เอนไซม์ที่ใช้ย่อยรำข้าวผนังเซลล์คือไซลาเนสและเซลลูเลสก่อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงจากนั้นจึงย่อยด้วยไฟเตสที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ 2) การย่อยด้วยไฟเตสที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนแล้วจึงค่อยย่อยด้วยไซลาเนสและเซลลูเลสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ 3) การย่อยด้วยเอนไซม์ทั้งสามชนิดคือไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสพร้อมกันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.4 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ทั้งสามชนิดที่ใช้ในการสกัดโปรตีนจากรำข้าวร่วมกัน

ใช้เอนไซม์ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสร่วมกันในปริมาณร้อยละ 1 2 และ 3 ของน้ำหนักรำข้าว โดยทำงานทดลองแบบ 3x3x3 factorial in CRD ทำการปรับ pH ให้เป็น 5 แล้วจึงใช้ลำดับการสกัดและอุณหภูมิที่เหมาะสมอันได้จากขั้นตอนที่ 3.3 แล้วจึงปั่นเหวี่ยง จากนั้นจึงพิจารณาปริมาณของเอนไซม์ทั้งสามชนิดที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากปริมาณโปรตีนที่สกัดออกมาได้เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น

3.5 การหาปริมาณโปรตีนที่สกัดได้

นำส่วนของเหลว (supernatant) ที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงไปหาปริมาณโปรตีนด้วย Kjeldahl method โดยใช้ conversion factor เท่ากับ 5.95

คำนวณหาร้อยละของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น (% yield) โดยคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{PS (g)}}{\text{PRB (g)}} \times 100 \qquad (1)$$

ทั้งนี้ Yield (%) คือร้อยละของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น PS (g) คือน้ำหนักของโปรตีนที่ถูกสกัดออกมาอยู่ในของเหลวและ PRB (g) คือน้ำหนักของโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเอนไซม์แต่ละตัวในการสกัดโปรตีนจากรำข้าว

ในการสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้วด้วยการใช้เอนไซม์แต่ละตัวแยกกันนั้นพบว่าเอนไซม์เซลลูเลสมีประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนให้ออกมาอยู่ในส่วนของเหลวมากที่สุดคือมีสกัดโปรตีนออกมาได้ร้อยละ 7.93 จากปริมาณโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้นที่การใช้เซลลูเลสร้อยละ 3 ของน้ำหนักรำข้าวดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 สำหรับไซลาเนสและไฟเตสนั้นพบว่าการใช้เอนไซม์ปริมาณร้อยละ 2 และร้อยละ 3 กลับให้ผลลัพท์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

ตารางที่ 1 ร้อยละของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (% yield) เมื่อใช้เอนไซม์แต่ละตัวในปริมาณร้อยละ 1 2 และ 3 ของน้ำหนักรำข้าว

Enzyme (%)	Yield (%)		
	Xylanase	Phytase	Cellulase
0	1.85±0.22^{c}	1.84±0.13^{c}	1.85±0.22^{d}
1	4.78±0.03^{b}	3.99±0.30^{b}	6.26±0.01^{c}
2	5.76±0.74^{ab}	5.01±0.06^{a}	6.96±0.00^{b}
3	6.36±0.11^{a}	5.13±0.01^{a}	7.93±0.41^{a}

จะเห็นได้ว่าถึงแม้ผนังของรำข้าวนั้นจะมีเซลลูโลสเพียงร้อยละ 9 และเฮเทอโรไซแลนร้อยละ 60 แต่การใช้เซลลูเลสกลับให้ผลที่ดีกว่า ซึ่งปรากฏการณ์นี้นั้นเป็นผลมาจากการที่โครงสร้างที่เป็นแกนหลักของผนังเซลล์นั้นเป็นเซลลูโลสที่อยู่ในลักษณะที่เป็นไมโครไฟบิล (microfibril) ในขณะที่ไซแลนนั้นไม่ได้ดำรงอยู่ในลักษณะที่เป็นแกนหลักของโครงสร้างผนังเซลล์แต่จะอยู่ระหว่างเซลลูโลสในลักษณะที่เชื่อมต่อระหว่างไมโครไฟบิลแต่ละอัน ดังนั้นถการย่อยไซแลนที่มีปริมาณมากนั้นอาจไม่สามารถปลดปล่อยโปรตีนออกมาจากเซลล์ได้มากพอเนื่องจากผนังเซลล์ยังมีส่วนที่เป็นไมโครไฟบิลที่สมบูรณ์อยู่อีกมาก

4.2 การศึกษาลำดับที่เหมาะสมของการใช้เอนไซม์ในการสกัดโปรตีนจากรำข้าว

จากตารางที่ 2 พบว่าลำดับการใช้เอนไซม์ในการสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันนั้นไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดออกมาได้อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด ดังนั้นลำดับการสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่สกัดน้ำมันแล้วโดยใช้ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสนั้นสมควรใช้เอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน เนื่องจากใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ และได้ผลลัพทธ์ที่ไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ผลการทดลองนี้ยังสามารถชี้ให้เห็นว่าเซลลูเลสและไซแลนที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์นั้นไม่มีผลต่อด้านการขัดขวางการเข้าถึงกรดไฟติกของเอนไซม์ไฟเตส เนื่องจากการทดลองที่ใช้ไฟเตสสกัดโปรตีนจากรำข้าวแล้วค่อยใช้เอนไซม์ที่มีบทบาทในการย่อยผนังเซลล์นั้นให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างจากการทดลองที่ใช้ไซลาเนสและเซลลูเลสย่อยผนังเซลล์ก่อนแล้วค่อยใช้ไฟเตสสกัดโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2 ร้อยละของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (% yield) เมื่อใช้ลำดับการสกัดด้วยเอนไซม์ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสร้อยละ 2 ของน้ำหนักรำข้าว

ลำดับการย่อย	Yield (%) ^{ns}
50°C 2 h, 37°C 2 h[1]	8.24±0.47
37°C 2 h, 50°C 2 h[2]	7.94±0.24
50°C 2 h[3]	8.22±0.35

[1] สกัดด้วยไซลาเนสและเซลลูเลสก่อนแล้วจึงสกัดด้วยไฟเตส

[2] สกัดด้วยไฟเตสก่อนแล้วจึงสกัดด้วยไซลาเนสและเซลลูเลส

[3] สกัดด้วยเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน

4.3 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ทั้งสามชนิดที่ใช้ในการสกัดโปรตีนจากรำข้าวร่วมกัน

จากการทดลองพบว่าอิทธิพลของเอนไซม์ที่มีผลน้อยที่สุดเมื่อใช้เอนไซม์ทั้งสามชนิดร่วมกันคือไฟเตส ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณไฟเตสขึ้นจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ซึ่งอาจแสดงถึงปริมาณโปรตีนที่ถูกขัดขวางการสกัดโดยกรดไฟติกนั้นน้อยกว่าปริมาณโปรตีนที่ถูกขัดขวางการสกัดโดยผนังเซลล์ของพืชอย่างมาก

ส่วนอิทธิพลของเอนไซม์ที่มีผลมากที่สุดต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้คือเอนไซม์เซลลูเลส ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งเมื่อใช้ปริมาณเซลลูเลสมากขึ้นในการสกัดโปรตีนจากรำข้าวจะทำให้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยการทดลองที่สามารถสกัดเอนไซม์ออกมาได้มากที่สุดนั้นจะเป็นการทดลองที่ใช้เซลลูเลสร้อยละ 3 ของน้ำหนักรำข้าวทั้งสิ้น โดยจะสกัดโปรตีนออกมาได้ประมาณร้อยละ 10-11 ของโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น

นอกจากนี้พบว่าการใช้เอนไซม์ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสนั้นไม่อิทธิพลร่วมกันระหว่างเอนไซม์แต่ละชนิดแต่อย่างใดทั้งในด้านการส่งเสริมและขัดแย้งกัน

ตารางที่ 3 ร้อยละของปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (% yield) เมื่อสกัดโปรตีนจากรำข้าวด้วยเอนไซม์ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสร่วมกัน

ปริมาณเอนไซม์ (%)			Yield (%)
Xylanase	Phytase	Cellulase	
1	1	1	6.20±0.15^{h}
1	1	2	6.54±0.07^{h}
1	1	3	8.71±0.39^{def}
1	2	1	6.51±.52^{h}
1	2	2	8.03±0.29^{fg}
1	2	3	8.25±0.31^{efg}
1	3	1	7.41±0.18^{g}
1	3	2	8.18±0.39^{efg}
1	3	3	9.55±1.10^{cd}
2	1	1	8.91±0.59^{def}
2	1	2	9.07±0.01^{de}
2	1	3	10.59±0.64^{ab}
2	2	1	8.15±0.35^{efg}
2	2	2	8.22±0.35^{efg}
2	2	3	10.59±0.01^{ab}
2	3	1	8.48±0.00^{ef}
2	3	2	9.54±0.06^{cd}
2	3	3	10.75±0.22^{ab}
3	1	1	8.44±0.09^{ef}
3	1	2	9.59±0.31^{cd}
3	1	3	10.90±0.19^{ab}
3	2	1	9.59±0.31^{def}
3	2	2	9.49±0.52^{cd}
3	2	3	11.30±0.12^{a}
3	3	1	8.77±0.12^{def}
3	3	2	10.09±0.27^{bc}
3	3	3	11.27±0.59^{a}

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

ปริมาณที่เหมาะสมของการใช้เอนไซม์ไซลาเนส ไฟเตสและเซลลูเลสร่วมกันนั้นคือการใช้ไซลาเนสร้อยละ 2 และไฟเตสร้อยละ 1ของน้ำหนักรำข้าว เนื่องมาจากการใช้ไซลาเนสร้อยละ 2-3 และไฟเตสร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักรำข้าวนั้นให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ในปริมาณที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ส่วนปริมาณของเซลลูเลสนั้นควรใช้ปริมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักรำข้าว ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ชัดเจนในตารางที่ 3 โดยทำการใช้เอนไซม์ทั้งสามชนิดในการสกัดพร้อมกันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อลดต้นทุนด้านเวลาและพลังงาน เนื่องจากการสกัดด้วยลำดับและเวลาต่าง ๆ นั้นไม่ส่งผลต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้อย่างมีนัยสำคัญ

ถึงแม้ว่าผลการทดลองจะชี้ให้เห็นว่าการใช้เอนไซม์ประเภทคาร์โบไฮเดรสที่มีบทบาทในการทำลายผนังเซลล์ของรำข้าวจะทำให้สกัดโปรตีนออกมาได้เป็นปริมาณมาก แต่ว่าอาจจะไม่เหมาะสมหากต้องการให้โปรตีนที่สกัดออกมามีความบริสุทธิ์เนื่องจากไซลาเนสและเซลลูเลสจะทำการย่อยโพลีเมอร์ของคาร์โบไฮเดรตอันเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของรำข้าวให้มีโมเลกุลเล็กลงและละลายน้ำได้มากขึ้น ทำให้สารที่สกัดออกมาได้จะมีความบริสุทธิ์ด้อยลงเนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรต เช่น ไซโลส กลูโคส หรือโอลิโกแซคคาไรด์ เป็นต้น ละลายออกมาปะปนในสารสกัดมากขึ้น[10] อย่างไรก็ตามหากต้องการเพิ่มความบริสุทธิ์ของโปรตีนที่สกัดได้นั้นอาจสามารถกระทำได้ด้วยการตกตะกอนโปรตีนด้วย pH แล้วจึงทำการปั่นเหวี่ยงอีกครั้งเพื่อทำการแยกโปรตีนออกมาจากของเหลวและสารอื่นที่ละลายในของเหลวอันจะทำให้โปรตีนที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยเมื่อทำการปรับ pH เป็น 4.5 อันเป็น pI ของโปรตีนในรำข้าวนั้นอาจจะทำให้โปรตีนที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์สูงมากถึงร้อยละ 80 ขึ้นไป[9]

นอกจากนี้ในการทดลองนี้ยังพบว่าแม้จะใช้เอนไซม์ต่าง ๆ ในปริมาณที่สูงถึงร้อยละ 3 ของน้ำหนักรำข้าวแต่ปริมาณโปรตีนที่สกัดออกมาได้กลับไม่สูงนักเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ใช้เอนไซม์ในการสกัดโปรตีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันและสามารถสกัดโปรตีนออกมาได้สูงมากกว่าร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น[9], [10] ปรากฏการณ์นี้อาจมีสาเหตุมาจากวัตถุดิบตั้งต้นของการทดลองนี้คือรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันและผ่านการทำให้เสถียรด้วยความร้อนแล้ว ซึ่งการทำให้เสถียรด้วยความ

ร้อนนั้นจะทำให้โปรตีนสกัดออกมาได้ยากขึ้นมีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนในรำข้าวเริ่มต้น [11] เนื่องจากคุณลักษณะของโปรตีนภายในรำข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ละลายน้ำได้ยากมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม สัญญาหมายเลข MSD62I0007

เอกสารอ้างอิง

[1] Lai, O.-M., Jacoby, J. J., Leong, W.-F., & Lai, W.-T. (2019). Chapter 2 - Nutritional Studies of Rice Bran Oil. In L.-Z. Cheong & X. Xu (Eds.), *Rice Bran and Rice Bran Oil* (pp. 19-54): AOCS Press.

[2] Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A. L., & O'Mahony, J. A. (2017). The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. *Trends in Food Science & Technology, 64*, 1-12.

[3] Han, S.-W., Chee, K.-M., & Cho, S.-J. (2015). Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. *Food Chemistry, 172*, 766-769.

[4] Wang, X., Chen, H., Fu, X., Li, S., & Wei, J. (2017). A novel antioxidant and ACE inhibitory peptide from rice bran protein: Biochemical characterization and molecular docking study. *LWT - Food Science and Technology, 75*, 93-99

[5] Phongthai, S., D'Amico, S., Schoenlechner, R., Homthawornchoo, W., & Rawdkuen, S. (2017). Fractionation and antioxidant properties of rice bran protein hydrolysates stimulated by in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry, 240*.

[6] Sereewatthanawut, I., Prapintip, S., Watchiraruji, K., Goto, M., Sasaki, M., & Shotipruk, A. (2008). Extraction of protein and amino acids from deoiled rice bran by subcritical water hydrolysis. *Bioresource Technology, 99*(3), 555-561.

[7] Tang, S., Hettiarachchy, N. S., & Shellhammer, T. H. (2002). Protein Extraction from Heat-Stabilized Defatted Rice Bran. 1. Physical Processing and Enzyme Treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50*(25), 7444-7448.

[8] Fincher, G. B. (2016). Cereals: Chemistry and Physicochemistry of Non-starchy Polysaccharides. *Encyclopedia of Food Grains*. doi:10.1016/b978-0-12-394437-5.00090-5

[9] Wang, M., Hettiarachchy, N. S., Qi, M., Burks, W., & Siebenmorgen, T. (1999). Preparation and Functional Properties of Rice Bran Protein Isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47*(2), 411-416.

[10] Ansharullah, Hourigan, J. A., & Chesterman, C. F. (1997). Application of Carbohydrases in Extracting Protein from Rice Bran. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 74*(2), 141-146.

[11] Anderson, A.-K., & Guraya, H.-S. (2001). Extractability of protein in physically processed rice bran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 696-972.

ID039

Release of Major Plant Nutrients from Cassava Manufacturing Wastes in an Incubation Study

Mutchima Phun-lam[1*], Somchai Anusontpornperm[1], Suphicha Thanachit[1] and Irb Kheoruenromnea[1]
[1]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University
[*]E-mail: mutchima.phu@ku.th

Abstract

Effective use of organic wastes in crop production requires information on their type, amount and availability. Soil incubation experiment was carried to examine the rate of two organic wastes from cassava starch manufacturing plant, cassava starch waste (CSW) and cassava tails and stalk (CTS), on N, P and K release under 16-week incubation. The results showed that the amounts of N released from the amended soil evidently increased with increasing rates of CSW and CTS. The application of the wastes at the rates of 12.5, 25 and 50 t ha^{-1} were highly significantly greater than the control without the application of soil organic amendment in almost every week of measurement. The released amounts of P were significantly different with the use of CSW or CTS at the rates of 12.5 t ha^{-1} or higher tending to release more P than do the control. The widest fluctuations in potassium release occurred throughout the 16 weeks of the incubation. The application of CSW or CTS to the soil ostensibly had an immediate effect on available K. The effect was most pronounced when soil amendments were applied at the highest rate of 50 t ha^{-1}. This study suggested that CSW or CTS could be effectively used as soil organic amendments for coarse-textured soils to release plant nutrients steadily and make it available to the plants for a longer period of time.

Keywords: coarse-textured soil, macronutrients, nutrient release, soil amendment, organic wastes

1. Introduction

Soil amendments are substances derived from natural or synthetic or both, which organic or inorganic compounds that can be added to the soil to improve the physical and chemical properties [1]. However, the amount and rate of nutrient release from organic compounds depends on their quality, characteristics and biochemical composition. Many authors have reported that different types of organic waste can improve physical, chemical, and biological properties of soils [2-4], particularly in sandy soils [5].

In view of the information subjected to the benefits of waste from manufacturing processes recycling on agricultural lands, the challenge of this study was to use organic waste available locally for conserving soil resources offsite. Indeed, wastes from cassava starch manufacturing plant in Ubon Ratchathani province can be potentially important sources of nutrients for crop production in local areas. Typically, an average residue of tails and stalk (CTS) is 100–250 kg per tonne of root and in

pounding process, it generates 300–350 kg of cassava starch waste (CSW) per tonne of root [6].

The strategies for using these organic wastes as soil organic amendments in the agricultural soils can be beneficial for crops. However, dealing with this waste is difficult, as it is not easily dried, due to its high moisture and starch contents [7]. Another problem is that both moisture and nutrient contents are highly variable. This makes it difficult to know how much to apply and impossible to tailor the application to the specific requirements of the soil and crop. This result suggested that beneficial use depends on choosing the best amount and frequency of compost application [8] [9]. Utilization of the waste on agricultural land must allow appropriate interval between incorporating time and planting date to enable the crop to benefit from nutrients being released from OM [10].

Hence, it is important to find possible ways to utilize these wastes to supply plant nutrients in a recycling mode initially. Nevertheless, only few studies were able to provide comprehensive information on the kinds and amounts of organic wastes being generated or their availability for utilization as soil amendment. This has restricted the use of these potential soil amendment materials for crop productions. The objective of this study was to examine the rate of two organic wastes from cassava starch manufacturing plant, CSW and CTS, on N, P and K release under 16-week incubation.

2. Materials and methods

2.1 Preparation of soil and organic wastes

Soils were collected randomly from the surface layer (0–30 cm) of the cassava growing area at Ban Khi Lek, Na Dee subdistrict, Na Yia district, Ubon Ratchathani province, where cassava has been cultivated in this site continuously for several years. Properties of soil are presented in Table 1. This soil had poor ability to retain plant nutrients and possessed an acidic nature. Before incubation experiment, root portions were removed before the soils were air dried, crushed, sieved passing through a 2 mm sieve.

Table 1 Properties of the studied soil.

Soil property	Values
Texture [11]	sandy loam
pH 1:1 H_2O [12]	5.6
Organic matter (g kg^{-1}) [13]	4.6
Total N (g kg^{-1}) [14]	0.19
Available P (mg kg^{-1}) [15]	7.18
Available K (mg kg^{-1}) [16]	17.27
Extractable Ca ($cmol_c$ kg^{-1}) [17]	2097
Extractable Mg ($cmol_c$ kg^{-1}) [17]	187
CEC ($cmol_c$ kg^{-1}) [18]	

CSW and CTS were obtained from the cassava starch manufacturing plant, located nearby in Na Yia district. These two wastes were air dried, crushed, and sieved passing through a 0.5 mm sieve and kept in sealed polythene bag. Properties of both soil organic amendments are shown in Table 2.

Table 2 Properties of soil organic amendments used in the experiment.

Property	CSW	CTS
pH (1:5 H_2O)	6.38	6.26
EC (dS m^{-1}, 1:5 H_2O)	1.32	1.05
OM (g kg^{-1})	733	539
CEC ($cmol_c$ kg^{-1})	61.7	27.9
Total N (g kg^{-1})	7.95	6.09
Total P (g kg^{-1})	2.62	0.83
Total K (g kg^{-1})	12.85	8.28
C:N ratio	53.48	51.34
Total Ca (g kg^{-1})	5.64	3.74
Total Mg (g kg^{-1})	3.44	1.79
Total Na (g kg^{-1})	0.44	0.65
Total S (g kg^{-1})	0.39	1.03
Total Fe (mg kg^{-1})	38.9	1854

Property	CSW	CTS
Total Mn (mg kg^{-1})	18.3	169
Total Cu (mg kg^{-1})	8.4	16.2
Total Zn (mg kg^{-1})	171	43.7

2.2 Laboratory incubation techniques

Soil incubation experiment was carried out at Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. Incubation of the treatments for 16 weeks was based on the premise that cassava initiate its reproductive cycle within this period. The incubation experiment was carried out in the laboratory using plastic bottle (30-ml volume). The incubation technique used for soil organic amendment addition to soil was mainly direct mixing [19]. The experiment was arranged in a completely randomized design. Each incubation treatment was performed in triplicates. Experimental factors in each experiment are including no soil organic amendment (CSW0/CTS0), waste application at the rate of 6.25 t ha^{-1} (CSW6.25/CTS6.25), 12.5 t ha^{-1} (CSW12.5/CTS12.5), 25 t ha^{-1} (CSW25/CTS25) and 50 t ha^{-1} (CSW50/ CTS205).

A 10 g of soil sample was placed into plastic bottle, and the organic waste was added at the specified rates with respect to the main plot treatments of field experiment, mixed thoroughly, and then used deionized water to maintain moisture at 60% of field capacity. At the sampling time of 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 and 16 weeks during the incubation, bottles from all treatments were collected randomly in triplicates to determine available N [20], P [15] and K [16].

3. Results

3.1 Nitrogen release

As shown in Figure 1[a], available N in the soil treated with CSW released immediately after its application (week-0). The amounts over all treatments were in the range of 4.1–8.7 mg kg^{-1}, and the releases were slightly fluctuated until week-8 after the incubation when the highest available N content was markedly detected. The measured amounts varied between 15.1–29.8 mg kg^{-1} over all treatments and the contents subsequently decreased in all treatments until the end of the incubation with the value in week-16 being in the range of 7.4–8.2 mg kg^{-1}.

It can be seen from the data in Table 3 that the amounts of N released from the amended soil evidently increased with increasing rates of CSW. The application of CSW at the rates of 12.5, 25 and 50 t ha^{-1} were highly significantly greater than the control without the application of soil organic amendment in almost every week of measurement. The highest amounts of N released from CSW amended soil, measured in week-12 of the incubation, were 29.8 and 29.3 mg kg^{-1} in CSW_{25} and CSW_{50} treatments, respectively.

Similar trend was also observed in CTS experiment (Figure 1[b]). Available N content at the initial state (week-0) over all treatments was in the range of 5.1–8.8 mg kg^{-1} and increased to 22.7–36.6 mg kg^{-1} in week-8 of the incubation, followed by a steady decrease in the range of 13.4–18.0 mg kg^{-1} and 4.4–5.5 mg kg^{-1} in the week-12 and week-16 of the incubation, respectively.

As shown in Table 4, it was apparent that the amounts of N released from the amended soil increased with increasing rates of CTS. The application of both wastes at the rates of 12.5, 25 and 50 t ha^{-1} were highly significantly greater than the control without the application of soil organic

amendment in almost every week of the incubation. The highest amount of N released from CTS amended soil was 36.6 mg kg^{-1} (CTS_{50}) obtained in week-8 of the incubation.

3.2 Phosphorus release

For CSW amended soil, as shown in Figure 1[c], the initial release of P (7.5–9.7 mg kg^{-1}) was slow but later increased, starting from week-3 onwards with negligible magnitude (10.2–19.0 mg kg^{-1}), then began to decrease in all treatments. After 6 weeks of the incubation, available P content fluctuated slightly but remained at a low level, only in the range of 8.7–10.2.4 mg kg^{-1}. The soil amended with CSW, particularly at the rates of 12.5 t ha^{-1} or higher ($CSW_{12.5}$–CSW_{50}) highly significantly released more P than did the non-amended soil in almost every week of the incubation. It can be seen from the data in Table 5 that the highest amount of available P released from CSW amended soil was 19.0 mg kg^{-1} (CSW_{50}) measured in week-3 of the incubation.

In the case of CTS, there was not much variation among treatments in the available P observed almost throughout the incubation period (Figure 1[d]). There were only week-2, week-6 and week-8 that the released amounts of P were significantly different with the use of CTS at the rates of 12.5 t ha^{-1} or higher ($CTS_{12.50}$–CTS_{50}) tending to release more P than do the control (CTS_0). According to data presented in Table 6, the highest amount of available P released from CTS amended soil was 17.9 mg kg^{-1} (CTS_{25}) obtained in week-1 of the incubation

3.3 Potassium release

For CSW experiment, as shown in Figure 1[e], the available K increased rapidly from week-0 (17.3–19.0 mg kg^{-1}) to week-2 (26.4–46.6 mg kg^{-1}) after the incubation. Subsequently, available K released content began to decrease steadily for all treatments. However, the rate of decrease (from week-2 until week-16) was less for the treatments treated with CSW at the rates of 25 and 50 t ha^{-1} ($CSW_{12.5}$–CSW_{50}). Surprisingly, from 8 weeks onwards, the available K of the soil treated with CSW at the rate of 50 t ha^{-1} (CSW_{50}) increased progressively (41.1 mg kg^{-1}). At the end of the incubation period, available K content released from soil amended with all rates of CSW ($CSW_{6.25}$–CSW_{50}) still remained higher than that detected at the beginning of the incubation.

It can be seen from data in Table 7, the available K of amended soils showed a distinct increase over non-amended soil (CSW_0), and the effect persisted during the entire 16-week of the incubation period. The highest amount of K released from CSW amended soil was 46.6 mg kg^{-1} (CSW_{50}) measured in week-2 of the incubation

For CTS addition (Figure 1[f]), the available K content increased gradually from the start (16.5–20.0 mg kg^{-1}) to week-2 (20.4–45.0 mg kg^{-1}) after the incubation followed by a decrease to 19.8–32.3 mg kg^{-1} in week-3 of the incubation, except for CTS application at the rate of 6.25 t ha^{-1} (CTS_{50}) which reached its peak value of 38.9 mg kg^{-1} within 3 weeks of the incubation. This followed by a decline of the release throughout the rest of the incubation period. However, in the case of soil amended with CTS at the rates of 25 and 50 t ha^{-1} (CTS_{25}–CTS_{50}), available K increased again in week-4 (33.8–39.9 mg kg^{-1}), followed by a decrease until week 6 to a value the range of 33.0–36.0 mg kg^{-1}. Thereafter, it maintained a steady value up until the end of the incubation. At the end of the incubation period,

available K content released from the soil amended with all rates of CTS ($CTS_{6.25}$–CTS_{50}) still remained higher than that detected at the beginning of the incubation.

As can be seen from data in Table 8 that the application of CTS to the soil had an immediate effect on available K. The highest amount of K released from CTS amended soil was 45.0 mg kg^{-1} (CTS_{50}) obtained in week-2 of the incubation.

4. Discussion

4.1 Nutrient release pattern

Estimation of the amount of macronutrients release following the application of soil organic amendment is critical for effective use of this organic waste. In general, all treatments involving soil organic amendment significantly had available N, P and K increased over the control and the lowest rate of soil organic amendment (6.25 t ha^{-1}) in the first week of the incubation. For both CSW and CTS, the amounts of this major plant nutrient reached the peak within 8 weeks after the incubation for N, 3 weeks for P and 2 weeks for K, thereafter the amounts of released N and P started to decrease in all treatments while K release being steady until the end of the incubation period.

The highest available N content in soil treated with soil organic amendment was detected at 8-weeks of the incubation period illustrated that the release of organic N present in soil organic amendment occurred slowly. Amanullah [21] reported similar finding that major portion of N get mineralized (69%) within 60 days. It can be said that this soil organic amendment acted like slow-release N fertilizer but the content of N was much lower than N from chemical fertilizer considering the total amount of each material applied. This can also be ascribed to the maturity of different organic amendments [22]. Murugan and Swarnam [23] noted that during the initial four week, only a very small portion (<2%) of total N content of soil is available to plant in the form of inorganic N which is a product of mineralization. This might be due to an assimilation of N by microorganisms that affected decomposition of small amounts of low N organic material as well as highly resistant organic complexes which required more time for decomposition [24]. As mineralization governs the supply rate of N to the plants, the incorporation of soil organic amendment at two weeks before planting is desirable as the peak of N release would be at 6 weeks after planting which coincides with the time of chemical fertilizer application.

There was not much periodic variation in the available P observed throughout the incubation period. A similar non-distinct periodic variation in the available P content of the soils treated with organic amendments, even at the time of harvest, was found in the study of Randhawa [25].

Available K content of the soil was much enriched by the addition of soil organic amendment amendments as the amount increased immediately after a week of the application. Warman and Termeer [26] also found a relatively high amount of available K in soils treated with organic amendment. The results are further supported by the findings of Antil and Singh [27] and Das [28].

4.2 Effect of soil organic amendment on nutrient release

The application of soil organic amendment significantly released higher available N, P and K over the control throughout the study period. At each released peak, increasing rates of either CSW

or CTS up to 50 t ha^{-1} increased available N, P or K approximately 100% of the control, indicating that these organic wastes can be used as a supplementary of major plant nutrient but not for the whole amount needed for plant growth otherwise very substantial amount would be needed and it might have an adverse effect as shown by the result obtained from field trials.

The increase in available N content with the addition of soil organic amendment was due to the release of N through the decomposition of soil organic amendment similar to the study on organic manures [28]. Moreover, it could also be attributed to the greater multiplication of soil microbes, which could convert organically bound N into the inorganic form [29]. Such enhancement in mineral N content by the application of soil organic amendments has been reported in several studies [25] [30] [31].

Evidently, the amount of nutrients released into the soil increased with increasing rate of soil organic amendment applied [32] [33]. However, amount of released nutrients from soil organic amendment varied among treatments and different periods of time. This was in agreement with similar report [34], the nature of materials and condition of soil are the two most important factors affecting the nutrients release.

Available P improved in the third week for all CSW applications, which can refer to the study of Eghball [34] that the increase of biological activity of soils by adding organic waste and led to a significant increase in available P concentration. In addition, they also found that P was released much more slowly than the other macronutrients but in this study P seemed to release faster than N and slower than K with regardless of the total amount released.

The pattern of available nutrient release following the application of soil organic amendment is important in planting plan. This will enable farmers to estimate the period when nutrients in the added wastes are released for crop to use. The amount of released nutrients is also the case. The amount of chemical fertilizer used can be adjusted accordingly.

Reference

[1] Duangpatra, P. 2010. Soil conditioners. Kasetsart University. (in Thai)

[2] Banning, N.C., C.D. Grant, D.L. Jones and D.V. Murphy. 2008. Recovery of soil organic matter, organic matter turnover and nitrogen cycling in a post-mining forest rehabilitation chronosequence. Soil Biol. Biochem. 40 (8): 2021–2031.

[3] Bobul'ská, L., D. Fazekašová, L. Angelovičová and D. Kotorová. 2015. Impact of ecological and conventional farming systems on chemical and biological soil quality indices in a cold mountain climate in Slovakia. Biol. Agric. Hortic. 31: 205–218.

[4] Moral, R., C. Paredes, M.A. Bustamante, F. Marhuenda-Egea and M.P. Bernal. 2009. Utilisation of manure composts by high-value crops: Safety and environmental challenges. Bioresource Tech. 100: 5454–5460.

[5] Choochuay, N. 2011. Effect of Chemical Fertilizer Application with Gypsum on Growth and Yield of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Planted in Kamphaeng Sean Soil Series. M.S. Thesis, Kasetsart University.

[6] Department of Industrial Works. 2006. Management information system guideline for eco-efficiency native starch industry. DIW, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)

[7] Sriroth, K., R. Chollakup, S. Chotineeranat, K. Piyachomkwan and C.G. Oates. 2000. Processing of cassava waste for improved biomass utilization. Bioresource Technol. 71(1): 63–69.

[8] Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. Land Degrad. Dev. 17: 197–209.

[9] Ros, M., J.A. Pascual, C. Garcia, M.T. Hernandez and H. Insam. 2006. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts. Soil Biol. Biochem. 38: 3443–3452.

[10] Sackey, I.S. and R.J. Bani. 2007. Survey of waste management practices in cassava processing to gari in selected districts of Ghana. J. Food Agric. Environ. 5 (2): 325–328.

[11] Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-sized analysis, pp. 383–411. *In* A. Klute, ed. Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, USA.

[12] National Soil Survey Center. 2004. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0. Natural Conservation Service, USDA.

[13] Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff Method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29–38.

[14] Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total, pp. 1085–1122. *In* D.L. Sparks, ed. Methods of Soil Analysis. Part3: Chemical Methods. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc., Madison, Wisconsin.

[15] Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39–45.

[16] Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1023–1031. *In* C.A. Black, ed. Method of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

[17] Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475–490. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin.

[18] Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891–901. *In* C.A. Black, ed. Method of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

[19] Adediran, J.A., N. De Baetes, P.N.S. Mnkeni, L. Kiekens, N.Y.O. Muyima and A. Thys. 2003. Organic waste materials for soil fertility improvement in the Border Region of the Eastern Cape, South Africa. Biol. Agric. Hort. 20: 283–300.

[20] Keeney, D.R. 1982. Nitrogen-availability indices, pp. 711-733. *In* A.L. page, R.H. Miller and D.R. Keeney, eds. Methods of Soil Analysis. Part 2 Chemical and Microbiological Properties.

2nd ed. Aron. 9. SSSA and ASA, Madison, WI, USA.

[21] Amanullah, M.M. 2007. 'N' Release Pattern in Poultry Manured Soil. J. Appl. Sci. Res. 3(10): 1094–1096.

[22] Hadas, A and R. Portnoy. 1994. Nitrogen and carbon mineralization rates of composted manures incubated in soils. J Environ Qual. 23: 1184–1189.

[23] Murugan, A.V. and T.P. Swarnam. 2013. Nitrogen release pattern from organic manures applied to an acid soil. J. Agric. Sci. 5(6) 211–218.

[24] Upadhyay, A.K, C. Palaniswami and C.C. Biddappa. 2007. Mineralisation of nitrogen in some soils of Kerela. J. Plantation Crops 35(2): 73–75.

[25] Randhawa P.S., L.M. Condron, J.D. Hong, S. Sinaj and R.D. McLenaghen. 2005. Effect of green manure addition on soil organic phosphorus mineralization. Nutr Cycl Agroecosys. 73: 181–189.

[26] Warman, P.R. and W.C. Termeer. 2005. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: yields and N, P and K contents of crops and soils. Bioresource. Technol. 96: 955–961.

[27] Antil R.S. and M. Singh. 2007. Effects of organic manures and fertilizers on organic matter and nutrients status of the soil. Arch Agron Soil Sci. 53: 519–528.

[28] Das, P., P. Raktim and B. Pradip. 2012. Temporal variation of soil nutrients under the influence of different organic amendments. Archives Agron. Soil Sci. 58(7): 745–757.

[29] Narwal, R.P. and R.S. Antil. 2005. Integrated nutrient management in pearl millet–wheat cropping system, pp. 205–213. *In* K.K. Kapoor, K.K. Sharma, S.S. Dudeja, B.S. Kundu, eds. Management of Organic Wastes for Crop Production. Hisar (India), CCS Haryana Agricultural University.

[30] Laos, F., P. Satti and I. Walter. 2000. Nutrient availability of composted and non-composted residues in a Patagonian Xeric Mollisol. Biol Fertil Soils. 31: 462–469.

[31] Abbasi, M.K., M. Hina, A. Khalique and S.R. Khan. 2007. Mineralization of three organic manures used as nitrogen source in a soil incubated under laboratory conditions. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 38: 1691–1711.

[32] Rayar, A.A. 1984. Physio-chemical properties of semi-arid soils incubated with different sources of organic manures. Madras Agric. J. 71: 43–47.

[33] Yadvinder, S., S. Bijay and C.S. Khind. 1992. Nutrient transformations in soils amended with green manures. Adv. Soil Sci. 20: 237–309.

[34] Eghball, B., B.J.; Wienhold, J.E Gilley and R.A. Eigenberg. 2002. Mineralization of Manure Nutrients. J. Soil Water Conserv. 57: 470–473.

Table 3 Effect of cassava starch waste on available N (mg kg^{-1}) of soil during the incubation period.

Treatment	Weeks after CSW addition								
	0	1	2	3	4	6	8	12	16
CSW_0	4.1b	12.5b	12.6b	13.1b	10.7	13.6b	15.1c	10.4b	7.4
$CSW_{6.25}$	5.6b	12.8b	14.9ab	14.2b	11.3	14.8ab	23.0b	13.5ab	7.8
$CSW_{12.5}$	7.8a	12.2b	14.7ab	16.4a	13.1	14.9ab	24.9ab	14.4a	8.4
CSW_{25}	8.7a	15.9ab	15.2ab	16.3a	11.4	16.5a	29.8a	13.2ab	8.2
CSW_{50}	8.5a	17.1a	16.9a	16.2a	12.8	16.5a	29.3a	13.5ab	8.2
F-test	**	**	**	**	ns	**	**	**	ns
%CV	15.2	14.6	9.3	6.0	11.1	6.5	13.5	13.0	15.7

Remarks: ns = non-significant; ** = significantly different at 0.01 probability level; common letter = means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to DMRT at $p \leq 0.05$

Table 4 Effect of cassava tails and stalk on available N (mg kg^{-1}) of soil during the incubation period.

Treatment	Weeks after CTS addition								
	0	1	2	3	4	6	8	12	16
CTS_0	5.1c	11.3	9.4b	16.6	11.7	13.9b	22.7b	13.4	5.2
$CTS_{6.25}$	6.0bc	13.3	12.8a	15.2	10.9	14.0b	23.2b	14.1	5.5
$CTS_{12.5}$	7.2ab	12.6	14.4a	16.0	11.5	13.6b	25.8b	18.0	4.4
CTS_{25}	8.0a	12.9	14.4a	14.4	11.8	14.2b	30.0ab	15.2	5.3
CTS_{50}	8.8a	17.4	13.4a	16.0	11.4	16.8a	36.6a	16.5	5.1
F-test	**	ns	**	ns	ns	**	**	ns	ns
%CV	14.1	11.8	12.2	9.5	10.9	8.2	22.2	23.8	36.9

Remarks: ns = non-significant; ** = significantly different at 0.01 probability level; common letter = means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to DMRT at $p \leq 0.05$

Table 5 Effect of cassava starch waste on available P (mg kg^{-1}) of soil during the incubation period.

Treatment	Weeks after CSW addition								
	0	1	2	3	4	6	8	12	16
CSW_0	7.9b	11.3ab	10.1c	10.2c	8.2d	9.4c	7.6b	8.4	7.7b
$CSW_{6.25}$	7.5b	10.8b	12.6bc	13.9bc	10.3cd	10.1bc	8.8b	8.6	8.8b
$CSW_{12.5}$	9.7a	12.6ab	14.5ab	17.8a	12.0bc	12.2ab	11.7a	9.3	10.2a
CSW_{25}	9.4a	13.9a	15.8ab	17.3ab	14.1ab	13.3a	12.6a	8.9	10.5a
CSW_{50}	8.9a	12.4ab	16.1a	19.0a	15.1a	13.9a	14.4a	8.3	10.7a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
%CV	5.5	11.5	12.7	13.1	13.1	11.0	14.2	10.9	7.6

Remarks: ns = non-significant; ** = significantly different at 0.01 probability level; common letter = means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to DMRT at $p \leq 0.05$

Table 6 Effect of cassava tails and stalk on available P (mg kg^{-1}) of soil during the incubation period.

Treatment	Weeks after CTS addition								
	0	1	2	3	4	6	8	12	16
CTS_0	7.4	9.0c	12.3	10.5c	10.2	8.7	8.8	8.4b	9.1
$CTS_{6.25}$	7.8	12.3b	13.0	12.1bc	10.6	9.8	8.0	9.4ab	9.2
$CTS_{12.5}$	8.3	13.9b	15.0	14.0b	12.6	9.4	9.3	9.1ab	9.3
CTS_{25}	8.5	17.9a	14.7	14.6b	11.9	9.9	10.0	10.1a	10.1
CTS_{50}	9.2	14.7b	15.8	17.5a	10.9	9.6	9.5	10.2a	9.1
F-test	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	**	ns
%CV	11.7	10.7	13.3	10.4	15.4	10.6	14.7	8.8	9.1

Remarks: ns = non-significant; ** = significantly different at 0.01 probability level; common letter = means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to DMRT at $p \leq 0.05$

Table 7 Effect of cassava starch waste on available K (mg kg^{-1}) of soil during the incubation period.

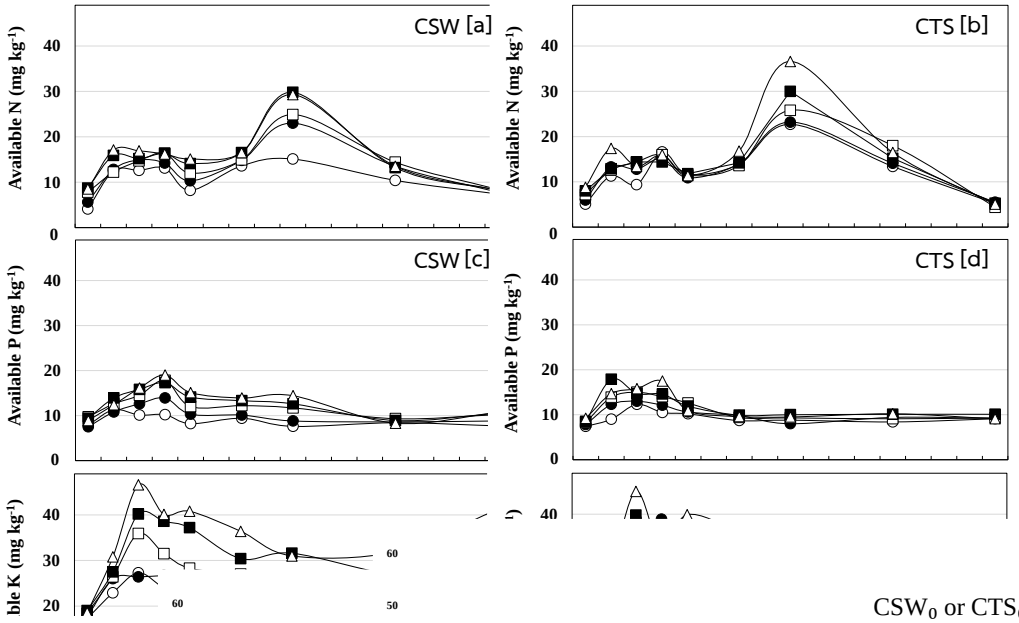
Treatment	Weeks after CSW addition								
	0	1	2	3	4	6	8	12	16
CSW_0	17.3c	22.9	27.3c	24.0c	22.6b	18.7d	18.6b	18.1d	19.3c
$CSW_{6.25}$	17.6bc	26.0	26.4c	26.7c	27.3b	21.7cd	25.3a	22.0cd	26.3b
$CSW_{12.5}$	18.4a-c	26.4	35.9bc	31.5bc	28.3b	27.0bc	25.6a	24.7bc	26.3b
CSW_{25}	19.0a	27.5	40.2ab	38.6ab	37.2a	30.4b	31.6a	26.7b	24.1b
CSW_{50}	18.6ab	30.8	46.6a	40.1a	40.8a	36.4a	31.0a	31.9a	41.1a
F-test	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
%CV	3.3	17.0	15.3	14.0	12.4	11.8	13.0	9.9	7.6

Remarks: ns = non-significant; ** = significantly different at 0.01 probability level; common letter = means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to DMRT at $p \leq 0.05$

Table 8 Effect of cassava tails and stalk on available K (mg kg^{-1}) of soil during the incubation period.

Treatment	Weeks after CTS addition								
	0	1	2	3	4	6	8	12	16
CTS_0	16.9c	21.7	24.5b	19.8b	18.7c	17.5c	19.1b	17.9b	17.4c
$CTS_{6.25}$	16.5c	27.1	30.0b	38.9a	22.5c	20.4c	18.8b	23.2ab	21.0bc
$CTS_{12.5}$	17.5bc	25.8	38.2a	28.9a	32.2b	28.3b	27.1a	26.1a	23.6b
CTS_{25}	18.4b	29.7	39.8a	30.3a	33.8ab	33.0ab	25.9a	26.0a	25.3b
CTS_{50}	20.0a	28.2	45.0a	32.3a	39.9a	36.0a	29.3a	30.4a	31.5a
F-test	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
%CV	4.2	15.5	10.4	11.0	11.7	11.4	14.8	16.4	10.9

Remarks: ns = non-significant; ** = significantly different at 0.01 probability level; common letter = means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to DMRT at $p \leq 0.05$



CSW_0 or CTS_0

$CSW_{6.25}$ or $CTS_{6.25}$

$CSW_{12.5}$ or $CTS_{12.5}$

CSW_{25} or CTS_{25}

CSW_{50} or CTS_{50}

CSW_0 or CTS_0

$CSW_{6.25}$ or $CTS_{6.25}$

$CSW_{12.5}$ or $CTS_{12.5}$

CSW_{25} or CTS_{25}

CSW_{50} or CTS_{50}

ID044

การแยกสารสกัดหยาบและทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพเบื้องต้นของสารสกัดเปลือกต้นอินทรี (*Peltophorum dasyrhachis*) และ เขลง (*Dialium cochinchinense*)

Fractionation and screening for antimicrobial activities from *Peltophorum dasyrhachis* (Mig.) Kurz and *Dialium cochinchinense* Pierre bark extracts.

วรรณ เพ็ชรหวั่น[1*] และ ภัทรวดี สุ่มทอง นาคมี[1]
[1]คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
เลขที่ 119 หมู่ 6 ถ.สุขุมวิท ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
[*]E-mal: waanphethwan@gmail.com

Waan Phethwan and Pattrawadee Sumthong NaKMEE
Faculty Science at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus,
119 Moo 6, Sukhumvit Road, Tungsukla, Sriracha, Chonburi 20230
[*]E-mal: waanphethwan@gmail.com

บทคัดย่อ

สารสกัดจากเปลือกต้นอินทรี (*Peltophorum dasyrhachis*) และเปลือกต้นเขลง (*Dialium cochinchinense*) แฟรกชั่น เฮกเซน และ ไดคลอโรมีเทน ที่ได้จากการแยกด้วยวิธี Liquid-liquid separation ได้นำมาตรวจสอบสารองค์ประกอบด้วยวิธี Thin Layer Choromatography (TLC) พบว่ามีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เทอร์พีนอยด์ และ ฟีนอล ในพืชทั้ง 2 ชนิด และเมื่อนำแฟรกชั่น เฮกเซน และ ไดคลอโรมีเทน ของสารสกัดเปลือกพืชทั้ง 2 ชนิด มาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ด้วยวิธี Bioautography พบการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด

คำหลัก ต้นอิทรี ต้นเขลง *Escherichia colil Staphylococcus aureus* Bioautography

Abstract

Hexane and dichloromethane fractions from *Peltophorum dasyrhachis* and *Dialium cochinchinense* were separated by the Liquid-liquid separation technique. These fractions were analyzed by the Thin Layer Chromatographic method. The result indicated that Flavonoid, Terpenoid, and Phenol were found in both fractions from both plants. bacteria Escherichia coli and Staphylococcus aureus were inhibited by those 2 fractions from both plant bark extracts using Bioautography assay.

Keywords: *Peltophorum dasyrhachis*, *Dialium cochinchinense*, *Escherichia colii*, *Staphylococcus aureus*, Bioautography

1.บทนำ

ต้นอินทรีมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Peltophorum dasyrhachis* (Mig.) Kurz อยู่ในวงศ์ Leguminosae – Caesalpinioideae และมีชื่อเรียกพื้นเมืองหลายชื่อเช่น คาง รุ้ง คางฮุ่ง (พิษณุโลก) จ๊าขาม (ภาคเหนือ)ช้าขม (เลย)นนทรีป่า (ภาคกลาง) ร้าง และ อะล้าง หรืออะราง (นครราชสีมา, อุดรธานี) อินทรีเป็นพืชที่ชาวจันทบุรีนิยมนำเปลือกมาดองแมงกะพรุนในฤดูกาลที่มีแมงกะพรุนขึ้นในทะเลเยอะ อินทรีเป็นไม้ยืนต้นที่มีอายุในการเจริญเติบโตตั้งแต่ 10 ถึง 30 ปี ใบประกอบแบบขนนก 2 ชั้น ออกดอกเป็นช่อสีเหลืองสด ดอกออกช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม เปลือกต้นขรุขระ สีข้างนอกเปลือกเป็นสีน้ำตาลเข้มแต่สีเนื้อข้างในเปลือกสีน้ำตาลแดง ถ้ามีการลอกเปลือกมาใช้ประโยชน์ชาวบ้านจะ

นำดินมาทาบริเวณที่ลอกเปลือกออกเพื่อเป็นการสมานแผลให้ต้นไม้ และเปลือกไม้จะเจริญมาสมานกันในที่สุด ผลของต้นอะรางเป็นฝักแห้งเมื่อแก่แล้วผลไม่แตกแหล่งที่พบคือ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ชอบแสงแดดจัด เจริญได้ดีในดินแทบทุกชนิด [1]

เขลงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dialium cochinchinense* Pierre อยู่ในวงศ์ Leguminosae – Caesalpinioideae และมีชื่อพื้นเมืองหลายชื่อเช่น นางดำ หมากเค็ง (นครราชสีมา) กาหยี (มลายู – นราธิวาส) ยี (ภูเก็ต) และ หยี (ภาคใต้) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงได้ถึง 30 เมตร ไม่ผลัดใบ เปลือกต้น แตกเป็นสะเก็ดมีสีเทาอมน้ำตาล ส่วนเปลือกในมีสีน้ำตาลเข้มอมแดง ใบประกอบแบบขนนก ดอกเป็นดอกช่อออกบริเวณปลายกิ่ง ดอกมีสีขาวอมเหลือง ออกดอกช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน มีผลรูปทรงกลมรี ผลอ่อนสีเขียวเมื่อแก่มีสีดำ ออกผลช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม แหล่งที่พบคือ ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้งและป่าคืนสภาพ การเจริญเติบโตชอบแสงแดดจัด [2]

งานวิจัยที่ศึกษาการใช้ประโยชน์ของ ต้นอินทรี *Peltophorum dasyrhachis* (Mig.) Kurz ซึ่งเป็นพืชที่เจริญเติบโตในเขตร้อน พบสารบางชนิดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งเอมไซม์ไทโรซิเนสซึ่งเป็นเอมไซม์ที่ก่อให้เกิดการสร้างเม็ดสีเมลานินที่ผิวหนัง ทำให้เกิดเป็น ฝ้า กระ และจุดด่างดำ โดยเฉพาะที่ใบหน้า นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสารที่ยับยั้งเอมไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสซึ่งเป็นเอมไซม์ที่เกี่ยวกับระบบประสาท ซึ่งหากเอนไซม์ดังกล่าวบกพร่องจะทำให้เกิดอาการสมองเสื่อม หรือ โรคอัลไซเมอร์ได้ [6] [7]

การใช้น้ำสกัดเปลือกต้นอินทรีมาดองแมงกะพรุนที่เรียกว่าการดองฝาดและศึกษาสารพฤกษเคมีตลอดจนฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของแมงกะพรุนดองฝาด พบสารกลุ่มแทนนิน ฟลาโวนอยด์ และฟีนอลิก ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเน่าเสียของอาหาร ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสี่ยงของภาวะอาหารเป็นพิษ ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Psuedomomas aeruginosa* [4]

การศึกษาคุณภาพของแมงกะพรุนถ้วยหลังการการใช้เปลือกต้นอินทรีและการใช้เกลือในการดองพบว่าแมงกะพรุนถ้วยที่ผ่านการแช่น้ำเปลือกไม้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นและแข็งกว่าแมงกะพรุนที่แช่ด้วยเกลือ รวมถึงมีค่าความชื้นที่สูงกว่าตลอดจนมีสีแดงสดน่ารับประทาน [3]

จากสรรพคุณและคุณประโยชน์ของเปลือกต้นอินทรีจึงทำให้มีผู้ลอกเปลือกต้นอินทรีไปใช้จนเกิดความขาดแคลน และมีการนำเปลือกต้นไม้ชนิดอื่นเช่น ต้นเขลง มาใช้ทดแทน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสารองค์ประกอบในสารสกัดจากเปลือกต้นอินทรีเปรียบเทียบกับเปลือกต้นเขลงด้วยวิธีการสกัดแช่ด้วยสารอินทรีย์และแยกส่วนด้วยวิธี Liquid-liquid extraction และแยกสารเบื้องต้นด้วยวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) ตลอดจนการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี Bioautography

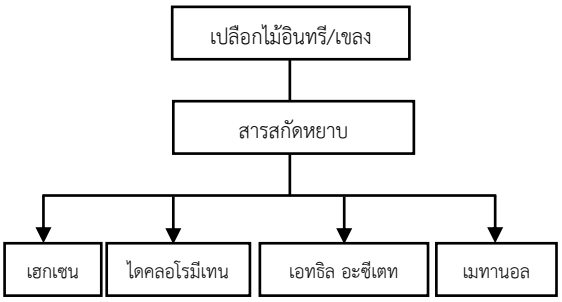
2.วิธีการ

2.1 การเก็บตัวอย่างเปลือกไม้และการสกัด

เก็บตัวอย่างเปลือกไม้ ณ วัดเขาพุทธโคดม ต.สุรศักดิ์ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี นำมาจำแนกชนิดและเก็บตัวอย่างเพื่อยืนยันชนิดไว้ที่สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รหัส BKF No. 194716 สำหรับต้นอินทรีและ BKF No. 197317 สำหรับต้นเขลง จากนั้นนำเปลือกไม้มาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ บด และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C และนำไปสกัดแช่ด้วยเอทานอล เป็นเวลา 3 วัน

2.2 แยกสารสกัดด้วยวิธี Liquid-liquid extraction

นำสารสกัดเปลือกไม้ปริมาณ 5 กรัม ละลายในเมทานอล 10 มิลลิตร จากนั้นนำมาผสมในเมทานอลร้อยละ 80 รวมเป็นปริมาณ 250 มิลลิตร เทสารละลายใส่กรวยแยก และเติมเฮกเซนในอัตราส่วน 1:1 เขย่าและตั้งทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นจึงไขสารละลายส่วนบน ได้แก่ แฟรกชั่นเฮกเซน ไประเหยแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator จากนั้นนำสารละลายส่วนล่างไปแยกต่อในขั้นตอนที่ 2 ด้วยเมทานอลร้อยละ 50 ผสมไดคลอโนมีเทนที่อัตราส่วน 1:1 เขย่าและตั้งทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นจึงไขสารละลายส่วนล่างได้แก่ แฟรกชั่นไดคลอโรมีเทน นำไประเหยแห้ง และนำสารละลายส่วนล่างไปแยกต่อในขั้นตอนที่ 3 โดยใช้เมทานอลร้อยละ 30 ผสมกับเอทธิล อะซีเตท ในอัตราส่วน 1:1 เขย่าและตั้งทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นจึงไขสารละลายส่วนบน ได้แก่ แฟรกชั่นเอทธิล อะซีเตท และส่วนล่าง ได้แก่ แฟรกชั่นเมทานอลร้อยละ 30 ไประเหยแห้ง จากนั้นเก็บสารทั้ง 4 แฟรกชั่น (ภาพที่1) ไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 oC เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 1 การแยกสารสกัดเปลือกไม้อินทรี *Peltophorum dasyrhachis* (Mig.) Kurz และ สารสกัดเปลือกไม้เขลง *Dialium cochinchinense Pierre* เป็น 4 แฟรกชั่น

2.3 แยกสารเบื้องต้นด้วยวิธี Thin Layer Chromatography

ตัดแผ่น TLC ขนาด 7 x 10 เซนติเมตร นำสารสกัด 4 แฟรกชั่น ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทธิล อะซีเตท และ เมทานอล มาหยดบนแผ่น TLC และนำไปจุ่มในแทงค์ TLC ที่มีสารตัวทำละลายซึ่งเป็นเฟสเคลื่อนที่ ได้แก่ เฮกเซน:เอทธิล อะซีเตท (อัตราส่วน 1:1, 2:8, 3:7, 7:3 ,8:2) เฮกเซน:อะซิโตน (อัตราส่วน 1:1, 2:8, 3:7 ,7:3, 8:2) ไดคลอโรมีเทน:เอทธิล อะซีเตท (อัตราส่วน 1:1, 2:8, 3:7, 7:3, 8:2) และ ไดคลอโรมีเทน:อะซิโตน (อัตราส่วน 1:1, 2:8, 3:7, 7:3, 8:2) เพื่อเปรียบเทียบว่าสารตัวทำละลายที่เป็นเฟสเคลื่อนที่ใดมีประสิทธิภาพในการแยกสารดีที่สุด เมื่อสารตัวทำละลายเคลื่อนที่ถึงขอบที่กำหนด นำแผ่น TLC มาผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปส่องในเครื่อง UV viewer เพื่อดูแถบสีของสารที่ปรากฏที่ความยาวคลื่น 254 และ 356 นาโนเมตร จากนั้นใช้ Vanillin reagent และAnisaldehyde reagent สเปรย์บนแผ่น TLC และนำไปให้ความร้อนด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 °C และตรวจสอบผลการทดลองโดยดูสีที่ปรากฏบนแผ่น TLC และวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของสารในแต่ละแถบสี (ค่า R_f) บันทึกผล

2.4 ทดสอบการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธี Bioautography

2.4.1 เตรียมแผ่น TLC ที่หยดสารละลายทั้ง 4 แฟรกชั่น ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทธิล อะซีเตท และ เมทานอล ไว้ 2 ชุด และจุ่มในแทงค์ TLC เพื่อแยกสาร จากนั้นผึ่งแผ่น TLC ไว้ให้แห้ง ชุดที่ 1 นำไปสเปรย์สารเพื่อสังเกตุแถบสีที่ปรากฏ ส่วนอีกชุดนำไปทดสอบในข้อ 2.4.2

2.4.2 เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar ลงในเพลตขนาด 90 มิลลิเมตรและเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ โดยการขีดเชื้อลงบนจานเพาะเชื้อ เมื่อเชื้อเจริญได้เป็นโคโลนีเดี่ยว ให้เขี่ยเชื้อโคโลนีเดี่ยวไปเลี้ยงในอาหารเหลวโดยใส่ในฟลาสก์ขนาด 150 มิลลิตร ที่มีอาหาร Nutrient Broth (NB) 50 มิลลิลิตร และนำไปเขย่าและบ่มเป็นเวลา 14 - 16 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องแอพซอฟชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ให้มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.8 ที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

สเปรย์เชื้อจุลินทรีย์ได้แก่ *Escherichia coli* หรือ *Staphylococcus aureus* และนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อนาน 2 วันจากนั้นนำแผ่น TLC ดังกล่าวมาสเปรย์ด้วยสาร 2,3,5-triphenyl-2H-tetrazolium และบ่มที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน หรือที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 - 4 ชั่วโมง ตามวิธี [3] จากนั้นตรวจสอบผลการทดลองโดยสังเกตบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ที่ปรากฏบนแผ่น TLC และคำนวณค่า R_f บันทึกผล

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการสกัดแบบแช่และการแยกสารสกัดหยาบ

จากการทดลองโดยการนำเปลือกต้นอินทรีและเปลือกต้นเขลงบดแห้ง 300 กรัม มาสกัดหยาบ ได้สารสกัดแห้ง 30.86 และ 30.05 กรัม ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง

เมื่อนำสารสกัดหยาบดังกล่าว 30.86 กรัม น้ำหนักแห้งมาแยกเป็น 4 แฟรกชั่น ได้แก่ เฮกเซน ไดคอลโรมีเทน เอทธิล อะซีเตท และเมทานอล ร้อยละ 30 ได้น้ำหนักแห้งของแฟรกชั่นจากสารสกัดเปลือกตันอินทรีเท่ากับ 1.2, 1.2 ,5.0 และ 20.0 กรัม ตามลำดับ และได้น้ำหนักแห้งของ แฟรกชั่นจากสารสกัดเปลือกตันเขลงเท่ากับ 1.3, 1.3 ,5.1 และ 21.0 กรัม ตามลำดับ

3.2 การแยกสารด้วยวิธีThin Layer Chromatography

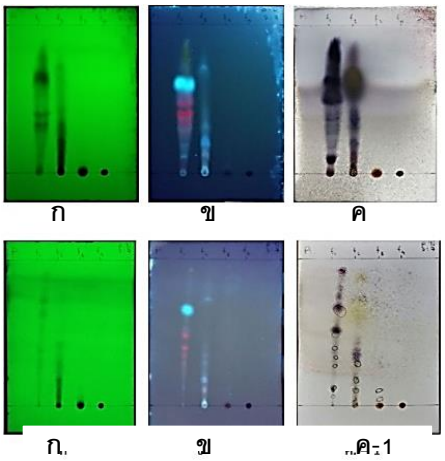
3.2.1 การแยกสารสกัดจากเปลือกต้นอินทรี

จากการทดลองนำแฟรกชันของสารสกัดเปลือกต้นอินทรีทั้ง 4 แฟรกชันได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทธิล อะซีเตท และ เมทานอล ร้อยละ 30 มาแยกสารด้วยวิธี TLC พบว่าการใช้เฟสเคลื่อนที่ เฮกเซน:อะซิโตน อัตราส่วน 7:3 ได้ผลดีที่สุด เมื่อตรวจสอบแถบสีที่ปรากฏใต้แสง UV ความยาวคลื่น 254 และ 365 นาโนเมตร และเมื่อมองด้วยตาเปล่าภายหลังการสเปรย์แผ่น TLC ด้วย Vanillin reagent และ Anisaldehyde reagent ดังแสดงในตารางที่1 และภาพที่ 2

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าแฟรกชั่นเฮกเซน ปรากฏแถบสีที่ค่า R_f 0.67 เรืองแสงสีเขียวภายใต้ UV 356 นาโนเมตร และปรากฏแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent และพบแถบสีที่ค่า R_f 0.93, 0.73, 0.48, 0.26, 0.20, 0.13 และ 0.06 ปรากฏแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent แฟรกชันไดคลอโรมีเทนพบแถบสีที่ค่า R_f 0.77 เรืองแสงสีเขียวภายใต้ UV 356 นาโนเมตร และปรากฏสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent และพบแถบสีที่ค่า R_f 0.93, 0.66, 0.26, 0.20, 0.13 และ 0.06 ปรากฏแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent และที่ค่า R_f 0.40 ปรากฏแถบสีแดงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent สำหรับแฟรกชั่นเอทธิล อะซีเตท พบแถบสีเพียงแถบเดียว และแฟรกชั่นเมทานอล พบแถบสีน้อยเช่นกัน

ตารางที่ 1 แสดงค่า R_f ของสารสกัดเปลือกต้นอินทรีเมื่อส่องด้วยแสง UV ความยาวเคลื่อน 254 และ 356 นาโนเมตร และเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent และ Anisaldehyde reagent

อัตราส่วน เฮกเซน : อะซิโตน	แฟรกชั่น	มองภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต (นาโนเมตร)				สารที่ใช้สเปรย์			
		254		356		Vanillin		Anisaldehyde	
		R_f	สี	R_f	สี	R_f	สี	R_f	สี
7 : 3	เฮกเซน	0.93	ดำ	0.93	เหลือง	0.93	เขียว	0.93	ม่วง
		0.73	ดำ			0.73	ม่วง	0.73	ม่วง
		0.67	ดำ	0.67	เขียว	0.67	ม่วง	0.67	ม่วง
						0.48	ม่วง	0.48	ม่วง
		0.40	ดำ	0.40	แดง	0.40	น้ำเงิน	0.40	ม่วง
				0.33	แดง	0.33	น้ำเงิน	0.33	ม่วง
		0.26	ดำ	0.26	แดง	0.26	ม่วง	-	-
						0.20	ม่วง	0.20	ม่วง
				0.13	น้ำเงิน	0.13	ม่วง	0.13	ม่วง
				0.06	แดง	0.06	ม่วง	0.06	ม่วง
7 : 3	ไดคลอโรมีเทน	0.93	ดำ			0.93	ม่วง	0.93	ม่วง
				0.77	เขียว	0.77	ม่วง	0.77	ม่วง
						0.66	ม่วง	0.66	ม่วง
		0.40	ดำ			0.40	แดง	0.40	น้ำเงิน
						0.33	น้ำเงิน	-	-
						0.26	ม่วง	0.26	ม่วง
				0.20	น้ำเงิน	0.20	ม่วง	0.20	ม่วง
		0.13	ดำ	0.13	แดง	0.13	ม่วง	0.13	ม่วง
		0.10	ดำ			-	-	-	-
		0.06	ดำ			0.06	ม่วง	0.06	ม่วง
7 : 3	เอธิล อะซิเตท			0.06	เหลือง				
7 : 3	แฟรกชั่นเมทานอล					0.40	ม่วง	-	-
						0.26	น้ำเงิน	0.26	ม่วง
						-	-	0.20	เหลือง
				0.13	เหลือง	-	-	-	-
				0.06	เหลือง	0.06	ม่วง	-	-



ภาพที่ 2 แสดงการแยกสารสกัดเปลือกต้นอินทรีด้วยวิธี TLC เมื่อส่องด้วยแสง UV 254 นาโนเมตร (ก.) 356 นาโนเมตร (ข.) สเปรย์ด้วย Vanillin reagent (ค.) และ สเปรย์ด้วย Anisaldehyde reagent (ค-1)

3.2.2 การแยกสารสกัดจากเปลือกต้นเขลง

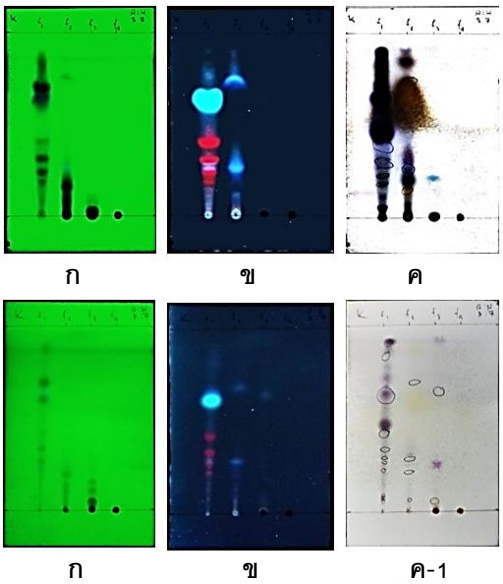
จากการทดลองนำแฟรกชั่นของสารสกัดเปลือกต้นอินทรีทั้ง 4 แฟรกชันได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทธิล อะซีเตท และ เมทานอล ร้อยละ 30 มาแยกสารเบื้องต้นด้วยวิธี TLC พบว่าการใช้เฟสเคลื่อนที่ เฮกเซน:อะซิโตน อัตราส่วน 7:3 ได้ผลดีที่สุด และเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent และ Anisaldehyde reagent

เมื่อตรวจสอบแถบสีที่ปรากฏใต้แสง UV ความยาวคลื่น 254 แล 365 นาโนเมตร และเมื่อมองด้วยตาเปล่าภายหลังการสเปรย์แผ่น TLC ด้วย Vanillin reagent และ Anisaldehyde reagent ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 3

อัตราส่วน เฮกเซน : อะซิโตน	แฟรกชั่น	มองภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต (นาโนเมตร)				สารที่ใช้สเปรย์			
		254		356		Vanillin		Anisaldehyde	
		R_f	สี	R_f	สี	R_f	สี	R_f	สี
7 : 3	เฮกเซน	0.93	ดำ	0.93	เหลือง	0.93	ม่วง	0.93	ม่วง
				0.85	น้ำเงิน	0.85	ม่วง	0.85	ม่วง
						-	-	0.78	ม่วง
		0.73	ดำ			0.73	ม่วง	0.73	ม่วง
		0.60	ดำ	0.60	เขียว	0.60	ม่วง	0.60	ม่วง
		0.44	ดำ	0.44	แดง	0.44	ม่วง	0.44	ม่วง
		0.33	ดำ	0.33	แดง	0.33	ม่วง	-	-
		0.26	ดำ	0.26	แดง	0.26	ม่วง	-	-
		0.22	ดำ	0.22	แดง	0.22	เขียว	-	-
						0.20	น้ำเงิน	-	-
						0.13	ม่วง	-	-
				0.06	แดง	0.06	ม่วง	0.06	ม่วง
7 : 3	ไดคลอโรมีเทน	0.93	ดำ			0.93	ม่วง	-	-
						0.88	น้ำเงิน	0.88	เหลือง
						-	-	0.73	เหลือง
						0.66	ม่วง	-	-
				0.60	น้ำเงิน	0.60	ม่วง	0.60	ม่วง
						0.53	ม่วง	-	-
						0.40	ม่วง	-	-
						0.33	ม่วง	-	-
						-	-	0.28	ม่วง
				0.26	แดง	0.26	ม่วง	0.26	ม่วง
		0.21	ดำ	0.21	น้ำเงิน	0.21	แดง	-	-
						0.18	แดง	-	-
		0.13	ดำ			-	-	-	-
				0.06	แดง	0.06	ม่วง	-	-
7 : 3	เอธิล อะซิเตท			0.66	น้ำเงิน	-	-	-	-
						0.21	น้ำเงิน	0.21	น้ำเงิน
		0.18	ดำ			0.18	ม่วง	-	-
						0.09	ม่วง	-	-
		0.06	ดำ	0.06	เหลือง	0.06	ม่วง	-	-
7 : 3	เมทานอล								

ตารางที่ 2 แสดงค่า R_f ของสารสกัดเปลือกต้นอินทรีเมื่อส่องด้วยแสง UV ความยาวเคลื่อน 254 และ 356 นาโนเมตร

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าแฟรกชั่นเฮกเซน ปรากฏแถบสีที่ค่าR_f 0.60 เรืองแสงสีเขียวภายใต้ UV 356 นาโนเมตร และปรากฏแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent และพบแถบสีที่ค่า R_f 0.93, 0.85, 0.73, 0.44, 0.33, 0.26, 0.13 และ 0.06 ปรากฏแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent แฟรกชันไดคลอโรมีเทนพบ แถบสีที่ค่า R_f 0.60 เรืองแสงสีน้ำเงินภายใต้ UV 356 นาโนเมตร และปรากฏสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent และพบแถบสีที่ค่า R_f 0.93, 0.66, 0.53, 0.40, 0.33, 0.26 และ 0.06 ปรากฏแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent และที่ค่า R_f 0.21 และ 0.18 ปรากฏสีแดงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent ส่วนแฟรกชั่นเอทธิล อะซีเตท และแฟรกชั่นเมทานอลร้อยละ 30 พบแถบสีเพียงจำนวนน้อย



ภาพที่ 3 แสดงการแยกสารสกัดเปลือกต้นเขลงด้วยวิธี TLC เมื่อส่องด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (ก.) ความยาวเคลื่อน 356 นาโนเมตร (ข.) สเปรย์ด้วย Vanillin reagent (ค.) และสเปรย์ด้วย Anisaldehyde reagent (ค-1)

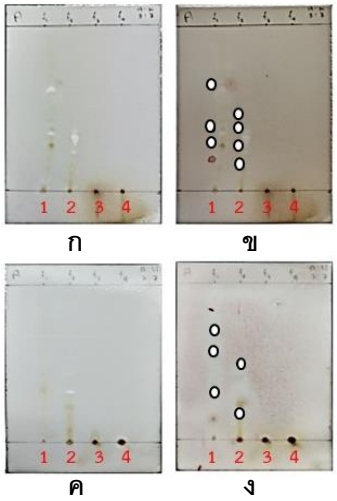
3.3 ผลการยับยั้งจุลิทรีย์ด้วยวิธี Bioautography

3.3.1 การยับยั้งจุลินทรีย์ของแฟรกชั่นจากสารสกัดเปลือกตันอินทรี

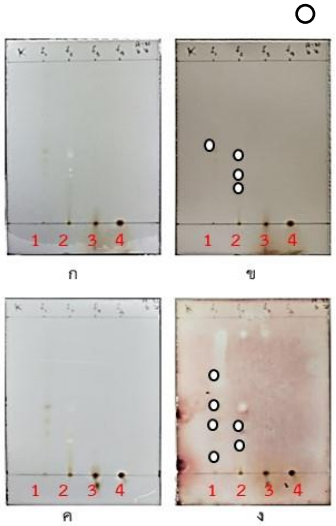
ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ของแฟรกชั่นเฮกเซนและไดคลอโรมีเทนจากสารสกัดเปลือกต้นอินทรี ดังแสดงในภาพที่ 5 และตารางที่ 3

3.3.2 การยับยั้งจุลินทรีย์ของแฟรกชั่นจากสารสกัดเปลือกตันเขลง

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ของแฟรกชั่นเฮกเซนและไดคลอโรมีเทน จากสารสกัดเปลือกต้นเขลงดังแสดงในภาพที่ 6 และตารางที่ 3



ภาพที่ 5 แสดงการแยกสารสกัดเปลือกต้นอินทรีด้วยวิธี TLC ในการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* เมื่อสเปรย์เชื้อจุลินทรีย์ (ก.) และเมื่อเกิดบริเวณยับยั้ง (ข.) และ การทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* เมื่อสเปรย์เชื้อจุลินทรีย์ (ค.) และเมื่อเกิดบริเวณยับยั้ง (ง.)



ภาพที่ 6 แสดงการแยกสารสกัดเปลือกต้นเขลงด้วยวิธี TLC และทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* เมื่อสเปรย์เชื้อจุลินทรีย์ (ก.) และ เมื่อเกิดบริเวณยับยั้ง (ข.) และ การทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* เมื่อสเปรย์เชื้อจุลินทรีย์ (ค.) และเมื่อเกิดบริเวณยับยั้ง (ง.)

ตารางที่ 3 แสดงการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* และ*Staphylococcus aureus* ของสารสกัดแฟรกชั่นจากเปลือกต้นอินทรีและเขลงโดยวิธี Bioautography

ชนิดพืช	แฟรกชั่น	เชื้อจุลินทรีย์	ค่า Rf การยับยั้ง
P.dasyrachis	เฮกเซน	*E. coli*	0.67 0.36 0.33
	ไดคลอโรมีเทน	*E. coli*	0.40 0.33 0.30 0.26
	เฮกเซน	*S. aureus*	0.67 0.53 0.33
	ไดคลอโรมีเทน	*S. aureus*	0.48 0.26
D.cochinchinense	เฮกเซน	*E. coli*	0.60
	ไดคลอโรมีเทน	*E. coli*	0.44 0.33 0.26
	เฮกเซน	*S. aureus*	0.60 0.44 0.33 0.20
	ไดคลอโรมีเทน	*S. aureus*	0.33 0.26

4.สรุปและวิจารณ์

จากการสกัดสารจากเปลือกต้นอินทรีและเขลงด้วยวิธีสกัดแช่ โดยใช้เอทานอลได้สารสกัดหยาบคิดเป็นร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งจากการศึกษาวิธีการสกัดสารจากเปลือกต้นอินทรีในหลายงานวิจัยพบว่ามีการสกัดด้วย ไดคลอโรมีเทน เอทธิล อะซีเตท น้ำ และ การกลั่นไอน้ำ ซึ่งได้ปริมาณสารสกัดหยาบร้อยละ 0.2 ,0.5, 9, 2.8 และ 10 จากน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ [4][6][7][8]

เมื่อแยกสารสกัดหยาบออกเป็น 4 แฟรกชั่นได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน เอทธิล อะซีเตท และ เมทานอล จากนั้นนำมาศึกษาสารประกอบเบื้องต้น โดยใช้วิธี Thin Layer Chromatography (TLC) พบว่าเฟสเคลื่อนที่ที่เหมาะสมในการแยกสารได้แก่ เฮกเซน:อะซิโตน ในอัตราส่วน 7:3 ซึ่งสารสกัดจากเปลือกต้นอินทรีในแฟรกชั่นเฮกเซนพบแถบสีเขียวภายใต้ UV 356 นาโนเมตร ที่ค่า R_f 0.67 และปรากฏแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent คาดว่าเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ [7] และพบแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.93, 0.73, 0.48, 0.26, 0.20, 0.13 และ 0.06 คาดว่าเป็นสารกลุ่มเทอร์พีนอยด์ ส่วนแฟรกชันไดคลอโรมีเทนพบแถบสีเขียวภายใต้ UV 356 นาโนเมตร ที่ค่า R_f 0.77 ซึ่งปรากฏเป็นแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent คาดว่าเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้ยังพบแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent ที่ค่า R_f 0.93, 0.66, 0.26, 0.20, 0.13 และ 0.06 คาดว่าเป็นกลุ่มสารเทอร์พีนอยด์ และปรากฏแถบสีแดงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent ที่ค่า R_f 0.40 คาดว่าจะเป็นสารกลุ่มฟีนอล ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสอดคล้องกับผลการวิจัย [4] ที่พบสารในกลุ่มฟลาโวนอลย์และฟีนอลิก ในน้ำสกัดเปลือกต้นอินทรี

สำหรับสารสกัดจากเปลือกต้นเขลงใน แฟรกชั่นเฮกเซนพบ แถบสีเขียวภายใต้ UV 356 นาโนเมตร ที่ค่า R_f 0.60 และปรากฏแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent คาดว่าเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ และพบแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.93, 0.85, 0.73, 0.44, 0.33, 0.26, 0.13 และ 0.06 คาดว่าเป็นสารกลุ่มเทอร์พีนอยด์ ส่วนแฟรกชันไดคลอโรมีเทนพบแถบสีเขียวภายใต้ UV 356 นาโนเมตร ที่ค่า R_f 0.60 ซึ่งปรากฏเป็นแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent คาดว่าเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้ยังพบแถบสีม่วงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent ที่ค่า R_f 0.93, 0.66, 0.53, 0.40, 0.33, 0.26 และ 0.06 คาดว่าเป็นกลุ่มสารเทอร์พีนอยด์ และที่ค่า R_f 0.40 ปรากฏแถบสีแดงเมื่อสเปรย์ด้วย Vanillin reagent คาดว่าจะเป็นสารกลุ่มฟีนอล [9]

เมื่อนำสารสกัดจากเปลือกต้นอินทรีและเปลือกต้นเขลงที่แยกได้อย่างละ 4 แฟรกชั่น มาทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 2 ชนิด ด้วยวิธี Bioautography พบว่าสารสกัดจากเปลือกต้นอินทรี แฟรกชั่น เฮกเซน ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.67, 0.36 และ 0.33 และแฟรกชั่นไดคลอโรมีเทน ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.40, 0.33, 0.30 และ 0.26 ปรากฏบริเวณการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* และแฟรกชั่น เฮกเซน ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.67, 0.53 และ 0.33 และแฟรกชั่นไดคลอโรมีเทน ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.48 และ 0.26 ปรากฏบริเวณการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ [4] ที่ใช้น้ำแช่เปลือกต้นอินทรีสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้

ส่วนสกัดจากเปลือกต้นเขลง แฟรกชั่น เฮกเซน ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.60 และแฟรกชั่นไดคลอโรมีเทน ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.44, 0.33 และ 0.26 ปรากฏบริเวณการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* และแฟรกชั่น เฮกเซน ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.60, 0.44, 0.33 และ 0.20 และแฟรกชั่นไดคลอโรมีเทน ที่ค่า R_f เท่ากับ 0.33 และ 0.26 ปรากฏบริเวณการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus*

อย่างไรก็ตามยังต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในการแยกสารองค์ประกอบจากสารสกัดเปลือกต้นอินทรีและสารสกัดเปลือกต้นเขลงด้วยวิธีที่มีความละเอียดและแม่นยำมากขึ้นต่อไป ตลอดจนยังต้องมีการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ของสารสกัดเปลือกต้นอินทรีและเปลือกต้นเขลงเพื่อยืนยัน

สรรพคุณในการใช้พืชดังกล่าวหรือการใช้พืชเขลงทดแทนการใช้เปลือกต้นอินทรีในการดองแมงกะพรุนเพื่อการบริโภคที่ปลอดภัยและดีต่อสุขภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนวิจัยจาก สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.มก.)

เอกสารอ้างอิง

[1] เต็ม สมิตินันทน์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, บริษัทประชาชน จำกัด, กรุงเทพฯ. 810 น.

[2] ทักษิณ อาชวาคม. 2551. พืชกินได้ในป่าสะแกราช. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), กรุงเทพฯ, น.78.

[3] เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ จุรีพร เสือเดช และดุษยา เบญจพงษ์วิมล. (2554). การศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้เปลือกไม้ต้นอินทรี (Peltophorum dasyrachis) และเกลือในการดอง แมงกะพรุนถ้วย (Acromitus flagellatus) Agricultural Sci, 42, 393-396.

[4] สุนิษา สุวรรณเจริญ ทรงวิทย์ จันทรา และอาภาพร บุญมี. (2558). พฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดแมงกะพรุนดองฝาด KKU Sci, 43, 106-115.

[5] Dewanjee S., Gangopadhyay M., Bhattacharya N., & Khanra R. (2015). Bioautography and its scope in the field of natural product chemistry. J Pharm Anal, 5(2), 75-84.

[6] Fujiwara M., Yagi N., & Miyazawa M. (2010). Acetylcholinesterase Inhibitory Activity of Volatile Oil from *Peltophorum dasyrachis* Kurz ex Bakar (Yellow Batai) and Bisabolane-Type Sesquiterpenoids. J. Agric. Food Chem, 58, 2824-2829

[7] Fujiwara M., Yagi N., & Miyazawa M. (2011). Tyrosinase inhibitory constituents from the bark of *Peltophorum dasyrachis* (yellow batai). Nat Prod Res, 25(16), 1540-1548

[8] Nobuo Y., Katsuya O., Yoshiharu O.,Yoshimitsu O. and Mitsuo M. (2006). Antimutagenic Compound from Yellow batai (*Peltophorum dasyrachis*). J Oleo Sci., 55(4), 173-180

[9] Wagner H., Blate S., Zgainski, E.M. (1984). Plant Drug Analysis. ,164

ID045

การชักนำแคลลัสและผลของเอลิสิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าว *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng. ที่เลี้ยงในอาหารเหลว

CALLUS INDUCTION AND EFFECT OF ELICITORS ON ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GAC *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng. CALLUS CULTURED IN LIQUID MEDIA

สุพรรษา พลายเปี่ยม* และ ยุพิน จินตภากร
ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อมและสรีระวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
*E-mail: supansa_sp@hotmail.com

Supansa Praipeam* and Yupyn Chintapakorn
Center of Excellence in Environment and Plant Physiology, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University
*E-mail: supansa_sp@hotmail.com

บทคัดย่อ

ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng) เป็นพืชไม้เลื้อยที่อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae โดยฟักข้าวนั้นมีสารทุติยภูมิสะสมอยู่ในทุกส่วนของต้น ประกอบไปด้วยแคโรทีนอยด์ กรดไขมัน วิตามินอี โพลีฟีนอล และ ฟลาโวนอยด์ ซึ่งทำให้การใช้ประโยชน์ของฟักข้าวถูกบันทึกลงในการแพทย์แผนโบราณของหลายประเทศ ในปัจจุบันมีการใช้เอลิซิเทอร์หลากหลาย เช่น ไคโตซาน และ เมทิลจัสโมเนต เพื่อเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิในพืช ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการชักนำแคลลัสฟักข้าวและศึกษาผลของไคโตซานและเมทิลจัสโมเนตต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลว สำหรับการทดลองชักนำการเกิดแคลลัส ได้นำส่วนยอดและส่วนข้อของต้นฟักข้าวปลอดเชื้อมาเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบไปด้วย 2,4-D และ BA พบว่าในสูตรอาหารที่ประกอบด้วย (0.8 มก./ล. 2,4-D + 0 มก./ล. BA) (0.8 มก./ล. 2,4-D + 0.4 มก./ล. BA) และ (0.8 มก./ล. 2,4-D + 0.8 มก./ล. BA) สามารถชักนำการเกิดแคลลัสได้ดีที่สุด ในส่วนของการศึกษาผลของเอลิซิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าว HMC, LMC หรือ MeJA ถูกเติมลงในอาหารวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงแคลลัสในอาหารเหลว และเก็บตัวอย่างแคลลัสในวันที่ 20 และ 22 ของการเพาะเลี้ยงมาศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ผลการทดลองพบว่าในวันที่ 2 และ 4 หลังเติมเอลิซิเทอร์ทั้งไคโตซานและ MeJA ไม่มีผลเพิ่มฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าว

คำหลัก ไคโตซาน เมทิลจัสโมเนต เอลิซิเทอร์ แคลลัสฟักข้าว ต้านออกซิเดชัน

Abstract

Momordica cochinchinensis (Lour.) Spreng is climbing plant commonly known as gac, belongs to family Cucurbitaceae. All parts of gac accumulates secondary metabolites, which are carotenoid, fatty acid, vitamin E, polyphenol and flavonoid. The plant usage has been recorded in traditional medicine of many countries. Nowadays elicitors, such as chitosan and methyl jasmonate, are used to enhance secondary metabolite production. This study aims to induce callus and investigate the effect of chitosan and methyl jasmonate on antioxidant activity of gac callus in liquid medium. The shoot and node cultures were induced to generate callus on MS solid media supplemented with 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and benzyladenine (BA). The best formula for callus induction was MS medium supplemented with (0.8

mg/l 2,4-D + 0 mg/l BA), (0.8 mg/l 2,4-D + 0.4 mg/l BA) and (0.8 mg/l 2,4-D + 0.8 mg/l BA). High molecular weight chitosan, low molecular weight chitosan or methyl jasmonate (MeJA) were added in liquid medium to elicit the callus cultures at day-18. Then antioxidant activities of the callus were determined at day-20 and day-22. The results showed that chitosan and MeJA were not increase antioxidant activities of the gac callus at day-20 and day-22.

Keywords: Chitosan; Methyl jasmonate; Elicitation; Gac callus; Antioxidant

1. บทนำ

ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng.) เป็นพืชไม้เลื้อยในวงศ์ Cucurbitaceae ซึ่งในประเทศไทยพบฟักข้าวทั้งสายพันธุ์ไทยและสายพันธุ์เวียดนาม สามารถปลูกได้ในหลายภูมิภาคของประเทศ ฟักข้าวจัดอยู่ในกลุ่มพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณหลากหลาย ตามตำรายาแผนไทยกล่าวว่า ใบสดของฟักข้าวช่วยถอนพิษอักเสบต่างๆ ส่วนรากช่วยถอนพิษ ดับร้อน ถอนไข้ และเมล็ดช่วยบำรุงปอด รักษาวัณโรคได้ [1] ปัจจุบันมีรายงานว่าฟักข้าวประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด ได้แก่ สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ วิตามินอี กรดไขมันชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และสารทุติยภูมิ เช่น สารประกอบฟีนอลและสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [2] นอกจากนั้นยังมีรายงานว่าเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด (aril) ที่มีสีแดงของฟักข้าวมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยสารเบตาแคโรทีนปริมาณมากกว่าแครอทถึง 10 เท่าและอุดมไปด้วยสารไลโคปีนและกรดไขมันไม่อิ่มตัว จึงมีการสกัดเอาสารเหล่านี้มาทำผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง [3] จากสรรพคุณของฟักข้าวทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ จากฟักข้าวในท้องตลาดมากมาย เช่น สบู่ แชมพู ครีมทาหน้า น้ำดื่มฟักข้าว เป็นต้น ซึ่งการใช้สารสกัดจากพืชแทนการใช้สารเคมีย่อมปลอดภัยต่อผู้ใช้และไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม แต่การใช้สารสกัดจากพืชมักมีข้อจำกัดคือ สารเหล่านี้มีปริมาณน้อยในธรรมชาติ หรือใช้ระยะเวลานานในการปลูก เช่น *Panax ginseng* ใช้ระยะเวลาการปลูกนานถึง 6 ปี จึงจะสามารถสกัดสารจากรากมาใช้ประโยชน์ได้ [4] ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการทดลองเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิขึ้นด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช [5] ซึ่งมีรายงานว่าแคลลัสของพืชหลายชนิดสามารถผลิตสารทุติยภูมิได้ในระหว่างที่ทำการเพาะเลี้ยง เช่น การเพาะเลี้ยงแคลลัสของ *Bletilla striata* Rchb. f. สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ ได้ [6] นอกจากนั้นยังมีการศึกษาการเพิ่มปริมาณสารทุติยภูมิโดยอาศัยกระบวนการ elicitation อย่างแพร่หลาย ซึ่ง elicitation หมายถึงการใช้โมเลกุลหรือสภาวะที่มีคุณสมบัติชักนำเซลล์พืชให้สร้างสารทุติยภูมิเพิ่มขึ้น โดยโมเลกุลหรือสภาวะดังกล่าวเรียกว่า เอลิสิเทอร์ (elicitor) [7] ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาเอลิสิเทอร์ 2 ชนิด คือ ไคโตซานและเมทิลจัสโมเนต สำหรับไคโตซานเป็น biopolymer ที่สังเคราะห์มาจากไคติน โดยพบที่ผนังเซลล์ของพวกเห็ดราและยังเป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกแข็งที่ห่อหุ้มตัวสัตว์ที่มีข้อปล้องได้แก่ แมลงต่างๆ ปู และกุ้ง [8] สำหรับไคโตซานนั้นมีบทบาททางสรีระวิทยาและการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งยังสามารถชักนำกลไกการป้องกันตัวเองของพืชเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม [9] และนอกจากนั้นยังมีบทบาทชักนำการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ซึ่งเป็น key enzyme ใน pathway ของการสังเคราะห์สารประกอบฟีโนลิก [10] ซึ่ง Zhang และ คณะ ในปี ค.ศ. 2000 ได้รายงานว่าการเติมไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเซลล์แขวนลอยของ *Taxus chinensis* ในอาหารเหลว ทำให้การสร้างสาร paclitaxel เพิ่มขึ้น [11] สำหรับเอลิสิเทอร์อีกหนึ่งตัวที่จะกล่าวถึงคือเมทิลจัสโมเนตซึ่งเป็นสารที่สังเคราะห์มาจาก linolenic acid ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ โดยทำหน้าที่เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณที่สำคัญในการตอบสนองต่อปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ ซึ่งส่งผลต่อสรีระวิทยาต่างๆ ของพืช เช่น การเกิดดอก การสุกของผล การเจริญของราก การหลุดร่วงของใบ รวมถึงเกี่ยวข้องกับกลไกป้องกันตัวเองเมื่อพืชอยู่ในสภาวะเครียดหรือเมื่อมีสิ่งมีชีวิตก่อโรค (pathogen) เข้ามาจู่โจม และรายงานของ Milan, Mandoulakani และ Kheradmand ในปี ค.ศ. 2017 พบว่าเมทิลจัสโมเนตมีบทบาทชักนำการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase ในกระบวนการชีวสังเคราะห์ของสารประกอบฟีนอลอีกด้วย [12]

จากคุณประโยชน์ของฟักข้าวที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ฟักข้าวได้รับความสนใจและเป็นที่ต้องการในการอุปโภคและบริโภคในปัจจุบัน ประกอบกับการศึกษาทดลองของฟักข้าวมีค่อนข้างน้อย หากมีข้อมูลการใช้เอลิสิเทอร์เพื่อเพิ่มฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าว อาจสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในอุสาหกรรมต่างๆได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการชักนำแคลลัสฟักข้าวและผลของเอลิสิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลว

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมพืชให้อยู่ในสภาวะปลอดเชื้อ

ล้างเมล็ดฟักข้าวจากผลสุกด้วยน้ำเปล่าให้เนื้อเยื่อสีแดง (aril) หลุดออกจากผิวเมล็ด เมื่อล้างสะอาดแล้วตากเมล็ดให้แห้ง และฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวเมล็ด (surface sterilization) ด้วย 95% เอทานอล เป็นเวลา 5 นาที และแช่ใน 20% Haiter™ + 0.01% tween 20 เป็นเวลา 20 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3 รอบ รอบละ 5 นาที จากนั้นนำเมล็ดฟักข้าวที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วมากะเทาะเปลือกออกแล้วเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS เป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกจำนวนเมล็ดที่งอก จำนวนเมล็ดที่ปนเปื้อน และคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอก

2.2 การชักนำแคลลัส

ตัดส่วนยอดและส่วนข้อของต้นฟักข้าวที่ปลอดเชื้อจากข้อ 2.1 มาเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) และ Benzyladenine (BA) ที่มีสัดส่วนความเข้มข้นต่างกัน 12 สูตร (ศึกษาสูตรละ 6 ขวด ขวดละ 3 ตัวอย่าง) ดังแสดงในตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลองหลังผ่านไป 4 สัปดาห์ และเก็บผลการเจริญเติบโต โดยชั่งน้ำหนักแห้งและลักษณะของแคลลัสที่ได้จากการชักนำในแต่ละสูตร วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย One way ANOVA และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.3 การตรวจสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลวเมื่อเติมเอลิสิเทอร์

2.3.1 การศึกษาการเจริญเติบโตของแคลลัส

นำแคลลัสน้ำหนักเริ่มต้น 0.25 กรัม มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวซึ่งมีการเติมฮอร์โมน 2,4-D และ BA ในสัดส่วนที่ให้ผลดีที่สุดจากข้อ 2.2 จากนั้นศึกษาการเจริญเติบโตโดยชั่งน้ำหนักแห้งของแคลลัสทุกๆ 4 วัน นับจากวันที่ 4 จนถึงวันที่ 28 รวมเป็น 8 ช่วงเวลา โดยบันทึกผลการทดลองในแต่ละช่วงเวลาอย่างน้อย 6 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลผลการทดลองมาสร้าง growth curve หาช่วงเวลาที่แคลลัสมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเพื่อนำมาใช้ในการทดลองข้อ 2.3.2

ตารางที่ 1 ชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้ในการชักนำการเกิดแคลลัสจากส่วนยอดและส่วนข้อของฟักข้าวปลอดเชื้อในอาหารแข็งสูตร MS

อาหารสูตรที่	2,4-D (มก./ล.)	BA (มก./ล.)
1	0	0
2	0.8	0
3	0.8	0.4
4	0.8	0.8
5	0.8	1.6
6	1.4	0
7	1.4	0.7
8	1.4	1.4
9	1.4	2.0
10	2.0	0
11	2.0	1.0
12	2.0	2.0

2.3.2 ผลของเอลิสิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

เพาะเลี้ยงแคลลัสในอาหารเหลวเช่นเดียวกับข้อ 2.3.1 แต่มีการเติมเอลิสิเทอร์ ในวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงแคลลัส สำหรับเอลิสิเทอร์ที่ใช้ประกอบด้วยไคโตซาน 2 ชนิด คือ high molecule weight chitosan (HMC) และ low molecule weight chitosan (LMC) ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เมทิลจัสโมเนต (MeJA) 100 และ 150 ไมโครโมลาร์ โดยมีชุดควบคุม 3 ชุด ประกอบด้วย ชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมเอลิสิเทอร์ ชุดควบคุมกรดอะซิตริกซึ่งเป็นตัวทำละลายของไคโตซาน และชุดควบคุมเอทานอลซึ่งเป็นตัวทำละลายของ MeJA [13] เก็บผลการทดลองในวันที่ 2 และ 4 หลังเติมอิลิสิเทอร์ สูตรละ 6 ตัวอย่าง โดยชั่งน้ำหนักแคลลัสที่ได้และใช้ตรวจสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

การตรวจสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากแคลลัส นำตัวอย่างแคลลัสมาสกัดโดยดัดแปลงจากวิธีของ Giri และคณะ ค.ศ. 2012 [14] สกัดแคลลัสด้วย 80% เมทานอล ในสัดส่วน 1 กรัมต่อ 8 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer แล้วดูดส่วนใสกรองผ่าน nylon syringe filter เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ -80 เซลเซียส จนกว่าจะนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ประกอบด้วย
- การขจัดอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ตามวิธีของ Thiruvengadam และ คณะ ค.ศ. 2016 [15]
- สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content) โดยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric ตามวิธีของ Thiruvengadam และ คณะ ค.ศ. 2016 [15]

2.3.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการทดลองจะถูกวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี One way ANOVA และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. ผลการทดลอง

3.1 การเตรียมพืชให้อยู่ในสภาวะปลอดเชื้อ

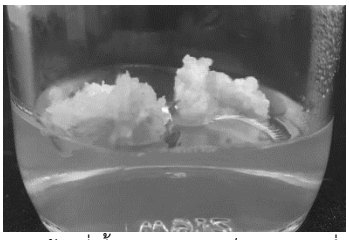
ผลการฟอกฆ่าเชื้อโดยใช้เมล็ดของผลฟักข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2 จากเมล็ดเริ่มต้นจำนวน 75 เมล็ด เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS พบว่าเมล็ดปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ จำนวน 5 ขวด คิดเป็นการปนเปื้อนร้อยละ 6.67 และเมล็ดงอก 64 เมล็ด คิดเป็นการงอกร้อยละ 85.33 สำหรับช่วงเวลาการงอกของเมล็ดใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์หลังจากนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร

ตารางที่ 2 ผลการฟอกฆ่าเชื้อของเมล็ดฟักข้าว

จำนวนเมล็ดเริ่มต้น (เมล็ด)	จำนวนเมล็ดที่ปนเปื้อน (เมล็ด)	จำนวนเมล็ดที่งอก (เมล็ด)	เปอร์เซ็นต์การงอก (%)
75	5	64	85.33

3.2 การชักนำแคลลัส

การชักนำแคลลัสของเนื้อเยื่อส่วนยอดและส่วนข้อของต้นฟักข้าวปลอดเชื้อบนอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วยฮอร์โมน 2,4-D และ BA ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน 12 สูตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3 โดยพบว่าสูตรอาหารที่ไม่ได้เติมฮอร์โมน 2,4-D และ BA ทั้งชิ้นส่วนยอดและส่วนข้อเกิดแคลลัสต่ำกว่าสูตรอาหารที่เติมฮอร์โมน และแคลลัสที่ชักนำจากส่วนข้อมีน้ำหนักแห้งน้อยกว่าแคลลัสที่ชักนำจากส่วนยอด โดยแคลลัสที่ชักนำจากส่วนยอดในอาหารเพาะเลี้ยงสูตรที่ 2 (0.8 มก./ล. 2,4-D + 0 มก./ล. BA) สูตรที่ 3 (0.8 มก./ล. 2,4-D + 0.4 มก./ล. BA) และ สูตรที่ 4 (0.8 มก./ล. 2,4-D + 0.8 มก./ล. BA) มีน้ำหนักมากที่สุดเมื่อเทียบกับอาหารสูตรอื่น คือ 540±0.01 520±0.0059 และ 620±0.0089 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองชักนำแคลลัสของ *Momordica tuberosa* [16] สำหรับลักษณะของแคลลัสในสูตรอาหารแต่ละสูตรพบว่าด้านนอกของแคลลัสมีลักษณะเป็น friable คือ การรวมกลุ่มของเซลล์อย่างหลวมๆ และด้านในของแคลลัสมีลักษณะเป็น compact คือ การรวมกลุ่มของเซลล์โดยเกาะกลุ่มกันแน่น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1 แต่สำหรับการทดลองศึกษาผลของเอลิซิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลว ได้นำแคลลัสที่ชักนำจากยอดด้วยอาหารสูตรที่ 4 ไปศึกษา เนื่องจากแคลลัสในสูตรที่ 4 มีสุขภาพดีกว่าแคลลัสในสูตรที่ 2 และ 3



รูปที่ 1 แคลลัสฟักข้าวที่เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ซึ่งประกอบด้วย 2,4-D ความเข้มข้น 0.8 มก./ล. และ BA ความเข้มข้น 0.8 มก./ล.

3.3 ผลของเอลิสิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

3.3.1 การศึกษาการเจริญเติบโตของแคลลัสในอาหารเหลว

เมื่อนำแคลลัสที่ชักนำจากชิ้นส่วนยอดมาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.8 มก./ล. ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0.8 มก./ล. และวัดการเจริญเติบโตด้วยน้ำหนักแห้ง ของวันที่ 0 4 8 12 16 20 24 และ 28 ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2 พบว่าแคลลัสเข้าสู่ระยะถดถอย (deceleration stage) หลังวันที่ 16 และเข้าสู่ระยะคงที่ในช่วงวันที่ 20 (stationary stage) ดังนั้นในช่วงหลังวันที่ 16 ถึง 20 จึงเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเติมเอลิสิเทอร์ เนื่องจาก deceleration stage เป็นระยะที่การเจริญเติบโตช้าลงเนื่องจากอัตราการแบ่งเซลล์ลดลง และเริ่มสะสมสารที่เป็นประโยชน์ต่อเซลล์ หรือสารพิษที่เกิดจากผลผลิตจากเซลล์จากการเจริญเติบโต [17] ซึ่งสารเหล่านี้อาจจะเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารทุติยภูมิในพืช และนอกจากนั้นยังมีรายงานว่าแมทาบอลิซึมของเซลล์ในระยะนี้สูงกว่า stationary stage ดังนั้น deceleration stage จึงเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเติมเอลิซิเทอร์ [18] [19]

ตารางที่ 3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการชักนำการเกิดแคลลัสของชิ้นส่วนยอดและชิ้นส่วนข้อจากต้นฟักข้าวปลอดเชื้อ

อาหารสูตรที่	**น้ำหนักแห้งของแคลลัสที่ชักนำจากส่วนยอด (มก.)***	**น้ำหนักแห้งของแคลลัสที่ชักนำจากส่วนข้อ (มก.)***
1	4 ± 0.0006^{i}	7 ± 0.0006^{hi}
2	540 ± 0.01^{a}	260 ± 0.004^{bcde}
3	520 ± 0.0059^{a}	300 ± 0.0047^{bcd}

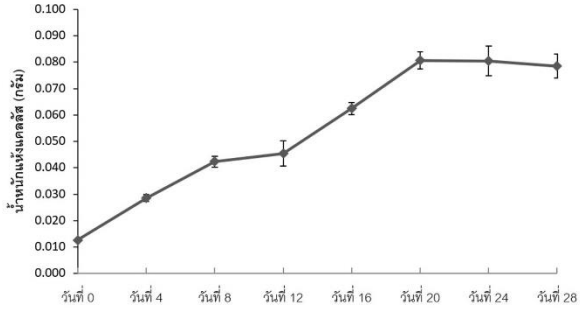
อาหารสูตรที่	น้ำหนักแห้งของแคลลัสที่ชักนำจากส่วนยอด (มก.)*	น้ำหนักแห้งของแคลลัสที่ชักนำจากส่วนข้อ (มก.)*
4	620±0.0089^{a}	320±0.0039^{bc}
5	330±0.0048^{bc}	230±0.0056^{cdefg}
6	170±0.0019^{defghi}	250±0.0036^{bcdef}
7	370±0.0036^{b}	250±0.0029^{bcdefg}
8	110±0.0023^{ghi}	70±0.0006^{hi}
9	190±0.0023^{cdefgh}	170±0.0018^{defgh}
10	120±0.0017^{fghi}	260±0.0051^{bcde}
11	240±0.0024^{bcdefg}	110±0.0009^{ghi}
12	260±0.003^{bcde}	140±0.0022^{efghi}

* ค่าเฉลี่ย ± SE ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี Duncan Multiple Range Test

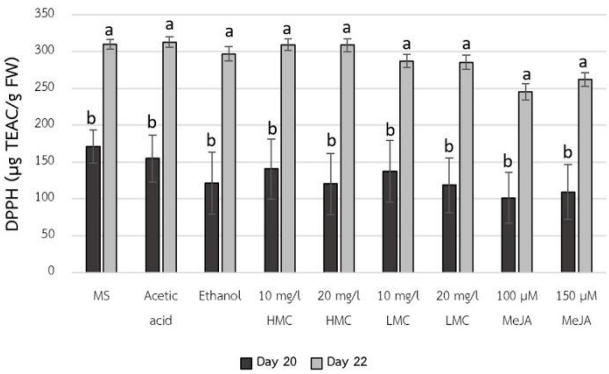
3.3.1 ผลของเอลิสิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

จากการตรวจสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH แสดงดังรูปที่ 3 พบว่าสารสกัดจากแคลลัสของวันที่ 4 หลังจากเติมเอลิซิเทอร์ (วันที่ 22 ของการเลี้ยงแคลลัสในอาหารเหลว) ในสูตรอาหาร MS และสูตรอาหารที่เติมไคโตซานและเมทิลจัสโมเนต ในทุกความเข้มข้นมีความสามารถต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสารสกัดจากแคลลัสของวันที่ 2 หลังจากเติมเอลิซิเทอร์ ซึ่งจากผลการทดลองกล่าวได้ว่าในวันที่ 4 อาหารเพาะเลี้ยงมีธาตุอาหารลดลงจากวันที่ 2 ซึ่งทำให้เกิดสภาวะ osmotic stress ได้ ซึ่งมีรายงานว่าเมื่อเลี้ยงเซลล์พืชในอาหารที่อยู่ในสภาวะ osmotic stress พืชจะสร้างสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น [20] และนอกจากนั้นยังพบว่ากรดอะซิตริกและเอทานอล ซึ่งเป็นสารละลายที่ใช้เตรียมไคโตซานและเมทิลจัสโมเนต ไม่มีผลต่อการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้เติมเอลิซิเทอร์ (MS) เช่นเดียวกับชุดการทดลองอื่นๆ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลของสารสกัดจากแคลลัส พบว่าสารสกัดจากแคลลัสของวันที่ 4 หลังจากเติมเอลิซิเทอร์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลลดลงเมื่อเทียบกับวันที่ 2 (รูปที่ 4) กล่าวได้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลอาจเพิ่มขึ้นก่อนในช่วงวันที่ 2 ของการเติมเอลิซิเทอร์ แล้วลดลงในช่วงวันที่ 2 และวันที่ 4 เนื่องจากโมเลกุลของไคโตซาน ซึ่งพบที่ผนังเซลล์ของพวกเห็ดรา [21] เมื่อไคโตซานเข้าจับกับเซลล์พืชทำให้เกิดกลไกป้องกันตัวเองของเซลล์พืช โดยส่งผลทางสรีระวิทยาและการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งยังสามารถชักนำกลไกการป้องกันตัวเองของพืชเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม [19] ซึ่งกลไกการป้องกันตัวเองของพืชอาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจึงไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่พืชสร้างออกมาป้องกันตัวเองในการทดลองเมื่อเติมเอลิซิเทอร์ สำหรับเมทิลจัสโมเนต มีรายงานว่ามีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการส่งต่อสัญญาณ (signal transduction) ที่เกี่ยวข้องกับยีนที่ป้องกันพืชจากเชื้อโรค [22] ปัจจุบันมีการนำเมทิลจัสโมเนตมาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงเซลล์พืช เนื่องจากมีคุณสมบัติกระตุ้นการสร้างสารทุติยภูมิ [23] ซึ่งการตอบสนองของเซลล์จากการเติมเมทิลจัสโมเนตอาจเป็นเช่นเดียวกับการเติมไคโตซาน คืออาจเกิดขึ้นก่อนเก็บผลการทดลองในวันที่ 2 ทำให้ไม่สามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงได้

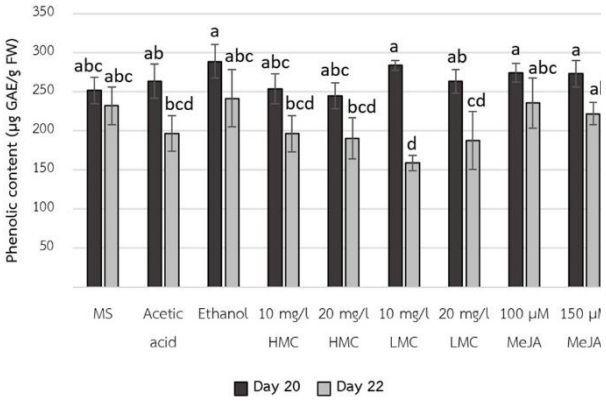
4. สรุปผลการทดลอง



รูปที่ 2 การเจริญเติบโตของแคลลัสที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MS ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.8 มก./ล. และ BA ความเข้มข้น 0.8 มก./ล. ในช่วงเวลาการเติบโตของวันที่ 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 และ 28 ตามลำดับ



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพในการขจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตัวอย่างแคลลัสฟักข้าวที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว ซึ่งทดสอบโดยวิธี DPPH



รูปที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกของสารสกัดจากแคลลัสฟักข้าวที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว

การศึกษาการชักนำแคลลัสฟักข้าวจากต้นปลอดเชื้อในห้องทดลอง พบว่าส่วนยอดที่เลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS ที่ประกอบด้วย 0.8 มก./ล. 2,4-D และ 0.8 มก./ล. BA มีแนวโน้มสามารถชักนำการเกิดแคลลัสได้ดีที่สุด โดยอาหารสูตร MS ที่ประกอบด้วย 0.8 มก./ล. 2,4-D และ 0 มก./ล. BA รวมทั้งอาหารสูตร MS ที่ประกอบด้วย 0.8 มก./ล. 2,4-D และ 0.4 มก./ล. BA สามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ดีเช่นเดียวกันโดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษาผลของเอลิซิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน พบว่าทั้งไคโตซานและเมทิลจัสโมเนต ไม่มีผลเพิ่มฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในวันที่ 2 และวันที่ 4 หลังการเติมเอลิซิเตอร์ ซึ่งอาจเกิดจากการเก็บตัวอย่าง (harvest) ช้าทำให้ไม่เห็นการตอบสนองของเซลล์ ซึ่งข้อมูลจากการทดลองนี้อาจเป็นประโยชน์แก่ผู้ศึกษาผลของเอลิซิเทอร์ต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของแคลลัสฟักข้าวในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก
- ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อมและสรีระวิทยาของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- โครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย)

เอกสารอ้างอิง

[1] Chuyen, H. V., Nguyen, M. H., Roach, P. D., Golding, J. B., Parks, S. E. 2015. Gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng.): a rich source of bioactive compounds and its potential health benefits. *International Journal of Food Science and Technology*. 50, 567-577.

[2] Kha, T. C., Nguyen, M. H., Roach, P. D., Parks, S.E., Stathopoulos, C. 2013. Gac fruit: nutrient and phytochemical composition, and options for processing. *Food Reviews International*. 29, 92-106.

[3] Müller Maatsch, J., Sprenger, J., Hempel, J., Kreiser, F., Carle, R., Schweiggert, R. M. 2017. Carotenoids from gac fruit aril (*Momordica cochinchinensis* [Lour.] Spreng.) are more bioaccessible than those from carrot root and tomato fruit. *Food Research International*. 99, 928-935.

[4] Soldati, F. and Tanaka, O. 1984. *Panax ginseng*: relation between age of plant and content of ginsenosides. *Planta Medica*. 50, 351-352.

[5] Veraplakorn, V. 2016. Micropropagation and callus induction of *Lantana camara* L.– a medicinal plant. *Agriculture and Natural Resources*. 50, 338-344.

[6] Pan, Y., Li, L., Xiao, S., Chen, Z., Sarsaiya, S., Zhang, S., ShangGuan, Y., Liu, H., Xu, D. 2020. Callus growth kinetics and accumulation of secondary metabolites of *Bletilla striata* Rchb. f. using a callus suspension culture. *PloS One*. 15.

[7] Thakur, M. and Sohal, B. S. 2013. Role of elicitors in inducing resistance in plants against pathogen infection: a review. *International Scholarly Research Notices*. 2013.

[8] Malerba, M. and Cerana, R. 2016. Chitosan effects on plant systems. *International Journal of Molecular Sciences*. 17, 996.

[9] Katiyar, D., Hemantaranjan, A., Singh, B. 2015. Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. *Indian Journal of Plant Physiology*. 20, 1-9.

[10] Esmaeilzadeh Kenari, R., Mohsenzadeh, F., Amiri, Z. R. 2014. Antioxidant activity and total phenolic compounds of Dezful sesame cake

extracts obtained by classical and ultrasound-assisted extraction methods. *Food Science and Nutrition*. 2, 426-435.

[11] Zhang, C. H., Mei, X. G., Liu, L., Yu, L. J. 2000. Enhanced paclitaxel production induced by the combination of elicitors in cell suspension cultures of *Taxus chinensis*. *Biotechnology Letters.* 22, 1561-1564.

[12] Milan, E. B., Mandoulakani, B. A., Kheradmand, F. 2017. The effect of methyl jasmonate on the expression of phenylalanine ammonia lyase and eugenol-o-methyl transferase genes in basil. *Philippine Agricultural Scientist.* 100, 163-167.

[13] Chung, I. M., Rekha, K., Rajakumar, G., Thiruvengadam, M. 2017. Jasmonic and salicylic acids enhanced phytochemical production and biological activities in cell suspension cultures of spine gourd (*Momordica dioica* Roxb). *Acta Biologica Hungarica*. 68, 88-100.

[14] Giri, L., Dhyani, P., Rawat, S., Bhatt, I. D., Nandi, S. K., Rawal, R. S., Pande, V. 2012. *In vitro* production of phenolic compounds and antioxidant activity in callus suspension cultures of *Habenaria edgeworthii*: a rare Himalayan medicinal orchid. *Industrial Crops and Products*. 39, 1-6.

[15] Thiruvengadam, M., Rekha, K., Chung, I. M. 2016. Induction of hairy roots by Agrobacterium rhizogenes-mediated transformation of spine gourd (*Momordica dioica* Roxb. ex. willd) for the assessment of phenolic compounds and biological activities. *Scientia Horticulturae*. 198, 132-141.

[16] Shanmugapriya, R. and Poornima, S. 2016. Callogenic response of various parts of *Momordica tuberosa* (Cogn) Roxb. *International Journal of Applied Research*. 2, 625-627.

[17] Liu, Z. B., Chen, J. G., Yin, Z. P., Shangguan, X. C., Peng, D. Y., Lu, T., Lin, P. 2018. Methyl jasmonate and salicylic acid elicitation increase content and yield of chlorogenic acid and its derivatives in *Gardenia jasminoides* cell suspension cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 134, 79-93.

[18] Buitelaar, R.M., Cesário, M.T., Tramper, J. 1992. Elicitation of thiophene production by hairy roots of *Tagetes patula*. *Enzyme and Microbial Technology*. 14, 2–7.

[19] Cheng, X.Y., Zhou, H.Y., Cui, X., Ni, W., Liu, C. Z. 2006. Improvement of phenylethanoid glycosides biosynthesis in *Cistanche deserticola* cell suspension cultures by chitosan elicitor. *Journal of Biotechnology*. 121, 253–260.

[20] Halder, M., Sarkar, S., Jha, S. 2019. Elicitation: A biotechnological tool for enhanced production of secondary metabolites in hairy root cultures. *Engineering in Life Sciences*. 19, 880-895.

[21] Malerba, M. and Cerana, R. 2016. Chitosan effects on plant systems. *International Journal of Molecular Sciences*. 17, 996.

[22] Farmer, E.E. and Ryan, C. A. 1990. Interplant communication: airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 87, 7713-7716.

[23] Uppalapati, S. R., Ayoubi, P., Weng, H., Palmer, D. A., Mitchell, R. E., Jones, W., Bender, C. L. 2005. The phytotoxin coronatine and methyl jasmonate impact multiple phytohormone pathways in tomato. *The Plant Journal*. 42, 201-217.

ID046

ผลของการงอกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ

Effect of Germination on Bioactive Compounds and Antioxidant Activities in Soy-Adzuki Milk

ศตวรรษ หาดอ้าน[1*] และ เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์[1]
[1]ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[*]E-mail: 6072103523@student.chula.ac.th

Sattawat Hatan[1*] and Kiattisak Duangmal[1]
[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
[*]E-mail: 6072103523@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเพาะงอกระยะสั้น (0-36 ชั่วโมง) ต่อองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในถั่วเหลืองและถั่วอะซูกิ ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการงอกส่งผลให้ปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันหยาบลดลง และปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพภายในเมล็ดเพิ่มขึ้น เช่น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยการเพาะถั่วเหลืองที่ 36 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่ให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 2.05±0.07 mg GAE/g bean (db.) ซึ่งมีปริมาณสูงที่สุดในสภาวะที่ทดลอง และการพัฒนาสูตรน้ำนมถั่วเหลืองผสมจากการแปรอัตราส่วนระหว่างน้ำนมถั่วเหลือง:น้ำนมถั่วอะซูกิ:น้ำตาล 4 สูตร พบว่าสูตร 75:20:5 ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (95:0:5) จากการเปรียบเทียบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในน้ำนมสูตร 75:20:5 ระหว่างน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิเพาะงอกกับน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิไม่เพาะงอก พบว่าน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิเพาะงอกมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิไม่เพาะงอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ถึงแม้ว่าน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิเพาะงอกมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันระหว่างน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิเพาะงอกกับน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิไม่เพาะงอก ($p > 0.05$)

คำหลัก สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การเพาะงอก น้ำนมถั่วเหลือง ถั่วอะซูกิ

Abstract

The research was aimed to investigate the effect of short-time germination (0-36 hr) on chemical composition and bioactive compounds in soy and adzuki bean. The results showed that germination resulted in increasing crude protein and bioactive compounds (total phenolic content and total flavonoids content) with decreasing crude fat content. Germination of soybean seeds for 36 hr provided the highest total phenolic content amounting to 2.05±0.07 mg GAE/g bean (db.). Four soy-adzuki milk formulas were varied with a ratio of soy milk (75-90) : adzuki milk (0-20) : sugar (5). The antioxidant activity of soy-adzuki milk at the ratio 75:20:5 significantly increased compared to the control, 95:0:5 ($p \leq 0.05$). Germinated soy-adzuki milk showed the higher amount of bioactive compounds compared to the non-germinated soy-adzuki milk. Although bioactive compound of germinated soy-adzuki milk was increased, its antioxidant

activity was not significantly different from that of non-germinated soy-adzuki milk ($p>0.05$).

Keywords: bioactive compounds, germination, soy milk, adzuki bean

1. บทนำ

เครื่องดื่มน้ำนมถั่วเหลือง (soy milk) เป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองหรือส่วนหนึ่งส่วนใดจากถั่วเหลือง มีลักษณะเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน อาจผสมวัตถุอื่นที่มีคุณค่าทางอาหารด้วยหรือไม่ก็ได้ มีโปรตีนร้อยละโดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า 2 มีไขมันร้อยละโดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า 1 มีกลิ่นรสตามลักษณะของน้ำนมถั่วเหลือง ไม่มีวัตถุกันเสีย ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 198 [1] ถั่วเหลือง (*Glycine max*) เป็นแหล่งโปรตีนที่สามารถบริโภคได้ทั้งผู้บริโภคเนื้อสัตว์และมังสวิรัติ ในถั่วเมล็ดแห้งมีโปรตีนประมาณร้อยละ 35 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าเนื้อสัตว์ต่างๆ ประมาณ 2 เท่า [2] จากรายงานของ USDA พบว่าในถั่วเหลืองระยะสมบูรณ์ (mature seed) ที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ มีกรดอะมิโนจำเป็นชนิด ลิวซีน (leucine) และไลซีน (lysine) สูง แต่กรดอะมิโนจำเป็นชนิด เมไทโอนีน (methionine) ต่ำ นอกจากนี้ในถั่วเหลืองยังมีสารที่ไม่ให้คุณค่าทางอาหารแต่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นั่นคือไอโซฟลาโวน (isoflavone) เป็นกลุ่มของสารประเภทฟลาโวนอยด์ (flavonoids) Prakash *et al*. [3] พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณไอโซฟลาโวน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (free radical-scavenging activity, FRSA) ด้วยเทคนิค 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) radical scavenging จากถั่วเหลือง 30 สายพันธุ์ มีค่า 6.4-81.7 mg GAE/g (db.), 3.5-44.6 mg QE/g (db). และ ร้อยละ 7.5-74.7 ตามลำดับ

แต่อย่างไรก็ดีการทดแทนน้ำนมถั่วเหลืองด้วยน้ำนมจากธัญพืชที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลายในทวีปเอเชีย ได้แก่ ถั่วอะซูกิ (*Vigna angularis*) ซึ่งถูกกล่าวถึงว่าเป็น “weight loss bean” ที่ให้พลังงานและมีไขมันต่ำ [4,5] เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นถั่วเมล็ดแห้งที่มีโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุสูง ไขมันส่วนใหญ่เป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น linoleic (18:2n-6) ร้อยละ 31.9-32.7 และ alfa-linolenic (18:3n-3) ร้อยละ 25.4-26.8 ซึ่งเป็นไขมันไม่อิ่มตัวที่ร่างกายต้องการ และอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีประโยชน์ในการต้านออกซิเดชัน Lou *et al*. [6] เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดระหว่างถั่วอะซูกิและถั่วเขียว พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในถั่วอะซูกิสูงกว่าในถั่วเขียวประมาณร้อยละ 42 ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในถั่วอะซูกิให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยเทคนิค DPPH radical-scavenging activity แสดงให้เห็นว่าในถั่วอะซูกิมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันที่สูงกว่าถั่วเขียวเนื่องจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สูงกว่า

การงอกของเมล็ด หมายถึงการเจริญเติบโตของเอมบริโอภายในเมล็ด งอกออกจากเมล็ดเป็นต้นใหม่ ในระยะแรกของกระบวนการงอกเมล็ดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเมล็ด เช่น เกิดการสลายตัวของโปรตีนเป็นโพลีเพปไทด์ โอลิโกเพปไทด์ กรดอะมิโน เกิดการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ มอโนแซ็กคาไรด์ และเกิดการสลายตัวของไขมันเป็นกรดไขมัน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวส่งผลต่อการลดลงของสารอาหารในเมล็ดที่กำลังงอก นอกจากนี้การงอกยังส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพได้แก่ วิตามิน กรดอะมิโน และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก [7] โดยทั่วไปการงอกจะทำในสภาวะมืด ที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส Wang *et al*. [8] วิเคราะห์ถั่วเหลืองเพาะงอก 5 วัน ในสภาวะมืด พบว่าปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) และวิตามินอีรวม (total tocopherols) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้น 7 และ 1.6 เท่าจากเมล็ดแห้งเริ่มต้น และปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่นเดียวกับการเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในถั่วเขียวเพาะงอก [9]

ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการงอกระยะสั้น (0-36 ชั่วโมง) ต่อองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในถั่วเหลืองและถั่วอะซูกิ เพื่อเปรียบเทียบผลของการงอกต่อลักษณะทางกายภาพ

องค์ประกอบทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในถั่วเพาะงอกเพื่อคัดเลือกเวลาในการเพาะงอก

เพาะถั่วเหลืองและถั่วอะซูกิบนทรายเปียกชั้นล่างหนา 0.5 เซนติเมตร และกลบทับด้วยทรายเปียกหนา 0.5 เซนติเมตร (อัตราส่วนทราย : น้ำ คือ 1 kg : 150 ml) ในถาดอะลูมิเนียมขนาด 22x29 เซนติเมตร โดยถั่วอะซูกิมีการแช่น้ำก่อนเพาะ 12 ชั่วโมง เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดแข็งแรงยากต่อการซึมผ่านของน้ำ เมื่อเพาะครบตามเวลาที่กำหนด (0 24 30 และ 36 ชั่วโมง) นำไปนึ่ง 10 นาที บดละเอียดด้วยเครื่องปั่นแห้งที่ความเร็วสูงสุด 3 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีนหยาบ ปริมาณไขมันหยาบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content, TPC) และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid content, TFC) ด้วยวิธีการดังนี้

2.1.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC [10] ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียดหนัก 2.xxxx กรัม อบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่

2.1.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein) ด้วย Kjeldahl method ตามวิธีของ AOAC [10] ปริมาณโปรตีนหยาบ คำนวนจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด x โปรตีนแฟคเตอร์ (factor 6.25)

2.1.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมันหยาบ (crude fat) ด้วย Soxhlet extraction ตามวิธีของ AOAC [10]

2.1.4 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ถั่วเหลืองและถั่วอะซูกิเพาะงอกบดละเอียดถูกสกัดด้วยเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 อัตราส่วน 1:10 (w/v) ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 30±1 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 200 rpm นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g นาน 10 นาที สารละลายส่วนใสที่ได้จะถูกกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ก่อนวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วย Folin-Ciocalteu reagent ตามการดัดแปลงวิธีของ Waterhouse [11] แสดงผลหน่วย mg GAE/g bean (db.) และวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ตามวิธีของ Sritongtae *et al*. [12] แสดงผลหน่วย mg CAE/g bean (db.) สภาวะที่ถูกคัดเลือกต้องส่งผลให้ถั่วเพาะงอกมีปริมาณโปรตีนหยาบสูงกว่าชุดควบคุม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับชุดควบคุม มีปริมาณไขมันหยาบเพียงพอต่อการพัฒนาสูตร

2.2 วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิสูตรไม่เพาะงอก

2.2.1 เตรียมน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ ล้างถั่วเหลืองและถั่วอะซูกิด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง แล้วแช่น้ำด้วยอัตราส่วน 1:10 นาน 12 ชั่วโมง ถั่วเหลืองที่ผ่านการแช่จะถูกปั่นผสมกับน้ำ (อัตราส่วน 1:2.5) แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น จากนั้นนำส่วนน้ำนมที่ได้มาผสมกับน้ำตาล และน้ำนมถั่วอะซูกิ (อัตราส่วนถั่วอะซูกิต่อน้ำ 1:2) ที่สกัดด้วยวิธีเดียวกัน นำไป homogenization ด้วยความเร็วรอบ 7,000 rpm นาน 1 นาที แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที สูตรการผสมที่ใช้ได้จากการออกแบบตามทฤษฎีการออกแบบส่วนผสม (mixture design) แบบกำหนดอัตราส่วน ทั้งหมด 4 สูตร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรการผสมนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ

สูตร	นมถั่วเหลือง (ร้อยละ)	นมถั่วอะซูกิ (ร้อยละ)	น้ำตาล (ร้อยละ)
1 (ชุดควบคุม)	95	0	5
2	85	10	5
3	80	15	5
4	75	20	5

คัดเลือกน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิสูตรไม่เพาะงอก จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน สูตรที่ผ่านการคัดเลือกต้องมี ปริมาณโปรตีนหยาบและปริมาณ

ไขมันหยาบไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 198 และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง

2.2.2 วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพดังนี้ 1) ค่าความคงตัว (creaming index) ตามวิธีของ Prieoke *et al*. [13] บรรจุน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ 10 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมง โดยน้ำนมถั่วที่ถูกคัดเลือกจะต้องไม่เกิดการแยกชั้น วิเคราะห์ตามสูตร

$$Creaming\ index = \frac{H_L}{H_E} \times 100 \qquad (1)$$

โดยที่ H_L คือความสูงของชั้นซีรัม และ H_E คือความสูงของสารละลายทั้งหมด

2) ค่าสี L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี (Konica Minolta รุ่น CR-400, Japan) 3) ค่าความเป็นกรดด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Horiba รุ่น F-21, Kyoto, Japan) 4) ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง rotational viscometer (Fungilab รุ่น PREAMIUM series, Barcelona, Spain) ด้วยหัววัดเบอร์ 2 จับเวลาการวิเคราะห์ 1 นาที

2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบและปริมาณไขมันหยาบ

ปริมาณโปรตีนหยาบในน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิถูกวิเคราะห์ดังข้อ 2.1.2 และปริมาณไขมันหยาบถูกวิเคราะห์ด้วย Roese-Gottleieb method ตามขั้นตอนของ British Stardard 2472 [14]

2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน

สกัดตัวอย่างทั้ง 4 สูตรด้วยเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 อัตราส่วน 1:3 (v/v) ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 30±1 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 200 rpm นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g นาน 10 นาที สารละลายส่วนใสที่ได้ถูกกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ก่อนวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วย Folin-Ciocalteu reagent ตามการดัดแปลงวิธีของ Waterhouse [11] แสดงผลหน่วย mg GAE/ml วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ตามวิธีของ Sritongtae *et al.* [12] แสดงผลหน่วย mg CAE/ml และวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วย DPPH radical scavenging assay และ Ferric reducing oxidant power assay, FRAP [12] แสดงผลหน่วย µmol TE/ml

2.3 เปรียบเทียบน้ำนมถั่วเหลือง-อะซูกิสูตรไม่เพาะงอกกับนมถั่วเหลือง-อะซูกิสูตรเพาะงอก

นำถั่วเหลืองและถั่วอะซูกิที่ผ่านการเพาะงอกจากสภาวะที่คัดเลือกในข้อ 2.1 มาผลิตน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิสูตรเพาะงอกตามการผลิตในข้อ 2.2.1 แล้วเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันกับนมถั่วเหลือง-อะซูกิสูตรไม่เพาะงอกในสูตรเดียวกันที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.2

2.4 การออกแบบการทดลองและการประเมินผลทางสถิติ

ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS V.22 for Windows® (SPSS Inc., Chicago, IL) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการวิจัยจากข้อ 2.2 ด้วย Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการวิจัยจากข้อ 2.3 ด้วย t-test dependent ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลและการวิจารณ์งานวิจัย

3.1 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในถั่วเพาะงอก

จากการแปรเวลาในการเพาะงอก 0 24 30 และ 36 ชั่วโมงในถั่วเหลืองและถั่วอะซูกิ (ตารางที่ 2) พบว่ากระบวนการเพาะงอกมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยความชื้นในถั่วทั้งสองชนิดเพิ่มสูงขึ้น (สูงกว่าร้อยละ 50 ในทุกสภาวะ) ซึ่งความชื้นที่วิเคราะห์ได้เกี่ยวข้องกับดูดน้ำของเมล็ดระหว่างกระบวนการงอก [15]

ปริมาณโปรตีนหยาบในถั่วเหลืองเพาะงอกแตกต่างจากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการเพาะงอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และปริมาณโปรตีนหยาบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในการงอก โดยมีปริมาณโปรตีนหยาบสูงสุดที่เวลาในการเพาะ 36 ชั่วโมงแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับ

ปริมาณโปรตีนหยาบที่ได้จากการเพาะ 30 ชั่วโมง ผลการ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบในถั่วอะซูกิเพาะงอกทุก

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในถั่วเหลืองเพาะงอกและถั่วอะซูกิเพาะงอกที่เวลา 0-36 ชั่วโมง

ชนิดถั่ว	เวลาในการเพาะงอก (hr)	Moisture content (%)	Crude protein (g/100g bean db.)	Crude fat (g/100g bean db.)	Total phenolic compound (mg GAE/g bean db.)	Total flavonoid (mg CAE/g bean db.)
ถั่วเหลือง	0	7.43±0.32^{a}	45.24±0.24^{a}	16.65±0.28^{d}	1.04±0.05^{a}	0.34±0.05^{a}
	24	55.19±0.43^{b}	47.23±1.06^{b}	15.81±0.25^{c}	1.96±0.09^{bc}	0.29±0.06^{a}
	30	56.08±0.36^{b}	49.45±0.17^{c}	15.11±0.12^{b}	1.85±0.04^{b}	0.60±0.08^{b}
	36	58.72±0.54^{b}	49.61±0.26^{c}	14.38±0.25^{a}	2.05±0.07^{c}	0.56±0.05^{b}
ถั่วอะซูกิ	0	9.84±0.49^{a}	24.86±0.18^{a}	0.65±0.02^{a}	2.25±0.11^{b}	1.81±0.06^{b}
	24	58.5±0.77^{b}	26.24±0.27^{b}	1.05±0.03^{d}	1.95±0.04^{b}	0.85±0.05^{a}
	30	60.50±0.54^{c}	26.22±0.85^{b}	0.89±0.04^{c}	2.03±0.11^{ab}	0.87±0.06^{a}
	36	60.59±0.93^{c}	25.73±0.30^{b}	0.79±0.03^{b}	1.91±0.07^{a}	0.93±0.07^{a}

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) โดยเปรียบเทียบในถั่วชนิดเดียวกัน

ช่วงเวลามีปริมาณโปรตีนหยาบสูงกว่าถั่วอะซูกิที่ไม่ผ่านการเพาะงอกอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนหยาบสอดคล้องกับ Wongsiri *et al*. [16] เพาะถั่วเขียวที่ 0-24 ชั่วโมง พบว่าในระหว่างกระบวนการงอกปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและมีแนวโน้มสูงขึ้นต่อเนื่อง ซึ่งการเพิ่มขึ้นนั้นอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของ nonprotein nitrogen เช่น กรดอะมิโน โพลีเพปไทด์ และกรดนิวคลีอิก

ปริมาณไขมันหยาบในถั่วเหลืองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเพาะ 24 30 และ 36 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) และมีปริมาณไขมันหยาบแตกต่างจากถั่วเหลืองไม่เพาะงอก ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวของไขมันเมื่อระยะเวลาการงอกเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Kajla *et al*. [17] ทำการเพาะ flaxseed 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง พบว่าปริมาณไขมันหยาบ (db.) ลดลงประมาณร้อยละ 7 เมื่อผ่านการเพาะงอก เนื่องจากการงอกเมล็ดส่งผลให้ lipolytic enzyme ทำงาน ทำให้ไขมันถูกไฮโดรไลซ์กลายเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล ซึ่งถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานในการพัฒนาเอ็มบริโอ

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในถั่วเหลืองเพาะงอกสูงกว่าถั่วเหลืองไม่เพาะงอกอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) โดยการเพาะที่ 24 ชั่วโมงมีปริมาณสารประกอบฟีนอทั้งหมดสูงที่สุด (เพิ่มขึ้นร้อยละ 97 จากถั่วเหลืองไม่เพาะงอก) ผลการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสอดคล้องกับนักวิจัยเพาะถั่วเหลืองและถั่วเขียว (*Vigna radiata* cv. emmerald) พบว่ากระบวนการงอกเมล็ดมีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (db.) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับถั่วที่ไม่เพาะงอก [18]

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในถั่วอะซูกิเพาะงอกที่ 24 และ 36 ชั่วโมงมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) จากถั่วอะซูกิที่ไม่ผ่านการเพาะงอก ซึ่งการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเกิดจากการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการแช่น้ำ โดยมีปริมาณลดลงประมาณร้อยละ 34 หลังจากแช่น้ำ (1.49 mg GAE/g bean db.) และให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gujral et al. [19]

ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในถั่วเหลืองเพาะงอกที่เวลา 30 และ 36 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากถั่วเหลืองไม่เพาะงอกอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) ในขณะที่ถั่วอะซูกิเพาะงอกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดต่ำกว่าถั่วอะซูกิไม่เพาะงอก แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาในการงอก ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในระหว่างกระบวนการงอกสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guo *et al*. [20] ที่วิจัยเพาะถั่วเขียวที่ 0-9 วัน พบว่ามีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการงอกและคงที่ในวันที่ 7 ของการเพาะ

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ

สูตร	Creaming index ns	pH ns	Viscosity (cP)	Color				
				L*	a*	b*	chroma (C*)	Hue angle
1	0.00±0.00	6.53±0.01	45.80±0.61^{a}	75.81±0.35^{d}	-1.83±0.04^{a}	12.12±0.23^{d}	12.26±0.23^{d}	98.58±0.21^{d}
2	0.00±0.00	6.60±0.04	47.13±0.35^{a}	70.11±0.51^{c}	-0.24±0.02^{b}	6.97±0.32^{c}	6.97±0.32^{c}	91.93±0.13^{c}
3	0.00±0.00	6.60±0.05	49.16±0.57^{b}	68.29±0.34^{b}	0.35±0.05^{c}	5.80±0.08^{b}	5.81±0.08^{b}	86.57±0.42^{b}
4	0.00±0.00	6.60±0.04	59.23±0.54^{c}	66.52±0.26^{a}	0.85±0.08^{d}	4.90±0.36^{a}	4.79±0.34^{a}	80.04±1.34^{a}

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ตัวเลขที่มีอักษรในสดมภ์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

สูตร	Crude protein (g/100 g)	Crude fat (g/100 g)	Total phenolic compound (mg GAE/ml)	Total flavonoid (mg CAE/ml)	DPPH (µmol TE/ml)	FRAP (µmol TE/ml)
1	4.74±0.09^{b}	1.35±0.09^{b}	0.34±0.01^{b}	0.15±0.00^{a}	0.63±0.01^{a}	0.32±0.01^{a}
2	4.47±0.06^{a}	1.28±0.08^{ab}	0.30±0.01^{a}	0.16±0.00^{a}	0.73±0.00^{b}	0.36±0.01^{b}
3	4.49±0.08^{a}	1.24±0.06^{ab}	0.30±0.01^{a}	0.18±0.00^{b}	0.73±0.00^{b}	0.39±0.02^{c}
4	4.51±0.12^{a}	1.12±0.08^{a}	0.30±0.01^{a}	0.18±0.01^{b}	0.74±0.00^{c}	0.40±0.02^{c}

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ ของนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ

จากผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 3 ค่าดัชนีการแยกชั้นและค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในทุกสูตรการผสม ส่วนค่าความหนืดและค่าสี L* a* b* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำนมถั่วอะซูกิส่งผลให้น้ำนมมี 1) ความสว่างลดลง 2) ความเข้มของสี (C*) ลดลง 3) เฉดสี (Hue angle) เปลี่ยนโทนจากสีเหลืองไปเป็นสีแดงมากขึ้น

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ (ตารางที่ 4) พบว่าปริมาณโปรตีนหยาบในน้ำนมถั่วเหลืองสูตรควบคุมมีค่าสูงที่สุด แต่มีปริมาณโปรตีนหยาบลดลงประมาณร้อยละ 5 เมื่อผสมน้ำนมถั่วอะซูกิ ส่วนปริมาณไขมันหยาบมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำนมถั่วอะซูกิ โดยสูตรที่มีปริมาณไขมันหยาบน้อยที่สุดคือสูตร 4 มีการลดลงของปริมาณไขมันหยาบร้อยละ 17 เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสูตรน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิลดลงประมาณร้อยละ 12 จากสูตรควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดระหว่างสูตรที่ 2-4 ในขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในสูตรที่ 3 และ 4 เพิ่มขึ้นร้อยละ 17 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับชุดควบคุม (ตารางที่ 4)

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิด้วยเทคนิค DPPH radical scavenging และ FRAP ได้ผลในทิศทางเดียวกัน โดยสูตรที่ 2 3 4 มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงขึ้นและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งสูตรที่ 4 ให้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของทั้ง 2 วิธีสูงที่สุด โดยสูงขึ้นร้อยละ 17 ด้วยเทคนิค DPPH radical scavenging (มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยการให้ไฮโดรเจน เพิ่มขึ้นร้อยละ 17)

และร้อยละ 25 ด้วยเทคนิค FRAP (มีความสามารถในการรีดิวซ์ Fe(III) เพิ่มขึ้นร้อยละ 25) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ดังนั้นสูตรที่ผ่านการคัดเลือกคือสูตรที่ 4 เนื่องจากมีความหนืดที่แตกต่างจากสูตรอื่น มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง และผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบวิจารณ์กลุ่มให้ผลความชอบโดยรวมและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

3.3 ผลการเปรียบเทียบน้ำนมถั่วเหลือง-อะซูกิชนิดไม่เพาะงอกกับน้ำนมถั่วเหลือง-อะซูกิชนิดเพาะงอก

ผลจากการเปรียบเทียบน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิ สูตร 4 ระหว่างชนิดเพาะงอกและไม่เพาะงอก (ตารางที่ 5 และ 6) พบว่าความหนืดของน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิเพาะงอกมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 14 เมื่อเทียบกับน้ำนมสูตร 4 ชนิดไม่เพาะงอก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของคาร์โบไฮเดรตและใยอาหารในถั่วเพาะงอก [21] และจากการเปรียบเทียบค่าสี พบว่าน้ำนมถั่วเหลือง-อะซูกิเพาะงอกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยลักษณะของสี 1) ความสว่างเพิ่มขึ้น 2) ความเข้มของสี (C*) เพิ่มขึ้น 3) เฉดสี (Hue angle) เปลี่ยนโทนจากสีแดงเป็นสีเหลืองมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมสูตรไม่เพาะงอก (ตารางที่ 5) และมีเฉดสีใกล้เคียงกับน้ำนมสูตรควบคุม

ปริมาณโปรตีนหยาบและปริมาณไขมันหยาบของนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิเพาะงอกไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) กับนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิไม่เพาะงอก (ตารางที่ 6)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในน้ำนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิเพาะงอกมีค่าสูงกว่า (ร้อยละ 12 และ 24 ตามลำดับ) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) เมื่อเทียบกับน้ำนมสูตรไม่เพาะงอก ให้ผลเช่นเดียวกับ Jiang *et al.* [22] การเปรียบเทียบน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วเหลืองเพาะงอก 28 ชั่วโมง กับน้ำนมถั่วเหลืองไม่เพาะงอกพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำนมถั่วเหลืองเพาะงอกสูงขึ้นร้อยละ 29 แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดไม่ส่งผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในฤทธิ์ต้านออกซิเดชันทั้ง 2 วิธี (ตารางที่ 6) ทั้งนี้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันขึ้นกับชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์

4. สรุป

กระบวนการเพาะงอกส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ด เช่น ปริมาณโปรตีนหยาบ ปริมาณไขมันหยาบในถั่วเหลืองและถั่วอะซูกิ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของถั่วเหลืองในระหว่างกระบวนการงอกระยะสั้น ซึ่งสภาวะที่ดีที่สุดในการเพาะถั่วเหลืองเพื่อใช้ในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองคือ 36 ชั่วโมง และสภาวะที่ดีที่สุดในการเพาะถั่วอะซูกิคือ 30 ชั่วโมง นอกจากนี้การพัฒนาน้ำนมถั่วเหลืองโดยการผสมกับน้ำนมถั่วอะซูกิด้วยอัตราส่วนผสม น้ำนมถั่วเหลืองร้อยละ 75 น้ำนมถั่วอะซูกิร้อยละ 20 และน้ำตาลร้อยละ 5 ส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้นได้ร้อยละ 17-25 แต่การใช้ถั่วเหลืองเพาะงอกและถั่วอะซูกิเพาะงอกแทนการใช้ถั่วไม่เพาะงอกในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในอัตราส่วนผสม 75:20:5 ไม่ส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเพิ่มสูงขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิสูตรเพาะงอกและไม่เพาะงอก

น้ำนมสูตรที่ 4 (75:20:5)	Creaming index ^{ns}	pH ^{ns}	Viscosity (cP)	color				
				L*	a*	b*	Chroma (C*)	Hue angle
ถั่วไม่เพาะงอก	0.00±0.00	6.60±0.04	59.23±0.54^{a}	66.52±0.26^{a}	0.85±0.08^{b}	4.90±0.36^{a}	4.79±0.34^{a}	80.04±1.34^{a}
ถั่วเพาะงอก	0.00±0.00	6.71±0.01	67.36±0.81^{b}	71.54±0.22^{b}	-0.78±0.06^{a}	9.64±0.10^{b}	9.67±0.1^{b}	94.61±0.3^{b}

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ns ตัวเลขที่มีอักษรในสดมภ์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของนมถั่วเหลือง-ถั่วอะซูกิสูตรเพาะงอกและสูตรไม่เพาะงอก

น้ำนมสูตรที่ 4 (75:20:5)	Crude protein ns (g/100 g sample)	Crude fat ns (g/100g sample)	Total phenolic compound (mg GAE/ ml)	Total flavonoid (mg CAE/ml)	DPPH ns (µmol TE/ ml)	FRAP ns (µmol TE/ ml)
ถั่วไม่เพาะงอก	4.51±0.12	1.12±0.08	0.30±0.01[a]	0.18±0.01[a]	0.74±0.00	0.40±0.02
ถั่วเพาะงอก	4.84±0.20	1.12±0.03	0.33±0.01[b]	0.22±0.01[b]	0.75±0.04	0.42±0.02

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ตัวเลขที่มีอักษรในสดมภ์เดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงสาธารณสุข. 2544. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 198 เรื่อง น้ำนมถั่วเหลืองในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพมหานคร.

[2] นิธิยา รัตนาปนนท์ และ วิบูรณ์ รัตนาปนนท์. 2560. โภชนศาสตร์เบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

[3] Prakash, D., Upadhyay, G., Singh, B.N., and Singh, H.B. 2007. Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Seeds and Agri-wastes of Some Vrieties of Soybean (*Glycine max*), Food Chemistry, volume 104, p.783-790.

[4] Kramer, C., Soltani, S., Robinson, D., and Swanton, C.J. 2012. Control of Volunteer Adzuki Bean in Soybean, Journal of Agricultural Science, Volume 3 No.4, p. 501–509.

[5] Kitano-Okada, T., Ito, A., Koide, A., Nakamura, Y., Han, K.H., Shimada, K., Sasak,i K., Ohba, K., Sibayama, S., and Fukushima, M. 2012. Anti-obesity Role of Adzuki Bean Extract Containing Polyphenols: in Vivo and in Vitro Effects, Journal of the Science of Food and Agriculture, Volume 92 No. 13, p. 2644–2651.

[6] Luo, J., Cai, W., Wu, T., and Xu, B. 2016. Phytochemical Distribution in Hull and Cotyledon of Adzuki Bean (*Vigna Angularis* L.) and Mung Bean (*Vigna Radiate* L.), and Their Contribution to Antioxidant, Anti-inflammatory and Anti-diabetic Activities, Food Chemistry, volume 201, p, 350-360.

[7] Gan, R.Y., Lui, W.Y., Wu, K., Chan, C.L., Dai, S.H., Sui, Z.Q., and Corke, H. 2017. Bioactive Compounds and Bioactivities of Germinated Edible Seeds and Sprouts: an Updated Review, Trends in Food Science & Technology, Volume 59, p. 1-14.

[8] Wang, L., Wang, H., Lai, Q., Li, T., Fu, X., Guo, X., and Liu, R.H. 2015. The Dynamic Changes of Ascorbic Acid, Tocopherols and Antioxidant Activity During Germination of Soya Bean (*Glycine max*), International Journal of Food Science and Technology, Volume 50, p. 2367-2374.

[9] Kim, D.K., Jeong, S.C., Gorinstein, S., and Chon, S.U. 2012. Total Polyphenols, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Different Extracts in Mungbean Seeds and Sprouts, Plant Foods for Human Nutrition, Volume 67 No.1, p 71-75.

[10] AOAC. 2006. Official Method of Analysis 18th Edition, The Associate of Official Analytical Chemists, Washington, USA.

[11] Waterhouse, A.L. 2005. Handbook of Food Analytical Chemistry 1st Edition, John Wiley and

Sons, Inc., London, U.K.

[12] Sritongtae, B., Sangsukiam, T., Morgan, M.R.A., and Duangmal, K. 2017. Effect of Acid Pretreatment and the Germination Period on the Composition and Antioxidant Activity of Rice Bean (*Vigna umbellata*), Food Chemistry, Volume 227, p. 280-288.

[13] Prieoke, P.E., Wei, L.S., Nelson, A.I. and Steinberg, M.P. 1980. Suspension Stability of Illinois Soybean Beverage, Journal of Food Science, Volume 45, p. 242-245.

[14] British Standard 2472. 1989. British Standard Methods for Chemicals analysis Determination of fat content. ISO 7328–1984.

[15] Stiles, I.E., 1948. Relation of Water to the Germination of Bean Seeds, Plant Physiology, Volume 24 No. 3, p. 540-545.

[16] Wongsiri, S., Ohshima, T., and Duangmal, K. 2015. Chemical Composition, Amino Acid Profile and Antioxidant Activities of Germinated Mung Beans (*Vigna radiata*), Journal of Food Processing and Preservation, Volume 39, p. 1956-1964.

[17] Kajla, P., Sharma, A., and Sood, D.R. 2017. Effect of Germination on Proximate Principles, Minerals and Antinutrients of Flaxseeds, Asian Journal of Dairy and Food Research, Volume 36 No. 1, p. 52-57.

[18] Fernandez-Orozco, R., Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M.K., Kozlowska, H. and Vidal-Valverde, C. 2008. Kinetic Study of the Antioxidant Compounds and Antioxidant Capacity during Germination of *Vigna radiata* cv. emmerald, *Glycine max* cv. jutro and *Glycine max* cv. merit, Food Chemistry, Volume 111, p. 622-630.

[19] Gujral, H.S., Angurala, M., Sharma, P., and Singh, J. 2011. Phenolic Content and Antioxidant Activity of Germinated and Cooked Pulses, International Journal of Food Properties, Volume 14, p. 1366-1374.

[20] Guo, X., Li, T., Tang, K. and Liu, R.H. 2012. Effect of Germination on Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Mung Bean Sprouts (*Vigna radiata*), Journal of Agricultural and Food Chemistry, Volume 60, p. 11050-11055.

[21] Martín-Cabrejas, M.A., Ariza, N., Esteban, R. Mollá, E., Waldron, K. and López-Andréu, F.J. 2003. Effect of Germination on the Carbohydrate Composition of the Dietary Fiber of Peas (*Pisum sativum* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, volume 51, p. 1254-1259.

[22] Jiang, S., Cai, W., and Xu, B. 2013. Food Quality Improvement of Soy Milk Made from Short-Time Germinated Soybeans, Foods, Volume 2, p. 198-212.

ID048

A Diarylheptanoid from *Curcuma comosa* Roxb. Mediates Wnt/β-catenin Signaling Pathway in the Regulation of Erythroid Cell Proliferation

Nopmullee Tanhuad[1], Emilyn Ketudat-Cairns[1], Chaiyaporn Lakmuang[2], Arthit Chairoungdua[1], and Kanit Bhukhai[1*]

[1]Department of physiology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand

[2]Department of chemistry, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand

[*]E-mail: kanit.bhu@mahidol.ac.th

Abstract

Anemia is a condition in which healthy red blood cell (RBC) numbers are lower than normal and insufficient to meet an individual's physiological needs. Anemic patients are often given recombinant erythropoietin (Epo) as a treatment. However, this treatment has significant cost, may promote tumor progression, and is not effective in some cases. Therefore, the development of more effective treatments are critically required. A recent study revealed that erythropoiesis is partly under the control of the hormone estrogen. Indeed, phytoestrogen has also been shown a beneficial effect on enriching and regulating red blood cell production. Our previous study observed that ASPP 049, a diarylheptanoid isolated from *Curcuma comosa* Roxb. activates the estrogen receptor/Wnt/β-catenin signaling pathways, which are the important pathways in the regulation of cell growth and proliferation. However, the effect of this compound in the modulation of erythropoiesis mediated through the Wnt/β-catenin signaling pathway have not yet been investigated. In this study, we aim to investigate the therapeutic potential of ASPP 049 for treatment of anemia by using Trypan blue exclusion assay, molecular docking, western blotting and quantitative real time PCR. We found that ASPP 049 promotes UT7/Epo-erythroid cell proliferation. The results from computational docking analysis shown that ASPP 049 can bind to the Frizzled-LRP5/6 (Fzd/LRP) co-receptor complex of Wnt ligand, which is the initiation of Wnt/β-catenin signaling cascade. In addition, ASPP 049 induces β-catenin protein expression in a time-dependent manner as well as expression of a Wnt target gene, Axin2, indicating the activation of the Wnt/β-catenin signaling pathway. These finding might provide a scientific rationale for using ASPP 049 as an alternative therapeutic molecule to improve red blood cells production for the treatment of anemia.

Keywords: Anemia, Erythropoiesis, Diarylheptanoid, *Curcuma comosa*, Wnt/β-catenin signaling pathway

1. Introduction

Erythropoiesis is a process to produce red blood cells which is the most abundant cell type in the body and function essentially to transport oxygen and carbon dioxide. This process is initiated by the commitment of hematopoietic stem cells (HSCs) into the erythroid lineage. In normal adults, about 200 × 10^9 red blood cells are generated per day in the bone marrow and are released into the circulation [1]. During red blood cell production, there are many factors to control throughout all processes such as oxygen sensors, specific cytokines, and regulators of iron metabolism. This complex network is involved in the control of steady-state and stress-induced erythropoiesis depending on physiological requirements such as the oxygen concentration or blood loss [2]. However, this regulation is overcome or is not functional in some conditions, resulting in anemia.

Anemia is a condition in which hemoglobin (Hb) concentration and/or red blood cell (RBC) numbers are lower than normal and insufficient to meet an individual's physiological needs. It is generally diagnosed when the blood Hb concentration is less than 110-130 g/L [3]. According to the World Health Organization, about one-third of the world's population suffer from anemia [4], therefore, it is considered to be one of the major health problems. Due to the impairment of tissue oxygen delivery, anemia patients may experience weakness, fatigue, pale or yellowish skin, shortness of breath, dizziness or lightheadedness, and concentration difficulty [5]. In severe anemia cases, RBC transfusion will be used to treat the patients. However, many studies have not shown any improvement in oxygen uptake after transfusion [6-9]. Moreover, it may cause recurrent infections, immune reactions and iron overload [10]. Currently, erythropoiesis-stimulating agents were used as the alternatives treatment to transfusion. Due to the property to stimulate RBC differentiation, recombinant forms of the hormone erythropoietin (Epo) are often used to treat some severe anemic patients. However, this treatment has significant cost, and is not effective in some cases. Moreover, it may promote tumor progression [11]. Therefore, the development of more effective treatments is urgently needed. A recent study revealed that erythropoiesis is partly under the regulation of the estrogen hormone [12, 13]. Indeed, phytoestrogen has also been shown to have a beneficial effect on protecting the hematopoietic system [14, 15] and red blood cells [16]. Interestingly, our previous studies observed that (3R)-1,7-diphenyl-(*4E,6E*)-4,6-heptadien-3-ol (ASPP 049), a diarylheptanoid isolated from *Curcuma comosa* Roxb. (*C. comosa*) activates the estrogen receptor (ER)/Wnt/β-catenin signaling pathways-mediated osteoblast cell proliferation and differentiation [17]. However, the effect of this compound on Wnt/β-catenin signaling in the regulation of erythropoiesis have not yet been investigated.

In the present study, we aim to investigate the effect of ASPP 049 from *C. comosa* to induce erythroid cell proliferation, which might be the therapeutic potential for anemia treatment. UT-7/Epo cell line was used as a model with erythroid phenotype [18, 19]. We found that ASPP 049 promotes UT-7/Epo-erythroid cell proliferation. The results from computational docking analysis shown that ASPP 049 can bind to the Fzd/LRP receptor complex of the Wnt ligand, which is the initiation process of Wnt/β-catenin-dependent signaling. In addition, ASPP 049 induces β-catenin protein expression in a time-dependent manner as well as the mRNA expression of Axin2, a Wnt target gene, indicating the activation of the Wnt signaling pathway in erythroid cells. Our finding might provide a scientific rationale for using a diarylheptanoid, ASPP 049 as an alternative therapeutic molecule to improve erythropoiesis or red blood cells production.

2. Material and methods

Cell culture

The Epo dependent-erytroid cell line derived from human bone marrow or UT-7/Epo cells were kindly provided form Prof. Olivier Hermine, Laboratory of molecular mechanisms of hematological disorders and therapeutic implications, Imagine Institute, Paris, France. Cells were cultured in Minimum Essential Medium (MEM) α (Thermo Fisher Scientific), supplemented with 10% fetal bovine serum (FBS) (Thermo Fisher Scientific), 1% penicillin-streptomycin (Thermo Fisher Scientific) and 1 U/mL Erythropoietin (Epo). Cells were maintained at 37 °C in an incubator with a humidified atmosphere of 95 % air and 5 % CO_2. Cell viability was performed using Trypan blue (Sigma) exclusion assay.

Antibodies, Reagents, and ASPP 049 from *C. comosa*

The following antibodies were used: anti-β-catenin (H-102) from Santa Cruz Biotechnology, Inc.; anti-β-actin from Sigma-Aldrich; HRP goat anti-mouse IgG (H+L), and HRP goat anti-rabbit IgG (H+L) antibodies from Jackson Immuno Research Laboratories, Inc. TRIzol reagent from Invitrogen. ASPP 049 was isolated and purified as described previously [20].

Molecular docking

For molecular docking study, the crystal structure of Wnt signaling complex (PDB ID: 6AHY) was obtained from Protein Data Bank. Briefly, the receptor was downloaded in .pdb format and then the unused portion was removed, the polar hydrogen group was added and given charge using AutoDockTools 1.5.6. Then, the optimized ligand structure was performed by B3LYP/6-31+G(d,p) level of theory using Gaussian09 program and changed the format from .log to .pdb using Open Babel 2.4.1. After that, receptor and ligand were saved in the .pdbqt format using AutoDockTools 1.5.6. Subsequently, ligand was docked with Wnt signaling receptor complex using Autodock Vina 1.1.2 software from The Scripps Research Institute Inc. Discovery Studio Visualizer 19.1.0 was used for the observation of docking results in two dimensions.

Western blot analysis

UT-7/Epo cells were plated at cell density of 6 × 10^5 cells/mL and treated with indicated concentrations of ASPP 049 at various time points (0, 10, 30, 60, 90, and 120 min). The treated cells were washed with cold PBS twice and lysed with modified RIPA lysis buffer (50 mM Tris-HCl pH 7.4, 150 mM NaCl, 1 mM EDTA, 1% TritonX-100, 1 mM NaF, 1 mM Na_3VO_4, 1 mM PMSF, protease inhibitor cocktail and phosphatase inhibitor). After 20 min incubation on ice, samples were centrifuged at 12,000 rpm for 20 min at 4 °C. The supernatants were collected and measured for the protein concentration by BCA method. An equal amount of protein was mixed with 4X Laemmli buffer and heated at 95 °C for 5 min. Samples were resolved by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE), subsequently transferred to a PVDF membrane by electro-blotting. Membranes were incubated overnight at 4 °C with primary antibodies (1:1000). After 5 times washing with Tris buffered saline-Tween 20 (TBST), membranes were then incubated with HRP-conjugated secondary antibodies. The signals were detected with Immobilon® Crescendo Western HRP Substrate (Millipore).

Quantitative real-time PCR

Total RNAs were extracted from cells using the TRIzol reagent (Invitrogen) following the manufacturer's instructions. The RNA quality and quantity were examined by a Nanodrop2000 spectrophotometer. Then, cDNA was synthesized using SuperScript™ III First-Strand Synthesis System (Invitrogen) according to the manufacturer's protocol. The expression of mRNA was examined by real-time PCR with specific primers using SYBR Green (Bio-Rad) on ABI PRISM7500 Sequence Detection System and analytical software (Applied Biosystems). The expression levels of mRNAs were analyzed using ΔΔCT method normalized to the expression of GAPDH. The primers were described as follows: Cyclin D1, F 5′-GATCAAGTGTGACCCGGACTG-3′ and R 5′-CCTTGGGGTCCATGTTCTGC-3′; c-Myc, F 5′-GCAGCGACTCTGAGGAGGAA-3′ and R 5′-GGCCTCCAGCAGGCAGCACA-3′; Axin2, F 5′-CCTGGCTCCAGAAGATCACA-3′ and R 5′-AGCATCCTCCGGTATGGAAT-3′; GAPDH, F 5′-ATGCCCCCATGTTCGTCATG-3′ and R 5′-GCAGGAGGCATTGCTGATGA-3′.

Statistical analysis

All data shown are represented as the mean ± S.E.M. from triplicate independent experiments. Statistical comparisons between groups were performed using a two-tailed paired Student's *t* test. *p*-values less than 0.05 ($p < 0.05$) were considered statistically significant differences.

3. Results and discussion

ASPP 049 enhances erythroid (UT-7/Epo) cell proliferation

Normally, erythropoietin (Epo) is required for erythroid or red blood cell maturation [21], however, treatment of anemic patient with Epo has significant cost and is not effective in some cases. Therefore, the development of effective drug acting

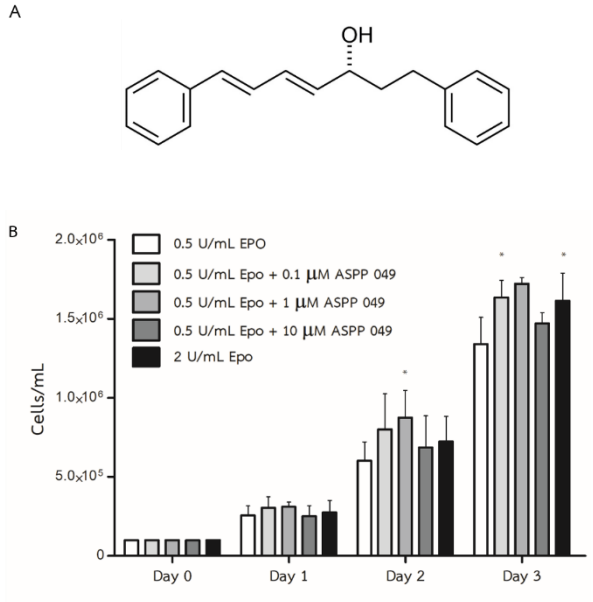


Figure 1 Effect of ASPP 049 on erythroid (UT-7/Epo) cell proliferation. (A) Structure of diarylheptanoid, (3R)-1,7-diphenyl-(*4E,6E*)-4,6-heptadien-3-ol (ASPP 049), isolated from *C. comosa*. (B) Proliferation effect of ASPP 049-treated cells at different concentrations after 1, 2, and 3 days of culture. Data are represented as mean ± S.E.M (n=3). *, $p < 0.05$ compared with 0.5 U/mL Epo (control) in each day (Student's *t* test).

synergistically with erythropoietic growth factor is critically required. In this study, UT-7/Epo cells were used as a model with erythroid phenotype. To investigate the effect of ASPP 049 (**Fig. 1A**) on number of erythroid (UT-7/Epo) cells, 0.1, 1, and 10 µM ASPP 049 were added in culture medium together with a suboptimal concentration (0.5 U/mL) of Epo. In addition, 2 U/mL Epo treated-cells will be used as a positive control. Cells were counted at days 1, 2, and 3 using trypan blue exclusion assay. We found that UT-7/Epo treated with ASPP 049, especially a dose of 1 µM ASPP 049 at day 2, had more cell number than that of cells cultured with Epo (0.5 U/mL) (**Fig. 1B**). It is indicated that ASPP 049 might have a potential to increase the number of erythroid or red blood cells.

ASPP 049 binds to Frizzled (Fz)/low-density lipoprotein receptor-related 5 or 6 (LRP5/6) Wnt co-receptor complex

Our previous study shown that ASPP 049 activates preosteoblastic cell proliferation via Wnt/β-catenin signaling [17]. Therefore, we hypothesized that this compound might activate erythropoiesis through the same pathway. In the canonical Wnt/β-catenin pathway, signaling cascade is initiated at the cell surface by association of secreted Wnt ligand with its co-receptors Frizzled (Fz) and low-density lipoprotein receptor-related 5 or 6 (LRP5/6). However, molecular details of these interactions had been poorly defined because the

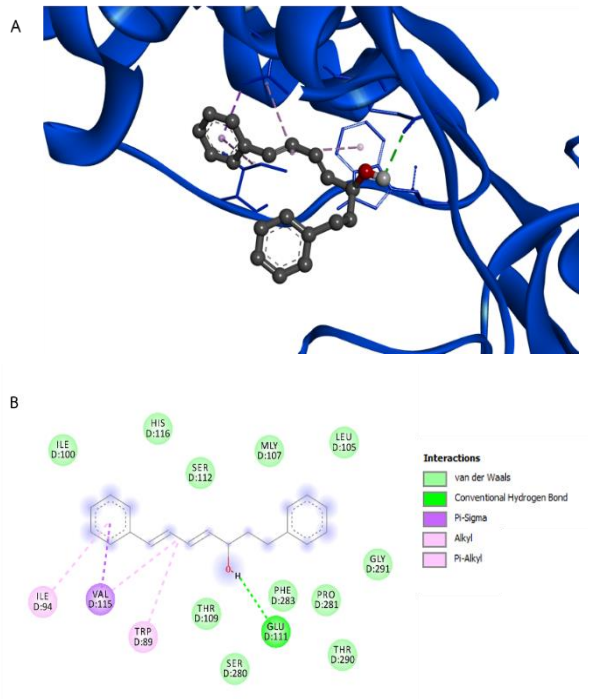


Figure 2 ASPP 049 binds to Frizzled- LRP5/6 Wnt receptor complex. Lowest energy position of ASPP 049 within Frizzled-LRP5/6 complex (A). The crystal structure represents in blue. (B) The 2D interaction profile of ASPP 049 at the binding site of Wnt complex.

proteins have been unapproachable in sufficient purity and quantity, therefore, the biochemical and structural analyses of these key protein receptors are still difficult [22, 23].

The susceptibility of ASPP 049 and Fz-LRP5/6 complex (PDB ID: 6AHY) was predicted using molecular docking (**Fig. 2A**). By considering the interaction energy, we found that our compound binds to this complex with the binding affinity equal to -7.7 kcal/mol. The 2D interaction profile of ASPP 049 and Fz-LRP5/6 complex was shown in **Fig. 2B**, our compound could form 1 hydrogen bond with Glu111. The aromatic ring was stabilized by Ile94 and Val115, while the rest residues (light green) had contributed to ASPP 049 binding via van der Waals interactions. It is indicated that our compound can bind to Fz-LRP5/6 complex, the initiation of Wnt signaling pathway. Therefore, our compound might activate Wnt signaling cascade.

ASPP 049 promotes the expression of β-catenin protein and Wnt target genes

Upon activation of Wnt signaling, β-catenin, a key protein of this pathway, will accumulate in the cytoplasm and then translocate into the nucleus. Accumulated β-catenin, sequentially binds to members of the lymphoid enhancer factor/T-cell factor family (LEF-1/TCF4) resulting in activation of the transcription of target genes such as Axin2, c-Myc and Cyclin D1. All these genes are important regulator of cell cycle process and cell proliferation [24, 25]. In this experiment, erythroid (UT-7/Epo) cells were treated with 1 μM ASPP 049 at different time points as indicated. The result from Western blotting shown that the expression of β-catenin protein progressively increased over the time (**Fig. 3A**). Moreover, the expression of Wnt target genes is also investigated by quantitative real-time PCR analysis after culturing UT-7/Epo cells with ASPP 049 for 48 hours. We found that the Axin2 mRNA expression was significantly increased in ASPP 049 treated condition (**Fig. 3B**), whereas the expression of c-Myc is slightly increased (**Fig. 3C**) and the expression is not altered in Cyclin D1 (**Fig. 3D**). Collectively, these data support the hypothesis that ASPP 049 works through the Wnt/β-catenin signaling pathway.

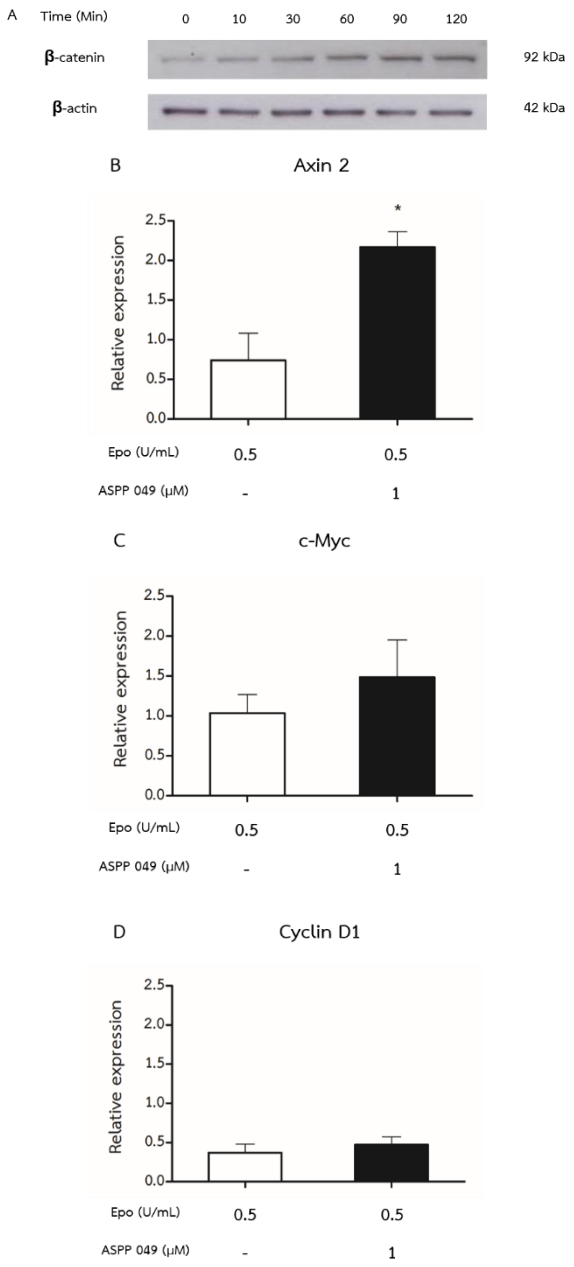


Figure 3 ASPP 049 enhances β-catenin protein (A) and Wnt target gene expression including Axin2 (B), c-Myc (C), and Cyclin D1 (D). Data are represented as mean ± S.E.M (n=3). *, $p < 0.05$.

4. Conclusion

The present study demonstrated that ASPP 049 from *C. comosa* could promote erythroid cell proliferation through Wnt/β-catenin signaling pathway according to our observed results from computational docking analysis, Western blotting, and real-time PCR. These finding might provide a scientific rationale for using ASPP 049 as a supplement molecule to improve erythropoiesis by increasing the number of erythroid cells. However, more supporting evidences are further needed.

5. Acknowledgement

This research was supported by the development and promotion of science and technology talented project (DPST), CIF grant, Faculty of Science, Mahidol University and the Thailand Research Fund (MRG62-Kanit Bhukhai).

6. References

[1] Palis, J. 2014. Primitive and definitive erythropoiesis in mammals. Frontiers in physiology, Volume 5: p. 3.

[2] Valent, P., Büsche, G., Theurl, I., Uras, I. Z., Germing, U., Stauder, R., & Oberbauer, R. 2018. Normal and pathological erythropoiesis in adults: from gene regulation to targeted treatment concepts. Haematologica, Volume 103(10): p. 1593-1603.

[3] Stauder, R. and S.L. Thein. 2014. Anemia in the elderly: clinical implications and new therapeutic concepts. Haematologica, Volume 99(7): p. 1127–1130

[4] Chaparro, C. M., & Suchdev, P. S. 2019. Anemia epidemiology, pathophysiology, and etiology in low- and middle- income countries. Annals of the New York Academy of Sciences, Volume 1450(1): p. 15.

[5] Kassebaum, N. J. 2016. The global burden of anemia. Hematology/Oncology Clinics, Volume 30(2): p. 247-308.

[6] Athar, M. K., Puri, N., & Gerber, D. R. 2012. Anemia and blood transfusions in critically ill patients. Journal of blood transfusion, Volume 2012: p.1-7.

[7] McEvoy, M. T., & Shander, A. 2013. Anemia, bleeding, and blood transfusion in the intensive care unit: causes, risks, costs, and new strategies. American Journal of Critical Care, Volume 22(6): p. eS1-eS13.

[8] Hayden, S. J., Albert, T. J., Watkins, T. R., & Swenson, E. R. 2012. Anemia in critical illness: insights intoetiology, consequences, and management. American journal of respiratory and critical care medicine, Volume 185(10): p. 1049-1057.

[9] Souza, D. A. D., & Costa, P. J. M. D. S. 2013. Critical evaluation of justifications for the transfusion of red blood cells: the reality of a government emergency hospital. Revista brasileira de hematologia e hemoterapia, Volume 35(4): p. 263-267.

[10] Fibach, E., & Rachmilewitz, E. A. 2017.Pathophysiology and treatment of patients with beta thalassemia–an update. F1000Research, Volume 6: p. 2156.

[11] Burrill, D. R., Vernet, A., Collins, J. J., Silver, P. A., & Way, J. C. 2016. Targeted erythropoietin selectively stimulates red blood cell expansion in vivo. Proceedings of the National Academy of Sciences, Volume 113(19): p. 5245-5250.

[12] Heo, H. R., Chen, L., An, B., Kim, K. S., Ji, J., & Hong, S. H. 2015. Hormonal regulation of hematopoietic stem cells and their niche: a focus on estrogen. International Journal of Stem Cells, Volume 8(1): p. 18.

[13] Carreras, E., & Kovats, S. 2014. Girl power: estrogen promotes HSC self-renewal. Cell stem cell, Volume 14(2): p. 137-138.

[14] Day, R. M., Davis, T. A., Barshishat-Kupper, M., McCart, E. A., Tipton, A. J., & Landauer, M. R. 2013. Enhanced hematopoietic protection from radiation by the combination of genistein and captopril. International immunopharmacology, Volume 15(2): p. 348-356.

[15] Liu, C., Liu, J., Hao, Y., Gu, Y., Yang, Z., Li, H., & Li, R. 2017. 6, 7, 3′, 4′-Tetrahydroxyisoflavone improves the survival of whole-body-irradiated mice via restoration of hematopoietic function. International Journal of Radiation Biology, Volume 93(8): p. 793-802.

[16] Maslov, M. Y., Plotnikova, T. M., Anishchenko, A. M., Aliev, O. I., Nifantiev, N. E., & Plotnikov, M. B. 2016. Hemorheological effects of secoisolariciresinol in ovariectomized rats. Biorheology, Volume 53(1): p. 23-31.

[17] Bhukhai, K., Suksen, K., Bhummaphan, N., Janjorn, K., Thongon, N., Tantikanlayaporn, D., & Chairoungdua, A. 2012. A phytoestrogen diarylheptanoid mediates estrogen receptor/Akt/ glycogen synthase kinase 3β protein-dependent activation of the Wnt/β-catenin signaling pathway. Journal of Biological Chemistry, Volume 287(43): p. 36168-36178.

[18] Komatsu, N., Yamamoto, M., Fujita, H., Miwa, A., Hatake, K., Endo, T., & Sassa, S. 1993. Establishment and characterization of an erythropoietin-dependent

subline, UT-7/Epo, derived from human leukemia cell line, UT-7.

[19] Goncalves, F., Lacout, C., Feger, F., Cohen-Solal, K., Guichard, J., Cramer, E., & Dumenil, D. 1998. Inhibition of erythroid differentiation and induction of megakaryocytic differentiation by thrombopoietin are regulated by two different mechanisms in TPO-dependent UT-7/c-mpl and TF-1/c-mpl cell lines. Leukemia, Volume 12(9): p. 1355-1366.

[20] Suksamrarn, A., Ponglikitmongkol, M., Wongkrajang, K., Chindaduang, A., Kittidanairak, S., Jankam, A., & Piyachaturawat, P. 2008. Diarylheptanoids, new phytoestrogens from the rhizomes of Curcuma comosa: Isolation, chemical modification and estrogenic activity evaluation. Bioorganic & medicinal chemistry, Volume 16(14): p. 6891-6902.

[21] Perreault, A. A., & Venters, B. J. 2018. Integrative view on how erythropoietin signaling controls transcription patterns in erythroid cells. Current opinion in hematology, Volume 25(3): p. 189.

[22] Hirai, H., Matoba, K., Mihara, E., Arimori, T., & Takagi, J. 2019. Crystal structure of a mammalian Wnt–Frizzled complex. Nature structural & molecular biology, Volume 26(5): p. 372-379.

[23] Bourhis, E., Tam, C., Franke, Y., Bazan, J. F., Ernst, J., Hwang, J., & Hannoush, R. N. 2010. Reconstitution of a Frizzled8·Wnt3a·LRP6 signaling complex reveals multiple Wnt and Dkk1 binding sites on LRP6. Journal of Biological Chemistry, Volume 285(12): p. 9172-9179.

[24] Boonmuen, N., Thongon, N., Chairoungdua, A., Suksen, K., Pompimon, W., Tuchinda, P., & Piyachaturawat, P. 2016. 5-Acetyl goniothalamin suppresses proliferation of breast cancer cells via Wnt/β-catenin signaling. European journal of pharmacology, Volume 791: p. 455-464.

[25] Dominguez-Brauer, C., Khatun, R., Elia, A. J., Thu, K. L., Ramachandran, P., Baniasadi, S. P., & Mak, T. W. 2017. E3 ubiquitin ligase Mule targets β-catenin under conditions of hyperactive Wnt signaling. Proceedings of the National Academy of Sciences, Volume 114(7): p. E1148-E1157.

ID054

การศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตา (*Spirogyra* spp.) บริเวณแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหลบางแหล่งในอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

The Study of antioxidant activity of Tao (*Spirogyra* spp.) in some lentic and lotic water area, Chiang Rai district, Chiang Rai Province

ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์* กุหลาบ แซ่กือ และ วิภาวรรณ ปุ๊คำปวง
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
*E-mail: tippawan_pra@hotmail.com

Tippawan Prasertsin* Kuhlab Saekue and Wipawan Pukumpuang
Biological Science Program, Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University
*E-mail: tippawan_pra@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของสาหร่ายเตา ปริมาณโลหะหนัก และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบสาหร่ายเตา (*Spirogyra* spp.) บริเวณแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหลบางแหล่งในอำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบสาหร่ายเตา 2 ชนิด โดยในแหล่งน้ำนิ่ง (บริเวณนาข้าว) พบ *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing และแหล่งน้ำไหล (แม่น้ำกก) พบ *Spirogyra africana* (Fritsch) Czurda จากการศึกษาปริมาณโลหะหนักใน *Spirogyra* spp. พบว่าสารหนู (As) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.41-1.39 mg/kg แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) มีค่าอยู่ระหว่าง <0.018 - 0.025 และ 0.081- 0.56 mg/kg ตามลำดับ และตรวจไม่พบปรอท (Hg) ส่วนการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตาที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ น้ำ และเอทานอล พบว่า *S. neglecta* ที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 141.07±0.62 mg GAE/g extract รองลงมาคือ *S. neglecta* ที่สกัดด้วยน้ำ *S. africana* ที่สกัดด้วยน้ำและสาหร่าย *S. africana* ที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 99.93±8.88, 20.03±0.14 และ 7.70±0.00 mg GAE/g extract ตามลำดับ สรุปได้ว่า *S. neglecta* เป็นสาหร่ายที่น่าสนใจในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เวชสำอางค์

คำหลัก สาหร่ายเตา กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ น้ำไหล น้ำนิ่ง

Abstract

This research aimed to identify the species of Sarai Tao, heavy metal content and antioxidant activity of crude extract obtained from *Spirogyra* spp. in some lentic and lotic water area, Chiang Rai district, Chiang Rai Province. This study was carried out from April to June 2020. Two species were identified based on their morphologies. *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing was found in lentic water (Na Khao) and *Spirogyra africana* (Fritsch) Czurda was found in lotic water (Mae Nam Kok). From the study on heavy metal level in *Spirogyra* spp., Arsenic (As) content was in the range of 0.41-1.39 mg/kg. The content of cadmium (Cd) and Lead (Pb) were 0.018 - 0.025 mg/kg and 0.081- 0.56 mg/kg respectively, while Mercury (Hg) was not detected. The antioxidant activity of *Spirogyra* spp. crude extraction was carried out using two solvents including ethanol and aqueous extract. The results showed that *S. neglecta* in the ethanol extract had the highest antioxidant activity (141.07±0.62 mg GAE/g), followed by *S. neglecta* in the aqueous extract, while *S. Africana* in aqueous extract and *S. Africana* in ethanolic extract revealed the lowest antioxidant activity at 99.93±1.55, 20.03±0.14 and 7.70±0.00 mg GAE/g extract respectively. In conclusion, *S. neglecta* is an interesting algae with potential for further application as cosmeceutical products.

Keywords: *Spirogyra* spp., antioxidant, lentic water, lotic water

1. บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์เราต้องเผชิญกับมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมมากมาย เช่น แสงแดด ควันบุหรี่ และมลพิษทางอากาศที่ส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพ เช่น โรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด หรือโรคมะเร็ง ซึ่งโรคดังกล่าวมักมีความสัมพันธ์กับการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกาย โดยร่างกายของมนุษย์เราจะมีการผลิตสารอนุมูลอิสระออกมาตลอดเวลา ในขณะที่ร่างกายของเราก็จะมีกลไกในการป้องกันตัวเองจากสารเหล่านี้โดยการสร้างเอนไซมหลายชนิดออกมาต่อต้านอนุมูลอิสระ แต่ถ้าร่างกายสร้างสารออกมากำจัดอนุมูลอิสระได้ไม่เพียงพอก็ควรไดรับสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ โดยสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) มีหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี และสารประกอบฟนอลิก เป็นต้น สารต้านออกซิเดชันนี้พบมากในพืชผัก ผลไม และอาหารที่รับประทาน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสาหร่ายก็เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณประโยชน์นานาชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่ายเตา หรือเทาน้ำ เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่อยู่ในสกุล *Spirogyra* spp. พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำน้ำจืดที่เป็นน้ำนิ่ง หรือไหลเอื่อยๆ ที่น้ำมีคุณภาพดีถึงปานกลาง สาหร่ายเตาเป็นที่รู้จักกันดีของชาวบ้านในแถบภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากนิยมนำมารับประทานเป็นอาหารพื้นบ้าน โดยมีรายงานว่าสาหร่ายเตามีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใย [1], [2], [3] นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากสาหร่ายชนิดนี้มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ป้องกันการเกิดฝ้า และจุดด่างดำ และมีกลไกในการยับยั้งเชื้อไวรัสก่อโรคเริมได้ [4] โดยฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระจะขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย สารที่ใช้ในการสกัด และวิธีการสกัดสารสำคัญ จังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย สภาพภูมิศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูง และลาดเอียงลงสู่แม่น้ำหลายสาย มีแม่น้ำกกไหลผ่านอำเภอเมืองเชียงรายทำให้จังหวัดเชียงรายมีระบบชลประทานที่ดี มีความเหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรม มักพบสาหร่ายเตาเจริญเติบโตมากในนาข้าว และในน้ำกก ซึ่งชาวบ้านนิยมไปเก็บสาหร่ายเตามาประกอบอาหาร แต่เนื่องด้วยปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากที่ดินเพื่อการเกษตร เช่น การทำนาข้าวเป็นระยะเวลานานติดต่อกัน การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของข้าว รวมถึงมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในรูปเคมีสังเคราะห์มากกว่ารูปอินทรีย์จากธรรมชาติ [5] ซึ่งอาจส่งผลให้คุณภาพของสาหร่ายเตาไม่เหมาะกับการนำมารับประทาน และอาจทำให้ฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายเตาแตกต่างจากรายงานที่ผ่านมา งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะสัณฐานวิทยาของสาหร่ายเตา ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนัก และทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตาที่เก็บมาจากบริเวณนาข้าว และแม่น้ำกก เพื่อเป็นข้อมูลแก่ผู้บริโภค และนำไปสู่การพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เวชสำอางค์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอผิวหนังแก่ก่อนวัยในอนาคต

2. วิธีการศึกษา

2.1 เก็บตัวอย่างสาหร่ายเตา

ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างสาหร่ายเตาที่เจริญในแหล่งน้ำนิ่งบริเวณนาข้าว (19°56'09.8"N 99°51'52.4"E) และสาหร่ายเตาที่เจริญในน้ำไหลบริเวณแม่น้ำกก (19°55'33.243"N 99°53'51.705"E) อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

2.1.1 เก็บตัวอย่างสาหร่ายเตาจากพื้นที่บริเวณนาข้าวและแม่น้ำกกด้วยปากคีบ ใส่ลงในถุงหรือกระป๋องพลาสติก เก็บรักษาไว้ในกล่องเก็บความเย็นที่อุณหภูมิ 5 - 10 °C เพื่อนำไปศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา

2.1.2 เก็บตัวอย่างสาหร่ายเตาประมาณ 2,200 กรัมเปียกเพื่อศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนัก และเพื่อสกัดสารสำหรับศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

2.2 ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของสาหร่ายเตา

นำตัวอย่างสาหร่ายเตามาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา ได้แก่ ความกว้างความยาวของเซลล์ อัตราส่วนระหว่างความกว้าง / ความยาว จำนวนของคลอโรพลาสต์ จำนวนของรอบหมุนเป็นเกลียวของคลอโรพลาสต์ ลักษณะและลักษณะของไซโกสปอร์ เช่น ขนาด สี รูปร่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ แล้วทำการวินิจฉัยชนิดโดยใช้หนังสือ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น [6], [7], [8], [9]

2.3 ศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนัก

2.3.1 นำตัวอย่างสาหร่ายเตาที่เก็บได้จาก 2 บริเวณ มาล้างทำความสะอาดโดยเปิดน้ำสะอาดไหลผ่านแยกเศษดินหรือวัตถุที่ติดมากับสาหร่ายออก จากนั้นบีบน้ำออกจนหมาด แล้วชั่งสาหร่ายเตาบริเวณละ 200 กรัม เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

2.3.2 วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) ตามวิธีทดสอบของ AOAC [10]

2.4 การเตรียมสารสกัดจากสาหร่าย

2.4.1 นำตัวอย่างสาหร่ายเตาที่เก็บได้จาก 2 บริเวณ มาล้างทำความสะอาดโดยเปิดน้ำสะอาดไหลผ่าน แยกเศษดินหรือวัตถุที่ติดมากับสาหร่ายออก จากนั้นบีบน้ำออกจนหมาด แล้วชั่งสาหร่ายเตาบริเวณละ 2000 กรัมสด

2.4.2 นำตัวอย่างสาหร่ายไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียด

2.4.3 แบ่งสาหร่ายออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 40 กรัม ใส่ในขวดแก้วที่มีฝาปิด กลุ่มแรก เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ 2000 มิลลิลิตร กลุ่มที่ 2 เติมเอทานอล 95% 2000 มิลลิลิตร

2.4.4 นำขวดแก้วที่บรรจุสาหร่ายในกลุ่มแรกแช่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มที่ 2 นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 ขนาด 110 มิลลิเมตร

2.4.5 นำสารสกัดไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator และทำให้แห้งด้วยเครื่อง Lyophilizer ชั่งน้ำหนักคำนวณหาร้อยละผลผลิต (% yield) จากสูตร

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักสารสกัดที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักสาหร่ายแห้งที่ใช้ในการสกัด (กรัม)}} \times 100$$

2.4.6 ชั่งสารสกัดที่เป็น crude extracts ละลายกลับด้วย Dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการ

2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดโดย DPPH radical scavenging assay (ดัดแปลงจาก Brand-Williams, *et al*. [11], Ho *et al*. [12])

2.5.1 เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 mM ละลายใน Methyl alcohol เก็บให้พ้นแสง

2.5.2 เติมสารสกัดความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง

2.5.3 เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มในที่มืดเป็นเวลา 20 นาที หากสารสกัดสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระได้ จะทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลือง

2.5.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็น blank นำค่าที่ได้มาคำนวณหา % inhibition ตามสมการ

$$\% \text{ inhibition} = [(A - (B - C))/A] \times 100$$

A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดสาหร่าย + DPPH

C คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดสาหร่ายที่ไม่มี DPPH

2.6 วิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี 0ne-way ANOVA จากนั้นเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)

ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

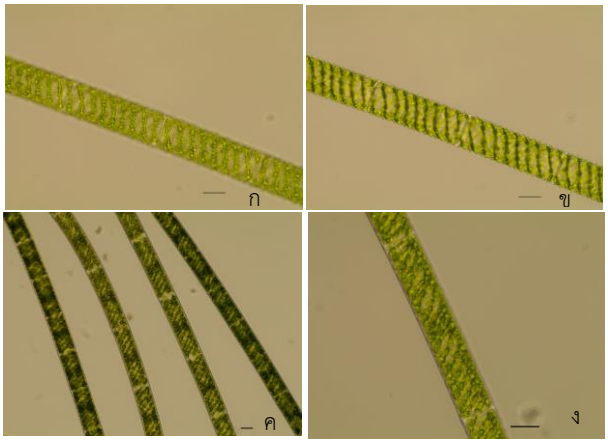
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายเตา

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายเตาบริเวณนาข้าว และบริเวณแม่น้ำกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าสาหร่ายเตาทั้งสองบริเวณมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ใช้ในการระบุชนิดที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนซึ่งสามารถระบุชนิดของสาหร่ายเตาที่พบบริเวณนาข้าวคือ *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing และสาหร่ายเตาบริเวณแม่น้ำกก คือ *Spirogyra africana* (Fritsch) Czurda โดยมีรายละเอียดที่แตกต่างกันดังนี้ สาหร่าย *S. africana* มีความกว้าง (50 µm) และความยาวของเซลล์ (220 µm) และมีจำนวนคลอโรพลาสต์ (4) ที่มากกว่า *S. neglecta* แต่มีอัตราส่วนความกว้าง/ความยาว (4.4) รอบเกลียว (3) น้อยกว่า *S. neglecta* โดยที่ *S. neglecta* มีความกว้าง (40 µm) และความยาวของเซลล์ (200 µm) อัตราส่วนความกว้าง/ความยาว (5.0) มีจำนวนคลอโรพลาสต์ (3) และมีรอบเกลียวของคลอโรพลาสต์เท่ากับ 3.5 - 4 โดยสาหร่ายทั้งสองชนิดมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วยการคอนจูเกชัน (conjugation) ซึ่งหมายถึงการรวมตัวของเซลล์สืบพันธุ์แบบสคาลาริฟอรมคอนจูเกชัน (scalariform conjugation) โดยขนาดและสีของไซโกสปอร์มีความแตกต่างกันซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สำคัญที่ใช้ในการระบุชนิดของสาหร่ายเตา โดยสาหร่าย *S. africana* ไซโกสปอร์มีสีน้ำตาลเหลือง ในขณะที่ *S. neglecta* ไซโกสปอร์มีสีน้ำตาลเข้ม (ตารางที่ 1 และรูปที่ 1) ซึ่งสาหร่ายทั้งสองชนิดสามารถพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำจืด

ทั้งในน้ำนิ่ง และน้ำไหลเอื่อย ๆ ซึ่งชนิดที่พบในแหล่งน้ำนิ่งมักอยู่รวมกันเป็นกระจุก เป็นหย่อม ๆ ตามพื้นดิน โดยเส้นสายมักมีลักษณะสั้น ส่วนชนิดที่เจริญบริเวณแหล่งน้ำไหลเอื่อย ๆ มักยึดเกาะกับวัตถุต่าง ๆ เช่น ก้อนหิน พืชน้ำ โดยแหล่งน้ำจะมีความลึกไม่มากนัก แสงส่องถึงพื้นท้องน้ำได้ [13] โดยงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของฐิติกานต์ [14] ที่ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายเตาจากบ้านนาคูหา ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ตามวิธีของ John *et al.* [7] พบว่าสาหร่ายเตาจากบ้านนาคูหา (ลักษณะพื้นที่เป็นแหล่งน้ำนิ่ง) จัดเป็น *S. neglecta* (Hassall) Kützing และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thiamdao [9] ที่ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ที่กินได้ในประเทศไทยระหว่างปี 2550 - 2551 พบสาหร่ายเตาถึง 11 ชนิด พบสาหร่ายเตา 11 ชนิด คือ *Spirogyra inflata* (Vaucher) Umortier, *S. chunkingensis* Jao, *S. grossii* Schmidle, *S. submaxima* Transeau, *S. africana* (Fritsch) Czurda, *S. crassoidea* Transeau, *S. dictyospora* Jao, *S. ellipsospora* Transeau, *S. gracilis* Kützing, *S. schmidtii* West & G.S.West และ *S. neglecta* (Hassall) Kützing โดย 7 ชนิดแรกเป็นรายงานครั้งแรกในประเทศไทย และ *S. africana* เป็นชนิดที่พบบ่อยที่สุด

ตารางที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายเตา

ลักษณะ	นาข้าว	แม่น้ำกก
ความกว้างของเซลล์ (µm)	40	50
ความยาวของเซลล์ (µm)	200	220
ความกว้าง/ความยาว	5.0	4.4
จำนวนคลอโรพลาสต์	3	4
รอบเกลียวของคลอโรพลาสต์	3.5 - 4	3
ความกว้างไซโกสปอร์ (µm)	54 - 64	50 - 60
ความยาวไซโกสปอร์ (µm)	75 - 100	79 - 120
สีของไซโกสปอร์	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาลเหลือง
ชนิด	*S. neglecta*	*S. africana*



Scale bar = 50 µm

รูปที่ 1 ชนิดของสาหร่ายเตาภายใต้กล้องจุลทรรศน์
ก - ข *S. neglecta* (Hassall) Kützing บริเวณนาข้าว
ค - ง *S. africana* (Fritsch) Czurda บริเวณแม่น้ำกก

ปริมาณโลหะหนักในสาหร่ายเตา

จากการศึกษาปริมาณโลหะหนักใน *Spirogyra* spp. พบว่าสาหร่าย *S. Africana* บริเวณแม่น้ำกกมีปริมาณโลหะหนักได้แก่ สารหนู (1.39 mg/kg) แคดเมียม (0.025 mg/kg) และตะกั่ว (0.56 mg/kg) มากกว่า *S. neglecta* บริเวณนาข้าว ซึ่งมีปริมาณสารหนู แคดเมียม และตะกั่ว เท่ากับ 0.41 <0.018 และ 0.081 mg/kg ตามลำดับ และตรวจไม่พบปรอทในสาหร่ายเตาทั้งสองชนิด (ตารางที่ 2) สาหร่ายเตาทั้งสองชนิดมีปริมาณสารหนู ตะกั่ว และปรอทอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 273) พ.ศ. 2546 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ส่วนแคดเมียมเมื่อเทียบตามมาตรฐานของยุโรป EFSA (European Food Safety Authority) ที่กำหนดให้มีแคดเมียมในสาหร่ายไม่เกิน 3.0 mg/kg พบว่าสาหร่ายเตาทั้งสองชนิดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งผนังเซลล์ของสาหร่ายเตามี functional group หลายชนิด เช่น carboxyl group และ sulfate group ซึ่งมีความสามารถในการดึงดูดไอออนของโลหะหนักได้หลายชนิด การนำสาหร่ายเตามารับประทานควรล้างทำความสะอาดและปรุงให้สุกก่อน [15]

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักที่พบใน *Spirogyra* spp.

โลหะหนัก	เกณฑ์มาตรฐาน	*S. neglecta*	*S. Africana*
สารหนู (As) (mg/kg)	2	0.41	1.39
แคดเมียม (Cd) (mg/kg)	3	<0.018	0.025
ตะกั่ว (Pb) (mg/kg)	1	0.081	0.56
ปรอท (Hg) (mg/kg)	0.5	ไม่พบ	ไม่พบ

ผลการสกัดสารสำคัญของสาหร่ายเตาในแต่ละตัวทำละลาย

จากผลการสกัดสารสกัดหยาบของสาหร่ายเตาด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอล และนำสารสกัดที่ได้มาคำนวณหา % yield พบว่าสารสกัดมี % yield อยู่ระหว่าง 1.00 – 18.40 โดยสารสกัดน้ำของ *S. neglecta* มี % yield สูงที่สุดเท่ากับ 18.40 รองลงมาคือ สารสกัดน้ำของ *S. africana* สารสกัดเอทานอลของ *S. neglecta* และ สารสกัดเอทานอล *S. africana* โดยมี % yield เท่ากับ 8.48, 7.55 และ 1.00 ตามลำดับ ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 % yield ของสารสกัดสาหร่ายเตา

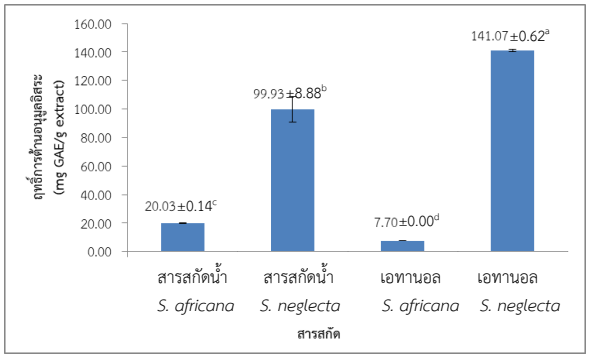
สารสกัด	ผงสาหร่ายแห้ง (กรัม)	สารสกัด (กรัม)	% yield
สารสกัดน้ำของ *S. neglecta*	40	7.36	18.40
สารสกัดน้ำของ *S. africana*	40	3.39	8.48
สารสกัดเอทานอลของ *S. neglecta*	40	3.02	7.55
สารสกัดเอทานอลของ *S. africana*	40	0.40	1.00

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity

จากการนำสาหร่ายเตาจากบริเวณนาข้าวและบริเวณแม่น้ำกกมาสกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำ และเอทานอล แล้วนำมาทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity โดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาร้อยละของสารสกัดในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% Inhibition) แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดและนำสมการที่ได้จากกราฟมาคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 50% (IC_{50}) พบว่าสารละลาย Gallic acid ซึ่งเป็นสารละลายมาตรฐานมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ 0.007 mg/ml เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า IC_{50} ของสารสกัดสาหร่ายเตาในแต่ละตัวทำละลาย พบว่า *S. neglecta* ที่สกัดด้วยเอทานอลมีค่า IC_{50} ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.049 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาคือ *S. neglecta* ที่สกัดด้วยน้ำมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.070 mg/ml ส่วน *S. africana* ที่สกัดด้วยน้ำมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.345 mg/ml และ *S. africana* ที่สกัดด้วยเอทานอลมีค่า IC_{50} สูงที่สุดเท่ากับ 0.894 mg/ml

จากนั้นนำค่า IC_{50} ของสารสกัดสาหร่ายเตามาคำนวณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Gallic acid พบว่าสาหร่ายเตาต่างชนิดกันที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างกันให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) ดังนี้ สกัดด้วยตัวทำละลาย *S. neglecta* ที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 141±0.62 mg GAE/g extract รองลงมาคือ *S. neglecta* ที่สกัดด้วยน้ำมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 99.93±8.88 mg GAE/g extract ส่วน *S. africana* ที่สกัดด้วยน้ำมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 20.03±0.14 mg GAE/g extract และ *S. africana* ที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดเท่ากับ 7.70±0.00 mg GAE/g extract (รูปที่ 2) ซึ่งสาหร่ายเตา 2 ชนิด มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างอาจขึ้นอยู่กับปริมาณสารสำคัญที่อยู่ในเซลล์ของสาหร่ายเตาทั้ง 2 ชนิด ที่ต่างกันทำให้ตัวทำละลายที่ต่างกันสามารถสกัดสารออกมาได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน และในสาหร่ายเตาชนิดเดียวกันแต่สกัดด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างทำให้ได้สารที่ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระคนละกลุ่ม โดยสาหร่ายเตามีสารสำคัญ ได้แก่ ไกลโคไซด์ แทนนิน เทอร์พีนอยด์ ฟีนอล น้ำตาลรีดิวซ์ ซาโปนิน ฟลาโวนอยด์ และฟีนอลิก โดยสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแทนนิน เป็นต้น ทำหน้าที่เป็นทั้งสารให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจนทำให้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่ง [16], [17], [18] ซึ่งสารประกอบฟีนอลิก

สามารถสกัดได้โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น เมทานอลหรือเอทานอล [19] ในขณะที่การใช้น้ำร้อนในการสกัดสารสกัดจากสาหร่ายจะทำให้ได้สารในกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ [20] โดยประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากสาหร่ายที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก ชนิดของโพลีแซคคาไรด์ รงควัตถุแคโรทีนอยด์ที่แตกต่างกัน [21] ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตา *S. neglecta* ในครั้งนี้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์พบว่ามีค่าเท่ากับ 65 – 96% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของยุวดีและคณะ [22] ที่พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำของสาหร่ายเตา (*S. neglecta*) มีค่าเท่ากับ 61- 95% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน Trolox และ Gallic acid คือ 57-91%



รูปที่ 2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเตา *Spirogyra* spp. ที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล

หมายเหตุ: ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ) สัญลักษณ์ a – d แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุป

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายเตาพบสาหร่ายเตา 2 ชนิด คือบริเวณนาข้าวพบ *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing และบริเวณแม่น้ำกก พบ *Spirogyra africana* (Fritsch) Czurda สาหร่ายเตาทั้ง 2 บริเวณมีปริมาณสารหนู แคดเมียม ตะกั่ว และปรอทอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 273) พ.ศ. 2546 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน *S. neglecta* ที่สกัดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 141±0.62 mg GAE/g extract ซึ่งมีความน่าสนใจในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เวชสำอางค์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอผิวหนังแก่ก่อนวัยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สัญญาหมายเลข B26304022

เอกสารอ้างอิง

[1] บุญมี ปิยะจันทร์. 2530. การวิเคราะห์สารอาหารพื้นฐานเส้นใย และเถ้าใน *Spirogyra* sp. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[2] Peerapornpisal, Y., Preongkarn, S. and Kasantigul, K. 1997. Cultivation and nutritional value of *Spirogyra* spp. Proc. 2nd Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference and 2nd Asia-Pacific conference on Algal Biotechnology. Phuket Arcadia Hotel & Resort, Karon Beach, Phuket, pp. 157-162.

[3] Phinyo K, Khanongnuch C, Pekkoh J, Pumas C, Peerapornpisal Y. 2011. Nutritional values and polysaccharides in Tao (*Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing) from Phare Province. Proceeding, The 2nd MJU-Phrae National Research Conference, pp. 748-753.

[4] รัชนีวรรณ ศรีหิรัญรัตน์. 2552. การยับยั้งของสารสกัดจากสาหร่ายขนาดใหญ่บางชนิดต่อเชื้อไวรัสก่อโรคเริม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1. 2560. รายงานผลการดำเนินงานของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1 ประจำปี 2560, เชียงใหม่.

[6] Transeau E.N. 1951. The Zygnemataceae. The Ohio State University Columbus, United State of America.

[7] John, D. M., Whitton, B. A. and Brook. A. J. 2002. The Freshwater Algal Flora of the BritishIsles. The United Kingdom at the University Press, Cambridge.

[8] John, D. M., Whitton, B. A. and Brook. A. J. 2011. The Freshwater Algal Flora of the British Isles. The United Kingdom at the University Press, Cambridge. UK.

[9] Thiamdao, S. 2011. Diversity of edible freshwater macroalgae in Thailand during 2007-2008. Ph.D. thesis in biology, Chiang Mai University, Chiang Mai.

[10] AOAC. 2016. Official Method of Analysis, The Association of Official Analytical Chemist. 20th ed., Gaithersburg, Maryland.

[11] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995. Use of a Free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology, 28(1), 25-30.

[12] Ho, C.H., Noryati, I., Fariza, Sulaiman, S. and Rosma. A. 2001. In vitro antibacterial and antioxidant activities of Orthosiphon stamineus benth. Food Chemistry, 122(4), 1168-1172.

[13] Guiry, M.D. and Guiry, G.M. 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Retrieved: http://www.algaebase.org; (searched on 20 July 2020).

[14] ฐิติกานต์ ปัญโญใหญ่. 2551. กิจกรรมต้านออกซิเดชันของสาหร่ายเตา *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[15] Kumar, J.I.N. 2012. Removal of heavy metals by biosorption using freshwater alga Spirogyra hyaline, Journal of Environmental Biology, 33, 27-31.

[16] Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. and Cross, C.E. 1992. Free radicals, antioxidants and human disease: Where are we now?. Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 119, 598-620.

[17] Vajraguta, O., Boonchoong, P., Boonyarut, J. and Utsintong, M. 2007. Radical scavenging agents. Newthaimit press, Bankok.

[18] Rattanabhorn, J., D. Amornlerdpison and T. Chimsook. 2013. Phytochemical screening, antioxidant activity and total phenolic content of *Spirogyra* spp. Advanced Materials Research, 699, 693-697.

[19] Dai, J. and Mumper, R.J. 2010. Plant phenolic: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules, 15, 7313-7352.

[20] Jiao, G., Yu, G., Zhang, J. and Ewart, H.S. 2011. Chemical structures and bio activities of sulfated polysaccharide from marine algae. Marine Drugs, 9, 196 - 223.

[21] Farvin, K.H.S. and Jacobsen, C. 2013. Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish Coast. Food Chemistry, 138, 1670 - 1681.

[22] ยุวดี พีรพรพิศาล ฐิติกานต์ ปัญโญใหญ่ และดวงพร อมรเลิศพิศาล. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบของสาหร่ายเตา. วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 40(1), 228-235.

ID056

การวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำเสียชุมชนรวมในจังหวัดชลบุรี ที่บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย

Analysis of Wastewater Treatment Plants in Chonburi Province Managed by Wastewater Management Authority

วิเชษฐ พูลทรัพย์[1*] วิสาขา ภู่จินดา[2] และ พีรพล เจตโรจนานนท์[3]
[1] นักศึกษาหลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสาตร์
[2,3] อาจารย์ประจำคณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสาตร์
[*]E-mail: khunchai.ai@gmail.com

Wichet Phoonsap[1*] Wisakha Phoochinda[2] and Peerapon Jaderojananont[3]
[1]Master of Science Program in Environmental Management, The Graduate School of Environmental Development Administration, National Institute of Development Administration
[2,3] The Graduate School of Environmental Development Administration, National Institute of Development Administration
[*]E-mail: khunchai.ai@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์และมาตรการในการบริหารจัดการน้ำเสียชุมชนรวม วิเคราะห์การดำเนินงานด้านการจัดการน้ำเสีย และเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการดำเนินงานด้านการจัดการน้ำเสียในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ที่บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีวิธีการศึกษาโดยใช้การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 6 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย (องค์การจัดการน้ำเสีย) จำนวน 3 คน และผู้บริหารหน่วยงานซึ่งเป็นเจ้าของระบบบำบัดน้ำเสีย (เทศบาล) จำนวน 3 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้กรอบแนวคิด PSR (Pressure-State-Response) ผลการศึกษาพบว่า ภาวะกดดันหรือสถานการณ์ปัญหา (Pressure) เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงนำไปสู่ปัญหาน้ำเสีย เทศบาลในพื้นที่จึงจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรม นำไปสู่สถานการณ์ (State) คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมถึงเสื่อมโทรมมาก เทศบาลในพื้นที่พิจารณาให้องค์การจัดการน้ำเสีย เข้ามาบริหารจัดการ โดยสามารถดำเนินการบำบัดน้ำเสียได้เป็นไปตามมาตรฐาน และกฎหมายที่กำหนด ซึ่งการตอบสนองหรือแนวทางการจัดการ (Response) พิจารณาจากปัญหาหลักที่พบทั้งปัญหาเชิงนโยบาย และปัญหาทางเทคนิค จึงมีการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาและเพื่อความยั่งยืน มีการดำเนินการเชิงรุก เช่น การให้ข้อมูลข่าวสารและการประชาสัมพันธ์ การดำเนินโครงการต่าง ๆ เพื่อให้ความรู้ และการมีส่วนร่วมของประชาชนในกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งผู้นำองค์กรหรือผู้บริหารองค์กรให้ความสำคัญในเรื่องการจัดการน้ำเสีย เหล่านี้คือปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการ

คำหลัก น้ำเสียชุมชน ระบบบำบัดน้ำเสีย การจัดการน้ำเสีย

Abstract

This study aimed at studying state of art and measures for community wastewater management, analyzing management and operations of community wastewater management and proposing guideline for improving and enhancing efficiency of community wastewater management operating by Wastewater Management Authority at Chonburi Province. Interviewing with six key informants i.e. three responsible staff of Wastewater Management Authority who operate the system and three managerial staff of local administrative office (municipality). PSR (Pressure-State-Response) Framework was used to analyze data. The results show that as there is high density of population in the province (Pressure), it results in low wastewater quality and other wastewater problems due to inefficient

community wastewater collection and management system. Coastal water quality in area was therefore low and very low (State). Municipality in the province assign Wastewater Management Authority to manage the community wastewater system according to wastewater standard of Pollution Control Department (Response). From the main problem of the system in both policy and technical aspects, there are factors to solve the wastewater problem e.g. information perception, knowledge provision, people participation and leadership of managerial level.
Keywords: Community Wastewater, Wastewater Treatment, Wastewater Management

1. บทนำ

ปัญหาเรื่องน้ำเสียเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการเจริญเติบโตของชุมชนและการเพิ่มขึ้นของการผลิตภาคอุตสาหกรรม การเพิ่มผลผลิตภาคเกษตรกรรม น้ำเสียเกิดขึ้นจากการใช้น้ำเพื่อใช้ประโยชน์ในการอุปโภค บริโภค และจากกระบวนการผลิต น้ำเสียยังทำให้เกิดการเน่าเหม็น หรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสัตว์น้ำ ในอดีตปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณไม่มากนักเมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ธรรมชาติจะสามารถทำความสะอาดน้ำเสียได้อย่างทันท่วงที แต่เมื่อมีการขยายตัวของชุมชน และมีการพัฒนาอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น น้ำเสียมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่การทำความสะอาดน้ำเสียตามวิธีการทางธรรมชาติไม่ได้ผล แหล่งน้ำจึงเกิดการเน่าเสียและเสื่อมคุณภาพลง [1]

จังหวัดชลบุรี เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในทิศตะวันออกของประเทศไทย ริมฝั่งทะเลด้านตะวันตกติดกับอ่าวไทย มีทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลายทั้งชายฝั่งทะเล หมู่เกาะ ป่าเขา พื้นที่ป่าชายเลน เอื้อต่อการประกอบอาชีพเกษตรกรรม ประมง และผลิตสินค้าแปรรูป โดยเฉพาะแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีศักยภาพเพื่อการท่องเที่ยว ทั้งชายหาด และเกาะต่าง ๆ สามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งในและนอกประเทศ สร้างรายได้แก่ประชาชนในพื้นที่และประเทศ และยังเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง [2] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) คาดการณ์ว่าจังหวัดชลบุรี มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นประมาณ 230,316.75 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งมีระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชน จำนวน 9 แห่ง สามารถรองรับน้ำเสียได้รวม 169,780 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำเสียถูกรวบรวมเข้าระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 160,829 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 69.83 ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด [3] และระบบบำบัดน้ำเสียในจังหวัดชลบุรี ส่วนใหญ่อยู่ภายใต้การบริหารจัดการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งมักประสบปัญหาอุปกรณ์หรือเครื่องจักรชำรุดเสียหาย ไม่มีงบประมาณในการบำรุงรักษา ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่เป็นไปตามมาตรฐาน หรือปัญหาที่ไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียได้เต็มพื้นที่ เนื่องจากระบบรวบรวมน้ำเสียไม่ครอบคลุมพื้นที่ จึงมีการระบายน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดลงสู่ท่อระบายน้ำและไหลออกสู่แหล่งน้ำโดยตรง ทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง เห็นได้จากการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี ปี 2559 โดยพิจารณาจากค่าคะแนน MWQI (Marine Water Quality Index) พบว่า คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี บริเวณอ่าวชลบุรี ศรีราชา (เกาะลอย) ท่าเรือแหลมฉบัง (ตอนท้าย) ท่าเรือสัตหีบ มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมถึงเสื่อมโทรมมาก [4]

ทั้งนี้ด้วยองค์การจัดการน้ำเสียเป็นหน่วยงานที่มีพันธกิจในการจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมสำหรับการจัดการน้ำเสีย รวมทั้งให้บริการรับบริหารหรือจัดการระบบบำบัดน้ำเสียทั้งในและนอกเขตพื้นที่จัดการน้ำเสีย ตลอดจนบริการรับบริหารหรือกิจการต่อเนื่องที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพในเชิงเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นหน่วยงานในสังกัดของกระทรวงมหาดไทย ที่มีมาตรฐานและความน่าเชื่อถือในการดำเนินการและการจัดเก็บข้อมูลที่สามารถเป็นต้นแบบของการศึกษาในครั้งนี้ได้ ปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนรวมในจังหวัดชลบุรี ที่อยู่ภายใต้การบริหารจัดการขององค์การจัดการน้ำเสีย มีจำนวน 4 ระบบ ของ 3 องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ และแสนสุขใต้ ของเทศบาลเมืองแสนสุข โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา และสถานีปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่ ทั้งหมดเป็นระบบเติมอากาศ (แอโรบิก) แบบตะกอนเร่ง หรือ แอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์ [5] ด้วยเหตุนี้ จึงได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำเสียชุมชนรวมในจังหวัดชลบุรี ที่บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสถานการณ์และมาตรการในการบริหารจัดการน้ำเสียชุมชนรวม วิเคราะห์การดำเนินงานด้านการจัดการน้ำเสีย และเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการดำเนินงานด้านการจัดการน้ำเสียในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ที่บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยคาดหวังให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมและการดำเนินงานด้านการจัดการน้ำเสียชุมชน ต่อไป

2. การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาครั้งนี้ได้มีการทบทวนวรรณกรรมในประเด็นหลัก ๆ ประกอบด้วย น้ำเสียและน้ำเสียชุมชน การบำบัดน้ำเสีย มาตรการและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง กรอบแนวคิด PSR ข้อมูลทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสีย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 น้ำเสียและน้ำเสียชุมชน

น้ำเสีย ความหมาย ตามพระราชบัญญัติ ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น สำหรับกรมควบคุมมลพิษให้ความหมายน้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และมีลักษณะ กลิ่น สี รส น่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป ถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติจะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสื่อมโทรมได้ [6] สำหรับน้ำเสียชุมชน กรมควบคุมมลพิษ ได้กล่าวว่า เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และจะมีปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจาก บ้านเรือน อาคาร ประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ [7] ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของประชาชนในชุมชนจะมีสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์สูง [8]

2.2 การบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากปัญหาเรื่องน้ำเสียเกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีต่าง ๆ ให้ได้มาตรฐานน้ำทิ้งก่อนที่จะระบายสู่แหล่งรับน้ำสาธารณะต่อไป ซึ่งการบำบัดนั้น เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้ดีขึ้น หรือทำให้หมดอันตรายหรืออันตรายน้อยลง ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี หรือกระบวนการทางชีวภาพ โดยอาศัยระบบบำบัดน้ำเสียทำหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น [9] ทั้งนี้การจะเลือกระบบบำบัดน้ำเสียแบบใดนั้นขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้าง ค่าดำเนินการดูแลและบำรุงรักษา และขนาดของที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่นที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ในการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) และการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุนชนในประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้วิธีทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนเป็นหลัก เนื่องจากน้ำเสียชุมชนมีปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนหลากหลายประเภท จากกิจกรรมของมนุษย์ จำพวกการซักล้าง ชำระร่างกาย แต่ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารอินทรีย์ในน้ำเสียไม่สูงพอแก่การบำบัดแบบไร้อากาศ ตัวอย่างเช่น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond : SP) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon: AL) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็กทิเวเต็ดสลัดจ์หรือระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge : AS) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) และระบบบำบัดน้ำเสียแบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor; RBC) เป็นต้น [10]

2.3 มาตรการและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

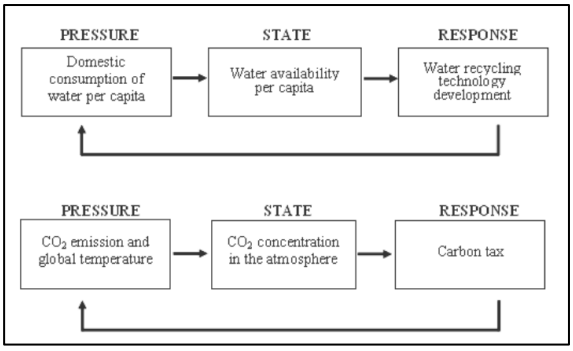
มาตรการด้านกฎหมายหรือระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำเสีย สำหรับประเทศไทยมีพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้มีการกำหนดมาตรฐานควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิด ซึ่งเป็นการกำหนดหลักเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมขึ้นเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ใช้เป็นแนวทางและใช้ความระมัดระวัง มิให้ของเสียต่าง ๆ มีมากเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด ในมาตรา 55 ได้ให้อำนาจรัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในการออกประกาศกำหนดมาตรฐานการควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิดไว้ และประกาศ ที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสียรวม ได้แก่ ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้ระบบบำบัดนน้ำเสียรวมของชุมชนเปนแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสูแหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสูสิ่งแวดล้อม โดยใช้ประกอบมาตรา 69 ที่ให้อำนาจรัฐมนตรีในการประกาศแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องอยู่ภายใต้การควบคุมตามมาตรฐานการควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิด ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียรวมก็จัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษซึ่งต้องดำเนินการ ควบคุมคุณภาพน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เก็บสถิติและข้อมูลผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย และจัดทำรายงานสรุปเสนอต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นด้วยเช่นกัน [11]

ตารางที่ 1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5.5 – 9.0
2. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 20
3. สารแขวนลอย (SS)	มก./ล.	ไม่เกิน 30
4. น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	มก./ล.	ไม่เกิน 5
5. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	มก.-P/ล.	ไม่เกิน 2
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (TN)	มก.-N/ล.	ไม่เกิน 20

2.4 กรอบแนวคิด PSR (Pressure-State-Response)

พัฒนาขึ้นโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) มีพื้นฐานมาจากแนวคิดเรื่องความเป็นเหตุเป็นผลต่อกัน โดยมีสาระสำคัญ ได้แก่ กิจกรรมของมนุษย์สร้างภาวะกดดันให้กับสิ่งแวดล้อม มีผลให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง และถูกนำมาประกอบการตัดสินใจในการกำหนดมาตรการหรือนโยบายต่าง ๆ เพื่อต้องการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ มาตรการหรือนโยบายต่าง ๆ เหล่านี้เป็นการตอบสนองของสังคม ซึ่งจะมีผลทำให้พฤติกรรมของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไป และในท้ายที่สุดจะทำให้สถานะของสิ่งแวดล้อมดีขึ้น โดยมีการกำหนดตัวชี้วัด 3 ประเภท ได้แก่ 1) แรงกดดัน (Pressure) ใช้อธิบายกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่จะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม 2) สถานะภาพ (State) ใช้อธิบายสภาพหรือสถานะของสภาพแวดล้อมที่ต้องการการแก้ไขหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น 3) การตอบสนอง (Response) ใช้วัดระดับการตอบสนองของสังคมที่มีต่อสถานภาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [12]



ภาพที่ 1 ตัวอย่างของ P-S-R Relationship
ที่มา : Iain Watson, 2009 อ้างถึงใน ภัสราพร พลับเจริญสุข

2.5 ข้อมูลทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสีย

1) โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ

ตั้งอยู่เลขที่ 24 ถนนบางแสนสาย 4 เหนือ ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ชนิดระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) แบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD) ความสามารถในการรองรับน้ำเสียได้ 14,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย 10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย มีจำนวนประชากรบริเวณพื้นที่รับผิดชอบของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือประมาณ 24,597 คน เป็นประชากรที่อาศัยตามแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และรับบริการการจัดการน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 22,138 คน



ภาพที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ
ที่มา : องค์การจัดการน้ำเสีย, 2563

2) โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้

ตั้งอยู่เลขที่ 59 ถนนเนตรดีซอย 5 ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี ชนิดระบบบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) แบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD) ความสามารถในการรองรับน้ำเสียได้ 9,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย 5,900 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย มีจำนวนประชากรบริเวณพื้นที่รับผิดชอบของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้ประมาณ 22,023 คน เป็นประชากรที่อาศัยตามแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และรับบริการการจัดการน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 19,821 คน



ภาพที่ 3 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้
ที่มา : องค์การจัดการน้ำเสีย, 2563

3) โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา

ตั้งอยู่เลขที่ 92/1 ถนนศรีราชานคร 3 ตำบลศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ชนิดระบบบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) แบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD) ความสามารถในการรองรับน้ำเสียได้ 18,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย 10,000 บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย มีจำนวนประชากรบริเวณพื้นที่เทศบาลเมืองศรีราชา 24,127 คน เป็นประชากรที่อาศัยตามแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และรับบริการการจัดการน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 11,592 คน



ภาพที่ 4 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา
ที่มา : องค์การจัดการน้ำเสีย, 2563

4) สถานีปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่

ตั้งอยู่หมู่ที่ 5 ถนนเลียบคลองชลประทาน ตำบลบางเสร่ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ชนิดระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon : AL) ความสามารถในการรองรับน้ำเสียได้ 5,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปริมาณน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย 2,456 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย มีจำนวนประชากรบริเวณพื้นที่รับผิดชอบของเทศบาลตำบลบางเสร่ 11,549 คน เป็นประชากรที่อาศัยตามแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และรับบริการ การจัดการน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 7,497 คน



ภาพที่ 5 ระบบบำบัดน้ำเสียของสถานีปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่
ที่มา : องค์การจัดการน้ำเสีย, 2563

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นลินี บุญเจษฎารักษ์ (2554) ศึกษาการจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมขององค์การบริหารส่วนตำบลบางน้ำผึ้ง พบว่า การบริหารจัดการน้ำเสียให้ประสบผลสำเร็จ ได้มีการประสานความร่วมมือของคนในชุมชน หน่วยงานภายนอก กลุ่มเยาวชน การจัดเก็บค่าธรรมเนียม และดำเนินโครงการติดตั้งบ่อดักไขมันตามจุดต่าง ๆ ภายในบริเวณตลาดน้ำ เป็นการจัดการน้ำเสีย มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของประชาชน [13]

อารักษ์ ธาราพรรค์ และวัชรินทร์ ชาญศิลป์ (2561) ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการปัญหาน้ำเสียในชุมชนตรอกข้าวสาร เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลด้าน อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในชุมชนต่างกัน มีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาน้ำเสียไม่แตกต่างกัน รวมทั้ง ความรู้เกี่ยวกับการจัดการปัญหาน้ำเสียไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการปัญหาน้ำเสีย ในขณะที่การมีจิตสำนึกสาธารณะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการปัญหาน้ำเสีย [14]

อริยาภรณ์ ขุนปักษี (2557) ศึกษาการจัดการน้ำเสียชุมชน กรณีศึกษาอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม พบว่า ชุมชนแต่ละชุมชนได้มีการดำเนินกิจกรรมการลดมลพิษทางน้ำในการจัดการคุณภาพน้ำของแต่ละชุมชนขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาด้านทรัพยากรน้ำภายในชุมชน จากการดำเนินกิจกรรมส่งผลให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการลดมลพิษทางน้ำทำให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการจัดการลดมลพิษจากครัวเรือนที่จะปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้ และผลการศึกษามีประโยชน์ต่อการวางแผนและการแก้ไขปัญหาด้านการจัดการคุณภาพน้ำของชุมชนในเขตพื้นที่ในอำเภอบางเลนได้อย่างเหมาะสม [15]

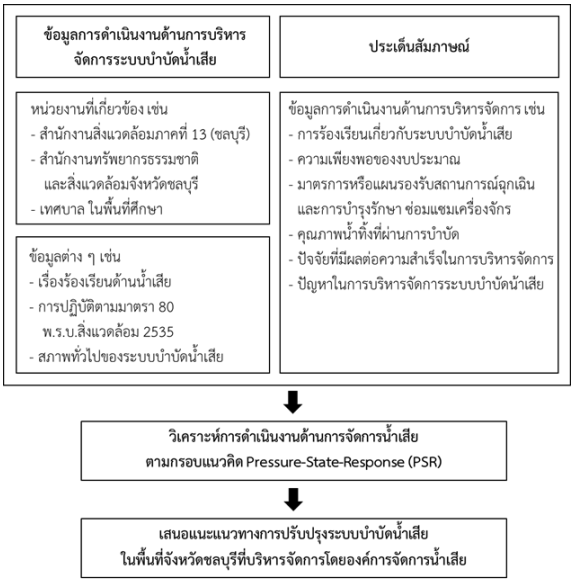
3. วิธีการศึกษา

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการของระบบบำบัดน้ำเสียจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลเป็นแบบสัมภาษณ์ (Interview Form) ซึ่งแบบสัมภาษณ์จะเป็นรายการคำถามที่กำหนดเรื่องราวไว้เป็นแนวคำถามสำหรับการสนทนาระหว่างผู้วิจัยกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้ได้ข้อมูล ข้อเท็จจริง ทัศนคติ ความคิดเห็น และแนวคิดของผู้ตอบคำถาม โดยลักษณะของแบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้างแน่นอน (Structured Interviews) โดยมีคำถามที่กำหนดไว้เป็นระบบ มีขั้นตอนในการเตรียมคำถามที่จะสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้า ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกคนจะตอบคำถามชุดเดียวกับผู้สัมภาษณ์ และจดบันทึกคำตอบของผู้ถูกสัมภาษณ์ลงในแบบสัมภาษณ์นั้น ข้อดีของแบบสัมภาษณ์ลักษณะนี้จะทำให้ผู้วิจัยสามารถจัดหมวดหมู่และสรุปได้ง่าย [16] ซึ่งมีประเด็นสัมภาษณ์ที่สำคัญในการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการ เช่น การร้องเรียนเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสีย ความเพียงพอของงบประมาณ มาตรการหรือแผนรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน การบำรุงรักษาซ่อมแซมเครื่องจักร คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการ และปัญหาในการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น สำหรับกลุ่มเป้าหมายในการสัมภาษณ์ จำนวน 6 คน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย (องค์การจัดการน้ำเสีย) จำนวน 3 คน และผู้บริหารหน่วยงานซึ่งเป็นเจ้าของระบบบำบัดน้ำเสีย (เทศบาล) จำนวน 3 คน

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้กรอบแนวคิด PSR (Pressure-State-Response) ในการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) ภาวะกดดันหรือสถานการณ์ปัญหา (Pressure) 2) สถานการณ์ในปัจจุบัน (State) 3) การตอบสนองหรือแนวทางการจัดการ (Response) ตามกรอบแนวคิดการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดการวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำเสียชุมชนรวมในจังหวัดชลบุรี ที่บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย

4. ผลการศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูล และการสัมภาษณ์ สามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ ดังนี้

4.1 การบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย

1) โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ - แสนสุขใต้

โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ และโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้ ทั้ง 2 ระบบเป็นของเทศบาลเมืองแสนสุข พบว่า การดำเนินงานที่ผ่านมามีปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัด (ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบแสนสุขเหนือประมาณ 10,353 ลบ.ม./วัน คิดเป็นร้อยละ 73.95 ของระบบที่รับได้ และแสนสุขใต้ 5,523 ลบ.ม./วัน คิดเป็นร้อยละ 61.37 ของระบบที่รับได้) และระบบท่อรวบรวมน้ำเสียไม่มีการรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย มีแผนงานในการซ่อมแซมบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นประจำเป็นรายเดือน รายปี และราย 5 ปี รวมทั้งมีมาตรการหรือแผนการดำเนินงานรองรับ สถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับ ปั๊มน้ำชำรุด เรียกว่าแผนสำรองการทำงานในภาวะฉุกเฉิน (Business Continuity Planning: BCP) ที่ผ่านมายังไม่พบการร้องเรียนเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแต่อย่างใด ทั้งนี้ระบบบำบัดน้ำเสียได้รับจัดสรรงบประมาณประจำปีจากเทศบาลเมืองแสนสุขเป็นประจำทุกปี ซึ่งองค์การจัดการน้ำเสียเห็นว่าควรมีการจัดสรรงบประมาณเพิ่มเติมเพื่อใช้สำหรับการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สำหรับคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดพบว่า เคยพบข้อมูลว่ามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียบ้าง แต่พบได้น้อยมาก ๆ โดยเมื่อพบแล้วเทศบาลฯ จะเร่งดำเนินการประสานกับองค์การจัดการน้ำเสีย เพื่อแก้ไขปัญหาพร้อมทั้งรายงานผู้บังคับบัญชาให้รับทราบ อย่างไรก็ตามจากรายงานการติดตามประเมินผลประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสียแบบกลุ่มอาคารปีงบประมาณ 2562 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) ที่รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือและแสนสุขใต้ พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานฯ ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

สำหรับการจัดการกับตะกอนส่วนเกินในระบบบำบัดพบว่า ยังไม่มีการจัดการกับตะกอนส่วนเกินเนื่องจากมีตะกอนที่เกิดขึ้นน้อยและมีการเวียนตะกอนเข้าระบบตลอดเวลา นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นประจำทุกเดือนเพื่อใช้ประกอบการบริหารจัดการและการจัดสรรงบประมาณ

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำของโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด (Influent)	น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด (Effluent)	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
Temp	°C	28.95	28.94	<40
pH	-	7.26	7.26	5.5-9.0
BOD	mg/l	27.28	11.37	<20
SS	mg/l	19.74	12.23	≤30
Grease & Oil	mg/l	4.05	2.36	≤5
Total Phosphorus	mg/l	2.44	1.34	≤2
Total Nitrogen	mg/l	15.56	5.12	≤20

ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2562

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำของโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด (Influent)	น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด (Effluent)	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
Temp	°C	29.09	29.04	<40
pH	-	7.08	7.13	5.5-9.0
BOD	mg/l	22.16	9.81	<20
SS	mg/l	40.13	21.26	≤30
Grease & Oil	mg/l	6.01	2.98	≤5
Total Phosphorus	mg/l	4.61	2.00	≤2
Total Nitrogen	mg/l	16.81	6.66	≤20

ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2562

สำหรับการให้บริการนั้น พบว่า สามารถให้บริการค่อนข้างครอบคลุมพื้นที่เทศบาลฯ (ประมาณร้อยละ 90 ของพื้นที่เทศบาลฯ ทั้งหมด) ซึ่งเทศบาลฯ ยังไม่มีแผนในการขยายพื้นที่บริการแต่อย่างใด ทั้งนี้ปัญหาหลักที่พบในการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียคือ บุคลากรและ งบประมาณ รวมทั้งเครื่องจักรมีสภาพชำรุดตามอายุการใช้งาน

จากการศึกษายังพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการด้านน้ำเสียของเทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย มาจากประชาชนในพื้นที่ให้ความร่วมมือกับเทศบาลฯ และการดำเนินการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพของเทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย นอกจากนี้เทศบาลฯ มีการจัดทำโครงการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสียให้กับเยาวชนและชุมชน การประชาสัมพันธ์ผ่านแผ่นพับ ป้ายประชาสัมพันธ์ เว็บไซต์ และประกาศเสียงตามสาย เปิดโอกาสให้นักเรียน นักศึกษา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมาศึกษาดูงาน 3-4 ครั้ง/ปี มีการให้ความรู้เรื่องการจัดการน้ำเสียต่อชุมชนและนักเรียน ปีละ 1 ครั้ง สำหรับการดำเนินการเก็บข้อมูลและรายงานสรุปการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ตามมาตรา 80 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ของเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ จากสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดชลบุรี ปี 2562 พบว่า เทศบาลเมืองแสนสุข ซึ่งเป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ (ระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชน) มีการดำเนินการจัดเก็บข้อมูลและรายงาน และสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย จัดส่งให้สำนักงานทรัพยากรฯ ตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และแบบการเก็บสถิติและข้อมูล การจัดทำบันทึกรายละเอียด และรายงานสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย พ.ศ. 2555

2) โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา

การดำเนินการด้านการบริหารจัดการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา โดยองค์การจัดการน้ำเสีย พบว่า การดำเนินงานที่ผ่านมามีปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัด (ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบประมาณ 9,779 ลบ.ม./วัน คิดเป็นร้อยละ 54.33 ของระบบที่รับได้) และระบบท่อรวบรวมน้ำเสียไม่มีการรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย มีแผนงานในการซ่อมแซมบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นประจำเป็นรายเดือน รายปี และราย 5 ปี รวมทั้งมีมาตรการหรือแผนการดำเนินงานรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับ ปั๊มน้ำชำรุด เรียกว่า แผนสำรองการทำงานในภาวะฉุกเฉิน (Business Continuity Planning: BCP) ที่ผ่านมายังไม่พบการร้องเรียนเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแต่อย่างใด ทั้งนี้ระบบบำบัดน้ำเสียได้รับจัดสรรงบประมาณจากเทศบาลฯ สำหรับใช้ในการบริหารจัดการได้ตามเป้าหมาย

สำหรับคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด พบว่า มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการติดตามประเมินผลประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสียแบบกลุ่มอาคารปีงบประมาณ 2562 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) ที่รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชาพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานฯ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด (Influent)	น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด (Effluent)	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
Temp	°C	27.35	27.38	<40
pH	-	7.02	7.13	5.5-9.0
BOD	mg/l	39.90	10.74	<20
SS	mg/l	63.86	13.45	≤30
Grease & Oil	mg/l	4.85	2.23	≤5
Total Phosphorus	mg/l	2.29	1.02	≤2
Total Nitrogen	mg/l	11.87	4.03	≤20

ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2562

สำหรับการจัดการกับตะกอนส่วนเกินในระบบใช้วิธีการขุดลอกตะกอนแล้วนำไปกำจัดด้วยวิธีการเทกอง ปีละ 1 ครั้ง มีตะกอนประมาณ 200 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นประจำทุกเดือน เพื่อใช้ประกอบการบริหารจัดการและการจัดสรรงบประมาณ สำหรับการให้บริการนั้น พบว่า การให้บริการยังไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่เทศบาลฯ (พื้นที่รับบริการประมาณร้อย

ละ 51.75 ของพื้นที่เทศบาลฯ ทั้งหมด) เนื่องจากพื้นที่บางส่วนอยู่ต่ำกว่าแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย ทั้งนี้ปัญหาหลักที่พบในการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย คือ เทศบาลฯ ไม่สามารถดำเนินการจัดเก็บค่าบำบัดน้ำเสียเพื่อนำเงินมาใช้ในการบริหารจัดการระบบได้ และมีขยะมูลฝอยปะปนมากับน้ำเสียปริมาณมากทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเดินระบบ รวมทั้งมีน้ำเค็มเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากที่ตั้งสถานีสูบน้ำเสียอยู่ใกล้ทะเล จึงต้องรณรงค์เรื่องการทิ้งขยะลงแหล่งน้ำและติดตั้งตะแกรงดักขยะในระบบบำบัดน้ำเสีย

จากการศึกษายังพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการด้านน้ำเสียของเทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย มาจากประชาชนในพื้นที่ให้ความร่วมมือกับเทศบาลฯ และเทศบาลฯ มีงบประมาณที่เพียงพอต่อการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย มีการประชาสัมพันธ์เรื่องการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ใหม่ สำหรับการดำเนินการเก็บข้อมูลและรายงานสรุปการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ตามมาตรา 80 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ของเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ จากสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดชลบุรี ปี 2562 พบว่า เทศบาลเมืองศรีราชา ซึ่งเป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ (ระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชน) มีการดำเนินการจัดเก็บข้อมูลและรายงาน และสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย จัดส่งให้สำนักงานทรัพยากรฯ ตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และแบบการเก็บสถิติและข้อมูล การจัดทำบันทึกรายละเอียด และรายงานสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย พ.ศ. 2555

3) สถานีปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่

การดำเนินการด้านการบริหารจัดการของสถานีปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่ โดยองค์การจัดการน้ำเสีย พบว่า การดำเนินงานที่ผ่านมามีปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียน้อยกว่าประสิทธิภาพของระบบบำบัด (ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบประมาณ 3,925 ลบ.ม./วัน คิดเป็นร้อยละ 72.68 ของระบบที่รับได้) และระบบท่อรวบรวมน้ำเสียไม่มีการรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำเทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย มีแผนงานในการซ่อมแซมบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นประจำทุกปี รวมทั้งมาตรการหรือแผนการดำเนินงานที่รองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟฟ้าดับ ปั๊มน้ำชำรุด โดยผู้ดูแลระบบมีแผนในการใช้ปั๊มน้ำสำรองจากสถานีสูบอื่น ๆ ที่มีกำลังไฟฟ้าเท่ากันเพื่อทดแทนกรณีปั๊มน้ำชำรุด และระบบบำบัดน้ำเสียได้รับจัดสรรงบประมาณจากเทศบาลฯ สำหรับใช้ในการบริหารจัดการได้ตามเป้าหมาย ทั้งนี้ที่ผ่านมายังไม่พบการร้องเรียนเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียแต่อย่างใด แต่ข้อมูลจากสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดชลบุรี เคยได้รับเรื่องร้องเรียนเกี่ยวกับปัญหาน้ำเสียบริเวณพื้นที่ที่เป็นชุมชนนอกพื้นที่บริการของระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากการให้บริการของระบบบำบัดน้ำเสียยังไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่เทศบาลฯ (พื้นที่รับบริการประมาณร้อยละ 51.75 ของพื้นที่เทศบาลฯ ทั้งหมด) และพื้นที่ต่อเนื่องจากชายหาดในพื้นที่เทศบาลตำบลบางเสร่ เทศบาลตำบลนาจอมเทียน และเมืองพัทยา อย่างไรก็ตามเทศบาลฯ มีแผนที่จะขยายพื้นที่บริการในอนาคต ให้ครอบคลุมพื้นที่เทศบาลฯ ทั้งหมด

สำหรับคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด พบว่า มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการติดตามประเมินผลประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสียแบบกลุ่มอาคารปีงบประมาณ 2562 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) ที่รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำของสถานีปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่ พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานฯ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ของสถานีปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด (Influent)	น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด (Effluent)	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
Temp	°C	28.53	28.57	<40
pH	-	6.90	7.91	5.5-9.0
BOD	mg/l	16.98	12.03	<20
SS	mg/l	13.92	13.58	≤30
Grease & Oil	mg/l	2.18	1.02	≤5
Total Phosphorus	mg/l	2.38	1.15	≤2
Total Nitrogen	mg/l	6.97	2.52	≤20

ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี), 2562

สำหรับการจัดการกับตะกอนส่วนเกินในระบบ พบว่ายังไม่มีการจัดการ เนื่องจากมีตะกอนเกิดขึ้นน้อย แต่มีการขุดลอกตะกอนในแนวท่อรวบรวมน้ำเสียเป็นประจำ นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นประจำทุกเดือน เพื่อใช้ประกอบการบริหารจัดการและการจัดสรรงบประมาณ ทั้งนี้ปัญหาหลักที่พบในการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย คือ การชำรุดของเครื่องสูบน้ำที่เกิดจากการอุดตันของขยะมูลฝอย รวมทั้งระบบรวบรวมน้ำเสียยังไม่ครอบคลุมพื้นที่เขตการปกครองของเทศบาลและบ้านเรือนเก่าไม่ได้ต่อเชื่อมต่อท่อน้ำทิ้งเพื่อรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดของเทศบาลฯ

จากการศึกษายังพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการด้านน้ำเสียของเทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย มาจากประชาชนในพื้นที่ให้ความร่วมมือกับเทศบาลฯ ทั้งในเรื่องการเข้าร่วมกิจกรรมหรือโครงการกับเทศบาลฯ และการจัดเก็บค่าบริการบำบัดน้ำเสีย มีการประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของประชาชน ดำเนินโครงการร่วมใจคืนความสดใสให้หาดบางเสร่ โครงการฝึกอบรมให้ความรู้กับเยาวชนในท้องถิ่น เรื่องระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน และโครงการชุมชนสัมพันธ์ร่วมกันจัดการน้ำเสีย

สำหรับการดำเนินการเก็บข้อมูลและรายงานสรุปการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ตามมาตรา 80 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ของเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษจากสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดชลบุรี ปี 2562 พบว่า เทศบาลตำบลบางเสร่ ซึ่งเป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ (ระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชน) มีการดำเนินการจัดเก็บข้อมูลและรายงาน และสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย จัดส่งให้สำนักงานทรัพยากรฯ ตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และแบบการเก็บสถิติและข้อมูล การจัดทำบันทึกรายละเอียด และรายงานสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย พ.ศ. 2555

4.2 วิเคราะห์ตามกรอบ Pressure-State-Response (PSR)

การวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำเสียชุมชนรวมในจังหวัดชลบุรี ที่บริหารจัดการโดยองค์การจัดการน้ำเสีย ตามกรอบแนวคิด Pressure-State-Response (PSR) ได้ดังนี้

1) ภาวะกดดัน หรือสถานการณ์ปัญหา (Pressure) จังหวัดชลบุรี โดยเฉพาะพื้นที่ทำการศึกษา ได้แก่ เทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี เทศบาลเมืองศรีราชา อำเภอศรีราชา และเทศบาลตำบลบางเสร่ อำเภอสัตหีบ เป็นพื้นที่ที่อยู่ติดชายทะเล มีทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย โดยเฉพาะแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีศักยภาพเพื่อการท่องเที่ยว และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ด้านพาณิชยกรรมและอุตสาหกรรมของประเทศ ดึงดูดประชาชนเข้ามาท่องเที่ยว ประกอบอาชีพ และอยู่อาศัย ทำให้มีความหนาแน่นของประชากรสูง และปัญหาหนึ่งที่ตามมาก็คือปัญหาน้ำเสีย โดยน้ำเสียเกิดขึ้นของจังหวัดชลบุรี ประมาณ 230,316.75 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แต่ถูกรวบรวมเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นร้อยละ 69.83 ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด สำหรับพื้นที่ศึกษาเทศบาลในพื้นที่จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ก็ยังไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียจากบ้านเรือนและแหล่งกำเนิดน้ำเสียเข้าระบบบำบัดได้ทั้งหมด ดังนั้น ปริมาณน้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำธรรมชาติ เป็นสาเหตุที่ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรม

2) สถานการณ์ในปัจจุบัน (State) จากการประเมินคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง เขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี ปี 2559 โดยพิจารณาจากค่าคะแนน MWQI (Marine Water Quality Index) พบว่า คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี บริเวณอ่าวชลบุรี ศรีราชา (เกาะลอย) ท่าเรือแหลมฉบัง (ตอนท้าย) ท่าเรือสัตหีบ มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม ถึงเสื่อมโทรมมาก เนื่องจากมีน้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดหรือบำบัดไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไหลลงสู่ทะเล ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียในจังหวัดชลบุรีส่วนใหญ่อยู่ภายใต้การบริหารจัดการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมักประสบปัญหาอุปกรณ์หรือเครื่องจักรชำรุดเสียหาย ไม่มีงบประมาณในการบำรุงรักษา ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่เป็นไปตามมาตรฐาน หรือปัญหาการให้บริการบำบัดน้ำเสียที่ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด จึงมีการระบายน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดลงสู่ท่อระบายน้ำและไหลออกสู่แหล่งน้ำโดยตรง ทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง สำหรับในพื้นที่ศึกษานั้นได้พิจารณาให้องค์การจัดการน้ำเสียเข้ามาบริหารจัดการ เนื่องจากมีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญในการจัดการน้ำเสีย พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ระบบ สามารถดำเนินการบำบัดน้ำเสียได้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด รวมทั้งมีการเก็บข้อมูลและรายงานสรุปการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ตามมาตรา 80 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และแบบการเก็บสถิติและข้อมูล การจัดทำบันทึกรายละเอียด และรายงานสรุปผลการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย พ.ศ. 2555 อย่างเคร่งครัด นอกจากนี้ยังไม่พบปัญหาหรือข้อร้องเรียนระบบบำบัดน้ำเสียจากประชาชนแต่อย่างใด

3) การตอบสนอง หรือแนวทางการจัดการ (Response) เนื่องจากปัญหาหลักของระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำการศึกษาพบว่าปัญหาในเชิงนโยบาย ได้แก่ พื้นที่ให้บริการยังไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ปกครองของแต่ละเทศบาล มีเพียงเทศบาลเมืองแสนสุขที่ระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบ สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ประมาณร้อยละ 90 นอกจากนี้ปัญหาด้านงบประมาณซึ่งผู้ให้บริการระบบบำบัดน้ำเสียไม่สามารถเก็บค่าบริการน้ำเสียจากประชาชนได้ จึงไม่มีงบประมาณมาใช้ในการบริหารจัดการโดยตรง แต่เป็นการจัดสรรงบประมาณสำหรับการพัฒนาด้านอื่น ๆ มาใช้ในการบริหารจัดการ สำหรับปัญหาเชิงเทคนิค ได้แก่ เครื่องจักรมีสภาพชำรุดตามอายุการ

ใช้งาน การปะปนของขยะมูลฝอยในน้ำเสียปริมาณมากทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเดินระบบ รวมทั้งมีน้ำเค็มเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากที่ตั้งสถานีสูบน้ำเสียอยู่ใกล้ทะเล จึงต้องมีการแก้ไขปัญหา และวางแผนเพื่อแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน เช่น ซ่อมแซมและเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรที่ชำรุด การรณรงค์เรื่องการทิ้งขยะลงแหล่งน้ำและติดตั้งตะแกรงดักขยะในระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้น ซ่อมบำรุงรักษาประตูกั้นน้ำเค็มให้ใช้งานได้ตลอดเวลา สูบน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียตามตารางน้ำขึ้นน้ำลงของระดับน้ำทะเล รวมทั้งแผนงานในการซ่อมแซมบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นประจำ และให้มีมาตรการหรือแผนการดำเนินงานที่รองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน รวมทั้งปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการด้านน้ำเสียของเทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย เป็นเพราะมีการดำเนินการเชิงรุกในเรื่องของการให้ข้อมูลข่าวสารและการประชาสัมพันธ์ การดำเนินโครงการต่าง ๆ เพื่อให้ความรู้และการมีส่วนร่วมของประชาชนในกิจกรรมต่าง ๆ ด้านการจัดการน้ำเสีย ประชาชนมีความเชื่อมั่นในการดำเนินงานของเทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสียในการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้นำองค์กรหรือผู้บริหารองค์กรให้ความสำคัญในเรื่องการจัดการน้ำเสียโดยมีการจัดสรรงบประมาณสำหรับใช้ในการบริหารจัดการเป็นประจำทุกปี

5. สรุป

5.1 สถานการณ์ และมาตรการในการบริหารจัดการน้ำเสีย

พื้นที่ทำการศึกษา ได้จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อแก้ไขปัญหาน้ำเสียก่อนระบายลงสู่ทะเล แต่ไม่มีความเชี่ยวชาญในการจัดการน้ำเสีย จึงได้ให้องค์การจัดการน้ำเสียที่มีประสบการณ์ และความชำนาญในการจัดการน้ำเสียเข้ามาดูแลระบบอย่างครบวงจร ซึ่งสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ คุณภาพน้ำเป็นไปตามมาตรฐาน และมีการดำเนินการตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด มีมาตรการและแผนงานในการบำรุงดูแลรักษารวมทั้งการดำเนินการในสถานการณ์ฉุกเฉิน ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการด้านน้ำเสียของเทศบาลฯ และองค์การจัดการน้ำเสีย ส่วนหนึ่งมาจากประชาชนมีความเชื่อมั่นต่อเทศบาลและองค์การจัดการน้ำเสีย รวมทั้งการมีส่วนร่วมของประชาชนในกิจกรรมต่าง ๆ ในด้านการจัดการน้ำเสีย สำหรับปัญหาที่สำคัญคือ ยังไม่สามารถให้บริการรวบรวมน้ำเสียเข้าระบบได้ครอบคลุมทั้งพื้นที่รับผิดชอบ มีเพียงเทศบาลเมืองแสนสุขที่ให้บริการได้ครอบคลุม ร้อยละ 90 ของพื้นที่รับผิดชอบ การจัดเก็บค่าบริการยังไม่สามารถดำเนินการได้อย่างเต็มที่ และปัญหาเครื่องมือและอุปกรณ์ชำรุดตามอายุการใช้งานและจากขยะมูลฝอยที่ปะปนมากับน้ำเสีย

5.2 วิเคราะห์การดำเนินงานด้านการจัดการน้ำเสีย

การวิเคราะห์ PSR พบว่า ภาวะกดดัน หรือสถานการณ์ปัญหา (Pressure) เกิดจากสภาพพื้นที่ศึกษามีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีความหนาแน่นของประชากรสูง ปัญหาสำคัญที่พบคือ ปัญหาน้ำเสีย จึงทำให้เทศบาลในพื้นที่จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียเข้าระบบบำบัดได้ ปริมาณน้ำเสียที่ไม่ได้รับการบำบัด เป็นสาเหตุที่ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรม สำหรับสถานการณ์ในปัจจุบัน (State) คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมถึงเสื่อมโทรมมาก มีการพิจารณาให้องค์การจัดการน้ำเสียเข้ามาบริหารจัดการ ทำให้สามารถดำเนินการบำบัดน้ำเสียได้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด รวมทั้งมีการเก็บข้อมูลและรายงานสรุปการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด ซึ่งการตอบสนอง หรือแนวทางการจัดการ (Response) เกิดจากปัญหาหลักที่พบ ได้แก่ ปัญหาเชิงนโยบาย เช่น การให้บริการยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด การไม่สามารถเก็บค่าธรรมเนียมได้ และปัญหาทางเทคนิค เช่น เครื่องมือและอุปกรณ์ชำรุด การปะปนของขยะมูลฝอยในน้ำเสีย จึงต้องมีการแก้ไขปัญหา และวางแผนเพื่อแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน โดยจัดให้มีแผนงานในการซ่อมแซมบำรุงรักษาเครื่องจักรและมาตรการหรือแผนการดำเนินงานที่รองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน รวมทั้งมีการดำเนินการเชิงรุกด้านการจัดการน้ำเสีย ได้แก่ การให้ข้อมูลข่าวสารและการประชาสัมพันธ์ การดำเนินโครงการต่าง ๆ เพื่อให้ความรู้และการมีส่วนร่วมของประชาชนในกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งผู้นำองค์กรหรือผู้บริหารองค์กรให้ความสำคัญในเรื่องการจัดการน้ำเสียโดยมีการจัดสรรงบประมาณสำหรับใช้ในการบริหารจัดการเป็นประจำทุกปี เหล่านี้คือปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการ

5.3 ข้อเสนอแนะการดำเนินงานด้านการจัดการน้ำเสีย

1) เทศบาลเจ้าของระบบบำบัดน้ำเสียดำเนินการให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการปัญหาน้ำเสียและการมีจิตสานึกสาธารณะโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการปัญหาน้ำเสีย

2) การสนับสนุนให้คำปรึกษาการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียที่แหล่งกำเนิด (Onsite Treatment) การติดตั้งบ่อดักไขมัน และการเชื่อมต่อท่อระบายน้ำกับระบบรวบรวมน้ำเสีย

3) สร้างแรงจูงใจให้ประชาชน โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นบ้านเรือนในชุมชนเก่า ตระหนักถึงปัญหาน้ำเสีย และความสำคัญในการระบายน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งความสำคัญของการจ่ายค่าธรรมเนียม

4) พิจารณาการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก ๆ เป็น cluster กระจายให้ครอบคลุมพื้นที่ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่ไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียเข้าระบบได้

5) หมั่นตรวจสอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียจากแหล่งกำเนิด เช่น โรงแรม อาคารชุด บ้านจัดสรร ให้สามารถดำเนินการบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

[1], [9] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2554. ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ, โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, กรุงเทพ.

[2] จังหวัดชลบุรี. 2562. แผนพัฒนาจังหวัดชลบุรี พ.ศ.2561 - 2565 ฉบับทบทวน พ.ศ.2563, ชลบุรี.

[3], [5] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี). 2562. รายงานการติดตามประเมินผลประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียรวมชุมชนแบบและระบบบำบัดน้ำเสียแบบกลุ่มอาคารปีงบประมาณ 2562, ชลบุรี.

[4] สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี). 2560. รายงานโครงการเพิ่มปะสิทธิภาพการดาเนินงานแผนปฏิบัติการเพื่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระดับจังหวัดปีงบประมาณ พ.ศ.2560, ชลบุรี.

[6], [7], [10] กรมควบคุมมลพิษ. 2560. คู่มือระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน, กรุงเทพฯ.

[8] สมชาย ศรีอาวุธ. 2544.การบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียรวมของเทศบาลตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี. ปัญหาพิเศษ รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา

[11] อุดมศักดิ์ สิทธิพงษ์. 2561. กฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม, บริษัท สำนักพิมพ์วิญญูชน จำกัด, กรุงเทพฯ.

[12] ภัสราพร พลับเจริญสุข, การประเมินสมรรถนะสภาพแวดล้อมกับวางแผนการพัฒนาอย่างยั่งยืน, ข้อมูลจาก https://www.diw.go.th/km/env/pdf/epa.pdf วันที่สืบค้นข้อมูล 10 กรกฎาคม 2563).

[13] นลินี บุญเจษฎารักษ์. 2554. การจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมขององค์การบริหารส่วนตำบลบางน้ำผึ้ง, วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม), กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

[14] อารักษ์ ธาราพรรค์ และวัชรินทร์ ชาญศิลป์. 2561. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการปัญหาน้ำเสียในชุมชนตรอกข้าวสาร เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร, ในวารสารสหวิทยาการวิจัย: ฉบับบัณฑิตศึกษา: สมาคมรัฐศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ. ย. 2561) น. 204-213.

[15] อริยาภรณ์ ขุนปักษี. 2557. การศึกษาการจัดการน้ำเสียชุมชน กรณีศึกษา อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม, ในวารสารวิชาการ Veridian E-Journal ปีที่ 7 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - ธันวาคม 2557 น. 1069-1082

[16] สุวารีย์ วงศ์วัฒนา, เอกสารประกอบการเรียนการสอนออนไลน์, ข้อมูลจาก http://elearning.psru.ac.th/courses/181/6.2%20%E0%B9%81% E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%A1%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A9%E0%B8%93%E0%B9%8C.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 กรกฎาคม 2563).

ID057

แชทบอทตอบคำถามโรคประจำตัวของผู้สูงอายุอัตโนมัติ

Automatic Chatbot for Answering Diseases of Elderlies

สุธิพัตร์ อินทร์ประเสริฐ มีนนภา รักษ์หิรัญ* และมนัสนันทน์ บุญปาลวงศ์
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสังคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
*E-mail: meennapa_ru@rmutto.ac.th

Sutiphat Inpasoed, Meennapa Rukhiran*, and Manasanan Bunpalwong
Department of Computer Science, Faculty of Social Technology
Rajamangala University of Technology Tawan-OK, Chanthaburi Campus
E-mail: meennapa_ru@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแชทบอทตอบคำถามโรคประจำตัวของผู้สูงอายุอัตโนมัติบนเว็บแอปพลิเคชัน 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบแชทบอทอัตโนมัติบนเว็บแอปพลิเคชัน คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบแชทบอทภายใต้เทคโนโลยี HTML5, CSS, JavaScript, SQL, และ PHP กระบวนการทำงานหลักของระบบแชทบอทประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของการแสดงข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และส่วนของการโต้ตอบผ่านแชทบอทอัตโนมติ โดยได้ประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มประชากร ได้แก่ ผู้สูงอายุภายในโรงพยาบาลคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 20 คน ผลการวิจัยสรุปตามจุดมุ่งหมายการวิจัยได้เป็นรายข้อดังต่อไปนี้ 1) ด้านความเหมาะสมด้านการทำงานของระบบมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ 3.44 อยู่ในระดับปานกลาง 2) ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบมีความพอใจเฉลี่ย อยู่ที่ 3.63 อยู่ในระดับมาก 3) ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบมีความพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ 3.58 อยู่ในระดับมาก 4) ด้านความรวดเร็วในการทำงานและตอบคำถามของระบบ มีความพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ 3.64 อยู่ในระดับมาก 5) ด้านความปลอดภัยของระบบมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ 3.55.อยู่ในระดับมาก ด้วยการนำเทคโนโลยีแชทบอทมาใช้พัฒนาระบบตอบปัญหาโรคประจำตัวของผู้สูงอายุทำให้สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับโรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุอย่างอัตโนมัติและเข้าถึงความรู้ได้อย่างสะดวก ลดแรงงานและระยะเวลาในการให้คำปรึกษา

คำหลัก แชทบอท เว็บแอปพลิเคชัน ผู้สูงอายุ โรคประจำตัว

Abstract

These research objectives are 1) to develop the automatic chatbot for Answering Diseases of Elderlies on the web application 2) to study the user satisfaction through the web application of the automatic chatbot system. The software development was based on the technologies of HTML5, CSS, JavaScript, SQL, and PHP. The processes of the system consisted of two parts: to display information on the web application and to respond to information on the automatic chatbot. The user satisfaction was evaluated

from 20 elderlies in the Khitchakut hospital. The results had found that this research could summarize the purposes of the research as follows: 1) the average satisfaction of the appropriate function was 3.44 at the moderate level, 2) the accuracy of the functional system was 3.63 at the high level, 3) the convenience and easy-to-use of the system was 3.58 at the high level, 4) the speed and data usage of the system were 3.64 at the high level, and 5) the security of the system was 3.55 at the high level. By applying the chatbot technology, we have found that the system is able to answer questions according to common diseases of elderlies automatically and to access information easily. Moreover, the system can reduce labors and consulting time.

Keywords: Chatbot, Web Application, Elderly Person, Disease

1. บทนำ

ในปี 2561 พบว่าผู้สูงวัยอายุ 60 ปีขึ้นไปมีสัดส่วน 11.7% เรียกว่าเป็นการเข้าสู่ยุค Aging Society อย่างเต็มตัว ผู้สูงอายุเป็นวัยที่ร่างกายกำลังเสื่อมสภาพอย่าง รวดเร็ว และรวมถึงโรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุก็คือโรคที่ไม่เรื้อรังและโรคที่เกิดจากการแทรกซ้อน โดยโรคที่ไม่เรื้อรัง ได้แก่ โรคไต โรคเกาต์ โรคเบาหวานและ โรคความดันโลหิตสูง โรคที่เกิดจากการแทรกซ้อน ได้แก่ โรคไตเรื้อรัง โรคหลอดเลือดสมอง และโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งโรคเหล่านี้จะทำให้ผู้สูงอายุมีภาวะสุขภาพที่อ่อนแออย่างมากต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิดกว่าปกติ อาจถึงขั้นกลายเป็นผู้ป่วยติดเตียง ทำให้ต้องมีการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุอย่างกล้ชิดเพื่อลดอัตราการเกิดโรคและช่วยให้ผู้สูงอายุมีชีวิตที่ดียิ่งขึ้นเนื่องจากมีสุขภาพที่ดี

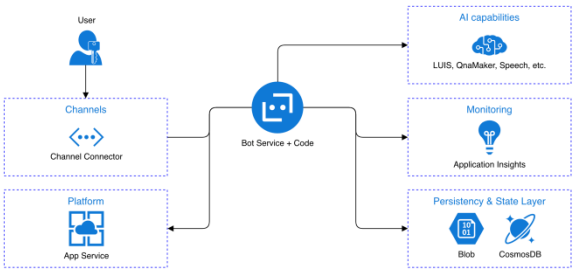
การแก้ปัญหาด้านการให้คำปรึกษาแก่ผู้ป่วยสูงอายุในอดีตของโรงพยาบาลคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรีนั้น นอกจากแพทย์ทำการรักษาและจ่ายยาแล้ว พยาบาลและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาจะทำหน้าที่ให้คำปรึกษาเพิ่มเติม ถึงแนวทางการปฏิบัติตนและการป้องกันโรคต่าง ๆ หากผู้ป่วยต้องการสอบถามปัญหาหรือข้อสงสัยจะต้องทำการโทรหาเจ้าหน้าที่โดยตรง ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาที่ค่อนข้างนาน ซึ่งอาจมีผลทำให้การดำเนินการแก้ไขปัญหาล่าช้ามากกว่าเดิม และไม่สามารถบันทึกบทสนทนาได้อย่างเป็นระบบ

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เทคโนโลยีสนทนาแบบเรียลไทม์ (Live Chat) เป็นบริการสนทนาแบบตอบสนองจากระบบอย่างทันทีทันใดกับทางเจ้าหน้าที่ ซึ่งเจ้าหน้าที่จะคอยตอบคำถามให้กับผู้ใช้ เทคโนโลยีการเรียนรู้เครื่องจักร (Machine Learning) ได้มีการนำมาพัฒนาเป็นแชทบอท (Chatbot) หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่จำลองรูปแบบการสนทนาของมนุษย์เพื่อที่จะทำให้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์สามารถสื่อสารและเข้าใจภาษาของมนุษย์ได้ แชทบอทเริ่มถูกนำมาใช้มากขึ้นเนื่องจากคุณประโยชน์ของ Chatbot เช่น ผู้ดูแลระบบไม่สามารถตอบคำถามได้ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาด้านการสื่อสารได้อย่างแพร่หลาย

คณะผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญในการแก้ปัญหาด้านโภชนาการผู้สูงอายุ จึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีแชทบอทและการสนทนาแบบออนไลน์ มารวมเข้าด้วยกันเป็นแชทบอทตอบคำถามโรคประจำตัวของผู้สูงอายุอัตโนมัติบนเว็บแอปพลิเคชันเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาในการลดภาระของเจ้าหน้าที่ที่ต้องตอบปัญหาให้กับผู้ใช้ วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย เพื่อพัฒนาระบบแชทบอทตอบคำถามโรคประจำตัวของผู้สูงอายุอัตโนมัติบนเว็บแอปพลิเคชัน และศึกษาความพึงพอใจของระบบแชทบอทตอบคำถามโรคประจำตัวของผู้สูงอายุ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้ช่วยให้ผู้สูงอายุนำความรู้และเข้าใจในการดูแลสุขภาพไปใช้งานได้จริง ผู้ใช้รู้และเข้าใจในการดูแลตนเองทำให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งเป็นการลดภาระและระยะเวลาในการให้คำปรึกษาของเจ้าหน้าที่ ระบบแชทบอทสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับโรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุอย่างอัตโนมัติ

2. ทบทวนวรรณกรรม

แชทบอท เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่รองรับการทำงานอัตโนมัติ โดยมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานเอาไว้ล่วงหน้ากับผู้ใช้งานอย่างมีปฏิสัมพันธ์ผ่านการสนทนาโดยนำมาประยุกต์กับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) [1] แชทบอท ทำหน้าที่เสมือนเป็นผู้ช่วยที่สามารถเสนอแนะข้อมูลและตอบคำถามเฉพาะเกี่ยวกับสินค้าและบริการ โดยจะถูกติดตั้งบนเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน ประภทของแชทบอทประกอบด้วย 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบที่ถูกกำหนดด้วยกฎ (เป็นการสนทนาตามเงื่อนไขที่ถูกตั้งเอาไว้ ที่เรียกว่ากฎ) และแบบปัญญาประดิษฐ์ มาใช้แต่ก็มีคุณภาพที่ดีกว่าเพราะแชทบอทจะเข้าใจภาษามนุษย์ได้มากขึ้น) [2] ตัวอย่างระบบแชทบอทดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างการดำเนินการ
ที่มา: Siebler [3]

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาการใช้งานของผู้ใช้ว่ามีการใช้งานคอมพิวเตอร์ หรือระบบคอมพิวเตอร์อย่างไร เพื่อให้ผู้พัฒนาระบบได้ออกแบบให้ผู้ใช้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้นและตอบโจทย์ผู้ใช้ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ผู้ใช้ (คือผู้ใช้หรือกลุ่มผู้ใช้ที่ทำงานด้วยกัน ซึ่งจะนำเอาการรับรู้ของผู้ใช้ เช่น การมอง การได้ยิน และการสัมผัส) คอมพิวเตอร์ (ระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่มีขอบเขตอย่างกว้างขวาง รวมไปถึงเครื่องจักรกล และระบบอัตโนมัติ) และปฏิสัมพันธ์ (พัฒนาขึ้นโดยที่ต้องสามารถรับรู้การกระตุ้นจากมนุษย์ซึ่งเป็นผู้ใช้งานและสามารถที่จะส่งผ่านคำสั่งที่เป็นการสั่งใช้คอมพิวเตอร์ทำงานได้ตามความต้องการ) [4]

จักรินทร์ สันติรัตนภักดี [5] ได้ทำการศึกษาระบบแชทบอท วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) ออกแบบโครงสร้างการสนทนาด้วยการกำหนดคำถามและคำตอบจากข้อมูลจริงของผู้ขายสินค้าออนไลน์ 2) ประเมินความสามารถในการใช้งานระบบแชทบอท ปฏิสัมพันธ์กับลูกค้าผ่านเมสเซนเจอร์ (Messenger) และ 3) หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยผู้ใช้ที่ส่งผลต่อผลการประเมินในภาพรวม งานวิจัยฉบับนี้เลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ 30 คน จากผู้ที่มีบัญชีเฟสบุคส่วนบุคคลของประเทศไทย โดยฝากช่องทางการติดต่อกลับเพื่อดำเนินการปิดการขายในขั้นตอนต่อไป โดยให้ผู้ใช้แต่ละคนทดลองซื้อสินค้าผ่านเมสเซนเจอร์แบบเปิดเผยให้กับผู้ใช้ในขณะกำลังสนทนากับแชทบอท ผลการประเมินในภาพรวมค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ระบบรองรับการขายสินค้าอัตโนมัติ

วิไล จันทร์แก้ว และสุดา ใจแก้ว [6] ได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม Chat Fuel เพื่อสร้างช่องทางการประชาสัมพันธ์ข่าวสารให้กับผู้ใช้บริการ และเพิ่มช่องทางการสื่อสารแบบ 24 ชั่วโมง ได้ทำการประยุกต์การใช้งานโปรแกรม Chat Fuel และทดลองการใช้งาน พบว่าการประยุกต์ใช้โปรแกรม Chat Fuel กับงานประชาสัมพันธ์ทำให้เพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการติดต่อสื่อสาร และสามารถใช้งานได้ 24 ชั่วโมง สามารถดึงดูดความสนใจและเป็นที่จดจำให้กับผู้ใช้บริการ

ดังนั้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการผสมผสานการทำงานระบบแชทบอทแบบโต้ตอบออนไลน์แบบเมสเซนเจอร์ผ่านเว็บแอปพลิเคชันเพื่อประชาสัมพันธ์ข่าวสารและความรู้ให้กับผู้สูงอายุ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ใช้วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งมีการพัฒนาตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

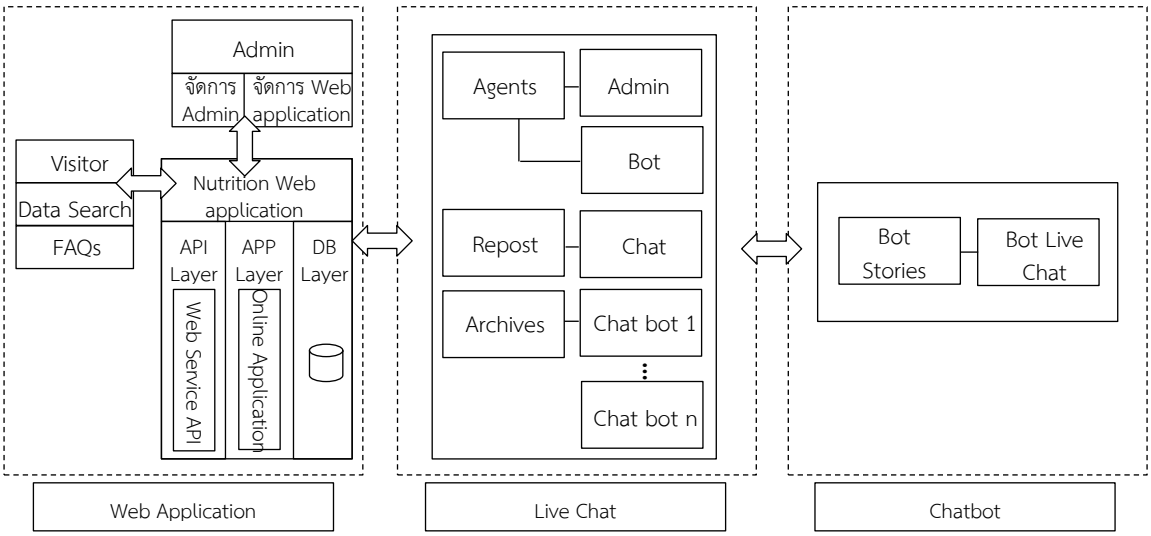
3.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา

ปัญหาช่องทางการให้คำปรึกษา ผู้ป่วยต้องโทรปรึกษาเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลโดยตรงและระยะเวลารอสายนานทำให้การดำเนินการแก้ไขปัญหาล่าช้ามากกว่าเดิม

3.2 การวิเคราะห์ระบบ

1) โครงสร้างการทำงานของแชทบอท เพื่อให้ทราบถึงวิธีการทำงานของระบบได้อย่างชัดเจนซึ่งแยกเป็น 5 ส่วน คือ 1) Admin 2) ผู้เยี่ยมชม 3) Web Application 4) Live

Chat 5) Chatbot ดังรูปที่ 2

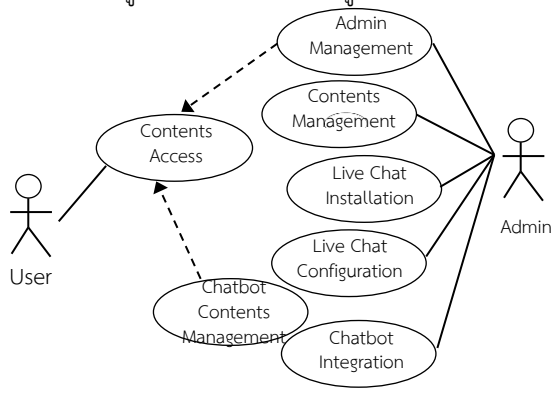


รูปที่ 2 โครงสร้างการดำเนินการ

รูปที่ 4 E-R Diagram

2) Use Case Diagram

แผนภาพแสดงถึงคุณลักษณะการทำงานของระบบแชทบอทและผู้ที่มีความเกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Use Case Diagram

3.3 การออกแบบระบบ

1) การเขียนพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

พจนานุกรมข้อมูลเป็นแฟ้มที่เก็บบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ภายในฐานข้อมูล

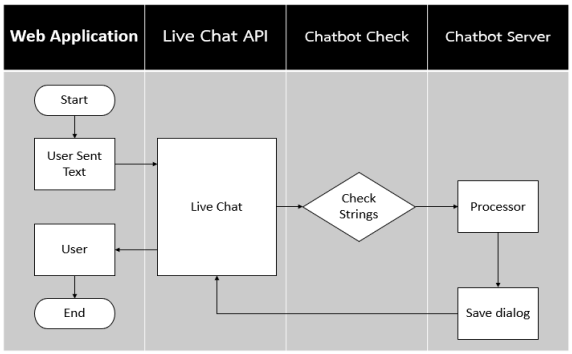
2) E-R Diagram แบบ Crow's Foot

แผนภาพแสดงการออกแบบฐานข้อมูลสำหรับเว็บแอปพลิเคชันเพื่อรองรับแชทบอท ดังรูปที่ 4



3) Flowchart

แผนภาพที่แสดงถึงกระบวนการทำงานตอบกลับของแชทบอท ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 Flowchart: กระบวนการตอบของแชทบอท

4) ขอบเขตการพัฒนา ได้แก่ Visual Studio Code, Live Chat, Chatbot ภาษาโปรแกรม HTML 5, Bootstrap, PHP, และ MySQL

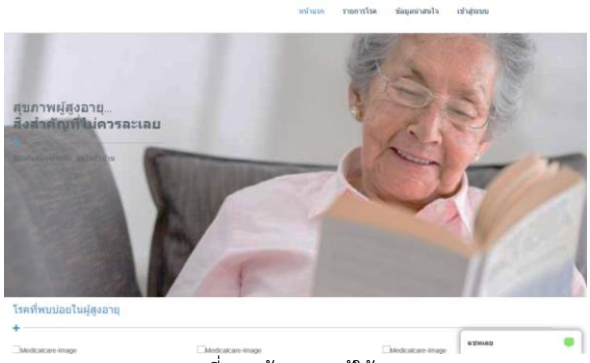
4. ผลการวิจัย

การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากทฤษฎี บทความเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโปรแกรมระบบแชทบอทโดยเก็บความต้องการจากผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องผ่านการกระบวนการ สังเกต สัมภาษณ์ รวบรวมเอกสารสามารถสรุปวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งแบ่งออกเป็นส่วน

ของการทำงานของระบบ ดังนี้

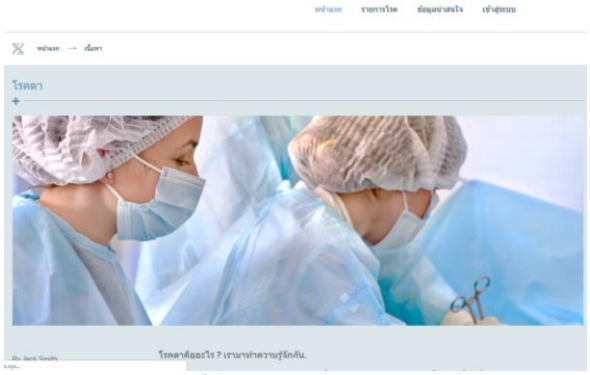
4.1 ส่วนของผู้ใช้งาน

1) หน้าจอจะแสดงเมนูรายการอยู่ด้านบน และสไลด์โรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุอยู่ด้านล่างดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าจอของผู้ใช้งาน

2) หน้าจอแสดงเนื้อหาของโรคต่าง ๆ จะมีข้อมูลแสดงว่าโรคนั้น ๆ คือโรคอะไร และควรจะรักษาอย่างไร ดังรูปที่ 7



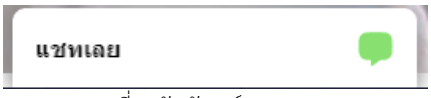
รูปที่ 7 หน้าจอแสดงข้อมูลโรค

3) หน้าจอแสดงเนื้อหาวิธีการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ ดังรูปที่ 8



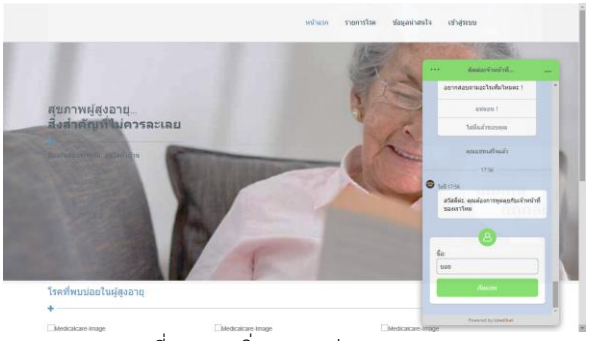
รูปที่ 8 หน้าจอแสดงเนื้อหาวิธีการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ

4) การที่ผู้ใช้งานจะเริ่มสนทนาผ่าน Live Chat จะสามารถทำได้โดยการกดสัญลักษณ์ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 สัญลักษณ์ Live Chat

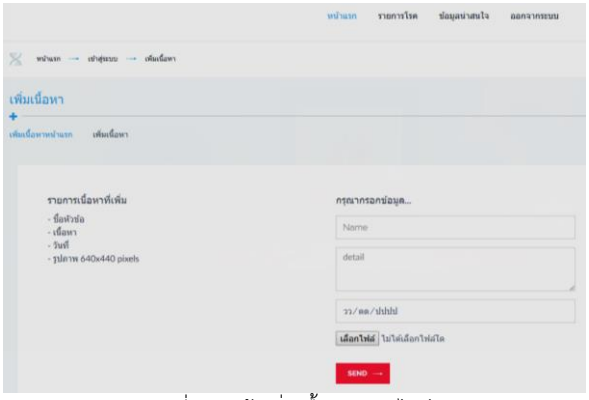
5) ทางด้านล่างขวาของจอ ใส่ชื่อและกดปุ่มเริ่มแชท ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเริ่มสนทนาผ่าน Live Chat

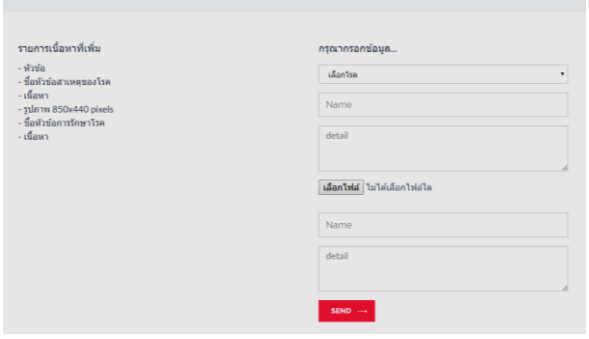
4.2 ส่วนของผู้ดูแลระบบ

1) หน้าจอการเพิ่มเนื้อหาของสไลด์ โดยทำการเพิ่มชื่อหัวข้อ เนื้อหา วันที่บันทึก และรูปภาพของสไลด์ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 หน้าเพิ่มเนื้อหาของสไลด์

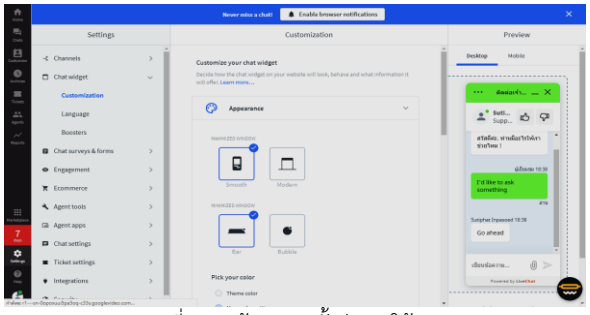
2) หน้าจอการเพิ่มเนื้อหาของเนื้อหา โดยทำการเพิ่มชื่อสาเหตุของโรค เนื้อหา รูปภาพประกอบ ชื่อวิธีป้องกันโรค และเนื้อหา ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 หน้าเพิ่มเนื้อหา

4.3 ส่วนของการตั้งค่า Live Chat

1) เข้าสู่ระบบผ่านเว็บไซต์ www.livechatinc.com จากนั้นเข้าไป Settings>Chat widget>Cautomization เพื่อตั้งค่าหน้าจอ Widget ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 หน้าจอการตั้งค่าการใช้งาน

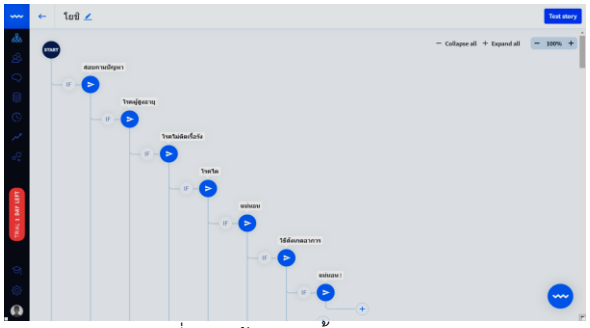
2) ดูทั้งประวัติการแชท และแชทปัจจุบันได้ผ่านทาง Customers ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 หน้าจอการติดตั้ง Live Chat

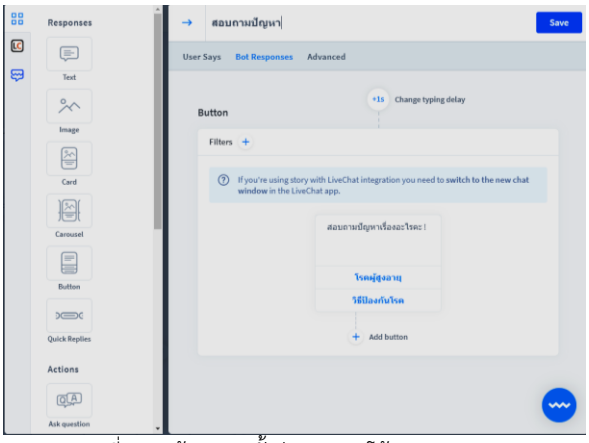
4.4 ส่วนของการตั้งค่า Chatbot

1) เข้าเว็บไซต์ https://app.chatbot.com/ เพื่อเข้าสู่ระบบ จากนั้นตั้งค่าการโต้ตอบของ Chatbot สามารถตั้งค่าได้ตามต้องการซึ่งการตอบจะตรงกับเงื่อนไขที่ตั้งไว้เท่านั้น ดังรูปที่ 15



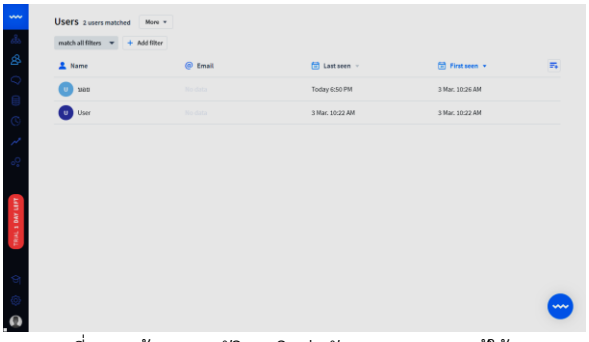
รูปที่ 15 หน้าจอการตั้งค่า Chatbot

2) ตั้งค่า Chatbot ทำโดยการลาก icon Responses ทางซ้ายมือ มาลงทางด้านขวามือ และใส่คำตอบที่ Chatbot จะตอบ ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 หน้าจอการตั้งค่าการตอบโต้ของ Chatbot

3) ตรวจสอบผู้ใช้งานที่มาทำการติดต่อกับ Chatbot เวลา-วัน/เดือน ไหน และผ่านทางช่องทางใดด้วยสัญลักษณ์  ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 หน้าจอประวัติการติดต่อกับ Chatbot ของผู้ใช้งาน

4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้งานระบบแชทบอทที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้นให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานประเมินในโรงพยาบาลคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี เพื่อศึกษาความพึงพอใจของใช้งานระบบแชทบอทปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 1 – 4

สำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้งานระบบแชทบอทโภชนาการอาหารสำหรับผู้สูงอายุบนเว็บแอปพลิเคชัน ผู้พัฒนาได้สร้างแบบสอบถามตามวิธี Likert ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มีค่าตัวเลือก 5 ระดับ (5 มีความพึงพอใจมากที่สุด และ 1 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด) โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจในการใช้งานดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง พึงพอน้อย
ค่าเฉลี่ย 0.50-1.49 หมายถึง ไม่พึงพอใจ

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้ด้านความเหมาะสมด้านการทำงานของระบบ

รายการสอบถามความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1.1 ความเชื่อถือได้ของระบบ	3.60	1.27	มาก
1.2 ข้อความถูกต้องตามหลักไวยากรณ์	3.60	1.25	มาก
1.3 การจัดเมนูหรือหมวดหมู่ของข้อมูลทำได้ดี	3.55	1.38	มาก
1.4 รูปแบบและการออกแบบของระบบ	3.33	1.43	ปานกลาง
1.5 รูปแบบนำเสนอระบบโดยรวม	3.14	1.47	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	3.44	1.36	ปานกลาง

จากตารางที่ 1 พบว่ามีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมด้านความถูกต้องในการทำงานภาพรวมของระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 อยู่ในระดับปานกลาง โดยพิจารณารายด้านพบว่า ข้อความถูกต้องตามหลักไวยากรณ์และความเชื่อถือได้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดที่ 3.60 อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ

รายการสอบถามความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
2.1 ความถูกต้องในการเชื่อมโยงหน้าเว็บเพจ	3.68	1.32	มาก
2.2 ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลนำเข้า	3.66	1.31	มาก
2.3 ความถูกต้องในการรายงานผล	3.60	1.27	มาก
2.4 ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม	3.60	1.25	มาก
2.5 ความถูกต้องในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	3.60	1.25	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.63	1.27	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่ามีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมด้านความถูกต้องในการทำงานภาพรวมของระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.63 อยู่ในระดับมาก โดยพิจารณารายด้านพบว่า ความถูกต้องในการเชื่อมโยงหน้าเว็บเพจค่าเฉลี่ยมากที่สุดที่ 3.68 อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ

รายการสอบถามความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
3.1 ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ	3.77	1.61	มาก
3.2 การแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานเว็บไซต์	3.77	1.60	มาก
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการเข้าใจได้โดยง่าย	3.66	1.31	มาก
3.4 การเรียกดูข้อมูลสามารถทำได้โดยง่าย	3.45	0.84	ปานกลาง
3.5 ขั้นตอนในการกรอกข้อมูลต่าง ๆ ทำได้ง่าย	3.25	1.28	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	3.58	1.33	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่ามีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.58 อยู่ในระดับมาก โดยพิจารณารายด้านพบว่า การแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานเว็บไซต์และความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพค่าเฉลี่ยมากที่สุดที่ 3.77 อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้ด้านความสะดวกรวดเร็วในการทำงานของระบบ

รายการสอบถามความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
4.1 ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	3.77	1.60	มาก
4.2 การแสดงผลข้อมูลทำได้รวดเร็ว	3.60	1.27	มาก
4.3 ความรวดเร็วในการตอบคำถาม	3.60	1.25	มาก
4.4 ความเร็วในการบันทึก	3.60	1.15	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.64	1.33	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่ามีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมด้านความสะดวกรวดเร็วในการทำงานภาพรวมของ

ระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.64 อยู่ในระดับมาก โดยพิจารณารายด้านพบว่า ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบค่าเฉลี่ยมากที่สุดที่ 3.77 อยู่ในระดับมาก

5. อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาระบบแชทบอทในส่วนของการตอบคำถามนั้น คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างฐานข้อมูลความรู้ของแชทบอทเพื่อเก็บข้อมูลการตอบคำถามสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรินทร์ สันติรัตนภักดี [5] ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน [7] ที่ได้พัฒนาแชทบอทเพื่อการมีปฏิสัมพันธ์แบบโต้ตอบกับลูกค้า อีกทั้งรูปแบบการเข้าถึงความรู้หรือประชาสัมพันธ์ด้วยระบบแชทบอทนั้นเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยเหมาะกับยุคดิจิทัลและผู้ใช้มีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีบนโทรศัพท์มือถือ สอดคล้องกับงานวิจัยของธนภัทร บุศราทิศ [8] ที่สนับสนุนการเข้าถึงเนื้อหาและข้อมูลผ่านการประชาสัมพันธ์ การสนับสนุน และการร้องเรียนลูกค้าด้วยระบบแชทบอท

6. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแชทบอทตอบคำถามโรคประจำตัวของผู้สูงอายุอัตโนมัติบนเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถติดตั้งเพื่อใช้งานบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยการวัดผลจากกลุ่มประชากร ได้แก่ กลุ่มผู้สูงอายุที่สนใจในโรงพยาบาลคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 20 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มาใช้บริการและมีโทรศัพท์สมาร์ทโฟนเพื่อรองรับการใช้งานระบบแชทบอทได้จำนวน 25 คน การคำนวณกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของทาโร ยามาเน่ [9] ที่กำหนดระดับความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวกลุ่มอย่าง 10% โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการพัฒนาระบบแชทบอทจากผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้จากค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้ด้านความเหมาะสมด้านการทำงานของระบบอยู่ในระดับปานกลางนั้น คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการปรับปรุงและพัฒนางานวิจัยด้านรูปแบบและการออกแบบระบบให้สามารถรองรับการใช้ผ่านระบบ QR Code เพื่อเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชัน โดยติดป้ายประชาสัมพันธ์ ณ จุดบริการต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาล ดังนั้นโครงการวิจัยนี้สามารถรองรับ การเข้าถึงความรู้และข้อแนะนำเรื่องการดูแลโรคประจำตัวในผู้สูงอายุได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ด้วยระบบเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้งานผ่านโทรศัพท์สมาร์ทโฟน ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลความรู้ได้จากทุกที่ และทุกเวลา ช่วยลดระยะเวลาและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลในการตอบคำถาม

เอกสารอ้างอิง

[1] Castanon-martinez, R., & Berkholz, D. 2016. Bots are hot: what the bots revolution means for IT. Database and Network Journal, vol. 46, no. 6, pp. 3-5.

[2] Fearn, N., How chatbots can help your business | IT PRO. Retrieved from http://www.itpro.co.uk/networking/27171/how-chatbots-can-help-your business (January 3, 2020).

[3] Siebler, C. 2019. Microsoft Bot Framework v4 explained (JavaScript). Retrieved from https://clemenssiebler.com/microsoft-bot-framework-v4-explained-javascript (January 3, 2020).

[4] เทพวิมล เชิดบารมี. 2558. ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิผลด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ของรูปลักษณ์เว็บไซต์. การค้นคว้าอิสระ บริหารธุรกิจบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[5] จักรินทร์ สันติรัตนภักดี. 2561. การตลาดออนไลน์และบริการลูกค้าด้วยแชทบอท กรณีศึกษา: การใช้แชทบอทปฏิสัมพันธ์กับลูกค้าผ่านเมสเซนเจอร์. วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 10, หน้า 71-87.

[6] วิไล จันทร์แก้ว และสุดา ใจแก้ว. 2561. การประยุกต์ใช้โปรแกรม Chat Fuel กับงานประชาสัมพันธ์ของศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา. Pulinet Journal, ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, หน้า 137-147.

[7] Kohli, B., Chodhury, T., Sharma, S., & Kumar, P. 2018. A Platform for Human-Chatbot Interaction

Using Python. In Proceeding of 2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (pp. 439-444). IEEE: India.

[8] ธนภัทร บุศราทิศ. 2559. อิทธิพลของการสื่อสารเนื้อหาโปรแกรมลูกค้าสัมพันธ์ผ่านสื่อแชทบอทต่อระดับการมีส่วนร่วมของลูกค้า. การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[9] Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. New York: Harper and Row Publication.

ID058

Optimization of pLVX-TetOne-Puro-AcGFP1 Lentiviral Vector Transduction for Hematopoietic Stem Cell Gene Therapy

Niramol Prombandit[1], Kanit Bhukhai[2] and Suparerk Borwornpinyo[1, 3*]

[1]Department of Biotechnology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand

[2]Department of Physiology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, Thailand

[3]Excellent Center for Drug Discovery, Mahidol University, Bangkok, Thailand

[*]E-mail: bsuparerk@gmail.com

Abstract

Hematopoietic stem cells (HSCs), especially mobilized peripheral blood HSCs, represent an attractive target for cell and gene therapy. However, limitations such as cell number and susceptibility to genetic manipulation remain stumbling blocks to development of effective approaches. Several studies reported efficient transduction of non-dividing primary stem cells at high multiplicities of infection (MOI), which could raise risks of insertional mutagenesis. Therefore, to establish the effective condition for transduction of therapeutically gene in HSCs, we optimized a lentivirus-based system by determining the optimal conditions using various MOI. Human $CD34^+$ HSCs were pre-stimulated for 24 hours and transduced with the pLVX-TetOne-Puro vector carrying the enhanced version of green fluorescent protein (eGFP) as a reporter gene and the efficiency was evaluated by GFP expression using flow cytometry. The optimal MOI for the lentiviral transduction protocol was determined at MOI as it led to the high transduction efficiency of the primitive HSCs or $CD34^+CD38^-$. Furthermore, our results demonstrated an effectiveness of the tetracycline-inducible system of the vector. Such findings will be useful for the optimal utilization of lentiviral vector for transduction in $CD34^+$ HSCs.

Keywords: Lentiviral vector; Hemotopoietic stem cells; Transduction efficiency

1. Introduction

Hematopoietic stem cells (HSCs)-targeted gene therapy has the potential to cure a variety of hereditary immunodeficiencies and several HSC-based therapies, and are currently under development for the treatment of hemoglobin disorders, such as beta-thalassemia and sickle cell disease. HSCs are also potential targets for several applications of gene delivery, due to their capability to differentiate into all lineages of the hematopoietic system. Theoretically, HSCs can sustain the supply of gene-transduced HSCs throughout the lifespan of patients. Efficient gene delivery into target cells and maintenance of the biological functions of these cells are important to the successful of gene therapy. Inefficient gene transfers into HSCs is a result of inherent characteristics of HSCs, as most HSCs are in a quiescent state, and displayed relatively delayed response to cytokine stimulation, and upon division,

tend to lose the capacity of long-term repopulating potential [1]. A lentiviral vector system, therefore, has an advantage to transduce non-dividing cells, such as neurons, cardiac myocytes, hepatocytes, and primitive HSCs ($CD34^+ CD38^-$). Furthermore, this vector can integrate into the host cell chromosome for the stable and safe expression of the genetic material [2].

Various sources of HSCs have been used in research and clinical studies, including mobilized peripheral blood (mPB), umbilical cord blood (CB), adult bone marrow (BM), and pluripotent cells. Among them, mPB HSCs display a limited proliferative capacity and although CB HSCs exhibit a greater expansion capacity than PB HSCs and are more susceptible to gene transduction, the number of cells generated is still limited and the cells display a fetal, rather than an adult, phenotype. Potentially unlimited HSC source is pluripotent stem cells (PSCs), such as human embryonic stem cells (hESCs) or induced pluripotent stem cells (iPSCs). The main advantage of these cells is that they are immortalized cells; however, disadvantage is that only a small number of hematopoietic stem and progenitor cells are effectively generated [3, 4]. Even though various sources of HSCs are available, the generation of HSCs is still limited because of the short life span of cells. Therefore, the generation of immortalization HSCs is a novel strategy to provide an unlimited supply of HSCs and progenitors for the formation of all blood cell types. In current study, human $CD34^+$ HSCs derived from normal peripheral blood was transduced with the pLVX-TetOne-Puro-HPV16-E6/E7 vector to generate human immortalized $CD34^+$ HSCs. Previously, many studies that optimized procedure for efficient lentiviral transduction was reported [5, 6]; nonetheless, clear protocol for high-efficiency transduction of $CD34^+$ cells essential for successful human gene transfer.

In this study, we optimized lentiviral transduction in $CD34^+$ HSCs to achieve establish immortalized human $CD34^+$ cells. The discovery of the best protocol would contribute to high-efficiency gene transfer, avoid the toxicity of lentiviral vector, and extend the length of transgene expression in targeted cells. Using mPB $CD34^+$ HSCs as targeted HSCs, we examine MOI that is a necessary transduction parameter. A pLVX-TetOne-Puro-AcGFP1 vector carrying GFP was used as the gene delivery. HSCs were monitored for transduction efficiency, primitive HSC surface marker expression, and cellular function by flow cytometry. We expected that the results obtained in this study will be used to develop the gene transfer technique to get high transduction efficiency of lentiviral transduction together with functional status of HSCs.

2. Materials and Methods

2.1 Lentiviral Vector Construction

The pLVX-AcGFP1-N1 vector was digested with a combination of restriction enzymes consisting of *EcoRI* and *BamHI*, and the digested AcGFP1 gene was purified by PCR clean-up gel extraction. After confirmation by DNA sequencng, the AcGFP1 gene was cloned into the pLVX-TetOne-Puro vector (TAKARA BIO, Japan).

2.2 Lentiviral vector production

Before transfection, human embryonic kidney (HEK) 293T cells were seeded at 2.2 x 10^6 cells/ml in a 100-mm cell culture dish, coated with poly-D-lysine at room temperature (RT) for 4 hours. The cells were cultured in 10 ml of MEM media

supplemented with 10% FBS, 1% L-glutamine, and 1% Pen/ Strep (100 U/ml penicillin, 0.1 mg/ml streptomycin). At 50–60% confluent at the time of transfection, the medium was changed to MEM complete medium for 2-4 hours. Pseudoviral particles were produced by co-transfection of the three plasmids including 10 µg of pLVX-TetOne-Puro-AcGFP1, 7.5 µg of psPAX2 (Gag, Pol) and 2.5 µg of pMD2.G (VSV-G, Addgene, USA) using PEI solution at the ratio of 1: 8 (DNA: reagent). Then, the cocktail of plasmids was added onto the HEK293T cells and the medium was changed after 16 hours of incubation. Forty-eight (48) hours after transfection, the lentiviral supernatants were harvested.

2.3 Lentiviral Vector Concentration

The viral supernatant was transferred to 50 ml conical centrifuge tubes, then Lenti-X™ Concentrator (TAKARA BIO, Japan) was added and mixed gently. Next, the mixture was incubated overnight at 4°C and centrifuged 1,500 x g for 45 min at 4°C. After centrifugation, an off-white pellet was visible. The supernatant was carefully removed, and then the pellets were resuspended in Dulbecco's Phosphate-Buffered Saline (DPBS). The samples were immediately stored overnight at 4°C before freezing at -80°C in single-use aliquots.

2.4 Lentiviral Vector Titration

The lentiviral titer was determined by 10-fold serial dilution from the concentrated virus (10^{-1}-10^{-4}). HEK293T cells were seeded at 5 x 10^4 cells/well in 24-well cell culture plate to achieve 50-60% confluence on day 2 in 500 µl of MEM complete medium. On the day of the transduction, cells were transduced with four 10-fold serial dilutions of viral stocks in growth medium containing 8 µg/ml Polybrene® (Merck Millipore, USA) and incubated at 37°C, 5% CO_2 for 3 days. Cells were harvested and analyzed for the number of GFP-positive cells using flow cytometry.

2.5 Isolation and Purification of $CD34^+$ Cells

The HSCs used in this study were approved by Office of The Committee for Research, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital Mahidol University (COA.MURA2019/916). The peripheral blood mononuclear cell (PBMC) fractions were isolated from the blood samples using IsoPrep density gradient centrifugation at 400 x g with the BREAKED OFF for 30 min, at RT. The cloudy PBMC band was located at the plasma/Ficoll® interface. Then, $CD34^+$ cells were isolated from PBMC fraction by the CD34 MicroBead Kit. The $CD34^+$ cells were magnetically labelled with CD34 MicroBeads at 4°C for 30 min. The cells were washed and resuspended in sterile Magnetic-activated cell sorting (MACS) buffer (DPBS supplemented with 0.5% BSA, and 2mM EDTA). The cell suspension was passed through a pre-separation filter and LS column, which was placed in the magnetic field of MidiMACS™ separator (Miltenyi Biotec, Germany). The magnetically labeled $CD34^+$ cells were retained within the column. After column was removed from the magnetic field, the magnetically retained $CD34^+$ cells were eluted with MACs buffer and centrifuged at 400 x g for 5 min, at 4°C. The $CD34^+$ cell pellet was gently resuspended in CryoSOfree™ DMSO-free cryopreservation medium at a concentration of 2 x 10^6 cells/ml. These cells were immediately stored at -80°C for 24 hours, and then moved to liquid nitrogen for long-term storage. Finally, the purity of isolated $CD34^+$ cells were evaluated by flow cytometry. The percent purity of selected $CD34^+$ cells were accepted as more than 90%.

2.6 Transduction of CD34$^+$ HSCs

Prior transduction, human CD34$^+$ cells were seeded on a non-treated 96-well cell culture plate at a concentration of 1 x 10^6 cells/ml and pre-stimulated for 16 hours in Stem-Span™ Animal component-free (ACF) medium supplemented with 100 ng/ml human thrombopoietin (hTPO), 100 ng/ml human stem cell factor (hSCF), and 20 ng/ml fms-like tyrosine kinase-3 ligand (Flt-3), and 1% Pen/Strep. After pre-stimulation, cells were resuspended in fresh growth factor-supplemented StemSpan™ ACF with concentrated lentivirus containing pLVX-TetOne-Puro-AcGFP1 vector and 8 µg/ml Polybrene®. On day 1 post-transduction, the same volume of the fresh growth medium containing 1 µg/ml Dox was added. After culturing for 3 days, cells were harvested and monitored for the number of GFP-expressing cells and primitive hematopoietic marker expression using flow cytometry.

2.7 Flow cytometry

A sample of 1 x 10^5 cells were collected, washed and resuspended in 1 ml DPBS and cells were washed once with MACs buffer. For CD34$^+$ cell quantitation, the cells were stained with a combination of two antibodies against hematopoietic markers, anti-human CD34 antibody-PerCP and anti-human CD38 antibody-PE. Samples were incubated with antibodies in MACs buffer at 4°C for 20 min in the dark, and then washed with MACs buffer for 2 times. Live and dead cells were discriminated using the propidium iodide (PI) staining solution (50 µg/ml, BD Biosciences). The labeled cells were analyzed on the Invitrogen™ Attune™ NxT Flow Cytometer (Thermo Fisher Scientific, USA).

2.8 Statistical Analysis

Statistical significance was determined by one-way ANOVA followed by post hoc (Bonferroni) multiple comparisons between treatment groups using GraphPad Prism version 8.4.3 for Windows (GraphPad Software, San Diego, CA), $p < 0.05$ was considered statistically significant.

3. Results

3.1 Construction of Lentiviral Vector for Expression of AcGFP1 using Tetracycline-inducible System

The pLVX-TetOne-Puro lentiviral vector contains the Tet-On 3G transactivator from the human phosphoglycerate kinase 1 promoter (P_{hPGK1} promoter) in the forward direction, and the gene of interest is expressed from the P_{TRE3GS} promoter in the reverse orientation; this plasmid is designed to express cDNA under the control of the Tet-responsive promoter. The AcGFP1 genomic DNA was transfered to the pLVX-TetOne-Puro plasmid by the restriction digestion/ligation cloning method **(Fig. 1)**. Lentiviral vector production was performed as described above.

3.2 Lentiviral Vector Titration

The experiment was performed on HEK293T cells in a 24-well plate (5 x 10^4 cells/well). At 24 hours post-seeding, cells were transduced with serial dilutions of lentiviral vector: 1/10, 1/100, 1/1000, and 1/10000. After 72 hours, cells were detached from the plate and the lentiviral titer was estimated on FACS based on GFP fluorescence. **(Fig. 2)** For the calculation of the lentiviral titer, only dilutions yielding to 10% to 20% of GFP-positive cells were considered for titer calculations.

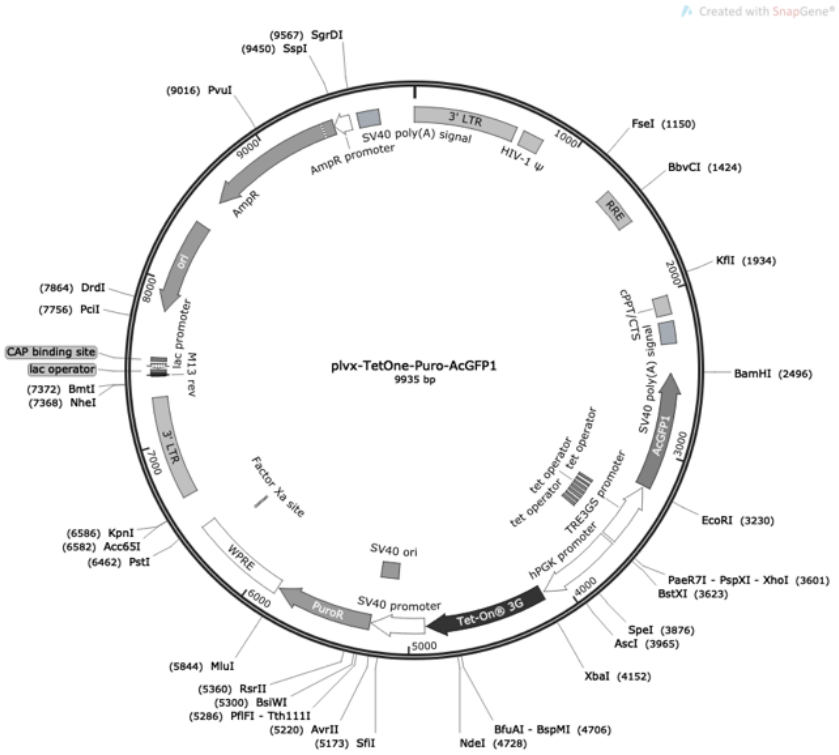


Figure 1 The schematic pLVX-TetOne-Puro-AcGFP1 vector.

The titration was calculated as follows: Transduction unit (TU) /ml = {(cell number at transduction day x (% GFP-positive cells/100)) /volume of diluted virus (µl)] x dilution factor x 1000[7]. Thus, the result from Table 1 illustrated that the titer of the lentiviral stock is 4.0×10^7.

Table 1 Lentiviral titer calculation.

DF[1]	0	10	100	1000	10000
P[2] (%)	0	35	16	7	4
N[3] (cells)	5×10^5				
V[4] (µl)	200				
Titer (TU/ml)	0	8.75 $\times 10^6$	4.0 $\times 10^7$	1.75 $\times 10^8$	1.0 $\times 10^9$

[1] = dilution factor, [2] = percentage of GFP-positive cells, [3] = cell number, [4] = volume of diluted virus.

3.3 Effect of MOI on Transduction Efficiency in mPB CD34$^+$ Cells

We evaluated conditions of MOI on mPB CD34$^+$ cells, and also for the more immature subset of HSCs (CD34$^+$CD38$^-$). CD34$^+$ cell preparations with a purity of 96.99% ± 0.36 were obtained by immunomagnetic purification (data not shown). Cells were pre-stimulated for 24 hours and transduced in 96-well cell culture plate with the lentiviral vector at MOIs of 0, 0.1, 1, 5, 10 and, 25 in medium supplemented with SCF, TPO, and Flt-3. The vector used was derived from the pLVX-TetOne-Puro and contains the AcGFP1 reporter gene under the control of the P_{hPGK1} promoter **(Fig. 1)**. The transduction efficiency was evaluated by flow cytometry analysis of eGFP at 72 hours, an increase in the percentage of eGFP cells correlated

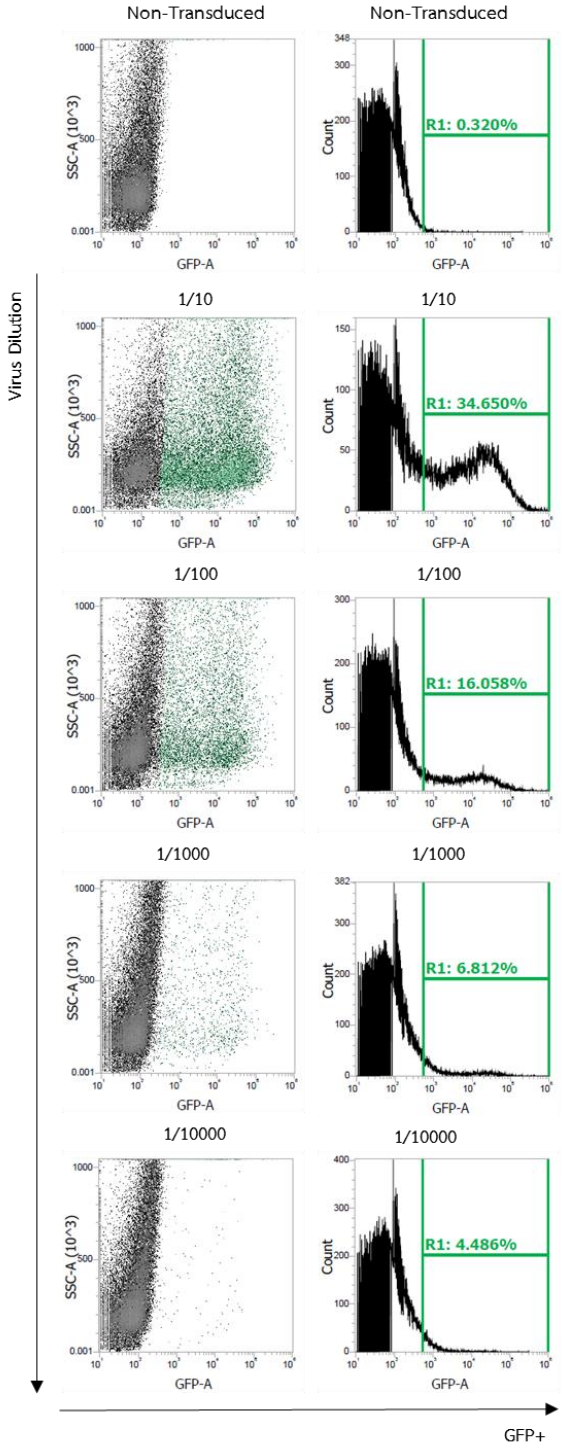


Figure 2 Quantification of GFP expression by flow cytometry in HEK 293T cells following lentiviral transduction. Dot plots (Left) Histograms (Right) representing GFP$^+$ cells, 72 hours after transduction with 10-fold dilutions of lentiviral vector.

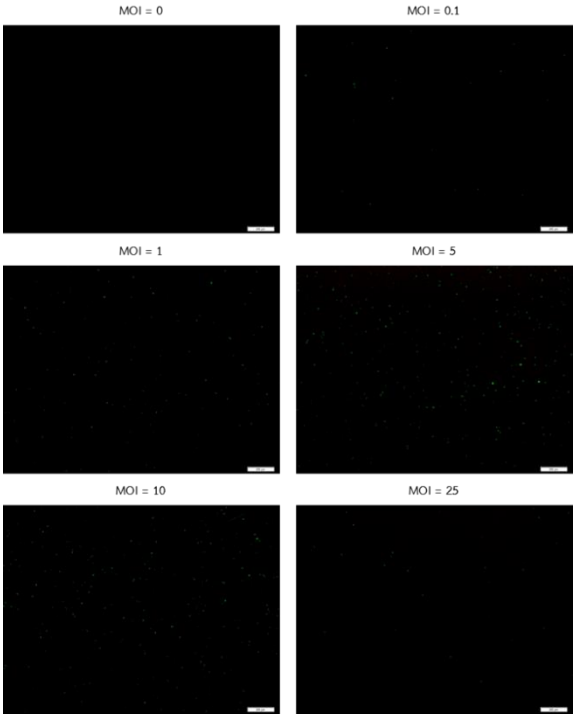


Figure 3 GFP expression in transduced HSCs visualized by fluorescent microscopy. Original magnification: x10.

well with the increase in MOI, except MOI 25 (0%, 0.17%, 0.34%, 0.57%, 0.97% and 0%, respectively). Previously, it has been reported that transducing CD34$^+$ HSCs at low MOIs makes it difficult to yield positive results as transduction must be performed generally at much higher MOIs [8, 9]. To assess the effects of virus concentration on cell viability and HSC function in the cells on lentiviral transduction, we analyzed the number of hematopoietic marker-expressing cells. The higher MOI resulted in more efficient lentiviral transduction while decreasing the percentage of primitive HSC CD34$^+$CD38$^-$ HSCs **(Fig. 3)**. However, the result displayed the GFP positive HSCs could not be detected at MOI 25 (0% eGFP cells), as some cells were already dead as verified by cell viability assay (data not shown), due to the high vector MOI could increase toxicity during human CD34$^+$ cell

transduction [6, 10]. Moreover, the residual cells were differentiated into $CD34^+CD38^+$ mature hematopoietic progenitor cells. Our results revealed that lentiviral transduction at MOI of 10 was 0.97% GFP positive HSCs **(Fig. 4A)**, and the $CD34^+CD38^-$ hematopoietic cell assay yielded an average percentage of 25.46% **(Fig. 4B)**. Collectively, our data demonstrated an optimal MOI that suitable for lentiviral transduction protocol in $CD34^+$ HSCs and maintain the functional characteristic of primitive hematopoietic stem cells ($CD34^+$ $CD38^-$).

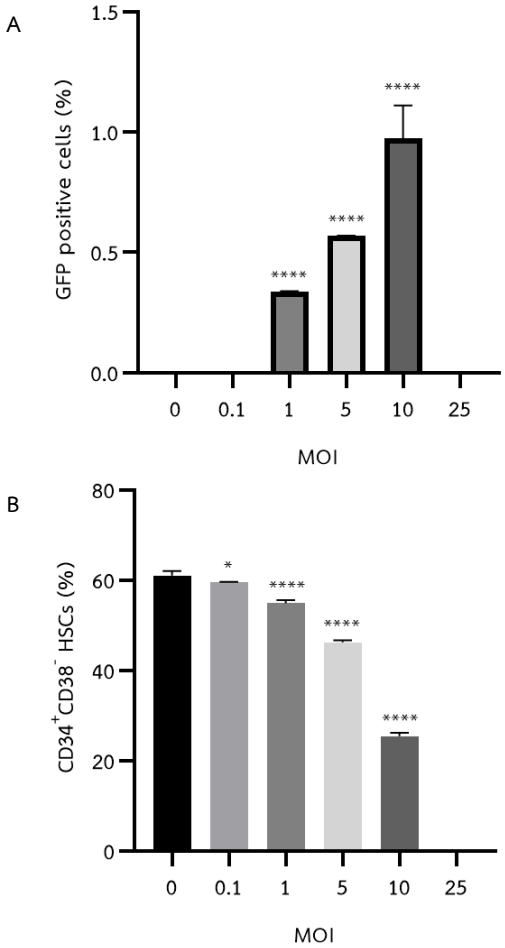


Figure 4 Effect of MOI on Transduction Efficiency in mPB $CD34^+$ Cells. The percentage of GFP expressing $CD34^+CD38^-$ HSCs **(A)**, and total $CD34^+CD38^-$ HSCs **(B)** were detected. Data are represented as mean ± S.E. (n = 3). *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$; ****, $p < 0.0001$ compared with non-transduced cells (ANOVA).

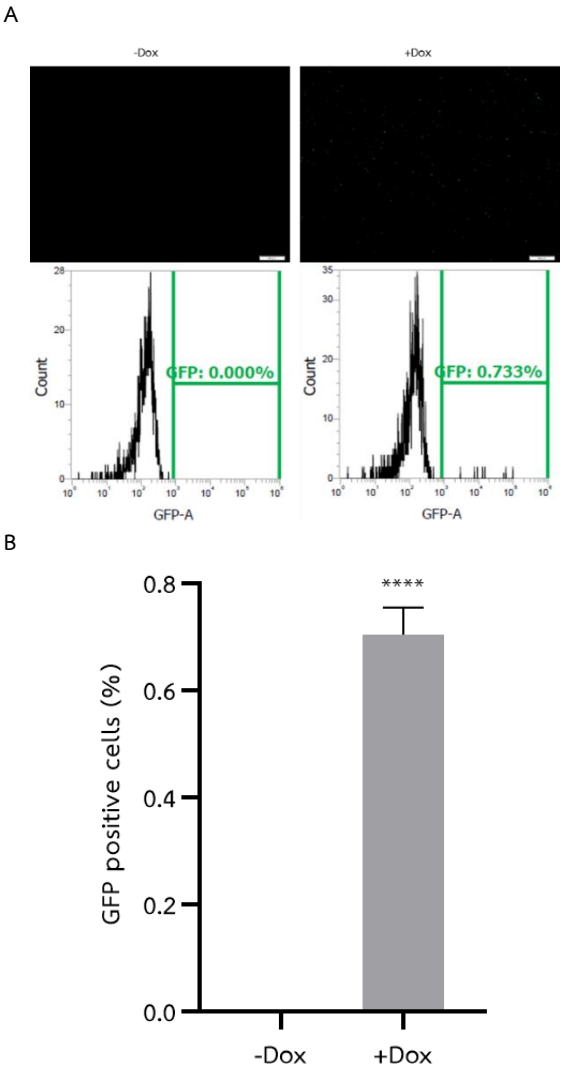


Figure 5 Inducible expression of GFP in mPB $CD34^+$ Cells. (A) GFP expression in $CD34^+CD38^-$ HSCs were confirmed by fluorescent microscopy (upper panel) and flow cytometry (Lower panel), and (B) the percentage of GFP expressing $CD34^+CD38^-$ HSCs when cultured with or without Dox. Data are represented as mean ± S.E. (n = 3).). *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$; ****, $p < 0.0001$ compared with non-transduced cells (Student's t test).

3.4 Inducible expression of GFP in mPB $CD34^+$ Cells

To confirm the inducible expression of the pLVX-TetOne-Puro-AcGFP1 vector, we observed

tetracycline-dependent induction of GFP in human $CD34^+$ $CD38^-$ HSCs carrying this lentiviral vector. GFP expression was induced by doxycycline at a concentration of 1 µg/ml that had previously shown to be effective in inducing expression and did not inhibit cell growth. As shown in **Fig. 5**, GFP expression was clearly induced when doxycycline was present (on) compared to when it was absent (off). These results indicate that the controllable induction of transduced HSCs can be seen by expression of GFP.

4. Conclusion

We found that human mobilized peripheral blood-derived $CD34^+$ hematopoietic stem cells can be transduced with lentiviral vectors at MOI 10. This research revealed the optimal MOI applicable to the protocol of the lentiviral transduction. Further optimization of transduction conditions will be done to transduce the pLVX-TetOne-Puro-HPV16-E6/E7 vector into the $CD34^+$ HSCs in order to generate human immortalized $CD34^+$ HSCs, owing to same core plasmid. Moreover, our study also proved the efficiency of tetracycline-inducible system of the pLVX-TetOne-Puro-AcGFP1 vector. Our results supported the activity of this core plasmid that can control the expression of a gene of interest (GOI) using doxycycline, a synthetic tetracycline derivative that is the effector molecule for all Tet-On and Tet-Off systems. Therefore, this information can be applied for the study of cell immortalization. By using Tet-On system, $CD34^+$ HSCs can be cultured in the presence of Dox when needed to maintain the HSC functions, whereas the removal of Dox would lead to hematopoietic differentiation.

Acknowledgement

This work was supported by Ramathibodi foundation, CIF grants, Faculty of Science, Mahidol University and the Development and Promotion of Science and Technology Talents Project (DPST).

References

[1] Dennis L. Haas., et al. 2000. Critical Factors Influencing Stable Transduction of Human $CD34^+$ Cells with HIV-1-Derived Lentiviral Vectors, Molecular Therapy, Volume 2 No. 1, p. 71-80.

[2] Gary L. Buchschacher, Jr and Flossie Wong-Staal. 2000. Development of lentiviral vectors for gene therapy for human diseases, Blood, Volume 95 No. 8, p. 2499-2504.

[3] Eric E. Bouhassira. 2012. Concise review: production of cultured red blood cells from stem cells, Stem cells translational medicine, Volume 1 No. 12, p. 927-933.

[4] Kongtana Trakarnsanga. 2017. An immortalized adult human erythroid line facilitates sustainable and scalable generation of functional red cells, Nature communications, Volume 8 No. 14750, p. 1-7.

[5] Song Won Park, Chul-Woong Pyo and Sang-Yun Choi. 2015. High-efficiency lentiviral transduction of primary human $CD34^+$ hematopoietic cells with low-dose viral inocula, Biotechnology letters, Volume 37 No. 2, p. 281-288.

[6] Naoya Uchida., et al. 2011. Optimal conditions for lentiviral transduction of engrafting human $CD34^+$ cells, Gene therapy, Volume 18 No. 11, p. 1078-1086.

[7] Michelle Millington., et al. 2009. Towards a clinically relevant lentiviral transduction protocol for primary human $CD34^{+}$ hematopoietic stem/progenitor cells, PLos One, Volume 4 No. 7, p. e6461.

[8] Scott S. Case., et al. 1999. Stable transduction of quiescent $CD34^{+}CD38^{-}$ human hematopoietic cells by HIV-1-based lentiviral vectors, Immunology, Volume 96, p. 2988-2993.

[9] Guillermo Guenechea., et al. 2000. Transduction of Human $CD34^{+}CD38^{-}$ Bone Marrow and Cord Blood-Derived SCID-Repopulating Cells with Third-Generation Lentiviral Vectors, Molecular Therapy, Volume 1 No. 6, p. 556-573.

[10] Naoya Uchida., et al. 2019. High-Efficiency Lentiviral Transductionof Human $CD34^{+}$ Cells in High-Density Culturewith Poloxamer and Prostaglandin E2, Molecular Therapy, Volume 13, p. 187-196.

ID060

Analyses of Genomic tRNA in *Paenibacillus larvae;* a Causative Agent of American Foulbrood (AFB) disease in Honey bees

Sasiprapa Krongdang[1*] and Auttapon Sripradit[1]
[1]Faculty of Science and Social Sciences, Burapha University Sakaeo Campus
[*]E-mail: sasiprapa.kr@buu.ac.th

Abstract

Transfer RNAs (tRNA) are significant molecules that play key roles of protein translation machinery and acts as a bridge between the ribosome and codon of the mRNA. Determination of tRNA sequences and nucleotide mutation was a landmark discovery for modern molecular biology research. In this study we focused in genomic tRNA, *Paenibacillus larvae* (*P. larvae*) that has not been yet reported. The tRNAs were conducted from eleven complete genomic sequences using bioinformatics approaches. Analysis revealed that; *P. larvae* contain seventy-nine to eighty-one tRNA genes per genome that encodes for twenty tRNA isotypes. $tRNA^{Leu}$ showed the highest abundance of isoacceptors whereas $tRNA^{Trp}$ and $tRNA^{Cys}$ showed the lowest numbers. The transition rate of *P. larvae* tRNA was found to be higher than transversion rate. Evolutionary study discovered that the highest transition/transversion bias (R) observed in $tRNA^{Asn}$ (R= 263.524) and the lowest in $tRNA^{Asp}$ (R= 0). Therefore, this is the first report to study of *P. larvae* tRNA structures and evolutionary analyses.

Keywords: tRNA, *Paenibacillus larvae*, Substitution bias, Anti-codon, Codon.

1. Introduction

Transfer ribonucleic acid (tRNAs) play essential roles for protein translation mechanisms linking the genetic codes contained in mRNA to decode of 20 amino acids [1]. Numerous studies have been examined on the evolution of tRNA in several organisms such as bacteria, plants, and animals [2]. The structure of tRNA is a “clover leaf” like secondary structure and an L-shaped tertiary structure that is an analog both of eukaryotes and prokaryotes [3]. The tRNA possess four arms (the acceptor, D, anti-codon and ψ-arms), three loops (D, anti-codon and ψ -loop) and a variable region [4]. The D-arm, D-loop, and variable region often found variable number of nucleotides while the nucleotide number in the acceptor arm, anti-codon arm, anti-codon loop, ψ-arms and ψ-loops is constantly conserved. Several nucleotides at different positions of the tRNA lead to modification and maintain proper stability and function. The tRNA could be a novel mechanism to understand resist antibiotic action, antibiotic resistance and specific treatment in bacteria [5] by processing of lipid modification using aminoacyl-tRNAs as substrates[6]. However, understanding of tRNA characteristics and their biology evolution could be comprehensive study first. One of our interests is *Paenibacillus larvae* (*P. larvae*) is Gram-positive and spore-forming bacterium, a causative agent of the most destructive honey bee larva bacterial disease called American foulbrood (AFB) [7]. The tRNA information of this pathogen has not been yet addressed. Therefore, an objective in this study is to analyses tRNA in the *P. larvae* genome sequences that searches for their characteristics, anticodon abundance and transition/transversion bias of a tRNA sequences.

2. Materials and Methods

The *P. larvae* complete genome sequences in

FASTA format were retrieved from the National Center for Biotechnology Information (NCBI) available on the following website: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/. The GeneBank accession number of eleven complete genomes available at the start of this study are as follows: *Paenibacillus larvae* subsp. *larvae* NZ_(CP019651.1, CP019687.1, ADFW01000001.1-ADFW01000007.1, CP003355.1, NZ_CP019652.1, NZ_CP019655.1, NZ_CP019659.1, NZ_CP019717.1) and *Paenibacillus larvae* subsp. *pulvifaciens* (CP019794.1, NZ_CP020557.1 and NZ_CP020327.1).

All genome was characterized and the tRNA structures were scanned using tRNA tRNAscan-SE version 2.0 [8]. Default parameters were used to run all sequences. Isotype-specific model scores, tRNA secondary structures and isotype/ anticodon counts from each genome were examined with different types based on the amino acid code.

Evolutionary analyses of all tRNA were conducted in MEGA X [9] and were analyzed transition/transversion rates (K_1 and K_2), nucleotide frequencies (%) and the transition/transversion ratio was estimated using the following formula;

$$R = \frac{[A \times G \times k1 + T \times C \times k2]}{[(A+G)\times(T+C)]} \quad (1)$$

where R is the overall transition/transversion bias, $k1$ and $k2$ are the transition/transversion rate ratios (purines and pyrimidines), A = adenine G = guanine T = thymine and C = cytosine

The statistical parameters used to analyze the transition/transversion rates were substitution pattern estimation (MCL) model following analysis setting; scope (all selected taxa; statistical method, maximum likelihood), substitution type nucleotides; model/method, Tamura-Nei, and ambiguous bases were allowed at any position (partial deletion option) and site coverage cut off was 95 %.

3. Results and discussion

The tRNA gene population is very diverse in all organisms. The *P. larvae* tRNA in this study are small ranging from only 76 to 88 base pairs in length. In structural terms, the genes encoding for tRNA are generally approximately 75–95 base pair in length in all organisms from the prokaryotes to the eukaryotes [10].

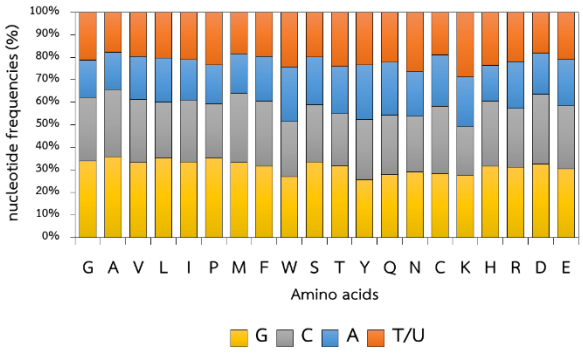


Figure 1 The nucleotide frequencies in *P. larvae* tRNA sequences

P. larvae contains 79-81 tRNA genes per genome that encodes for 20 tRNA isotypes. The overall base composition in each tRNA isotype were different (Figure 1) caused by variable number of bases in their structure such as D-loop and the variable loop [4]. Moreover, the results found that almost the tRNA contained C+G % anticodon composition more than 50 % except $tRNA^{Lys}$. The $tRNA^{Ala}$ showed the highest C+G % in its sequences (65.76 %) and $tRNA^{Lys}$ showed the lowest C+G % (49.29 %). G+C enrichment also was observed in several bacteria for instance *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli,* and *Thermus thermophiles* tRNA anticodons [11].

The tRNA analyses showed the presence total of 869 tRNA sequences in *P. larvae* genomes that encoded 20 standard amino acids, however, selenocysteine tRNAs (UCA) and suppressor tRNA was not observed. Analyses showed *P. larvae* tRNA contain 38 different anti-codons/isoacceptors in 869 tRNA, with $tRNA^{Leu}$ having the highest abundance of isoacceptors (GAG, CAG, UAG, CAA, UAA) (Table 2 and Figure 2a-h), on the other hand, $tRNA^{Trp}$ (Figure 2s) and $tRNA^{Cys}$ are encoded the lowest number of isoacceptor (CCA and GCA,

respectively).

Eleven tRNA isotypes contain only one anti-codon ($tRNA^{Met}$, $tRNA^{Phe}$, $tRNA^{Trp}$, $tRNA^{Tyr}$, $tRNA^{Gln}$, $tRNA^{Asn}$, $tRNA^{Cys}$, $tRNA^{Lys}$, $tRNA^{His}$, $tRNA^{Asp}$ and $tRNA^{Glu}$) while all other tRNA contains more than one (Table 1). It is seemed that the bacterial tRNA genes are surprisingly uniform and lack structural diversity [12]. DNA substitution mutations are of two types. Transitions are interchanges of purines (inside the purine group or the pyrimidine group)$(A \leftrightarrow G)$ or pyrimidines $(C \leftrightarrow T)$, which involve bases of similar shape. Transversions are interchanges between purine and pyrimidine bases $(C \leftrightarrow A, C \leftrightarrow G, G \leftrightarrow T$ and $A \leftrightarrow T)$ [13].

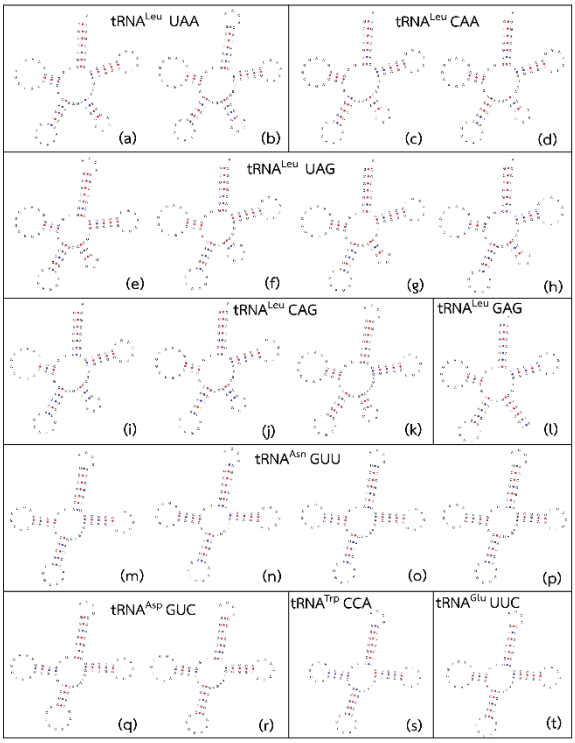


Figure 2 The general clover leaf-like structure of some tRNAs. (a-l) $tRNA^{Leu}$ present 12 difference structures with 5 anti-codons (UAA, CAA, UAG, CAG and GAG). (m-p) $tRNA^{Asn}$ present only one anti-codon with 4 different sequences. (q-r) $tRNA^{Asp}$ present only one anti-codon with 2 different sequences. (s) and (t) represent $tRNA^{Trp}$ and $tRNA^{Glu}$ with its conserve sequence and translated only one anti-codon.

Overall, the results showed the highest the transition/transversion bias in $tRNA^{Asn}$ (R = 263.524) and lowest in $tRNA^{Asp}$ (R = 0) (Table 2) indicated that no bias toward either transition/transversion. The high transition/transversion bias was found in a few tRNA for example $tRNA^{Asn}$, $tRNA^{Lys}$ and $tRNA^{Val}$ that correlated with the transition/transversion ratios K_1=1-1.149 (purine) and K_2 = 1000 (pyrimidine) (Table 2). Maximum composite likelihood (MCL) estimate of nucleotide substitution pattern (r) of *P. larvae* tRNA calculated by Tamura-Nei model. The results showed changes in tRNA sequences through the 11 whole genome sequences. The results show high rates of substitutions mainly from adenine (A) and uracil (U)

Table 1 Detail of *P. larvae* tRNA and Iso-acceptors (anti-codon) nucleotide sequences.

tRNA Isotypes	Iso-acceptors						Total number of tRNA
Non-polar							
Glycine (Gly)	ACC (0)	GCC (33)	CCC (0)	UCC (22)			55
Alanine (Ala)	AGC (0)	GGC (11)	CGC (0)	UGC (47)			58
Valine (Val)	AAC (0)	GAC (11)	CAC (0)	UAC (44)			55
Leucine (Leu)	AAG (0)	GAG (10)	CAG (22)	UAG (22)	CAA (11)	UAA (22)	88
Isoleucine (Ile)	AAU (0)	GAT (34)	CAU (11)	UAU (0)			45
Proline (Pro)	AGG (0)	GGG (11)	CGG (11)	UGG (34)			56
Methionine/fMethionine (Met)			CAU (57)				57

Phenylalanine (Phe)	AAA (0)	GAA (22)					22
Tryptophan (Trp)			CCA (11)				11
Polar							
Serine (Ser)	AGA (0)	GGA (22)	CGA (11)	UGA (11)	ACU (0)	GCU (22)	66
Threonine (Thr)	AGU (0)	GGU (11)	CGU (11)	UGT (33)			55
Tyrosine (Tyr)	AUA (0)	GUA (22)					22
Glutamine (Gln)			CTG (0)	UUG (33)			33
Asparagine (Asn)	AUU (0)	GUU (33)					33
Cysteine (Cys)	ACA (0)	GCA (11)					11
Positively charged							
Lysine (Lys)			CUU (0)	UUU (44)			44
Histidine (His)	AUG (0)	GTG (22)					22
Arginine (Arg)	ACG (33)	GCG (0)	CCG (11)	UCG (0)	CCU (11)	UCU (11)	66
Negatively charged							
Aspartate (Asp)	AUC (0)	GUC (33)					33
Glutamate (Glu)			CUC (0)	UUC (44)			44

to cytosine (C) and guanine (G). The guanine (G) was the most conservative nucleotide that may relate with nucleotide structures and their chemical bond strength, furthermore guanine has been known as the most conserved nucleotide or an ancestral nucleotide [14, 15]. Although a few tRNA illustrated transition substitution changes for instance $tRNA^{Met}$ ($A \rightarrow G$ = 42.80 and $G \rightarrow A$ = 22.66), $tRNA^{Arg}$ ($A \rightarrow G$ = 53.57 and $G \rightarrow A$ = 35.57),and $tRNA^{Asp}$ ($A \rightarrow G$ = 16.23) (Table 3). The most changes transition substitutions were observed in uracil (U) to other nucleotides. The highest value from $U \rightarrow C$ is 58.71 in $tRNA^{Val}$ and the lowest from $U \leftrightarrow C$ is 0 which found in $tRNA^{Ala}$ and $tRNA^{Asp}$. In contrast, the most changes transversion substitutions was observed in uracil (U) and cytosine (C) to others. The highest value was observed in $tRNA^{Ala}$ from $U \rightarrow G$ and $C \rightarrow G$ is 16.53 and the lowest from $U \rightarrow G$ and $C \rightarrow G$ is 0.5 which found in $tRNA^{Lys}$ (Table 3). The transition/transversion rate in *P. larvae* tRNA on this study suggests that the rate of transition in tRNA is

Table 2 The transition/transversion rate ratios and the overall transition/transversion bias (R) of *P. larvae* tRNAs.

tRNA	k1 (purines)	k2 (pyrimidines)	R	Number of nucleotide sequences	Total of nucleotide positions
Glycine (Gly)	4.517	44.494	11.694	54	71
Alanine (Ala)	0.327	0	0.077	56	73
Valine (Val)	1.235	1000	220.621	55	73
Leucine (Leu)	2.149	7.296	2.084	87	80
Isoleucine (Ile)	0.264	0.665	0.218	45	77
Proline (Pro)	13.880	197.724	47.714	56	74
Methionine/fMethionine (Met/fMet)	23.977	9.008	7.649	56	74
Phenylalanine (Phe)	1	1	0.478	22	76
Tryptophan (Trp)	1	1	0.5	11	74
Serine (Ser)	0.759	73.595	15.144	66	86
Threonine (Thr)	1.329	2.676	0.953	53	72
Tyrosine (Tyr)	1	1	0.499	22	86
Glutamine (Gln)	1	1	0.497	33	72
Asparagine (Asn)	1	1000	263.524	33	76
Cysteine (Cys)	1	1	0.486	11	74

tRNA	k1 (purines)	k2 (pyrimidines)	R	Number of nucleotide sequences	Total of nucleotide positions
Lysine (Lys)	1	1000	252.407	44	73
Histidine (His)	1	1	0.475	22	76
Arginine (Arg)	47.264	2.049	12.690	66	71
Aspartate (Asp)	0	0	0	33	77
Glutamate (Glu)	1	1	0.486	44	72

higher than the rate of transversion that correlate to other researches that observed the transition/transversion rates in cyanobacteria [2], plant [16] were observed higher frequencies than transversion evolutionary studies [17]. Interestingly, in present, the applications of tRNA have been comprehensively studied such as development the $tRNA^{Cys}$-PCR approach to detect *P. larvae* in commercial bee pollens [18]. Furthermore, tRNA was increasingly challenged as a target of antibiotic resistance in bacteria [19] and modification for maintaining cellular function and causing to the virulence of pathogens in archaea and bacteria [20].

Table 3 Maximum composite likelihood (MCL) estimate of the pattern of nucleotide substitution (r) of *P. larvae* tRNA calculated by Tamura-Nei model.

From/To	A	U	C	G
Glycine				
A	-	*0.81*	*1.08*	**5.82**
U	*0.63*	-	**47.91**	*1.29*
C	*0.63*	**35.82**	-	*1.29*
G	**2.85**	*0.81*	*1.08*	-
Alanine				
A	-	*8.2*	*13.76*	**5.4**
U	*7.57*	-	**0**	*16.53*
C	*7.57*	**0**	-	*16.53*
G	**2.48**	*8.2*	*13.76*	-
Valine				
A	-	*0.04*	*0.06*	**0.09**
U	*0.04*	-	**58.71**	*0.07*
C	*0.04*	**40.74**	-	*0.07*
G	**0.05**	*0.04*	*0.06*	-
Isoleucine				
A	-	*8.58*	*11.22*	**3.6**
U	*7.26*	-	**7.46**	*13.6*
C	*7.26*	**5.71**	-	*13.6*
G	**1.92**	*8.58*	*11.22*	-
Proline				
A	-	*0.23*	*0.23*	**4.79**
U	*0.17*	-	**46.19**	*0.34*
C	*0.17*	**44.75**	-	*0.34*
G	**2.34**	*0.23*	*0.23*	-
Methionine/fMethionine				
A	-	*0.99*	*1.65*	**42.8**
U	*0.94*	-	**14.9**	*1.78*
C	*0.94*	**8.9**	-	*1.78*
G	**22.66**	*0.99*	*1.65*	-
Phenylalanine				
A	-	*6.58*	*9.65*	**10.53**
U	*6.58*	-	**9.65**	*10.53*
C	*6.58*	**6.58**	-	*10.53*
G	**6.58**	*6.58*	*9.65*	-
Tryptophan				
A	-	*8.11*	*8.11*	**9.01**
U	*8.11*	-	**8.11**	*9.01*
C	*8.11*	**8.11**	-	*9.01*
G	**8.11**	*8.11*	*8.11*	-
Serine				
A	-	*0.56*	*0.71*	**0.71**
U	*0.6*	-	**52.27**	*0.94*
C	*0.6*	**40.96**	-	*0.94*
G	**0.45**	*0.56*	*0.71*	-
Threonine				
A	-	*6.09*	*5.82*	**10.71**
U	*5.25*	-	**15.58**	*8.06*
C	*5.25*	**16.29**	-	*8.06*
G	**6.98**	*6.09*	*5.82*	-
Tyrosine				
A	-	*7.75*	*8.91*	**8.53**
U	*8.14*	-	**8.91**	*8.53*
C	*8.14*	**7.75**	-	*8.53*
G	**8.14**	*7.75*	*8.91*	-
Glutamine				
A	-	*7.41*	*8.8*	**9.26**
U	*7.87*	-	**8.8**	*9.26*

From/To	A	U	C	G
C	*7.87*	**7.41**	-	*9.26*
G	**7.87**	*7.41*	*8.8*	-
Asparagine				
A	-	*0.05*	*0.05*	**0.06**
U	*0.04*	-	**48.33**	*0.06*
C	*0.04*	**51.19**	-	*0.06*
G	**0.04**	*0.05*	*0.05*	-
Cysteine				
A	-	*6.31*	*9.91*	**9.46**
U	*7.66*	-	**9.91**	*9.46*
C	*7.66*	**6.31**	-	*9.46*
G	**7.66**	*6.31*	*9.91*	-
Lysine				
A	-	*0.06*	*0.04*	**0.05**
U	*0.04*	-	**42.97**	*0.05*
C	*0.04*	**56.54**	-	*0.05*
G	**0.04**	*0.06*	*0.04*	-
Histidine				
A	-	*7.89*	*9.65*	**10.53**
U	*5.26*	-	**9.65**	*10.53*
C	*5.26*	**7.89**	-	*10.53*
G	**5.26**	*7.89*	*9.65*	-
Arginine				
A	-	*0.8*	*0.95*	**53.57**
U	*0.75*	-	**1.94**	*1.13*
C	*0.75*	**1.64**	-	*1.13*
G	**35.57**	*0.8*	*0.95*	-
Aspartate				
A	-	*9.09*	*15.55*	**0**
U	*9.13*	-	**0**	*16.23*
C	*9.13*	**0**	-	*16.23*
G	**0**	*9.09*	*15.55*	-
Glutamate				
A	-	*6.94*	*9.26*	**10.19**
U	*6.94*	-	**9.26**	*10.19*
C	*6.94*	**6.94**	-	*10.19*
G	**6.94**	*6.94*	*9.26*	-

Note: The probability of substitution (r) from one base (row) to another base (column). The sum of r values is made equal to 100. Rates of different transition and transversion substitutions are shown in bold and italics, respectively.

4. Conclusion

It is important to understand nucleotide substitutions to interpret the tRNA differences within species and genera. This is the first comprehensive study of tRNA of bacteria; *P. larvae*. Eleven complete sequences of tRNAs of *P. larvae* were analyzed to predict tRNA characteristics based on computational approach and pattern recognition. The results demonstrated tRNA data description, sequence features, the transition/transversion rate ratios and the overall transition/transversion bias. However, the future study could comprehensively study the tRNA phylogenetic in deep and genetic evolution looking for codon usage, amino acid and synonymous/non-synonymous codon substitution evolutionary distances that help to discover and understand cellular protein synthesis machinery and its applications.

Acknowledgement

The authors thank all the researchers who have shared published database. This work was carried out with the partial support of the Information Technology Service Center (ITSC), Chiang Mai University.

Reference

[1] Medha Raina and Michael Ibba. 2014. tRNAs as regulators of biological processes. Frontiers in genetics. Volume 5 No. p. 171-171.

[2] Tapan Kumar Mohanta, Dhananjay Yadav, Abdullatif Khan, Abeer Hashem, Elsayed Fathi Abd_Allah and Ahmed Al-Harrasi. 2020. Analysis of genomic tRNA revealed presence of novel genomic features in cyanobacterial tRNA. Saudi journal of biological sciences. Volume 27 No. 1 p. 124-133.

[3] Robert W. Holley, Jean Apgar, George A. Everett, James T. Madison, Mark Marquisee, Susan H. Merrill, John Robert Penswick and Ada Zamir. 1965. Structure of a Ribonucleic Acid. Science. Volume 147 No. 3664 p. 1462-1465.

[4] Tapan K. Mohanta, Asad S. Syed, Fuad Ameen and Hanhong Bae. 2017. Novel Genomic and Evolutionary Perspective of Cyanobacterial

tRNAs. Frontiers in genetics. Volume 8 No. p. 200.

[5] Ya-Ming Hou, Isao Masuda and Leonard J. Foster. 2020. tRNA methylation: An unexpected link to bacterial resistance and persistence to antibiotics and beyond. WIREs RNA. p. e1608.

[6] Rajat Banerjee, Shawn Chen, Kiley Dare, Marla Gilreath, Mette Praetorius-Ibba, Medha Raina, Noah M. Reynolds, Theresa Rogers, Hervé Roy, Srujana S. Yadavalli and Michael Ibba. 2010. tRNAs: cellular barcodes for amino acids. FEBS Letters. Volume 584 No. 2 p. 387-395.

[7] Sasiprapa Krongdang, Jay D. Evans, Jeffery S. Pettis and Panuwan Chantawannakul. 2017. Multilocus sequence typing, biochemical and antibiotic resistance characterizations reveal diversity of North American strains of the honey bee pathogen *Paenibacillus larvae.* PLoS ONE. Volume 12 No. 5 p. e0176831.

[8] Todd M. Lowe and Patricia P. Chan. 2016. tRNAscan-SE On-line: integrating search and context for analysis of transfer RNA genes. Nucleic Acids Research. Volume 44 No. 1 p. 54-57.

[9] Sudhir Kumar, Glen Stecher, Michael Li, Christina Knyaz and Koichiro Tamura. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. Molecular Biology and Evolution. Volume 35 No. 6 p. 1547-1549.

[10] Jennifer Shepherd and Michael Ibba. 2015. Bacterial transfer RNAs. FEMS Microbiology Reviews. Volume 39 No. 3 p. 280-300.

[11] Eduardo P. C. Rocha. 2004. Codon usage bias from tRNA's point of view: redundancy, specialization, and efficient decoding for translation optimization. Genome research. Volume 14 No. 11 p. 2279-2286.

[12] Kosuke Fujishima and Akio Kanai. 2014. tRNA gene diversity in the three domains of life. Frontiers in genetics. Volume 5 No. p. 142-142.

[13] Christian Marck and Henri Grosjean. 2002. tRNomics: analysis of tRNA genes from 50 genomes of Eukarya, Archaea, and Bacteria reveals anticodon-sparing strategies and domain-specific features. RNA. Volume 8 No. 10 p. 1189-1232.

[14] Jonathan Romiguier, Figuet Emeric, Nicolas Galtier, Emmanuel J. P. Douzery, Bastien Boussau, Julien Y. Dutheil and Vincent Ranwez. Fast and robust characterization of time-heterogeneous sequence evolutionary processes using substitution mapping. PLoS ONE. Volume 7 No. 3 p. e33852.

[15] Omar Esmaill Hamad, Ismail Akyo, Mehmet Sait Ekinci and Emin Ozkose. 2017. Maximum likelihood estimation of the evolutionary distance of complete genomes of mitochondrial DNA between human and 16 animals. Proteomics & Bioinformatics. Volume 5 No. 6 p. 186-193.

[16] Tapan K. Mohanta and Hanhong Bae. 2017. Analyses of Genomic tRNA Reveal Presence of Novel tRNAs in *Oryza sativa.* Frontiers in genetics. Volume 8 No. p. 90-90.

[17] Erik I. Svensson and David Berger. 2019. The Role of Mutation Bias in Adaptive Evolution. Trends in Ecology & Evolution. Volume 34 No. 5 p. 422-434.

[18] Vicente Daniel Moreno Andrade, José Luis Hernández Flores, Miguel Angel Ramos López, Andrés Cruz Hernández, Sergio Romero Gómez, Rosa Paulina Calvillo Medina, Rosa Paulina Medina Calvillo, Ana Gabriel Estrada Martínez, Juan Caballero Pérez, Iván Arvizu Hernández, Erika Álvarez Hidalgo, Claudia Álvarado Osuna, George H. Jones and Juan Campos Guillén. 2019. Evaluation of the presence of Paenibacillus larvae in commercial bee pollen using PCR amplification of the gene for tRNA(Cys).

Brazilian journal of microbiology. Volume 50 No. 2 p. 471-480.

[19] Patrick O'Donoghue, Jiqiang Ling and Dieter Söll. 2018. Transfer RNA function and evolution. RNA Biology. Volume 15 No. 4-5 p. 423-426.

[20] Cha San Koh and L. Peter Sarin. 2018. Transfer RNA modification and infection – Implications for pathogenicity and host responses. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Gene Regulatory Mechanisms. Volume 1861 No. 4 p. 419-432.

ID065

ความเป็นไปได้ในการใช้กากหม้อกรองเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลเพื่อเป็นวัสดุดูดซับด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน

Potentiality of Waste Filter Cake from Sugar Industry as an Adsorbent via Hydrothermal Carbonization

รัชมล วิธูวัฒนา[1] วรพจน์ กนกกันฑพงษ์[2*] และ บุณยฤทธิ์ ปัญญาภิญโญผล[3]
[1]สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[3]ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400
[*]E-mail: vorapot.ka@chula.ac.th

Ratchamol Withuwatthana[1] Vorapot Kanokkantapong[2*] and Bunyarit Panyapinyopol[3]
[1]Interdisciplinary Program of Environmental Science, Graduate school,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
[2]Department of Environmental Science, Faculty of Science,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
[3]Department of Sanitary Engineering, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand
[*]E-mail: vorapot.ka@chula.ac.th

บทคัดย่อ

กากหม้อกรองเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลซึ่งมีจำนวนมาก และมีปริมาณคาร์บอนที่สูง งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากหม้อกรองซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล มาผลิตเป็นวัสดุดูดซับด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน ภายใต้อุณหภูมิ 200 250 และ 300 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 1 2 และ 3 ชั่วโมง และอัตราส่วนกากหม้อกรองต่อน้ำ 1:5 1:10 และ 1:15 โดยผลผลิตที่ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่า ไฮโดรชาร์ ผลการศึกษาพบว่า ไฮโดรชาร์ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง และอัตราส่วนชีวมวลต่อน้ำกลั่น 1:10 มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ค่าผลผลิตที่ได้อยู่ที่ร้อยละ 56 ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.32 มีค่าความชื้น ค่าคาร์บอนคงตัว ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหยอยู่ที่ร้อยละ 1.04 59.33 1.2 และ 38.43 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 273.37 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าไอโอดีนนัมเบอร์สุทธิเท่ากับ 153.09 มิลลิกรัมต่อกรัม

คำหลัก ไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน กากหม้อกรอง ไฮโดรชาร์ ไอโอดีนนัมเบอร์

Abstract

Filter cake is a sugar industry waste which contents high carbon. This study aimed to investigate the absorption application of the filter cake in varied temperatures (200, 250 and 300 °C), reaction times (1, 2 and 3 hour(s)) and filter cake: water ratios (1:5, 1:10 and 1:15) in hydrothermal carbonization process. The

carbonaceous solid product of filter cake in the process is named hydrochar. This research found that the characteristics of hydrochar from 300 °C reaction temperature, 1-hour reaction time, and 1:10 filter cake: water ratio were dark-brown powder, 56% yield and pH of 5.32. The percentage by weight of moisture, fix carbon, ash content and volatile matter were 1.04, 59.33, 1.2, and 38.43 respectively. In addition, the hydrochar obtained from this condition presented the maximum iodine number and net iodine number at 273.37 mg/g and 153.09 mg/g.

Keywords: Hydrothermal carbonization, Filter cake, Hydrochar, Iodine number

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมน้ำตาลของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมส่งออกรายใหญ่เป็นอันดับ 2 ของโลกรองมาจากประเทศบราซิล ซึ่งในอนาคตคาดการณ์ว่าประเทศไทยจะส่งออกน้ำตาลได้มากกว่าเดิมประมาณ 3.6 ล้านตัน เป็นผลมาจากการเติบโตอย่างต่อเนื่องในการขยายความสามารถในการผลิตและส่งออก เนื่องจากมีการลงทุนด้านการชลประทานขยายพื้นที่ปลูกอ้อยและกำลังการผลิตน้ำตาล [1] ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแปรรูปอ้อยมี 3 ส่วน ได้แก่ น้ำอ้อย ชานอ้อย และกากหม้อกรอง โดยน้ำอ้อยจะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำตาล ชานอ้อยนำไปผลิตไฟฟ้าและบรรจุภัณฑ์อาหาร ส่วนกากหม้อกรอง หรือ filter cake เป็นส่วนกากที่ปนไปกับน้ำอ้อยหลังจากผ่านเครื่องหีบก่อนที่จะส่งน้ำอ้อยผ่านเข้าเครื่องต้ม โดยน้ำอ้อยดังกล่าวจะต้องถูกกรองเอาเศษผงที่ติดมาออกก่อน [2] โดยปกติแล้วโรงงานจะให้กากหม้อกรองบางส่วนแก่เกษตรกรเพื่อนำไปปรับปรุงดิน แต่ปริมาณกากหม้อกรองที่มีจำนวนมาก ทำให้ยังมีเหลือทิ้งในโรงงานเพื่อรอการกำจัดต่อไป อีกทั้งน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำตาลยังมีค่าบีโอดีและซีโอดีที่ค่อนข้างสูง หากระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านการบำบัดจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในวงกว้าง โดยทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำเกิดภาวะขาดออกซิเจน การกำจัดซีโอดีในน้ำเสียอุตสาหกรรมมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น ระบบตะกอนเร่ง [3] กระบวนการโคแอกกูเลชัน กระบวนการเฟนตัน ตลอดจนกระบวนการดูดซับ [4] ซึ่งกระบวนการดูดซับนั้นเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้หลักการดูดติดผิวโมเลกุลของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีข้อดีคือเป็นกระบวนการมีต้นทุนต่ำ ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพสูง และสามารถใช้ได้จากวัสดุเหลือทิ้ง

วัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมที่มีปริมาณคาร์บอนคงที่สูง สามารถนำไปเป็นวัสดุตั้งต้น โดยผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน (hydrothermal carbonization) ซึ่งเป็นการแปลงสารคาร์บอนด้วยเคมีความร้อน เพื่อลดขนาดและเปลี่ยนแปลงสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีที่อาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายความร้อนเพื่อเปลี่ยนแปลงสมบัติและสถานะของสารคาร์บอน ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้ เรียกว่า ไฮโดรชาร์ (hydrochar) สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง ตัวเก็บพลังงาน วัสดุเพาะเมล็ด ตัวเร่งปฏิกิริยา ตลอดจนเป็นตัวดูดซับ ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้นำไฮโดรชาร์ที่ผลิตจากต้นหลิวไปดูดซับสีคองโกเรดและ 2-naphthol ในน้ำเสีย ซึ่งความสามารถในการดูดซับอยู่ที่ 33.7 และ 12.2 มิลลิกรัมต่อกรัม แสดงให้เห็นว่าไฮโดรชาร์สามารถผลิตเป็นตัวดูดซับที่มีศักยภาพได้ [5] ทั้งนี้นั้นปัจจัยสำคัญสำหรับการดูดซับ ได้แก่ พื้นที่ผิว ที่สามารถบอกได้ด้วยค่าไอโอดีนนัมเบอร์ในเบื้องต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำกากหม้อกรองซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลเป็นวัสดุตั้งต้นในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันเพื่อผลิตเป็นวัสดุดูดซับเพื่อบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากหม้อกรองเป็นวัสดุตั้งต้นของกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันในการผลิตตัวดูดซับ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

กากหม้อกรองจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลแห่งหนึ่ง

ในจังหวัดเพชรบูรณ์ มีลักษณะป่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ สีเทาหรือน้ำตาลเข้ม แสดงดังรูปที่ 1 นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำวัสดุที่ได้เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดฝามิดชิดที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอนำเข้ากระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันต่อไป



รูปที่ 1 กากหม้อกรอง (filter cake)

3.2 กระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน

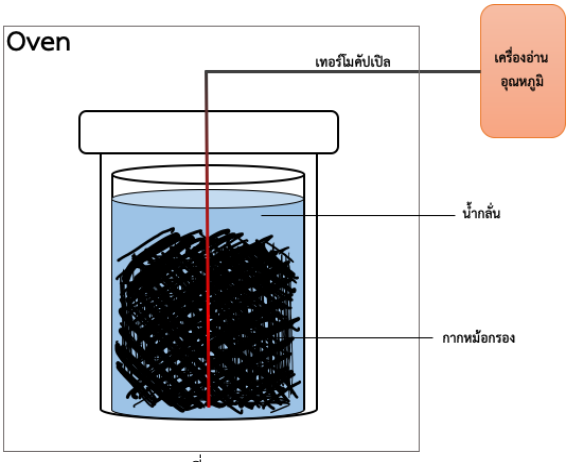
กระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ถังปฏิกรณ์ความดันสูงแบบสแตนเลส สูง 13.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.6 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2 และแก้วทรงกระบอก ปริมาตร 320 ลูกบาศก์เซนติเมตร สูง 10.4 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.24 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 นำกากหม้อกรองที่ผ่านการอบแห้งแล้วและน้ำกลั่นใส่ลงในแก้วทรงกระบอกตามอัตราส่วนกากหม้อกรองต่อน้ำกลั่น (biomass: water ratio) ที่ 1:5, 1:10 และ 1:15 จากนั้นนำไปใส่ในถังปฏิกรณ์ความดันสูงแบบสแตนเลส โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลเป็นตัววัดอุณหภูมิภายใน แสดงดังรูปที่ 4 หลังจากทำการติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อย นำไปให้ความร้อน โดยใช้อุณหภูมิทำปฏิกิริยาที่ 200, 250 และ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำถังปฏิกรณ์มาทำให้เย็นทันทีเพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นนำมาแยกส่วนของของแข็งและของเหลวด้วยการกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 5 ล้างของแข็งจนน้ำมีสีใสด้วยน้ำกลั่น และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของของแข็งที่ได้ ซึ่งเรียกว่า “ไฮโดรชาร์”



รูปที่ 2 ถังปฏิกรณ์ความดันสูงแบบสแตนเลส



รูปที่ 3 แก้วทรงกระบอก



รูปที่ 4 รูปแบบการทดลอง

3.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของไฮโดรชาร์

ไฮโดรชาร์ที่ได้จะนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบโดยประมาณ (proximate analysis) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 1762-84

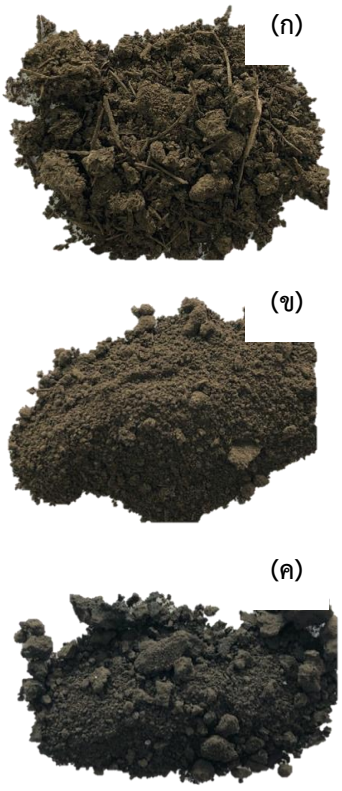
3.4 วิเคราะห์ไอโอดีนนัมเบอร์ของไฮโดรชาร์

ไฮโดรชาร์ที่ได้จะนำไปวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ (iodine number) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 4607-94 เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับเบื้องต้นของไฮโดรชาร์

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 สมบัติทางกายภาพของไฮโดรชาร์

ไฮโดรชาร์ที่ได้มีสีน้ำตาล จะมีสีเข้มขึ้นและเป็นผงละเอียดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แสดงดังรูปที่ 5 จากรูปจะเห็นว่าไฮโดรชาร์ที่อุณหภูมิ 200 และ 250 องศาเซียลเซียส ยังมีเส้นใยของกากอ้อยบางส่วนอยู่ ส่วนไฮโดรชาร์ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เส้นใยของกากอ้อยได้ย่อยสลายหายไป ทำให้ไฮโดรชาร์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นผงละเอียดและมีสีน้ำตาลเข้มจนเกือบดำ สีของไฮโดรชาร์เข้มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบภายในกากหม้อกรองได้มีการย่อยสลายหายไปในระหว่างกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน [6]



รูปที่ 5 ไฮโดรชาร์ที่อัตราส่วน 1:10 เวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ (ก) 200°C (ข) 250°C (ค) 300°C

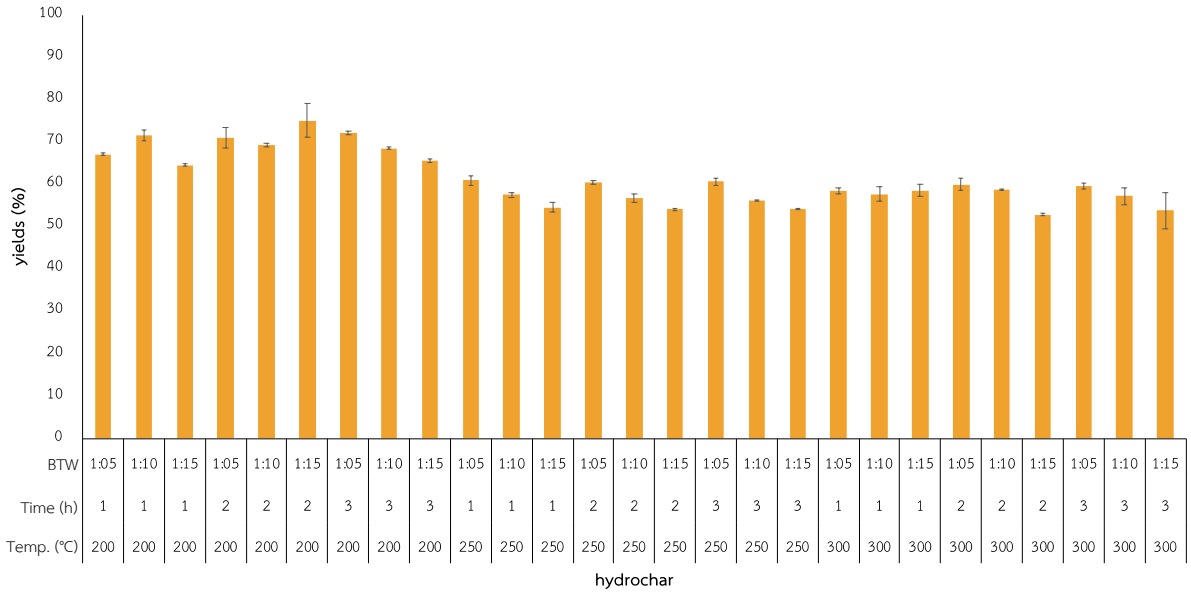
4.2 ผลผลิตที่ได้ของไฮโดรชาร์

จากรูปที่ 6 แสดงถึงผลผลิตที่ได้ (yield) พบว่าผลผลิตที่ได้ของไฮโดรชาร์ที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 53.78 ถึง 75.13 โดยน้ำหนัก เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน ผลผลิตที่ได้ของไฮโดรชาร์จะมีค่าลดน้อยลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้การย่อยสลายสูงขึ้น [7] และในระหว่างการดำเนินกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันได้มีปฏิกิริยาต่าง ๆ เกิดขึ้น ได้แก่ ปฏิกิริยาคายน้ำ (dehydration), ปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation), ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) และปฏิกริยาอะโรมาไทเซชัน (aromatization) ส่งผลให้เกิดการลดลงของผลผลิตที่ได้ของไฮโดรชาร์ จากการย่อยสลายของโมเลกุลของกากหม้อกรอง [8]

4.3 องค์ประกอบโดยประมาณของไฮโดรชาร์

ค่าองค์ประกอบโดยประมาณของไฮโดรชาร์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 1 เห็นว่าปริมาณเถ้า (ash) เพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยไฮโดรชาร์ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส อัตราส่วน 1:5 เวลา 2 ชั่วโมง มีปริมาณเถ้าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 1.31 เป็นไปในทิศทางเดียวกันงานวิจัยก่อนหน้าที่ไฮโดรชาร์จากขี้เลื่อยไม้โอ๊กและไม้เบิร์ชมีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการย่อยสลายในส่วนของสารอินทรีย์เกิดขึ้น [9] แต่หากสังเกตจากระยะเวลาที่ดำเนินการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน ปริมาณเถ้าลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น การลดลงของปริมาณเถ้านั้นเกิดจากการสลายตัวของสารอนินทรีย์ในระหว่างกระบวนการ [10] ค่าคาร์บอนคงที่ (fix carbon) เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีค่าคาร์บอนคงที่สูงสุด อยู่ที่ร้อยละ 64.48 ซึ่งมีค่ามากกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้ที่นำฟางข้าวมาเข้ากระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส อยู่ที่ร้อยละ 48.1 [11] นั่นเป็นการบ่งบอกถึงการเปลี่ยนเป็นคาร์บอนและการย่อยสลายของเซลลูโลสในกากหม้อกรอง [12] รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาดีพอลิเมอไรเซชันของเซลลูโลสอีกด้วย [13] และค่าความชื้นของไฮโดรชาร์อยู่ที่ช่วงร้อยละ 0.90 ถึง 2.55

โดยน้ำหนัก ซึ่งลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้น เป็นการยืนยันว่าในระหว่างกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน มีการคายน้ำเกิดขึ้นและเกิดจากการก่อตัวของโครงสร้างอะโรมาติกจากเซลลูโลสที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) [13] ในส่วนของปริมาณสารระเหย (volatile matter) มีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิและเวลาทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันนั้นทำให้เกิดการสูญเสียองค์ประกอบบางส่วนของสารระเหยจากการเกิดปฏิกิริยาความร้อนนี้ [9] อีกทั้งค่าความเป็นกรด-ด่างของไฮโดรชาร์ทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 6 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของไฮโดรชาร์ลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานก่อนหน้านี้ [14] เนื่องจากเกิดจากการก่อตัวของกรดอินทรีย์ที่ละลายน้ำในระหว่างกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชัน และมีการเกิดหมู่ฟังก์ชันที่เป็นกรด (acidic functional groups) ของไฮโดรชาร์ [15]



รูปที่ 6 ผลผลิตที่ได้ของไฮโดรชาร์

ตารางที่ 1 สมบัติของไฮโดรชาร์

Sample			pH	Proximate analysis (%wt)			
Temp. (°C)	Time (h)	BTW		Ash	VM	FC	Moisture
200	1	1:05	5.63±0.04	1.09±0.02	46.89±0.37	50.12±0.40	1.90±0.01
200	1	1:10	5.44±0.03	1.09±0.01	45.32±1.97	51.09±1.82	2.57±0.03
200	1	1:15	5.53±0.10	0.96±0.14	44.45±4.79	54.64±1.55	2.25±0.14
200	2	1:05	5.52±0.03	1.04±0.01	45.89±0.95	50.84±1.36	2.16±0.28
200	2	1:10	5.38±0.01	1.10±0.09	45.83±0.11	50.99±0.12	2.08±0.15
200	2	1:15	5.59±0.01	1.06±0.13	44.80±0.28	50.81±0.95	2.66±0.16
200	3	1:05	5.44±0.01	0.97±0.11	44.64±1.97	49.92±1.02	2.17±0.35
200	3	1:10	5.48±0.01	0.99±0.22	44.32±2.84	53.26±1.60	2.08±0.08
200	3	1:15	5.59±0.02	0.95±0.15	43.62±0.16	52.92±0.04	2.51±0.04
250	1	1:05	5.53±0.04	1.13±0.03	42.97±0.74	54.45±0.83	1.46±0.13
250	1	1:10	5.71±0.04	1.20±0.06	43.08±0.71	54.74±0.01	1.42±0.01
250	1	1:15	5.77±0.11	1.10±0.20	41.76±2.34	57.10±0.26	1.40±0.06

Sample			pH	Proximate analysis (%wt)			
Temp. (°C)	Time (h)	BTW		Ash	VM	FC	Moisture
250	2	1:05	5.67±0.05	1.14±0.05	43.20±0.71	53.94±0.16	1.27±0.02
250	2	1:10	5.63±0.07	1.11±0.06	42.62±1.72	54.94±1.78	1.32±0.12
250	2	1:15	5.81±0.05	1.07±0.17	41.35±0.83	57.05±0.15	1.09±0.05
250	3	1:05	5.66±0.05	1.09±0.07	41.52±1.18	54.68±0.74	1.35±0.06
250	3	1:10	5.79±0.11	1.03±0.11	40.96±0.22	56.30±0.69	1.14±0.01
250	3	1:15	5.82±0.04	1.07±0.11	39.57±0.53	58.36±0.60	1.00±0.04
300	1	1:05	5.45±0.01	1.13±0.01	41.08±0.15	56.84±0.16	0.96±0.00
300	1	1:10	5.60±0.02	1.15±0.08	38.33±0.15	59.52±0.26	1.02±0.04
300	1	1:15	5.65±0.01	1.07±0.07	37.84±2.76	60.12±2.69	0.98±0.01
300	2	1:05	5.65±0.02	1.31±0.01	39.32±0.08	58.42±0.09	0.96±0.03
300	2	1:10	5.57±0.01	1.18±0.03	39.65±0.24	58.21±0.21	0.97±0.01
300	2	1:15	5.71±0.01	1.21±0.03	36.10±1.07	61.78±1.07	0.92±0.03
300	3	1:05	5.57±0.01	1.19±0.01	36.86±0.08	60.98±0.08	0.98±0.00
300	3	1:10	5.55±0.04	1.13±0.03	37.61±0.75	60.32±0.76	0.95±0.04
300	3	1:15	5.66±0.04	1.24±0.01	33.35±1.27	64.48±1.24	0.95±0.04

4.4 ค่าไอโอดีนัมเบอร์

ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เป็นวิธีตรวจสมบัติพื้นฐานของตัวดูดซับ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณของรูพรุนขนาดเล็กบนพื้นผิวของตัวดูดซับ [16] ประสิทธิภาพการดูดซับไอโอดีนของไฮโดรชาร์ แสดงดังรูปที่ 7 พบว่าค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของไฮโดรชาร์อยู่ในช่วง 183.37 ถึง 273.37 มิลลิกรัมต่อกรัม โดยที่ค่าไอโอดีนนัมเบอร์จะเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น นั่นบ่งบอกว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าไอโอดีนนัมเบอร์ จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส จะดูดซับไอโอดีนได้ดีกว่าอุณหภูมิ 200 และ 250 องศาเซลเซียส จากตารางที่ 2 พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อค่าไอโอดีนนัมเบอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งไฮโดรชาร์ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส อัตราส่วนกากหม้อกรองต่อน้ำกลั่น 1:10 และที่เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดเท่ากับ 273.37 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงในกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันมีปฏิกิริยาอะโรมาไทเซชันและปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเกิดขึ้นเป็นผลให้เกิดการก่อตัวของพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนขนาดใหญ่ [5] ซึ่งชี้ให้เห็นว่าไฮโดรชาร์ดังกล่าวมีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนมากที่สุด ส่งผลให้เกิดการดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ทั้งนี้นั้นค่าไอโอดีนนัมเบอร์เป็นค่าที่เพียงการบอกถึงสมบัติของตัวดูดซับในเบื้องต้น ประสิทธิภาพของการดูดซับนั้นจะแตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติของตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับนั้น ๆ

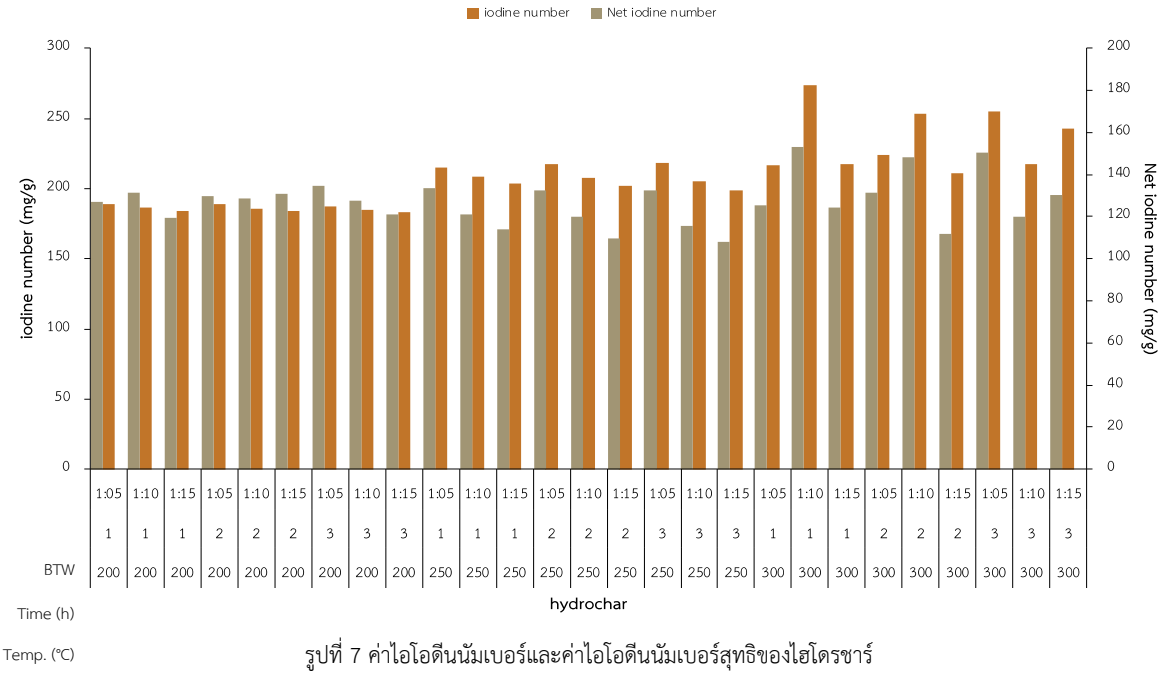
ตารางที่ 2 สหสัมพันธ์ระหว่างค่าไอโอดีนนัมเบอร์กับตัวแปรที่มีผล

ตัวแปร	p-value
อุณหภูมิ	0.000
อัตราส่วนหม้อกรองต่อน้ำกลั่น	0.009
เวลา	0.408

4.5 ค่าไอโอดีนัมเบอร์สุทธิ

จากรูปที่ 7 แสดงถึงค่าไอโอดีนนัมเบอร์สุทธิของไฮโดรชาร์ทั้งหมด ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สุทธิเป็นค่าที่มาจากค่าผลผลิตที่ได้มาคูณกับค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของไฮโดรชาร์นั้น ๆ เนื่องจากว่าการใช้ผลไอโอดีนนัมเบอร์เพียงค่าเดียวนั้นไม่เพียงพอต่อการยืนยันว่าไฮโดรชาร์ที่สภาวะนั้นมีค่าไอโอดีนสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับการเป็นตัวแทนเพื่อเป็นตัวดูดซับ ซึ่งควรที่จะนำค่าผลผลิตที่ได้มายืนยันควบคู่กัน เพราะว่าหากไฮโดรชาร์นั้นมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูง แต่ผลผลิตที่ได้ต่ำอาจจะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดูดซับต่อได้น้อย ดังนั้นไฮโดรชาร์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สุทธิสูงสุดคือ ไฮโดรชาร์ที่อุณหภูมิ

300 องศาเซลเซียส อัตราส่วนกากหม้อกรองต่อน้ำกลั่น 1:10 และที่เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สุทธิ 153.09 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งเป็นไฮโดรชาร์ที่สภาวะเดียวกันกับไฮโดรชาร์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุด และจะเป็นไฮโดรชาร์ที่นำไปเป็นตัวดูดซับต่อไป



รูปที่ 7 ค่าไอโอดีนนัมเบอร์และค่าไอโอดีนนัมเบอร์สุทธิของไฮโดรชาร์

5. สรุป

กากหม้อกรองเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล นำมาเข้าสู่กระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันเพื่อปรับปรุงเป็นวัสดุดูดซับ โดยไฮโดรชาร์ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง และอัตราส่วนกากหม้อต่อน้ำกลั่น 1:10 มีความเป็นไปได้ที่สามารถนำไปเป็นตัวดูดซับ เนื่องจากมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 273.37 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สุทธิเท่ากับ 153.09 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งเป็นเพียงค่าเบื้องต้นที่บอกถึงประสิทธิภาพในการดูดซับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ จึงเหมาะแก่การนำไฮโดรชาร์ที่ได้ไปศึกษาการดูดซับซีโอดีในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำตาลต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาของกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอไนเซชันเป็น 350 และ 400 องศาเซลเซียส เพื่อให้องค์ประกอบคาร์บอนและพื้นที่ผิวของไฮโดรชาร์เพิ่มขึ้น และการกระตุ้นไฮโดรชาร์ด้วยการกระตุ้นทางกายภาพและเคมีด้วยกรดไนตริกหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนให้แก่ไฮโดรชาร์ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ทิพวรรณ แก้วหนู และ หิรัญกุล พลรัตน์ (2560). "ศาสตร์ด้านน้ำตาล." วารสารน้ำตาล 1(1): 33-46.

[2] กลุ่มส่งเสริมอุตสาหกรรมชีวภาพ, ความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากอ้อยและสภาวการณ์ข้อมูลการผลิตอุตสาหกรรมชีวภาพ, [ออนไลน์]. ข้อมูลจาก http://www.ocsb.go.th/upload/bioindustry/fileupload/9659-4776.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 18 กรกฎาคม 2563).

[3] จันทร์ทิพย์ ทรงฤทธิ์ (2556). การสร้างกลุ่มจุลินทรีย์เพื่อบำบัดน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] Metcalf and Eddy (2014). Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery. 5th ed. New York: McGraw-Hill.

[5] Li, Y., A. Meas, S. Shan, R. Yang and X. Gai (2016). "Production and optimization of bamboo hydrochars for adsorption of Congo red and 2-naphthol." Bioresource Technology 207: 379-386.

[6] Sermyagina, E., J. Saari, J. Kaikko and E. Vakkilainen (2015). "Hydrothermal carbonization of coniferous biomass: Effect of process parameters on mass and energy yields." Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 113: 551-556.

[7] Başakçılardan Kabakcı, S. and S. S. Baran (2019). "Hydrothermal carbonization of various lignocellulosics: Fuel characteristics of hydrochars and surface characteristics of activated hydrochars." Waste Management 100: 259-268.

[8] Zhang, Y., Q. Jiang, W. Xie, Y. Wang and J. Kang (2019). "Effects of temperature, time and acidity of hydrothermal carbonization on the hydrochar properties and nitrogen recovery from corn stover." Biomass and Bioenergy 122: 175-182.

[9] Vlaskin, M. S. and G. N. Vladimirov (2018). "Hydrothermal Carbonization of Organic Components from Municipal Solid Waste." Theoretical Foundations of Chemical Engineering 52(6): 996-1003.

[10] Toptas Tag, A., G. Duman and J. Yanik (2018). "Influences of feedstock type and process variables on hydrochar properties." Bioresource Technology 250: 337-344.

[11] Jian, X., X. Zhuang, B. Li, X. Xu, Z. Wei, Y. Song and E. Jiang (2018). "Comparison of characterization and adsorption of biochars produced from hydrothermal carbonization and pyrolysis." Environmental Technology & Innovation 10: 27-35.

[12] Liu, F., R. Yu, X. Ji and M. Guo (2018). "Hydrothermal carbonization of holocellulose into hydrochar: Structural, chemical characteristics, and combustion behavior." Bioresource Technology 263: 508-516.

[13] Budyk, Y. and A. Fullana (2019). "Hydrothermal carbonization of disposable diapers." Journal of Environmental Chemical Engineering 7(5): 103341.

[14] Elaigwu, S. E. and G. M. Greenway (2019). "Characterization of Energy-Rich Hydrochars from Microwave-Assisted Hydrothermal Carbonization of Coconut Shell." Waste and Biomass Valorization 10(7): 1979-1987.

[15] Saha, N., A. Saba and M. T. Reza (2019). "Effect of hydrothermal carbonization temperature on pH, dissociation constants, and acidic functional groups on hydrochar from cellulose and wood." Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 137: 138-145.

[16] Ekpete, O. and M. Horsfall (2011). "Preparation and characterization of activated carbon derived from fluted pumpkin stem waste (Telfairia occidentalis Hook F)." Res. J. Chem. Sci 1(3): 10-17.

ID068

ผลของชนิดกรด น้ำตาล และสารขึ้นรูปฟิล์มต่อสมบัติของฟิล์มปรุงรส

Effects of acid, sugar and film forming agent types on properties of seasoning film

ศิโยน กรพิบูลย์พงษ์[1] และ วรภา คงเป็นสุข[1*]
[1]ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330
[*]E-mail: varapha.l@chula.ac.th

Siyon Kornpiboonpong[1] and Varapha Kongpensook[1*]
[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330
[*]E-mail: varapha.l@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิของชนิดส่วนผสมเพื่อปรุงรส ได้แก่ ชนิดกรด และชนิดน้ำตาล และอิทธิของพลาสติไซเซอร์ในสารขึ้นรูปฟิล์มต่อคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มปรุงรสบริโภคได้ที่ละลายน้ำได้ และเพื่อพัฒนาแผ่นฟิล์มปรุงรสบริโภคได้ โดยใช้มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารก่อฟิล์มหลักเพื่อให้มีสมบัติการละลายน้ำที่ดี ร่วมกับใช้แซนแทนกัมและกลีเซอรอลเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์ม ซึ่งส่วนผสมปรุงรสที่ศึกษาได้แก่ กรด (น้ำมะนาว น้ำส้มสายชู หรือ น้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู) ผสมกับ น้ำตาล (น้ำตาลทราย หรือน้ำตาลมะพร้าว) โดยในขั้นตอนแรกคัดเลือกสูตรสารละลายขึ้นรูปฟิล์มจากสูตรที่ใช้แซนแทนกัม (ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก) เปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้แซนแทนกัมและกลีเซอรอล (ร้อยละ 1 และ 1.5 โดยน้ำหนักตามลำดับ) พบว่า สูตรแซนแทนกัมเพียงอย่างเดียวมีความเปราะมาก ลอกเป็นแผ่นได้ยาก เมื่อเทียบกับสูตรที่ใช้แซนแทนกัมและกลีเซอรอล ขั้นต่อมาในการศึกษาอิทธิพลของเครื่องปรุงรส โดยแปรชนิดของน้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลมะพร้าว ร่วมกับแปรอัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู 3 ระดับ ได้แก่ สูตรน้ำมะนาว (1:0) สูตรน้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1) และสูตรน้ำส้มสายชู (0:1) พบว่า สารละลายปรุงรสทั้ง 6 สูตรมีค่าปริมาณน้ำอิสระจัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ด้านสมบัติเชิงกลสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำมะนาว 1:0 (ในทั้งสูตรน้ำตาล 2 ชนิด) มีสมบัติเชิงกลของฟิล์มที่ดีกล่าวคือมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำ และร้อยละการยืดตัวสูง ด้านความสามารถในการละลายน้ำฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำมะนาว 1:0 ร่วมกับน้ำตาลมะพร้าว มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีที่สุด ($p<0.05$)

คำหลัก ฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทริน พลาสติไซเซอร์ แซนแทนกัม กรด น้ำตาล

Abstract

This research aimed to study effects of the seasoning ingredients, types of acids and sugars, and to study effect of plasticizers in edible dissolving film on film properties. And to develop edible dissolving film from maltodextrin, while used xanthan gum and glycerol to improve mechanical properties. The first past was the selection of the film-forming solution, formula with xanthan gum (1% w/w) and formula with xanthan gum (1% w/w) and glycerol (1.5% w/w) were prepared. Compared to the film with xanthan gum and glycerol, the film with xanthan gum formula was very fragile and not easy to peel off. Next step was to study effects of the seasoning ingredients by varying 2 types of sugar (sugar and coconut sugar) along with natural acid (lime juice, vinegar and blend 50:50). The result showed that six film formulations have low water activity, classified as a dry food group that was stable for microbial growth. For mechanical properties, the film with lime juice (1:0) (for both types of sugar) had high elongation and low tensile strength. However, the film with lime juice (1:0) with coconut sugar had highest water solubility.

Keywords: maltodextrin-based film, plasticizers, xanthan gum, acid, sugar

1. บทนำ

ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) มีลักษณะเป็นแผ่น/ชั้นบาง สามารถบริโภคได้พร้อมกับอาหาร ซึ่งการใช้งานอาจขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม หรือเคลือบสารก่อฟิล์มบนผิวของอาหารโดยตรง [1] ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2] โดยทั่วไป ฟิล์มบริโภคได้ผลิตจาก 3 กลุ่มหลักคือ พอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน หรือไขมัน

มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ได้จากการย่อยโมเลกุลแป้งบางส่วนด้วยเอนไซม์ ให้เป็นโมเลกุลสายสั้นๆ มีค่า dextrose equivalent (DE) ต่ำกว่า 20 มอลโทเดกซ์ทรินมีลักษณะเป็นผงสีขาว หรือเกล็ดสีขาว ไม่มีรสหรือกลิ่น มีรสหวานเล็กน้อย สามารถละลายในน้ำได้ดี มีความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 ความหนาแน่น (bulk density) อยู่ในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส รักษาความชุ่มชื้น และยืดอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์ มีราคาไม่แพงและหาซื้อได้ง่าย สามารถใช้ร่วมกับสารประกอบอื่น ๆ [3] ฟิล์มจากมอลโทเดกซ์ทรินสามารถละลายในน้ำได้ [4] มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจน [5] กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์ [6] ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน การเตรียมแผ่นฟิล์มเด็กซ์ตริน พบว่าฟิล์ม เด็กซ์ทรินอย่างเดียวมีคุณสมบัติเปราะและแตกหักง่าย จึงควรเตรียมฟิล์มร่วมกับวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ได้แก่ แซนแทนกัม และ plasticizer (สารเพิ่มความยืดหยุ่น) เช่น กลีเซอรอลและซอร์บิทอล ซึ่งจะให้ฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

แซนแทนกัม (xanthan gum) เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) มีโมเลกุลเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ประเภท heteropolysaccharide มีสมบัติละลายน้ำได้ดี ให้ความหนืดแบบ non-newtonian fluid โดยมีพฤติกรรมเป็นแบบ shear thinning fluid การใช้แซนแทนกัมในผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถใช้เป็นสารให้ความหนืดทนความร้อนได้สูง (thickening agent) ทำให้อาหารคงรูป (stabilizer) ใช้เป็นสารก่อโฟม (foaming agent) ใช้แทนไขมัน (fat replacer) ใช้ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็ง การใช้แซนแทนกัมกับแผ่นฟิล์มบริโภคได้ ซึ่งการเติมแซนแทนกัมลงไปแผ่นฟิล์มที่มีส่วนประกอบหลักเป็นมอลโทเดกซ์ทริน จะช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลให้กับแผ่นฟิล์มได้ [6,7] เตรียมสารละลายแซนแทนกัม กวนผสมอย่างต่อเนื่องและให้ความร้อน แซนแทนกัมจะเปลี่ยนจากโครงสร้างที่เป็นระเบียบ (rigid ordered structure) ไปอยู่ในสภาวะที่ไม่เป็นระเบียบ (flexible disordered coil) เมื่ออุณหภูมิของสารละลายลดลง สายพอลิเมอร์แต่ละสายเกิดการพันกันและเกิดอันตรกิริยาด้วยพันธะไฮโดรเจน สารละลายแซนแทนกัมสามารถเกิดไฮโดรเจลเป็นโครงร่างเครือข่ายสามมิติของพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำและบวมน้ำได้ โดยการทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อกำจัดตัวทำละลายออก ทำให้เกิดการจัดตัวของพอลิเมอร์เป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง เกิดเป็นฟิล์มขึ้น [8]

กลีเซอรอล (glycerol) มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิออล (polyol) เป็นสารที่เป็นของเหลว ใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสหวาน 0.6 เท่า ของน้ำตาล ในโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) 3 หมู่ จึงทำให้ละลายน้ำได้ดี มีสมบัติในการดูดจับน้ำได้ดี (hydroscopic) การใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถเป็นสารเก็บความชื้น (humectant) ป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง ช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) ของอาหาร ใช้เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) ใช้เป็นสารให้ความหนืด (thickening agent) ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ การใช้กลีเซอรอลกับแผ่นฟิล์มบริโภคได้ จากการศึกษาของ Arham et al. [9] พบว่าการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลในแผ่นฟิล์มบริโภคได้ จะทำให้แผ่นฟิล์มมีความหนาและการละลายน้ำดีขึ้น แต่จะทำให้แรงต้านทานการดึงของแผ่นฟิล์มลดลง Farahnaky [10] พบว่า การเติมกลีเซอรอลในฟิล์มแป้ง จะทำให้ค่าการละลายน้ำเพิ่มขึ้น การยืดตัวเพิ่มขึ้น ความเครียดที่จุดแตกหักและค่า Young's modulus ลดลง ช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มแป้ง รวมถึงเพิ่มความสว่างของค่าสีของฟิล์มแป้งด้วย

กรดซิตริก (citric acid) เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมะนาวจากการศึกษาของ Ghanbarzadeh et al. [11] พบว่าการเติมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 ถึง 10 ในฟิล์มแป้งข้าวโพดช่วยปรับปรุงความต้านทานแรงดึงและค่าการซึมผ่านของไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการเติมกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ให้ฟิล์มที่มีความต้านทานแรงดึงสูงสุด แต่มีค่าความยืดหยุ่นและค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำสุด

ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาผลของเครื่องปรุงรสเหล่านี้ต่อการขึ้นรูปฟิล์มบริโภคได้ โดยเฉพาะในระบบอาหารจริง ซึ่งใส่ส่วนผสมหลายชนิดเข้าร่วมกัน งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาแผ่นฟิล์มที่บริโภคได้ (edible film) ที่เมื่อเติมน้ำลงไปจะสามารถละลายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในอนาคตได้อย่างหลากหลายยิ่งขึ้น เช่น สามารถนำไปสอดไส้อาหาร หรือวางบนชิ้นอาหารก่อนหรือหลังปรุง อีกทั้งยังสะดวกใน

การใช้ ไม่ฟุ้งกระจายในระหว่างเปิดบรรจุภัณฑ์ การทำเป็นแผ่นฟิล์มจะช่วยเก็บกลิ่นรสของอาหารได้ดีกว่าการนำเก็บไว้ในรูปแบบผง เนื่องจากกระบวนการทำแห้งใช้อุณหภูมิที่สูง ทำให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์เหลือน้อยลง [12] และยังสามารถแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของรสชาติ ทำให้มีรสชาติคงที่สม่ำเสมอในทุกฤดูกาล

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษาการใส่สารเพิ่มความยืดหยุ่น (กลีเซอรอล) ในสารละลายก่อฟิล์ม

เตรียมสารละลาย 2 ส่วน ได้แก่ สารละลายปรุงรสสูตรควบคุม และสารละลายก่อฟิลม์ โดยสารละลายปรุงรสสูตรควบคุม ซึ่งประกอบด้วยน้ำปลา กรด (น้ำมะนาว) และน้ำตาล (น้ำตาลทราย) ร้อยละ 35, 35 และ 30 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (สูตรที่ 1 ในตารางที่ 1) จากนั้นเตรียมสารละลายก่อฟิล์ม ซึ่งดัดแปลงจากวิธี Cilurzo et al. [4] โดยละลายมอลโทเดกซ์ทริน ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (พร้อมกับทำการกวนตลอดเวลา) จนละลายหมด ใส่แซนแทนกัมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก (X1G0) หรือใส่แซนแทนกัมร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ร่วมกับ กลีเซอรอลร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก (X1G1.5) กวนผสม ให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ผสมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินกับสารละลายสูตรควบคุมอัตราส่วน 35:65 ตามลำดับ กวนให้เข้ากัน เทสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายปรุงรส ปริมาตร 70 มิลลิลิตรลงบนถาดอะคริลิคขนาด 20 X 20 ตารางเซนติเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนฟิล์มที่ได้มีค่าความชื้นคงที่ประเมินเวลาการอบแห้งจากการทำกราฟการทำแห้ง ลอกแผ่นฟิล์มที่ได้เก็บไว้ในภาชนะบรรจุซิลิกาเจล ที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำฟิล์มไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าความหนาด้วย micrometer (Mitutoyo Corp., Japan) ค่าความต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดตัวโดยใช้เครื่อง เครื่อง texture analyzer ค่าความชื้นตามวิธีของ AOAC [13] ค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง aqua lab (Decagon Devices, Inc., USA) การละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม ดัดแปลงจากวิธีของ Shojaee et al. [14] และค่าสีในระบบสี CIELAB ด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter (CR 400 series, Konica Minolta Inc., Japan)

2.2 ศึกษาสูตรสารละลายปรุงรส (ชนิดของกรดและน้ำตาล)

เลือกสารละลายก่อฟิล์มที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 และเตรียมสารละลายปรุงรส 6 สูตร โดยแปรชนิดกรดและชนิดน้ำตาล ตามตารางที่ 1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายปรุงรส ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid, TSS) ด้วยเครื่อง hand refractometer มีหน่วยเป็น °Brix (องศาบริกซ์) และค่าสีในระบบสี CIELAB แล้วผสมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินกับสารละลายสูตรควบคุมอัตราส่วน 35:65 ตามลำดับ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม ได้แก่ ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง rotational rheometer (Brookfield Engineering Laboratories, USA) ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีในระบบสี CIELAB เตรียมฟิล์มตามวิธีข้อ 2.1 จากนั้นนำฟิล์มไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีตามข้อ 2.1

ตารางที่ 1 ร้อยละโดยน้ำหนักของสารละลายโดยแปรอัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู 3 ระดับ ได้แก่ สูตรน้ำมะนาว (1:0) สูตรน้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1) และสูตรน้ำส้มสายชู (0:1) และแปรชนิดของน้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย และน้ำตาลมะพร้าว

สูตร	น้ำมะนาว	น้ำส้มสายชู	น้ำตาลทราย	น้ำตาลมะพร้าว
1 (สูตรควบคุม)	35	0	30	0
2	17.5	17.5	30	0
3	0	35	30	0
4	35	0	0	30
5	17.5	17.5	0	30
6	0	35	0	30

2.3 ทดสอบทางสถิติ

ทดสอบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายปรุงรสและแผ่นฟิล์มปรุงรส โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของแต่ละชุดข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least-Significant Different (α = 0.05) แล้วคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยเลือกจากสมบัติการละลายน้ำ (ละลายได้เร็วที่สุด) การขึ้นรูป (ขึ้นรูปได้ดี มีความสม่ำเสมอ) มีปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์มต่ำกว่า 0.6 และยืดหยุ่นไม่เปราะหักง่าย

3. ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

3.1 ศึกษาอิทธิพลของสารเพิ่มความยืดหยุ่น (กลีเซอรอล) ต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์ม

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพแผ่นฟิล์มปรุงรส ทั้ง 2 สูตร แสดงดัง ตารางที่ 2 พบว่า ค่าความหนา ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าการละลายน้ำที่ 1 นาที ของแผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรเติมกลีเซอรอลและสูตรไม่เติมกลีเซอรอล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าการละลายน้ำที่ 2 และ 3 นาที ของสูตรที่เติมกลีเซอรอล เท่ากับ 78.88±1.37 และ 93.19±2.96 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าสูตรที่ไม่เติมกลีเซอรอล เท่ากับ 59.77±2.13 และ 81.98±0.66 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Farahnaky et al. [10] ที่ศึกษาฟิล์มจากแป้งสาลี และงานวิจัยของ Arham et al. [9] ซึ่งกล่าวว่าการเพิ่มขึ้นของกลีเซอรอลส่งผลให้ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติที่ชอบน้ำและอุ้มน้ำของกลีเซอรอล Ramos et al. [15] กล่าวว่า ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้นเกิดจากกลีเซอรอลที่มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น ซึ่งจะดูดและผูกโมเลกุลของน้ำไว้ รวมถึงกลีเซอรอลซึ่งเป็น Plasticizers เป็นโมเลกุลขนาดเล็กเข้าไปแทรกระหว่างสายของพอลิเมอร์ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างพันธะ

เมื่อพิจารณาสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มปรุงรส ทั้ง 2 สูตร พบว่า สูตรที่ไม่เติมกลีเซอรอล ไม่สามารถวัดค่าความต้านทานแรงดึง และร้อยละการยืดตัวได้ เนื่องจากแผ่นฟิล์มมีความเปราะมาก ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการใช้งานของแผ่นฟิล์ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์ [6] ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน การเตรียมแผ่นฟิล์มเด็กซ์ตริน พบว่าฟิล์มที่ผลิตจากเด็กซ์ตรินอย่างเดียวมีคุณสมบัติเปราะและแตกหักง่าย จึงควรเติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น (Plasticizers) เพิ่มปรับปรุงสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม ดังนั้นเมื่อเทียบกับสูตรมีเติมกลีเซอรอล พบว่า มีค่าความต้านทานแรงดึง และร้อยละการยืดตัว เท่ากับ 5.73±0.67 และ 89.49±11.93 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรควบคุมอัตราส่วนกลีเซอรอล 2 ระดับ คือร้อยละ 0 (X1G0) และ 1.5 (X1G1.5) และผสมแซนแทนกัม (ร้อยละ 1)

สมบัติทางกายภาพ	X1G0	X1G1.5
ความหนา(mm) ^{NS}	0.07±0.0020	0.07±0.0002
ความชื้น(%wb) ^{NS}	5.76±0.68	5.97±1.39
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ^{NS}	0.32±0.05	0.35±0.06
ความต้านทานแรงดึง (MPa)	too brittle	5.73±0.67
การยืดตัว (%)	too brittle	89.49±11.93
การละลายน้ำที่ 1 นาที (%)^{NS}	33.17±4.67	42.04±0.28
การละลายน้ำที่ 2 นาที (%)	59.77±2.13^{b}	78.88±1.37^{a}
การละลายน้ำที่ 3 นาที (%)	81.98±0.66^{b}	93.19±2.96^{a}

แสดงผลเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a,b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.2 ศึกษาสูตรสารละลายปรุงรส (ชนิดของกรดและน้ำตาล)

3.2.1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายปรุงรส

สมบัติทางกายภาพของสารละลายปรุงรส 6 สูตรที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู 3 ระดับ ได้แก่ สูตรน้ำมะนาว (1:0) สูตรน้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1) และสูตรน้ำส้มสายชู (0:1) และแปรชนิดของน้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย และน้ำตาลมะพร้าว แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า สูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (สูตรที่ 4-6) มีสีเข้มและออกสีน้ำตาลกว่า เป็นผลมาจากสีของวัตถุดิบ คือ น้ำตาลมะพร้าวมีสีเข้มกว่าน้ำตาลทราย

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของสารละลายปรุงรส 6 สูตร พบว่า ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสูตรน้ำมะนาวมีค่า pH ต่ำกว่าสูตรผสมและสูตรน้ำส้มสายชูตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทั้งสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายและน้ำตาลมะพร้าว เนื่องจากน้ำมะนาวมีค่า pH ต่ำกว่าน้ำส้มสายชู

เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แสดงดังตารางที่ 3 โดยสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายผสมน้ำมะนาว (สูตรที่ 1) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวผสมน้ำส้มสายชู (สูตรที่ 6) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เนื่องจากส่วนผสม ได้แก่ น้ำตาลทรายและน้ำมะนาว มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าน้ำตาลมะพร้าว และน้ำส้มสายชู

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายปรุงรส 6 สูตร

สูตร	L*	a*	b*	pH	TSS
1	25.16^{ab}	0.94^{bc}	5.98^{c}	2.85^{c}	47.37^{a}
2	25.92^{a}	2.03^{ab}	8.08^{b}	3.18^{b}	45.87^{ab}
3	26.74^{a}	2.85^{a}	10.60^{a}	3.62^{a}	44.63^{bc}
4	24.81^{ab}	-0.04^{c}	4.55^{d}	2.85^{c}	44.23^{bc}
5	23.73^{bc}	0.15^{c}	4.37^{d}	3.13^{b}	42.80^{cd}
6	22.15^{c}	0.30^{c}	3.48^{d}	3.59^{a}	41.77^{d}

$^{a,b,c,...}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.2.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายปรุงรส

สมบัติทางกายภาพของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายปรุงรส 6 สูตร แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า สารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (สูตรที่ 1-3) มีค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีแดง) และค่า b* (สีเหลือง) มากกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (สูตรที่ 4-6) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และ สูตรที่ใช้น้ำส้มสายชูผสมน้ำตาลทราย มีค่า L* ค่า a* และค่า b* มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (สูตรที่ 4-6) ทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายปรุงรส 6 สูตร พบว่า มีอิทธิผลของชนิดของน้ำตาลต่อค่าความหนืด กล่าวคือความหนืดของสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย (สูตรที่ 1-3) สูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (สูตรที่ 4-6) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีอิทธิพลของอัตราส่วนของกรดต่อค่าความหนืด กล่าวคือ สารละลายขึ้นรูปฟิล์มของสูตรที่ใช้อัตราส่วนของน้ำมะนาวมากกว่าจะส่งผลให้มีค่าความหนืดสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชูมากกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำตาลทรายมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มค่าความหนืดของสารละลายที่มีองค์ประกอบดังกล่าวอยู่สูงกว่าน้ำตาลมะพร้าว เช่นเดียวกับน้ำมะนาวที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมากกว่าน้ำส้มสายชู

เมื่อพิจารณา ค่า pH ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายปรุงรส 6 สูตร พบว่า ค่า pH ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มแต่ละสูตรมีผลสอดคล้องกับค่า pH ของสูตรนั้นๆ กล่าวคือ ของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชู มีค่า pH สูงกว่าของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มสูตรที่ใช้น้ำมะนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำส้มสายชูมีค่า pH สูงกว่าน้ำมะนาว

ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพและเคมีของสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายปรุงรส 6 สูตร

สูตร	L*	a*	b*	pH	ความหนืด
1	25.80^{ab}	0.49^{b}	6.30^{c}	2.88^{c}	478.5^{a}
2	26.66^{a}	1.26^{a}	8.74^{b}	3.20^{b}	408.7^{ab}
3	26.93^{a}	1.64^{a}	10.17^{a}	3.60^{a}	364.0^{abc}
4	25.09^{abc}	-0.01^{b}	4.58^{d}	2.90^{c}	359.9^{abc}
5	24.29^{bc}	0.29^{b}	4.87^{d}	3.17^{b}	314.8^{bc}
6	23.08^{c}	0.30^{b}	4.30^{d}	3.62^{a}	230.6^{c}

$^{a,b,c,...}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.2.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์มปรุงรส

เมื่ออบสารละลายขึ้นรูปฟิล์มฐานมอลโทเดกซ์ทรินผสมสารละลายปรุงรส 6 สูตรแล้ว นำแผ่นฟิล์มปรุงรสที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ โดยค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าความชื้น แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์มปรุงรส 6 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) จัดอยู่ในกลุ่มอาหารแห้งที่มีเสถียรภาพต่อการเจริญของจุลินทรีย์

เมื่อพิจารณาค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรส 6 สูตร พบว่า แผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำมะนาวจะทำให้ค่าความชื้นของฟิล์มปรุงรสเพิ่มขึ้นมากกว่าสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าสีของแผ่นฟิล์มปรุงรสที่ผ่านการอบแห้งแล้วเทียบกับสารละลายขึ้นรูปฟิล์ม พบว่าฟิล์มที่ผ่านการอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าเมื่อผ่านการอบแห้งแล้วทั้ง 6 สูตรจะมีค่า b* (สีเหลือง) เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลขึ้น

ความหนาของแผ่นฟิล์มปรุงรส 6 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความหนา เท่ากับ 0.76 มิลลิเมตร แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี ความหนา ปริมาณน้ำอิสระและความชื้นของแผ่นฟิล์มปรุงรส 6 สูตร

สูตร	L*	a*	b*	ความหนา^{NS}	$a_w{}^{NS}$	MC
1	80.29^{bc}	1.47^{a}	19.61^{a}	0.77	0.41	10.02^{a}
2	83.49^{a}	0.73^{b}	13.25^{bc}	0.81	0.45	8.98^{a}
3	83.80^{a}	0.85^{b}	10.61^{c}	0.75	0.43	6.54^{ab}
4	81.65^{ab}	0.81^{b}	17.53^{ab}	0.76	0.45	10.39^{a}
5	79.81^{bc}	0.94^{ab}	18.63^{ab}	0.76	0.43	9.06^{a}
6	79.15^{c}	1.16^{ab}	20.19^{a}	0.70	0.42	8.38^{ab}

$^{a,b,c,...}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และร้อยละการยืดตัว (percent elongation) ของแผ่นฟิล์มปรุงรส 6 สูตร ดังตารางที่ 6 พบว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวมีค่าความต้านทานแรงดึงมากกว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย เนื่องจากน้ำตาลทรายมีโมเลกุลขนาดเล็ก มีคุณสมบัติเป็น plasticizer (สารเพิ่มความยืดหยุ่น) [16] และแผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำส้มสายชูมีค่าความต้านทานแรงดึงมากกว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำมะนาว โดยกล่าวได้ว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำส้มสายชูมีค่าความต้านทานแรงดึงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

แผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำส้มสายชูมีค่าร้อยละการยืดตัวน้อยกว่าแผ่นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำมะนาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Carmen et al. [17] กรดซิตริกทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นได้ดีกว่ากรดอะซิตริกในฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ โดยจะปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์ม กล่าวคือจะช่วยลดค่าความต้านทานแรงดึง และเพิ่มร้อยละการยืดตัว

ตารางที่ 6 สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าความต้านทางแรงดึง ร้อยละการยืดตัวและค่าความสามารถในการละลายน้ำ ที่ 1-3 นาทีของแผ่นฟิล์มปรุงรส 6 สูตร

สูตร	TS (MPa)	E (%)	Solubility (%)		
			1 min	2 min	3 min
1	1.93^{d}	98.93^{ab}	55.55^{b}	81.70^{c}	94.02^{c}
2	2.31^{cd}	91.78^{bc}	54.33^{b}	81.74^{c}	97.68^{b}
3	2.72^{cd}	81.68^{d}	67.90^{ab}	93.38^{ab}	100.00^{a}
4	2.53^{bc}	106.74^{a}	80.95^{a}	98.97^{a}	100.00^{a}
5	3.24^{b}	86.48^{cd}	59.32^{b}	93.38^{ab}	100.00^{a}
6	3.87^{a}	81.03^{d}	64.15^{b}	91.66^{b}	99.96^{a}

$^{a,b,c,...}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าความสามารถในการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มปรุงรส 6 สูตร แสดงดังตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายน้ำที่เวลา 1 นาที พบว่า ฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะนาว มีค่าความสามารถในการละลายน้ำดีที่สุด เท่ากับ 80.95±15.2 รองลงมาคือฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายและน้ำส้มสายชู เท่ากับ 67.90±13.1 เมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายน้ำที่เวลา 2 นาที พบว่าเมื่อเวลาการละลายน้ำเพิ่มขึ้นฟิล์มปรุงรสทั้ง 6 สูตร สามารถละลายน้ำได้ดีขึ้น มากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป โดยฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะนาว มีค่าความสามารถในการละลายน้ำดีที่สุด เท่ากับ 98.97±1.82 เมื่อพิจารณาความสามารถในการละลายน้ำที่เวลา 3 นาที พบว่า ฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำมะนาว มีค่าความสามารถในการละลายน้ำดีที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4. สรุปผลการวิจัย

ส่วนผสมอาหารเพื่อปรุงแต่งกลิ่งรส เช่น กรด และน้ำตาล อาจมีผลต่อโครงสร้างและสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นฟิล์ม การทดลองนี้ได้ศึกษาผลของชนิดน้ำตาล (น้ำตาลทราย และน้ำตาลมะพร้าว) ชนิดกรด (น้ำมะนาว และ น้ำส้มสายชู) ซึ่งเป็นส่วนผสมอาหารที่ใช้ทั่วไป

เมื่อศึกษาการใส่กลีเซอรอลเพื่อปรับปรุงสมบัติของแผ่นฟิล์มปรุงรสฐานมอลโตเด็กซ์ตริน พบว่า สารก่อฟิล์มสูตรที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักส่งผลให้ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มดีขึ้นมากกว่าสูตรที่เติมแซนแทนกัมเพียงอย่างเดียว เนื่องจากคุณสมบัติที่ชอบน้ำและดูดน้ำของกลีเซอรอล รวมถึงสูตรที่เติมกลีเซอรอลยังสามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มได้ดีขึ้นมากกว่าสูตรที่ใส่แซนแทนกัมเพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่เปราะหักง่าย มีค่าความต้านทานแรงดึง และร้อยละการยืดตัว เท่ากับ 5.73±0.67 และ 89.49±11.93 ตามลำดับ เนื่องจากกลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติไซเซอร์ ซึ่งโมเลกุลขนาดเล็กเข้าไปแทรกระหว่างสายของพอลิเมอร์ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างพันธะ ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของแผ่นฟิล์มได้

การศึกษาอิทธิพลของสูตรสารละลายปรุงรสต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นฟิล์ม โดยเตรียมสารละลาย 6 สูตร ที่แปรอัตราส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำส้มสายชู 3 ระดับ ได้แก่ สูตรน้ำมะนาว (1:0) สูตรน้ำมะนาวผสมน้ำส้มสายชู (1:1) และสูตรน้ำส้มสายชู (0:1) และแปรชนิดของน้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย และน้ำตาลมะพร้าว พบว่า ฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้อัตราส่วนน้ำมะนาว 1:0 มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่า แต่มีค่าร้อยละการยืดตัวสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชู และฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลทรายมีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าว เนื่องจากกรดซิตริกทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นได้ดีกว่ากรดอะซิตริก โดยจะปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์ม ด้านความสามารถในการละลายน้ำฟิล์มปรุงรสสูตรทีใช้น้ำตาลมะพร้าวและใช้อัตราส่วนน้ำมะนาว 1:0 มีค่าความสามารถในการละลายน้ำดีที่สุด ดังนั้นฟิล์มปรุงรสสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและใช้อัตราส่วนน้ำมะนาว 1:0 และฟิล์มปรุงรสสูตร

ที่ใช้น้ำตาลทรายและใช้อัตราส่วนน้ำมะนาว 1:0 ที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีเหมาะแก่การขึ้นรูป และสามารถละลายน้ำได้ดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Sothornvit, R., and Krochta, J. M. 2000. Water vapor permeability and solubility of films from hydrolyzed whey protein, Journal of Food Science, Volume 65 No.4, p. 700-703.

[2] Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. S., Moalemiyan, M., and Kushalappa, A. C. 2007. Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* Infection, Carbohydrate Ploymers, Volume 68, p. 341-349.

[3] Siew Young, Q., Ngan King, C., and Peter, S. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders, Chemical Engineering and Processing, Volume 46, p. 386–392.

[4] Cilurzo, F., Cupone, I. E., Minghetti, P., Selmin, F., and Montanari, L. 2008. Fast dissolving films made of maltodextrins, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, Volume 70, p. 895-900.

[5] Koushki, M. R., Azizi, M. H., Azizkhani, M., and Koohy-Kamaly, P. 2015. Effect of different formulations on mechanical and physical properties of calcium alginate edible films, Journal of Food Quality and Hazards Control, Volume 2, p. 45-50.

[6] กนกวรรณ ไตรพรวัฒนกุล และ นันท์นภัส ฐากุลวีรนันท์. 2551. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มเด็กซ์ตริน. ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิตคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร.

[7] นุชนาฏ กิจวรเมธา, ธีรนันท์ เจนจรัสสกุล และ วรภา คงเป็นสุข. 2561. สมบัติของฟิล์มปรุงรสละลายเร็วฐานมอลโทเดกซ์-ทรินที่มีน้ำมะขามเปียกและน้ำมะนาว และแซนแทนกัมเป็นองค์ประกอบ. บทความฉบับสมบูรณ์ในรายงานการประชุมวิชาการ. การประชุมวิชาการและการประกวดนวัตกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

[8] Han, J. H. 2014. A Review of Food Packaging Technologies and Innovations, Innovations in Food packaging, p. 3-12.

[9] Arham, R., Mulyati, M. T., Metusalach, M., and Salengke, S. 2016. Physical and mechanical properties of agar based edible film with glycerol plasticizer, International Food Research Journal, Volume 23 No.4, p. 1669-1675.

[10] Farahnaky, A., Saberi, B. and Majzoobi, M. 2013. Effect of glycerol on physical and mechanical properties of wheat starch edible films, Journal of Texture Studies , Volume 44, p. 176-186.

[11] Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., and Entezami, A. A. 2011. Improving the barrier and mechanical properties of corn starch-based edible films. Effect of citric acid and carboxymethyl cellulose, Industrial Crops and Products, Volume 33, p. 229–235.

[12] พัฒทรา ธีรพิบูลย์เดช. 2557. แผ่นฟิล์มกักเก็บน้ำมันหอมระเหย (ฟิล์มกลิ่นสมุนไพร). ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

[13] AOAC. 2000. Official Methods of Analysis 16th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Washington, USA.

[14] Shojaee, A. S., Hosseini, S., Mohammadifar, M. A., Mohammadi, A., Ghasemlou, M., Ojagh, S. M., Hosseini, S. M., and Khaksar, R. 2013. Characterization of antioxidant-antimicrobial Kappa-Carrageenan films containing *Satureja hortensis* essential oil, International Journal of Biological Macromolecules, Volume 52, p. 116–124.

[15]Ramos ,Ó.L., Ramos, I., Reinas, S.I., Silva, J.C., Fernandes, M.A., Cerqueira, R.N., Pereira. 2013. Effect of whey protein purity and glycerol content upon physical properties of edible films manufactured therefrom, Food Hydrocolloids, Volume 30 No.1, p. 110-122.

[16] Koch, K. 2013. Starch-based films, Starch in Food, Swedish University of Agricultural Sciences**,** Sweden

[17] Carmen, Remuñán-lópez., and Roland, Bodmeier. 1996. Mechanical and Water Vapor Transmission Properties of Polysaccharide Films, Drug Development and Industrial Pharmacy, Volume 22 No.12, p. 1201-1209.

ID073

การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือน กรณีศึกษา ชุมชนวัดบุปผาราม กรุงเทพมหานคร

Households Electronic Waste Management: A Case study of Wat Buppharam Community, Bangkok

รัตนนุช จันทร์เพ็ญ[1*] และ นพสรณ์ ทองสุทธิ์ [1]
[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
[*]E-mail: Rattananuch.c@dru.ac.th

Rattananuch Chunpen[1] and Napasorn Thongsut[1]
[1] Environmental Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University
[*]E-mail: Rattananuch.c@dru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้นำเสนอกรณีศึกษาการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนในชุมชนวัดบุปผาราม เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร ดำเนินการวิจัยโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน และวิธีการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ ผ่านแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 141 ครัวเรือน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ผลการศึกษาพบว่า ครัวเรือนส่วนใหญ่มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดจำนวน 1-3 เครื่องต่อครัวเรือน ยกเว้นพัดลมและโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีการใช้งานจำนวน 4-6 เครื่องต่อครัวเรือน พิจารณาข้อมูลอายุการใช้งาน พบว่า อุปกรณ์ไอที ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ และคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานเพียง 1-3 ปี จึงเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความเป็นไปได้สูงสุดที่จะกลายเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนภายในระยะเวลาสั้น ส่วนแนวทางที่ครัวเรือนส่วนใหญ่จัดการกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานไม่ได้แล้ว คือ การซ่อมแซม และขายให้กับผู้รับซื้อของเก่า อย่างไรก็ตามพบว่าครัวเรือนเลือกเก็บขยะอิเล็กทรอนิกส์ไว้ในครัวเรือน โดยเฉพาะโทรศัพท์มือถือ พบว่ามีจำนวนสูงถึงร้อยละ 65 ทั้งนี้เพื่อเอื้ออำนวยต่อการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มตัวอย่างต้องการให้มีบริการเก็บขนซากอิเล็กทรอนิกส์ที่ดำเนินการโดยภาครัฐ (ร้อยละ 97) การรับซื้อคืนโดยธนาคารขยะอิเล็กทรอนิกส์ (ร้อยละ 90) ผลจากการศึกษาดังกล่าวสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์สำหรับชุมชนต่อไป

คำหลัก การจัดการ ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ครัวเรือน

Abstract

This research presents a case study investigated in Wat Buppharam community, Thonburi district, Bangkok. With the purpose of identifying the electronic waste management practiced by households, the data including number of electronic appliances owned in households, and households electronic waste disposal, are collected by interview from 141 samples. Derived data is subjected to analysis with statistic percentage. The findings show that number of each electronic device owned in households is 1-3 devices/household. Except mobile phones and fan, these devices are the most mention used in the amount of 4-6 devices/ household. When considering the lifespan of electrical appliances, it is found that IT devices, including mobile phones and computers, have a life expectancy only 1-3 years. Therefore, these electrical appliances have the highest possibility to become household electronic waste within a short period of time. Repairing and selling are the method of electronic waste disposal mention by the most respondents. However, the preferred method of electronic waste disposal, especially for mobile phone, is storage at their home (65%). The respondents required a support from government on issues, such as e-waste pick-up/drop off service (97%), and repurchase of e-waste by electronic waste bank (90%). The results of this study can be applied for electronic waste management planning for the community.

Keywords: Management, Electronic waste, Household

1. บทนำ

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทสำคัญในการอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงมีการแข่งขันทางการตลาดที่ค่อนข้างสูง และมีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันจึงเห็นได้ว่าในท้องตลาดมีเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากผลิตออกมาเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค โดยผู้บริโภคสามารถเข้าถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความทันสมัยในราคาที่ทุกคนสามารถเป็นเจ้าของได้ เมื่อมีการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น ส่งผลให้มีซากอุปกรณ์หลังจากการใช้งานมากด้วยเช่นกัน อุปกรณ์ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งาน หรือไม่ใช้งานแล้ว เนื่องจากตกรุ่นหรือล้าสมัยจัดว่าเป็น “ขยะอิเล็กทรอนิกส์” ซึ่งเป็นขยะอันตรายประเภทหนึ่งที่มีแนวโน้มก่อให้เกิดปัญหาใหญ่ในอนาคต [1] จากสถิติปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ปี 2555-2559 พบว่ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และคาดการณ์ว่าใน ปี 2564 จะพบซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญ ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ จำนวน 13.42 ล้านเครื่อง และอุปกรณ์เล่นภาพ/เสียงขนาดพกพา ประมาณ 3.65 ล้านเครื่อง [2]

ผลกระทบจากการใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าปัจจุบันมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามการพัฒนา ซึ่งสาเหตุหลักเนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประกอบไปด้วยสารโลหะหนักชนิดต่าง ๆ มากมาย หากไม่มีระบบการจัดการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการก็จะมีการปนเปื้อนลงสู่ดิน แหล่งน้ำ น้ำใต้ดินและในบางกรณีได้แพร่กระจายขึ้นสู่อากาศ สิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อม และสุขอนามัย [3] ผลกระทบจากสารอันตรายที่เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของซากผลิตภัณฑ์ฯ ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มโลหะหนักที่อยู่ในแผงวงจรและในแบตเตอรี่ อาทิเช่น ตะกั่ว พบได้ในหลอดภาพโทรทัศน์รุ่นเก่าที่เรียกว่า Cathode-ray tube (CRT) และส่วนที่เป็นบัดกรีของแผงวงจร มีผลทำลายระบบประสาทส่วนกลางและระบบโลหิต การทำงานของไต และมีผลต่อการพัฒนาสมองของทารกและเด็ก [1],[4]. แคดเมียม พบในแบตเตอรี่บางประเภท หากเข้าสู่ร่างกายจะสะสม ทำลายระบบประสาทส่งผลต่อพัฒนาการของเด็กและภาวะตั้งครรภ์พันธุ์ และการสัมผัสทำให้เกิดอาการคันเป็นผื่นและอาจมีอาการแพ้เป็นหืดหอบ [1],[4] นอกจากนี้การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่เหมาะสมส่งผลกระทบในด้านการจัดการทรัพยากร ทั้งนี้เนื่องจากในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะมีโลหะมีค่าเช่น ทองคำ เงิน พาลาเดียม และแพลทตินัม เป็นส่วนประกอบในแผงวงจร การที่ขยะอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้กลับคืนเข้าสู่ระบบการรีไซเคิลที่ถูกต้อง ทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องหาแหล่งแร่แห่งใหม่เข้าสู่กระบวนการผลิต การสกัดแร่และผลิตโลหะเหล่านี้ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การทำลายพื้นที่ป่า การปล่อยสารอันตรายในเช่นกรดและไซยาไนด์ จากกระบวนการผลิต [2], [3], [4]. ดังนั้นการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ จึงควรได้รับการจัดการที่ถูกต้องตั้งแต่ต้นทางของแหล่งกำเนิด คือ ในระดับครัวเรือน สำหรับชุมชนวัดบุปผาราม เป็นชุมชนหนึ่งในเขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร จากข้อมูลพื้นฐานชุมชน ในปี พ.ศ. 2559 มีครัวเรือนทั้งสิ้น 217 ครัวเรือน เนื่องจากชุมชนวัดบุปผารามเป็นลักษณะของชุมชนในเขตเมือง อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นเสมือนส่วนหนึ่งของวิถีการดำเนินชีวิตของคนในชุมชน การที่เป็นสังคมเมืองที่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัยได้ง่ายมากขึ้น ส่งผลให้แต่ละครัวเรือนมีโอกาสก่อให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้มากขึ้น หากระดับครัวเรือนไม่มีการจัดการที่ถูกต้องย่อมก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมตามมา

จากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะศึกษาการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือน พื้นที่ชุมชนวัดบุปผาราม ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนให้ถูกวิธี ซึ่งนับเป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ ให้ได้ผลยั่งยืนในระยะยาวต่อไป

2.วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ครัวเรือนในชุมชนวัดบุปผาราม แขวงวัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร โดยในปีพ.ศ. 2559 มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 217 ครัวเรือน กำหนดกลุ่มตัวอย่างในกรณีที่ทราบขนาดประชากร (Population size) ที่ระดับความเชื่อมั่น95% โดยใช้สูตรการคำนวณตัวอย่างประชากร ของ *Taro Yamane* ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 141 ครัวเรือน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

การศึกษาการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนของชุมชนวัดบุปผารามในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามครัวเรือน ซึ่งผ่านกระบวนการพัฒนาและทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เนื้อหาของแบบสอบถามแบ่งเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของครัวเรือน ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับสถานะภาพของที่อยู่อาศัย ระดับการศึกษา รายได้ของครัวเรือน และปัจจัยที่มีผลในการเลือกซื้อสินค้าประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าของครัวเรือน

ตอนที่ 2 ข้อมูลการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน ซึ่งประกอบข้อคำถามเกี่ยวกับเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน ซึ่งเป็นกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวัน ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า พัดลม กระติกน้ำร้อน หม้อหุงข้าว เตารีด โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์/โน้ตบุ๊ก จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีทั้งที่ใช้งานในปัจจุบันและไม่ได้ใช้งานจำแนกรายประเภท และการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้ากรณีที่หมดอายุการใช้งานหรือไม่ต้องการใช้งานอีกต่อไป

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน

2.3 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการเก็บข้อมูลครัวเรือนโดยใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลในแบบสอบถามทุกฉบับ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage)

3. ผลการวิจัย

ชุมชนวัดบุปผาราม เป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตธนบุรี จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐาน พบว่า กลุ่มตัวอย่างครัวเรือนส่วนใหญ่มีลักษณะการอยู่อาศัยในรูปแบบของบ้านเช่า คิดเป็นร้อยละ 54.61 อาชีพหลักของครัวเรือนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขาย ทำธุรกิจส่วนตัวและรับจ้างทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 26.95, 26.24 และ 24.11 ตามลำดับ ครัวเรือนร้อยละ 51.77 มีรายได้ต่อเดือนต่อครัวเรือนอยู่ระหว่าง 10,001 – 20,000 บาท รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างครัวเรือน

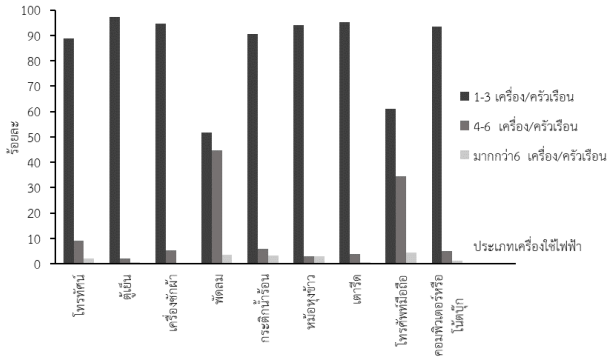
ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ลักษณะการอยู่อาศัย		
บ้านเช่า	63	54.61
บ้านของตนเอง	78	45.39
อาชีพหลักของครัวเรือน		
รับราชการ	16	11.35
ธุรกิจส่วนตัว	37	26.24
ค้าขาย	38	26.95
รับจ้างทั่วไป	34	24.11
นักเรียน/นักศึกษา	4	2.84
อื่น ๆ	12	8.51
รายได้ต่อเดือนต่อครัวเรือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	4	2.84
ระหว่าง 5,000 – 10,000 บาท	37	26.24
ระหว่าง 10,001 – 20,000 บาท	73	51.77
ระหว่าง 20,001 – 30,000 บาท	24	17.02
มากกว่า 30,001 บาท	3	2.13

การเลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในครัวเรือน ปัจจัยหลัก 3 อันดับแรก ที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสำคัญ คือ ประสิทธิภาพของสินค้า (ร้อยละ 100) ความคงทนของสินค้า (ร้อยละ 92.91) และราคาของสินค้า (ร้อยละ 90.07) สำหรับปัจจัยทางด้านการประหยัดพลังงาน เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จัดเป็นประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างครัวเรือนเพียงร้อยละ 48.23 ให้ความสำคัญในการประกอบการพิจารณาเลือกซื้อ ดังแสดงผลการศึกษาในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของสินค้า	141	100
ความคงทนของสินค้า	131	93
ราคาของสินค้า	127	90
ปัจจัยทางเทคโนโลยี	96	68
บริการหลังการขาย	92	65
การรับประกันสินค้า	86	61
การประหยัดพลังงาน/เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	68	48
โฆษณาและประชาสัมพันธ์	64	45
การซื้อเงินผ่อน	57	40
ของสมนาคุณ	41	29

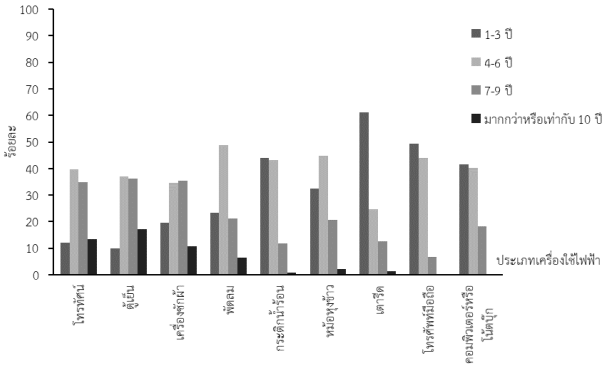
ในการศึกษาการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือน จะพิจารณากลุ่มของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า พัดลม กระติกน้ำร้อน หม้อหุงข้าว เตารีด โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์/โน้ตบุ๊ก จากการศึกษาจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีในแต่ละครัวเรือน ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ในชุมชนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ผลการศึกษา พบว่า ครัวเรือนส่วนใหญ่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทจำนวน 1-3 เครื่องต่อครัวเรือน ยกเว้นพัดลมซึ่งพบว่ามีครัวเรือนร้อยละ 45 มีจำนวนพัดลม 4-6 เครื่องต่อครัวเรือน และโทรศัพท์มือถือ พบว่าครัวเรือนร้อยละ 35 มีโทรศัพท์มือถือ 4-6 เครื่องต่อครัวเรือน (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีใช้งานในครัวเรือน จำแนกรายประเภท

ช่วงอายุการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นอีกปัจจัยที่มีมีผลต่อปริมาณและการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของชุมชนในอนาคต เนื่องจากการแข่งขันทางการตลาดทำให้เทคโนโลยีการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ผู้บริโภคสามารถเลือกใช้สินค้าที่มีความทันสมัย ในราคาที่ไม่สูงมาก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดจึงมีแนวโน้มของช่วงอายุการใช้งานที่สั้นลง

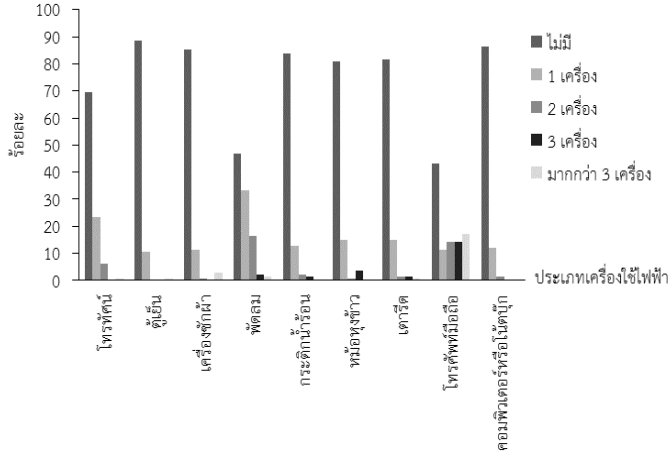
จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ครัวเรือนมีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดที่ช่วงอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยการใช้งานกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น จะมีอายุการใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 4-6 ปี เครื่องซักผ้า มีช่วงอายุการใช้งานส่วนใหญ่ในช่วง 7-9 ปี และโดยเฉลี่ยร้อยละ 13 ของครัวเรือนตัวอย่าง มีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ที่ระยะเวลามากกว่า 10 ปี



รูปที่ 2 อายุการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าจำแนกรายประเภท

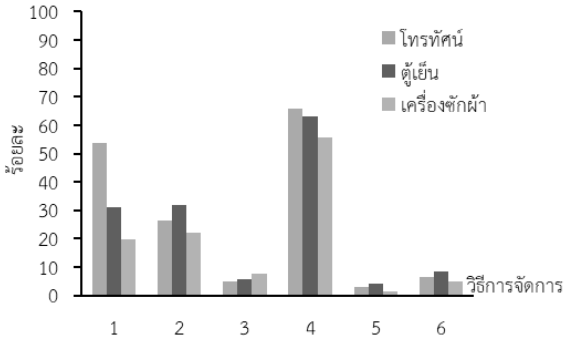
สำหรับกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก ได้แก่ พัดลม กระติกน้ำร้อน หม้อหุงข้าว พบว่ามีอายุการใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 4-6 ปี ในขณะที่ เตารีด มีอายุการใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงแค่ 1-3 ปี เมื่อพิจารณาอายุการใช้งานสูงสุดของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก จะเห็นได้ว่าไม่เกินร้อยละ 5 ของครัวเรือนที่มีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในกลุ่มดังกล่าวนานมากกว่าหรือเท่ากับ 10 ปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กมีโอกาสที่จะเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ในเวลาสั้นกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ในครัวเรือน ในส่วนของอุปกรณ์ไอที ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก จะเห็นได้ว่า มีช่วงอายุการใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1-3 ปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาการใช้งานที่สั้นเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ในกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่และขนาดเล็กในครัวเรือน สำหรับอายุการใช้งานสูงสุดของโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก พบว่า มีค่าอยู่ที่ระยะเวลา 7-9 ปี คิดเป็นร้อยละ 6 และ ร้อยละ 18 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในกลุ่มไอทีมีโอกาสสูงที่สุดในการเกิดเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ในช่วงเวลาที่สั้น

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่หมดสภาพการใช้งานหรือล้าสมัยไม่ได้ใช้งานจะกลายเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือน จากการศึกษา พบว่า ครัวเรือนมีขยะอิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่มีจำนวนน้อยกว่า เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กและอุปกรณ์ไอที เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่สำคัญสำหรับชุมชนบุปผาราม คือ โทรศัพท์มือถือ มีจำนวนครัวเรือนตัวอย่างจำนวนมากถึงร้อยละ 17 ที่มีโทรศัพท์มือถือไม่ได้ใช้งานมากกว่า 3 เครื่องต่อครัวเรือน ดังแสดงผลในรูปที่ 3 หากคิดเป็นจำนวนของขยะประเภทโทรศัพท์มือถือทั้งหมด พบว่ามีจำนวนมากถึง 219 เครื่อง หรือคิดเป็นร้อยละ 38 ของจำนวนขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด



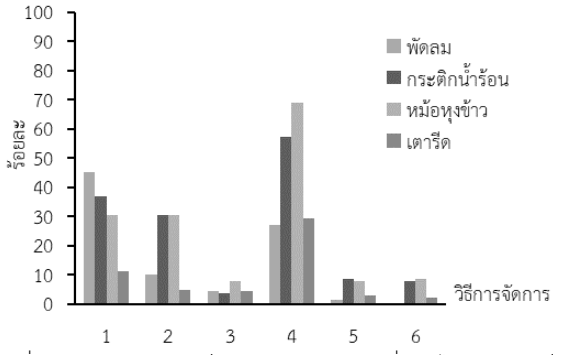
รูปที่ 3 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งานในแต่ละครัวเรือน จำแนกรายประเภท

ในด้านการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือน ผลการศึกษาพบว่าครัวเรือนมากกว่าร้อยละ 50 มีการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ในครัวเรือน ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า ที่ไม่สามารถใช้งานโดยการซ่อมแซมและนำกลับมาใช้ใหม่ และมากกว่าร้อยละ 20 เลือกที่จะเก็บเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ใช้งานเหล่านั้นไว้บ้านหรือ การขายให้กับผู้รับซื้อของเก่าแทนการแยกทิ้งหรือทิ้งรวมกับขยะทั่วไป ดังแสดงผลในรูปที่ 4



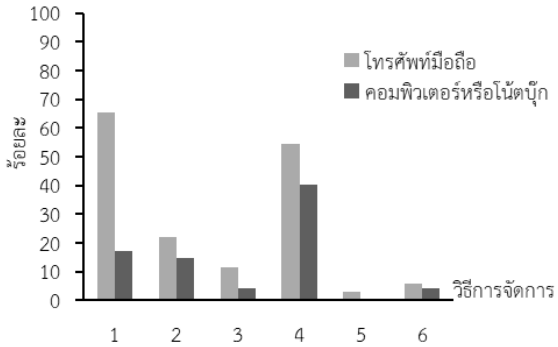
รูปที่ 4 การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่
1 = การเก็บไว้ในครัวเรือน 2= ขายให้กับผู้รับซื้อของเก่า 3 = ให้ผู้อื่น 4= ซ่อมแซม 5=ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป 6= แยกทิ้งประเภทขยะอันตราย

ในส่วนของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก พบว่าครัวเรือนมากกว่าร้อยละ 50 เลือกที่จะซ่อมแซม โดยเฉพาะอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภท กระติกน้ำร้อนและหม้อหุงข้าว และเลือกที่จะเก็บเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งานไว้ในครัวเรือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทพัดลม ที่พบว่ามีครัวเรือนมากถึงร้อยละ 45 เลือกที่จะเก็บเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ไว้ มากกว่าการทิ้งรวมกับขยะทั่วไป หรือการแยกทิ้ง ส่วนการขายให้กับผู้รับซื้อของเก่านั้น ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทกระติกน้ำร้อนและหม้อหุงข้าว ดังแสดงผลในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก
1 = การเก็บไว้ในครัวเรือน 2= ขายให้กับผู้รับซื้อของเก่า 3 = ให้ผู้อื่น 4= ซ่อมแซม 5=ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป 6= แยกทิ้งประเภทขยะอันตราย

สำหรับขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเภทอุปกรณ์ไอที พบว่าครัวเรือนตัวอย่างเลือกที่จะจัดการกับโทรศัพท์มือถือที่ไม่ได้ใช้งานแล้วโดยการเก็บไว้ในครัวเรือน มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 65 รองลงมา คือ การซ่อมแซม และการขายให้กับผู้รับซื้อของมือสอง คิดเป็นร้อยละ 55 และร้อยละ 22 ตามลำดับ ในขณะที่การจัดการกับโน้ตบุ๊กที่ไม่ใช้แล้ว ครัวเรือนเลือกที่จะซ่อมแซมมากกว่าการเก็บไว้ และมากกว่าการขายเป็นของมือสอง ส่วนการทิ้งรวมกับขยะทั่วไปหรือการแยกทิ้งนั้นพบไม่ถึงร้อยละ 5 ดังแสดงผลในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเภทอุปกรณ์ไอที
1 = การเก็บไว้ในครัวเรือน 2= ขายให้กับผู้รับซื้อของเก่า 3 = ให้ผู้อื่น 4= ซ่อมแซม 5=ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป 6= แยกทิ้งประเภทขยะอันตราย

เมื่อพิจารณาในภาพรวมของการจัดการอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนในชุมชนบุปผาราม จะเห็นได้ว่าครัวเรือนส่วนใหญ่เลือกที่จะซ่อมแซมเครื่องใช้ไฟฟ้าให้กลับมาใช้งานได้เป็นหลัก รองลงมาคือการเก็บไว้ในครัวเรือน และการขาย

ให้กับผู้รับซื้อของเก่าหรือของมือสอง การทิ้งรวมกับขยะทั่วไปนั้นพบอยู่ในจำนวนน้อย จากความคิดเห็นด้านการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ครัวเรือนส่วนใหญ่ร้อยละ 78 มีความคิดเห็นว่า การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนตนเองด้วยวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้นมีความเหมาะสมแล้ว (ตารางที่ 3) แต่ในทางทฤษฎี เนื่องจากขยะอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากยังถูกเก็บไว้ในครัวเรือนและยังไม่มีการจัดการอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะขยะอิเล็กทรอนิกส์ประเภทโทรศัพท์มือถือ สะท้อนให้เห็นว่าในความจริงแล้วการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในชุมชนยังไม่ถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิชาการ

ตารางที่ 3 ความเห็นเกี่ยวกับการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน

ประเด็น	จำนวน	ร้อยละ
ความเหมาะสมในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน		
- เหมาะสม	110	78
- ไม่เหมาะสม	31	22
ความต้องการสิ่งเอื้ออำนวยต่อการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนในอนาคต		
จัดให้มีรถเก็บขนของทางภาครัฐมารับอุปกรณ์ซากอิเล็กทรอนิกส์ในชุมชน	137	97
ธนาคารขยะอิเล็กทรอนิกส์ของชุมชน	127	90
จัดจุดรับซื้อขยะอิเล็กทรอนิกส์ในชุมชน	97	69
การเรียกเก็บซากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของผู้ผลิต	67	48

ในด้านของความต้องการสิ่งเอื้ออำนวยต่อการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคต ผลการศึกษาพบว่า สิ่งที่ครัวเรือนต้องการมากที่สุดคือ การจัดให้มีรถเก็บขนของทางภาครัฐมารับอุปกรณ์ซากอิเล็กทรอนิกส์ในชุมชน คิดเป็นร้อยละ 97 รองลงมาคือธนาคารขยะอิเล็กทรอนิกส์ของชุมชนคิดเป็นร้อยละ 90 การจัดจุดรับซื้อขยะอิเล็กทรอนิกส์ คิดเป็นร้อยละ 69 และต้องการเรียกเก็บซากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของผู้ผลิตคิดเป็นร้อยละ 48

4. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

ชุมชนวัดบุปผาราม เป็นตัวแทนของชุมชนในสังคมเมืองที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตค่อนข้างสูง การตัดสินใจในการเลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มตัวอย่าง พิจารณาด้านประสิทธิภาพการใช้งานของสินค้าเป็นปัจจัยหลัก รองลงมาคือ ด้านความคงทนของการใช้งาน และราคา เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างครัวเรือนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขายและธุรกิจส่วนตัว มีรายได้ของครัวเรือนอยู่ที่ 10,000-20,000 บาทต่อครัวเรือน จึงมีความเป็นไปได้สูงที่กลุ่มตัวอย่างจะให้ความสำคัญกับการเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพดี ใช้งานได้นาน ราคาที่เหมาะสม มากกว่าการเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ราคาถูกแต่ใช้ได้ในระยะเวลาอันสั้น อาจชำรุด หรือพังเร็วทำให้ต้องซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าใหม่หลายครั้ง ซึ่งการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้มาตรฐานและมีอายุการใช้งานยาวนาน เป็นหนึ่งในหลักการที่ช่วยลดปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ตั้งแต่ต้นทาง [1] อย่างไรก็ตามครัวเรือนให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในลำดับที่ต่ำ โดยจัดอยู่ในลำดับที่ 7 จาก 10 ประเด็นหลักในการพิจารณาเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในอนาคตประเด็นดังกล่าวจะมีความสำคัญมากยิ่งขึ้นสำหรับผู้บริโภค

ในด้านของจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือน เนื่องจากลักษณะของการอยู่อาศัยในมีสถานะเป็นผู้เช่าอาศัยเป็นส่วนมาก การถือครองอุปกรณ์ไฟฟ้าในครัวเรือน จึงมีเพียง 1-3 เครื่อง/ครัวเรือน ยกเว้นพัดลม และโทรศัพท์มือถือที่พบว่ามีจำนวนการถือครองสูงกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ คือ 4-6 เครื่อง/ครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยเป็นเมืองร้อน พัดลมจึงเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ครัวเรือนที่มีรายได้ไม่สูงเลือกใช้สำหรับครัวเรือนแทนการใช้เครื่องปรับอากาศ ในส่วนของโทรศัพท์มือถือ จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานเฉพาะส่วนบุคคล และถือเป็นปัจจัยที่ 5 ในการดำรงชีวิต จากการวิจัยเรื่องพฤติกรรมและแนวโน้มการใช้เครื่องไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนในเขตกรุงเทพมหานคร โดย ยุวดี ภู่สำลี (2555) พบว่า ครัวเรือนส่วนใหญ่มีจำนวน พัดลม และโทรศัพท์ โดยเฉลี่ยประมาณ 2-3 เครื่องต่อครัวเรือน ซึ่งเป็นจำนวนที่มากกว่าอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ เช่น เตารีด หม้อหุงข้าวไฟฟ้า อายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดในครัวเรือนมีช่วงอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน จากข้อมูลของ สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย (2551) พบว่ากลุ่มเครื่องใช้ฟ้าขนาดใหญ่ เช่น ตู้เย็น มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 14 ปี โทรทัศน์ อายุการใช้งานเฉลี่ย 18 ปี เครื่องซักผ้ามีอายุการใช้งานเฉลี่ย 12 ปี ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ามีครัวเรือนเพียงร้อยละ 13 ที่มีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ที่ระยะเวลามากกว่า 10 ปี ในส่วนของอุปกรณ์ไอที พบว่าครัวเรือนมีการใช้งานส่วนใหญ่ในช่วง 1-3 ปี ซึ่งข้อมูลของสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย (2551) พบว่า โทรศัพท์มือถือ มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 2 ปี เครื่องคอมพิวเตอร์มีอายุการใช้งาน 7 ปี

ในภาพรวมจึงเห็นได้ว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าวมีแนวโน้มหมดสภาพการใช้งานหรือเลิกใช้งานและกลายเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์จากครัวเรือนก่อนถึงช่วงอายุการใช้งานเฉลี่ย ในส่วนจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานไม่ได้พบว่าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1 เครื่องต่อครัวเรือนยกเว้นพัดลมและโทรศัพท์มือถือที่พบว่ามีจำนวนเฉลี่ยมากกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่น โดยเฉพาะโทรศัพท์มือถือ พบว่ามีจำนวนการใช้งานมากกว่า 3 เครื่องต่อครัวเรือน จึงมีผลให้โทรศัพท์มือถือกลายเป็นซากผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนมาก ในส่วนของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ ครัวเรือนเลือกวิธีการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานไม่ได้ โดยการซ่อมแซม เนื่องจากครัวเรือนตัวอย่างมีรายได้ปานกลาง ประกอบกับบริเวณชุมชนมีร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก และมีบริการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าฟรีประจำปี โดยนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี ซึ่งการเลือกที่จะนำไปซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าก่อนหากใช้ได้ก็จะนำมาใช้อีกครั้งเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน และเป็นการช่วยลดปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ตั้งแต่ต้นทาง การที่กลุ่มตัวอย่างเลือกที่จะจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน โดยวิธีการขายให้ผู้ประกอบการรับซื้อของเก่า เนื่องจากคิดว่าหากเก็บไว้ก็ไม่สามารถนำมาใช้ได้อีกแล้ว และเนื่องจากทางชุมชนมีรถรับซื้อของเก่ามารับซื้อ(ซาเล้ง)เป็นประจำ จึงตัดสินใจที่จะขายโดยอาจจะได้เงินในจำนวนที่น้อยแต่ก็ยังได้กลับคืน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ โมกข์ (2559) ซึ่งพบว่าประชาชนส่วนใหญ่นำขยะอิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกประเภทไปขายเพราะได้ค่าตอบแทนและซ่อมแซมนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการลดผลกระทบเชิงลบต่อสุขภาพ

อย่างไรก็ตามยังพบว่า กลุ่มตัวอย่างเลือกครัวเรือนเลือกที่จะเก็บอุปกรณ์ขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะโทรศัพท์มือถือที่ไม่ได้ใช้งานแล้วไว้ในบ้าน ทั้งนี้อาจจะเป็นเหตุผลเนื่องจากครัวเรือนยังไม่ทราบว่า ควรจัดการกับขยะอิเล็กทรอนิกส์นี้อย่างไร บางส่วนคิดว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชิ้นมีคุณค่าต่อจิตใจ หรือมีข้อมูลที่มีความเป็นส่วนตัว จึงเลือกที่จะเก็บไว้ การเก็บขยะอิเล็กทรอนิกส์ไว้ในบ้านทำให้ขยะอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้เข้าสู่ระบบการจัดการอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ วัสดุที่มีมูลค่า เช่น ทองแดง อลูมิเนียม ในโทรศัพท์มือถือ ไม่ได้มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ กลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต้องหาทรัพยากรแร่แหล่งใหม่เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านอื่น ๆ ตามมามากกว่ากระบวนการรีไซเคิลวัสดุดังกล่าวจากซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า [2], [7] การที่กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนในปัจจุบันมีประสิทธิภาพ แต่ในความเป็นจริงแล้วภาพรวมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนในชุมชนวัดบุปผารามยังไม่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เห็นได้จากปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ยังคงถูกเก็บอยู่ในแต่ละครัวเรือน แสดงให้เห็นว่าการให้ความรู้และการประชาสัมพันธ์การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนที่ถูกต้องและเหมาะสม เป็นอีกหนึ่งประเด็นสำคัญที่ควรพัฒนา สอดคล้องกับการศึกษาของ สวรรยา และคณะ (2560) ซึ่งศึกษาความรู้ในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนของชุมชนบ้านตลาดเขต จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนอยู่ในระดับปานกลาง เครื่องใช้ไฟฟ้าเมื่อหมดอายุการใช้งานหรือชำรุด ส่วนใหญ่จะนำเลือกการนำไปขายแบบยกชิ้นให้กับซาเล้งหรือร้านรับซื้อของเก่า (ร้อยละ 43.89) และ ส่วนใหญ่ยังเข้าใจว่าการจัดเก็บและการกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์ดำเนินการเช่นเดียวกับขยะทั่วไป จึงไม่ได้มีการจัดเก็บขยะไว้ในภาชนะรองรับที่มีฝาปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารพิษ ดังนั้นการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบอื่น ๆ ที่มีความหลากหลายและเหมาะสมสำหรับชุมชนและประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อให้การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยชุมชน ต้องการให้รถของทางภาครัฐมาเก็บขนขยะอิเล็กทรอนิกส์ในชุมชน หรือการจัดตั้งธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ในชุมชน ซึ่งในด้านของการบริการเก็บชนและกำจัดโดยภาครัฐ ปัจจุบันทางกรุงเทพมหานครได้กำหนดนโยบายการจัดเก็บขยะอิเล็กทรอนิกส์ทุกวันอาทิตย์หรือตามวัน เวลาและสถานที่ที่สำนักงานเขตนัดหมาย โดยมีการประชาสัมพันธ์การหมุนเวียนเข้าจัดเก็บตามชุมชนต่าง ๆ ให้ประชาชนรับทราบล่วงหน้า เพื่อขยะอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวจะถูกรวบรวมและนำไปกำจัดอย่างถูกหลักวิชาการต่อไป [10]

5. สรุป

ในภาพรวมของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนในชุมชนวัดบุปผารามมีการจัดการยังไม่เหมาะสม ขยะอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก เช่น โทรศัพท์มือถือ ถูกเก็บไว้ในครัวเรือน ส่งผลให้ไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง ดังนั้นเพื่อให้การจัดการของปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์จากครัวเรือนมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงควรมีการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับ

การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ จัดกิจกรรมการรณรงค์ส่งเสริมให้ประชาชนเห็นมูลค่าของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุด ให้ความรู้แก่ชุมชน ในเรื่อง ผลกระทบของขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม ด้านพลังงาน และด้านสุขภาพ วิธีการจัดการที่ถูกต้อง รวมทั้งควรจัดระบบหรือกลไกที่อำนวยความสะดวกที่เอื้อต่อการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน เช่น การนัดวันเก็บขนขยะอิเล็กทรอนิกส์ การจัดจุดรับซื้ออุปกรณ์ขยะอิเล็กทรอนิกส์หรือจัดตั้งธนาคารขยะอิเล็กทรอนิกส์ ให้แก่ชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณประดิษฐ์ ห้วยหงษ์ทอง ประธานชุมชนวัดบุปผารามที่ให้ข้อมูลพื้นฐานชุมชนและอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมอนามัย. 2558. คู่มือประชาชน ขยะอิเล็กทรอนิกส์ของเสียที่มากับเทคโนโลยี, ข้อมูลจาก http://env.anamai.moph.go.th/download/bkWeb/book/a022.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 มิถุนายน 2562).

[2] สายใจ วิทยาอนุมาส. 2560. การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย, รายงานทีดีอาร์ไอ, ฉบับที่ 133, หน้า 1-24.

[3] สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย. 2558. ยุทธศาสตร์การจัดการซาก ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เชิงบูรณาการปี พ.ศ. 2557-2564, กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพ.

[4] สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย. 2551. คู่มือการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย, กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพ.

[5] ยุวดี ภู่สำลี. 2555. การศึกษาพฤติกรรมและแนวโน้มในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนในเขตกรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตม กรุงเทพ.

[6] สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย. 2551. ยุทธศาสตร์การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เชิงบูรณาการ, กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพ.

[7] สุจิตตรา วาสนาดำรงดี. และ ปเนตร มโนมัยพิบูลย์ (2555). ชุดความรู้เรื่องการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลจาก http://www.hsm.chula.ac.th/research/paper/e-wate_management/e-waste management1.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 21 กรกฎาคม 2562).

[8] โมกข์ ตันติปาลกุล. 2559. สภาพการณ์ในจัดการในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของภาครัฐและประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารระบบสารสนเทศด้านธุรกิจ, ปีที่2 ฉบับที่ 3, หน้า 16-24.

[9] สวรรยา ธรรมอภิพล, กรวรรณ ม่วงลับ, นงลักษณ์ สืบนาค. 2560. ความรู้ในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนของชุมชนบ้านตลาดเขต จังหวัดกาญจนบุรี. วารสาร Veridian E-Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ, ปีที่ 10 ฉบับที่ 3, หน้า 1631-1642.

[10] สำนักงานประชาสัมพันธ์กรุงเทพมหานคร, แนวทางการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่กรุงเทพ, ข้อมูลจาก http://www.prbangkok.com/th/complain-news/view/MDY1cDBzNnM0NHlyb3Ezc3E2NnEyNDk0cDRyOTQzcjQ4NDY0MQ== (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 สิงหาคม 2563).

ID077

ผลของการทดแทนกะทิด้วยน้ำมันงาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาเกาะ

Effect of Sesame Oil Substitution to Coconut Milk on Quality of Ar-Koh Product

รอมลี เจะดอเลาะ[1*], คืนจันทร์ ณ นคร[1], อัชมาน อาแด[2] และสะอุดี มะประสิทธิ์[3]
[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[2]สาขาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและความงาม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[3]คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[*]E-mail: romalee.c@yru.ac.th.ac.th

Romlee Chedoloh[1*], Kuenchan Na Nakorn[1], Ajaman Adair[2], Saudee Maprasit[3] and Sittipong Stawong[3]
[1]Food Science and Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University
[2]Cosmetics and Beauty, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University
[3]Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University
[*]E-mail: romalee.c@yru.ac.th.ac.th

บทคัดย่อ

อาเกาะเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานพื้นเมืองที่ได้รับความนิยม ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ แต่มีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูงจากน้ำกะทิ ซึ่งไม่เหมาะต่อผู้ที่รักสุขภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สั้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนน้ำกะทิด้วยน้ำมันงาต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษา พบว่า การใช้ปริมาณน้ำมันงาแต่ละระดับมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ด้านสี ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) การทดแทนน้ำมันงาที่ระดับร้อยละ 10 ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยมีคะแนนการทดสอบด้านความชอบโดยรวม 7.17 (ชอบปานกลาง) นอกจากนี้การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ (AL) ที่สภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน พบว่า อายุการเก็บรักษา 7 วัน ที่สภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.07 (ชอบปานกลาง) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และ *Escherichia coli และ Staphylococcus aureus* ไม่เกินกว่ามาตรฐานกำหนด ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า 3 และ 6 สูงกว่าแบบดั้งเดิม คือ 0.15 และ 4.91 กรัม/100 กรัม ขณะที่ผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมมีเพียง 0.02 และ 0.54 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามีคุณสมบัติเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส มีคุณค่าทางโภชนาการ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

คำหลัก ผลิตภัณฑ์อาเกาะ น้ำมันงา สมบัติ อายุการเก็บรักษา

Abstract

Ar-Koh was a popular local confectionery products in 3 southern border provinces, but there was consisted high content of saturated fatty acid deriving from coconut milk. The products did not suitable for healthy and has therefore a short shelf life. The aim of the present study was to substitution coconut milk with sesame oil on the products quality and its shelf-life. The results revealed that the Sesame oil levels in each was affected the sensory scores of the flavor, taste, and overall linking test with significant differences ($p \leq 0.05$), while the color was not different significances ($p > 0.05$). The substituted Sesame oil product at the level of 10% was found to have a sensory acceptances with an overall linking score of 7.17 (a moderate scores). Moreover, the estimation of products shelf-life in aluminum (Al) foil at 30 °C and 4 °C, duration time of 0, 7, 14, and 21 days indicated that the samples abled to be stored up to 7 days at 4 °C temperature.

The products were still acceptable to the testers, which had an overall liking score of 7.07 (a moderate scores). The overall detected bacteria, yeast and fungi, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus* had not over the levels of the standard prescription. The results also found the developed products were contained higher levels of unsaturated fatty acids, omega 3 and 6 by 0.15, and 4.91 grams / 100 grams, while the initial products found only 0.02 and 0.54 grams / 100 grams, respectively. Therefore, the developed products were claimed to have acceptant sensory testers, nutritious, and consumers safe.

Keywords: Ar-Koh products, Sesame oil, Properties, Shelf-life

1. บทนำ

ขนมอาเกาะถือว่าเป็นขนมที่อยู่ในจำพวกขนมหวานที่มีการจำหน่ายในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้และประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีลักษณะแบน รี และมีรสชาติหวานมัน กลิ่นหอมจากน้ำกะทิ และใบเตย ในกระบวนการผลิตมีการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สดและอร่อย อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาของอายุการเก็บรักษาโดยปกติขนมอาเกาะเก็บรักษามีอายุประมาณ 1-2 วันเท่านั้น การเน่าเสียเกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดกลิ่นหืน และมีปริมาณของไขมันอิ่มตัวสูงจากกะทิที่มีกรดไขมันอิ่มตัวกรดลอริก (lauric acid ; C12) สูง ร้อยละ 40.55 ของกรดไขมันทั้งหมด [1], [2] ทำให้ไม่เหมาะสมกับกลุ่มผู้บริโภคบางกลุ่ม เช่นผู้สูงอายุและผู้เป็นโรคไตรตรีเซอไรด์ในเลือดสูง [3] การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณลักษณะของขนมอาเกาะ ให้มีรสชาติเหมือนเดิมหรือใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมและมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยการเสริมแหล่งของไขมันไม่อิ่มตัวจากน้ำมันงา เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระ [4] และกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 และ โอเมก้า 6 [5] มีส่วนช่วยในการทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นและมีประโยชน์ต่อร่างกาย อย่างไรก็ตามการทดแทนน้ำมันงาย่อมส่งผลต่อเนื้อสัมผัส รสชาติ การยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ [6] ดังนั้นการศึกษานี้จึงศึกษาผลของการใช้น้ำมันงาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะ เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นเป็นที่รู้จักทั้งในและต่างประเทศต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุดิบ สารเคมี และเครื่องมือวิเคราะห์

การผลิตขนมอาเกาะใช้ส่วนผสมแป้งสาลี ยี่ห้อตราว่าวแป้งอเนกประสงค์ น้ำมันงา ยี่ห้อ Wangzi น้ำกะทิ น้ำตาลโตนด ไข่เป็ดและใบเตย ซื้อจากตลาดสด อำเภอเมืองจังหวัดยะลา โดยการเตรียมน้ำกะทิใช้มะพร้าวแก่ แล้ววิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของขนมอาเกาะ โดยวัดค่าสีใช้เครื่องวัดค่าสี (color flex) รุ่น Hunter lab CX 1471, ประเทศสหรัฐอเมริกา วิเคราะห์สมบัติทางเคมี วิเคราะห์ความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) (รุ่น UF260 ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมนี), วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w (ตรา Aqualab รุ่น S36090 ประเทศสหรัฐอเมริกา) วิเคราะห์ปริมาณไขมัน และวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value; PV) โดยใช้สารเคมี ปิโตรเลียมอีเธอร์ กรดอะซิติก คลอโรฟอร์ม โพแทสเซียมไอโอไดด์ โซเดียมไธโอซัลเฟต การวิเคราะห์ Thiobarbituric acid reactive substance (TBARs) ใช้สารกรดไทโอบาบิทูริก กรดไตรคลอโรอะซีติก กรดไฮโรคลอริก และ PV โดยมีสารเคมี โพแทสเซียมไอโอไดด์ เกรดวิเคราะห์จากบริษัท บริษัทเมอร์ค เคจีเอเอ ประเทศเยอรมนี

2.2 การเตรียมวัตถุดิบ

นำใบเตยจากพื้นที่ตลาดใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดยะลา เตรียมจากการใส่ใบเตยต่อน้ำ 1: 2 ส่วน ทำการปั่นให้ละเอียดโดยการทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นยี่ห้อ SHARP รุ่น EM-11.P แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางความหนา 2 ชั้น ประมาณ 5 นาที การเตรียมน้ำกะทิโดยใช้อัตราส่วนของปริมาณน้ำต่อเนื้อมะพร้าวขูด 3:1 ผสมแล้วคั้นเป็นกะทิสดเก็บรักษาไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3 ปริมาณน้ำมันงาต่อคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำส่วนผสมทำการชั่งน้ำหนักโดยการเพิ่มปริมาณน้ำมันงา ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ ขณะที่มีการลดปริมาณของน้ำกะทิร้อยละ 37, 32, 27, 22 และ 17 ตามลำดับ ทำการผลิตขนมอาเกาะ โดยนำส่วนผสมใส่ถ้วยสเตนเลสขนาดใหญ่ โดยการใส่แป้ง ไข่แดงที่เตรียมไว้ ใส่น้ำใบเตย น้ำตาลโตนด น้ำ และน้ำมันงา (ไม่สามารถแสดงสูตรเนื่องจากความลับทางการค้าของผู้ประกอบการ) แล้วคนให้เข้ากัน ประมาณ 10 นาที ทาน้ำมันผสมกับไข่ลงในแม่พิมพ์ เพื่อไม่ให้เนื้อขนมติดกัน แล้วตักส่วนผสมที่เตรียม

ไว้ใส่ในแม่พิมพ์เหล็กขณะร้อนอุณหภูมิ 180-190 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที แล้วสลับอีกด้านของแม่พิมพ์ต่ออีก 5 นาที แล้วตักใส่ในถุงพลาสติก นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากนักศึกษาที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวน 50 คน โดยวิธี 9 - point hedonic scale [7] นำข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีเบื้องต้นได้แก่ สี ความชื้น a_w และไขมัน ด้วยวิธี AOAC (2000) [8]

2.4 สภาวะและอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำขนมอาเกาะที่ผ่านการผลิตบรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอย์ (AL) ขนาด 5x8 นิ้ว บรรจุขนมอาเกาะจำนวน 2 ชิ้นต่อถุง แล้วปิดผนึกแบบสุญญากาศ แล้วนำมานึ่งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที แล้วทำการน็อคเชื้อด้วย ด้วยน้ำแข็งให้อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่สภาพอุณหภูมิ 30±1 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า pH วิเคราะห์ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และวิเคราะห์เชื้อยีสต์และรา ด้วยวิธีการ AOAC (200) [9] *E. coli* (MPN/g) และ *S. aureus* ด้วยวิธีการของ FDA BAM (2016) (CFU/g) [10]

2.5 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

นำผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะที่พัฒนาวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ได้แก่ ค่า pH วิเคราะห์ปริมาณทั้งหมด ความชื้น คาร์โบไฮเดรท ไขมัน เยื่อใย และเถ้า [11] วิเคราะห์กรดไขมันด้วยแก๊สโครมาโทรกราฟ ด้วยวิธีการ In House Method TE-CH-208 [12] วิเคราะห์ค่า TBARs ด้วยวิธีการของ Buege และ Aust (1978) [13] และ PV ด้วยวิธี AOAC (2000) [14] วิเคราะห์โซเดียม แคลเซียม และธาตุเหล็ก ด้วยวิธีการของ Olesik (1991) [15] และวิเคราะห์พลังงานบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ [16]

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองโดย ผลของปริมาณน้ำมันงาที่ทดแทนน้ำกะทิเป็นแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี และการศึกษาอายุการเก็บรักษาใช้แผนการทดลองการทดลองแฟคทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ส่วนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ t-test สำหรับสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์สุดท้าย วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของชุดการทดลองโดยใช้ Duncan' new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม PSPP version 0.7.5 แล้วคัดเลือกชุดการทดลองที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีและเหมาะสมที่สุดของการศึกษาในลำดับต่อไป

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลของปริมาณน้ำมันงาต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษาผลของปริมาณน้ำมันงาที่ทดแทนน้ำกะทิร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 พบว่า ปริมาณของน้ำมันงามีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ด้านสีไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังแสดงตารางที่ 1 การทดแทนปริมาณน้ำมัน ร้อยละ 10 ผลปรากฏว่าผู้ทดสอบชิมชื่นชอบผลิตภัณฑ์ มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดที่ระดับคะแนน 7.17 ไม่ต่างจากสูตรดั้งเดิม และปริมาณการทดแทนกะทิด้วยน้ำมันงาที่เพิ่มขึ้นมีผลให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในทุกด้านลดลง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะที่ผ่านการทดแทนกะทิด้วยน้ำมันงาแต่ละระดับ

คุณลักษณะ	การทดแทนกะทิด้วยน้ำมันงา (%)				
	ดั้งเดิม	5	10	15	20
สี^{ns}	7.41± 1.55	7.34± 1.25	7.22± 1.04	6.92± 1.89	5.92± 0.99
กลิ่น	7.31± 1.25^{a}	7.18± 0.76^{ab}	7.03± 0.88^{b}	6.15± 1.77^{c}	5.92± 1.61^{c}
เนื้อสัมผัส	7.54± 1.04^{a}	7.36± 0.71^{ab}	7.28± 1.91^{b}	6.15± 1.52^{c}	6.00± 1.79^{c}
รสชาติ	7.45± 1.89^{a}	7.32± 0.90^{ab}	7.25± 1.32^{ab}	6.92± 1.63^{b}	6.00± 1.83^{c}
ความชอบโดยรวม	7.46± 0.99^{a}	7.39± 0.83^{a}	7.17± 1.32^{ab}	6.85± 1.83^{b}	6.42± 1.61^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

การวิเคราะห์สมบัติของขนมอาเกาะที่ผ่านการทดแทนน้ำกะทิด้วยน้ำมันงา 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 พบว่าปริมาณน้ำมันงามีผลต่อสมบัติทางกายภาพด้านสีจากค่า L^*, a^* และ b^* ปริมาณความชื้น ค่า a_w และปริมาณไขมัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2) โดยการทดแทนน้ำมันงาเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อปริมาณความชื้นและค่า a_w ของขนมอาเกาะลดลง ขณะที่ปริมาณของไขมันเพิ่มตามลำดับ เช่นเดียวกันกับค่าความสว่าง สีแดง และ สีเหลืองของขนมอาเกาะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะที่ผ่านการทดแทนกะทิด้วยน้ำมันงา

คุณลักษณะ	การทดแทนกะทิด้วยน้ำมันงา (%)				
	ดั้งเดิม	5	10	15	20
L^*	43.1± 1.02^{c}	54.17± 1.66^{b}	56.13± 1.18^{a}	57.33± 0.45^{a}	57.9± 0.62^{a}
a^*	5.21± 0.09^{c}	5.41± 0.41^{c}	6.84± 0.55^{b}	7.25± 0.11^{b}	8.57± 0.57^{a}
b^*	25.5± 0.71^{c}	26.47± 1.00^{bc}	27.55± 0.61^{ab}	27.62± 0.54^{ab}	27.9± 0.52^{a}
ความชื้น (g/100 g)	44.2± 0.32^{a}	43.51± 0.59^{a}	42.38± 0.40^{b}	41.58± 0.44^{b}	40.2± 0.68^{c}
a_w	0.83± 0.01^{a}	0.82± 0.01^{ab}	0.81± 0.01^{b}	0.81± 0.01^{b}	0.80± 0.01^{c}
ไขมัน (g/100 g)	14.8± 0.35^{c}	15.31± 0.47^{c}	16.36± 0.55^{b}	17.65± 0.54^{a}	18.3± 0.56^{a}

หมายเหตุ :ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจำนวนการทดลอง 3 ซ้ำ

3.2 สภาวะและอายุการเก็บรักษาต่อสมบัติและความยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะ ที่สภาวะการเก็บรักษาในถุง AL ที่อุณหภูมิ 4 และ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน พบว่าสภาวะการเก็บและระยะเวลามีอิทธิผลร่วมต่อค่าความชื้น ค่า pH ค่า TBARs และ PV แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า L^* มีค่าลดทั้งที่สภาวะอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 7, 14 และ 21 วัน ทำให้ผลิตภัณฑ์สีเข้มขึ้น จากค่า L^* 55.71 และ 54.60 ที่ 0 วัน เป็น 40.43 และ 48.18 ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 21 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ส่วนการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่า ขนมอาเกาะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น($p \leq 0.05$) ตามอายุการเก็บรักษา ขณะที่ค่า a_w ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนการวิเคราะห์การเกิดกลิ่นหืน ของค่า TBARs และ PV เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยที่การเก็บรักษาที่สภาวะที่อุณหภูมิห้องมีค่าที่สูงกว่าแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ขณะที่ค่า pH ของขนมอาเกาะมีค่าที่ลดลงจากค่า 6.52-6.55 เป็น 4.25-4.56 (ตารางที่ 4) จากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะที่เก็บรักษา

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สภาวะการเก็บ	L^*	a^*	b^*
0	30°C	55.71± 0.49^{a}	5.32± 0.08^{b}	26.84± 0.85^{a}
	4°C	54.60± 0.93^{b}	5.44± 0.20^{b}	27.09± 0.24^{a}
7	30°C	53.20 ±0.75^{c}	5.47± 0.27^{b}	26.12± 0.77^{b}
	4°C	54.39± 0.78^{b}	6.33± 0.26^{a}	27.13± 0.21^{a}
14	30°C	51.35± 0.44^{d}	5.52± 0.40^{b}	25.50± 0.37^{b}
	4°C	52.51± 0.40^{c}	5.57± 0.30^{b}	26.63± 0.23^{a}
21	30°C	40.43± 0.52^{f}	5.27± 0.03^{b}	23.89± 0.30^{c}
	4°C	48.18± 0.36^{e}	6.48± 0.29^{a}	23.65± 0.83^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจำนวนการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะที่เก็บรักษา

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สภาวะการเก็บ (°C)	ความชื้น (%)	a_w^{ns}	pH	TBARs (mg.MAD/kg)	PV (meq/kg)
0	30	29.4±0.27^{g}	0.94±0.01	6.5±0.02^{a}	0.23±0.01^{h}	0.13±0.01^{f}
	4	29.5±0.58^{g}	0.93±0.01	6.52±0.04^{a}	0.28±0.01^{g}	0.15±0.01^{f}
7	30	31.17±0.31^{e}	0.94±0.01	6.16±0.01^{c}	5.62±0.01^{d}	4.33±0.01^{d}
	4	30.48±0.15^{f}	0.94±0.01	6.46±0.03^{b}	1.36±0.02^{f}	1.06±0.03^{e}
14	30	33.5±0.36^{c}	0.93±0.01	4.56±0.0^{e}	18.26±0.03^{b}	14.31±0.20^{b}
	4	32.5±0.25^{d}	0.94±0.01	5.23±0.02^{d}	5.25±0.01^{e}	4.34±0.04^{d}
21	30	34.1±0.19^{b}	0.94±0.01	4.25±0.01^{f}	23.27±0.06^{a}	17.36±0.03^{a}
	4	36.5±0.32^{a}	0.95±0.01	4.56±0.02^{e}	12.24±0.02^{c}	9.41±0.11^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และจำนวนการทดลอง 3 ซ้ำ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะที่เก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ ห้องและอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน พบว่าสภาวะการเก็บและระยะเวลาการเก็บมีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับที่ระยะเวลา 0 และ 7 วัน เท่านั้น เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้นการเก็บรักษาที่ดีควรเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะที่เก็บรักษา

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สภาวะการเก็บ (°C)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0	30	7.53±1.07^{a}	7.27±1.09^{a}	7.40±0.77^{a}	7.40±0.82^{a}	7.33±0.93^{a}
	4	7.53±1.07^{a}	7.33±0.96^{a}	7.30±0.75^{ab}	7.43±0.77^{a}	7.37±1.00^{a}
7	30	7.00±0.97^{a}	6.20±0.66^{bc}	6.23±0.73^{c}	6.23±1.01^{c}	6.30±0.88^{b}
	4	7.07±0.98^{a}	6.63±0.85^{b}	6.97±0.89^{b}	6.93±0.82^{b}	7.07±0.83^{a}
14	30	5.67±1.03^{c}	4.90±1.15^{d}	5.87±0.63^{c}	4.43±0.90^{d}	5.97±0.89^{b}
	4	6.27±0.87^{b}	5.93±0.74^{c}	6.10±0.92^{c}	4.53±0.86^{d}	6.13±0.90^{b}
21	30	5.03±1.16^{d}	4.26±1.20^{e}	4.60±0.72^{d}	3.77±0.71^{e}	4.70±0.75^{c}
	4	5.80±0.76^{ab}	5.03±0.88^{d}	4.67±0.66^{d}	3.90±0.77^{e}	4.97±0.76^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาขนมอาเกาะที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่บรรจุในถุง AL พบว่า ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และ 4 องศาเซลเซียส สภาวะการเก็บรักษาระยะเวลา 7 วัน อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบค่า มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.7×10^{4}CFU/g และ ยีสต์ และรา 80 CFU/g ส่วนเชื้อ *E. coli* มีปริมาณน้อยกว่า 3 (MPN/g) ขณะที่เชื้อ *S. aureus* ตรวจไม่พบ (ตารางที่ 6) หากเก็บรักษามากกว่า 7 ทั้ง 2 สภาวะ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ เกินกว่าที่กฎหมายกำหนด โดยมีการกำหนดอาหารที่มีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^{4} CFU/g และเชื้อยีสต์และรา ไม่เกิน 100 CFU/g [17]

ตารางที่ 6 ผลการตรวจ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องระยะเวลา 0-21 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สภาวะการเก็บ (°C)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)	*E. coli* (MPN/g)	*S.aureus* (CFU/g)
0	30	2.4×10^3	3.0×10	< 3.0	ไม่พบ
	4	1.0×10^3	1.0×10	< 3.0	ไม่พบ
7	30	3.0×10^5	3.0×10^2	< 3.0	ไม่พบ
	4	2.7×10^4	8.0×10	< 3.0	ไม่พบ
14	30	7.2×10^5	3.0×10^3	< 3.0	ไม่พบ
	4	3.6×10^4	2.0×10^2	< 3.0	ไม่พบ
21	30	8.3×10^5	2.0×10^3	< 3.0	ไม่พบ
	4	2.5×10^5	$<1\times10^2$	< 3.0	ไม่พบ

3. การวิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

การวิเคราะห์คุณสมบัติผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผ่านการพัฒนาจากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสความชอบรวมมากที่สุด พบว่าการทดแทนน้ำมันงาส่งผลต่อปริมาณความชื้นและปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์ลดลง ขณะที่ปริมาณของไขมันเพิ่มและมีปริมาณของไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีพลังงานเพิ่มจาก 149.86 กิโลแคลอรี่ เป็น 153.77 กิโลแคลอรี่/หน่วยบริโภค 50 กรัม (ตารางที่ 7) อย่างไรก็ตามลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ใหม่ยังคงความใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เดิมและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส (รูปที่ 1)



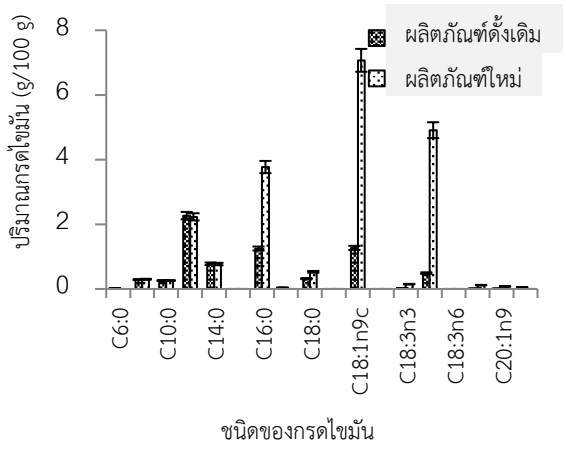
รูปที่ 1 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา (รูปขวา) เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ดั้งเดิม (รูปซ้าย)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาเปรียบกับผลิตภัณฑ์ดั้งเดิม

สมบัติทางเคมี-กายภาพ	ผลิตภัณฑ์	
	ดั้งเดิม	สูตรพัฒนา
ความชื้น (g/100 g)^{ns}	43.35±0.87	42.36±0.52
$a_w{}^{ns}$	0.83±0.02	0.82±0.01
ไขมัน (g/100 g)	14.99±0.23^b	16.25±0.14^a
โปรตีน (g/100 g)^{ns}	5.43±0.62	5.34±0.78
คาร์โบไฮเดรต (g/100 g)	34.41±0.34^a	32.87±0.18^b
เยื่อใย (g/100 g)^{ns}	1.36±0.43	1.33±0.32
เถ้า (g/100 g)^{ns}	0.46±0.03	0.44±0.08
น้ำตาลทั้งหมด (g/100 g)^{ns}	25.57±0.34	25.19±0.41
แคลเซียม (mg/100 g)^{ns}	50.03±0.48	49.52±0.65
โซเดียม (mg/100 g)^{ns}	61.54±0.23	60.75±0.87
ธาตุเหล็ก (mg/100 g)^{ns}	1.35±0.08	1.31±0.05
พลังงาน (kcal)	149.86±0.87^b	153.77±0.29^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

การวิเคราะห์ขนมอาเกาะที่ผ่านการพัฒนาและสูตรดั้งเดิมของปริมาณของกรดไขมัน โอเมก้า 3 และ 6 พบว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่า โดยที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า 3 และ 6 สูงกว่า 0.15 และ 4.91 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมมีเพียง 0.02 และ 0.54 กรัม/100 กรัม (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 และ 6

4. วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น โดยการเพิ่มน้ำมันงาในการเพิ่มกรดไขมัน

ชนิดโอเมก้า 3 และ 6 ต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสม การเพิ่มน้ำมันในปริมาณมากเกินไป ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมอาเกาะนิ่มและไม่เกิดการจับตัวของขนมเนื่องจากมีปริมาณของไขมันเพิ่มขึ้นและลดปริมาณของน้ำกะทิ ซึ่งน้ำกะทิมีสารที่เป็นนอิมันชันจากแหล่งโปรตีน โกลบูลิน (globulin) และอัลบูมิน (albumin) [18] เมื่อผ่านการเผาหรือทำให้สุกเนื้อเละไม่น่ารับประทานรวมทั้งการที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจน [19] ส่งผลต่อการเกิดสีจะคล้ำกว่าที่มีการเพิ่มการทดแทนน้ำกะทิน้อย ระหว่างการผลิตมีการใช้ความร้อนในการเร่งให้เกิดกลิ่นหืนได้อีกด้วย [20] การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมจะลดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมของสูตรที่ไม่ได้ทดแทนด้วยน้ำมันงา อย่างไรก็ตามการเติมน้ำมันที่มีปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้มีคุณลักษณะที่ดีขนมอาเกาะ และมีสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์เดิม ($p > 0.05$)

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณไขมันสูง ในสภาพของขนมหวานและมีค่า a_w สูง ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ไม่นาน [21] โดยปกติขนมอาเกาะเก็บรักษาอุณหภูมิห้องประมาณ 1 วันจะเสื่อมเสียแล้ว ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะนี้โดยการบรรจุลงในถุง AL แบบสุญญากาศ สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ อากาศ และป้องกันแสงได้ดี [22] ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 7 วัน ที่สภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามการพัฒนาขนมอาเกาะ ให้มีอายุการเก็บรักษาให้ได้นานกว่านี้ โดยการทำการสเตอริไลซ์แต่ต้องมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและการใช้ระบบเครื่องฆ่าเชื้อที่เหมาะสมด้วย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมมีปริมาณของไขมันสูงกว่าเล็กน้อย แต่มีข้อดีคือ ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดกรดไขมันโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 มีปริมาณสูงกว่า จากการเติมน้ำมันงา ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคได้รับคุณค่าทางโภชนาการ [23] ที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์แบบเดิม อย่างไรก็ตามยังคงเป็นอาหารหวานที่มีปริมาณของแหล่งพลังงานสูงไม่เหมาะกับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก เป็นต้น

5. สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาเกาะโดยการทดแทนด้วยน้ำมันงาร้อยละ 10 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติทางกายภาพและเคมีใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ดั้งเดิม และเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส ให้มีปริมาณกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 และ 6 สูงกว่าผลิตภัณฑ์แบบเดิม มีคุณค่าทางโภชนาการของแหล่งโปรตีนจากนมสดที่เติมเข้าไปด้วย การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง AL ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาจาก 1 วันเป็น 7 วัน ที่สภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์อาจจะมีต้นทุนการผลิตแพงกว่าการใช้น้ำกะทิ เนื่องจากน้ำมันงาราคาสูงกว่าเล็กน้อย อย่างไรก็ตามเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคเลือกบริโภค และสามารถกระจายผลิตภัณฑ์ไปต่างจังหวัดมากขึ้น ช่วยในการสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการในพื้นที่ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานปลัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในการสนับสนุนทุนปี 2562

เอกสารอ้างอิง

[1] Karnnasuta, S., Punsuvon, V., & Nokkaew, R. 2015. Biodiesel production from waste coconut oil in coconut milk manufacturing. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, *12*(3), 291-298.

[2] Nokkaew, R., & Punsuvon, V. 2011. Production of free fatty acid from hydrolysis of waste coconut milk from waste water pond using hydrochloric acid. Center of Excellence-Oil Palm, Kasetsart University.

[3] Nettleton, J. A., Brouwer, I. A., Geleijnse, J. M., & Hornstra, G. 2017. Saturated fat consumption and risk of coronary heart disease and ischemic stroke: a science update. *Annals of Nutrition and Metabolism*, *70*(1), 26-33.

[4] Nagendra Prasad, M. N., Sanjay, K. R., Prasad, D. S., Vijay, N., Kothari, R., & Nanjunda Swamy, S. 2012. A review on nutritional and nutraceutical properties of sesame. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, *2*(2), 1-6.

[5] Purnamayati, L., & Dewi, E. N. 2019. Physical blending characteristic of fish oil and sesame oil. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 246, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.

[6] Andrés-Bello, A., Barreto-Palacios, V. I. V. I. A. N., García-Segovia, P., Mir-Bel, J., & Martínez-Monzó, J. 2013. Effect of pH on color and texture of food products. *Food Engineering Reviews*, *5*(3), 158-170.

[7] Meilgaard, M. C., Carr, B. T., & Civille, G. V. 2006. *Sensory evaluation techniques*. CRC press.

[8] AOAC. 2000. Official methods of analysis of association of official chemists (17th). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

[9] AOAC. 2000. Official methods of analysis of association of official chemists (17th). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

[10] Bennett, R. W., & GA, L. (2016). FDA/BAM: Staphylococcus aureus, Bacteriological Analytical Manual, Chapter 12.

[11] AOAC. 2000. Official methods of analysis of association of official chemists (17th). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

[12] AOAC. 2012. Official methods of analysis of association of official chemists (19th). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

[13] Buege, J.A. and S.D. Aust 1978. Microsomal lipid peroxidation. Methods Enzymol. 52: 302-310.

[14] AOAC. 2000. Official methods of analysis of association of official chemists (17th). Washinton DC: The Association of official Analytical Chemists Inc.

[15] Olesik, J. W. 1991. Elemental analysis using ICP-OES and ICP/MS. *Analytical Chemistry*, *63*(1), 12A-21A.

[16] IKA-Werke GmbH & Co. KG. 2018. Operating instructions IKA C 6000 global standards.

[17] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2552. มผช. 1/2552. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมไทย.* หน้า 1-4.

[18] Lu, X., Su, H., Guo, J., Tu, J., Lei, Y., Zeng, S., Chen., Y., Miao, S. & Zheng, B. 2019. Rheological properties and structural features of coconut milk emulsions stabilized with maize kernels and starch. *Food Hydrocolloids*, *96*, 385-395.

[19] Tao, L. 2015. Oxidation of polyunsaturated fatty acids and its impact on food quality and human health. *Advances In Food Technology and Nutritional Sciences*, *1*(6), 135-42.

[20] Mujtaba, M. A., Cho, H. M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Ong, H. C., Gul, M., Harith, M.H. & Yusoff, M. N. A. M. 2020. Critical review on sesame seed oil and its methyl ester on cold flow and oxidation stability. *Energy Reports*, *6*, 40-54.

[21] Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W. 2010. Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical reviews in food science and nutrition*, *50*(2), 162-192.

[22] Lamberti, M., & Escher, F. 2007. Aluminium foil as a food packaging material in comparison with other materials. *Food Reviews International*, *23*(4), 407-433.

[23] Pathak, N., Rai, A. K., Kumari, R., & Bhat, K. V. 2014. Value addition in sesame: A perspective on bioactive components for enhancing utility and profitability. *Pharmacognosy reviews*, *8*(16), 147.

ID080

การศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ และการระบุชนิดของแบคทีเรียโดยใช้การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA

The study of bacterial contamination in water from drinking water vending machine and the identification of bacterial using nucleotide sequence of 16S rRNA gene

ชีวนิช นิลรัตน์[1] ชุติกาญจน์ สักขาพรม[2] และ ปรียานุช ใจหาญ[3*]
[1]คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[2]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
[3]โครงการ วมว. คู่ศูนย์โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[*]E-mail: piyanoot.ja@buu.ac.th

Chewanich Ninrat[1], Chutikarn Sakkharprom[2] and Piyanoot Jaihan[3*]
[1]Faculty of Medicine, Burapha University
[2]Faculty of Pharmaceutical Sciences Huachiew Chalermprakiet University
[3]Science Classrooms in University-Affiliated School Project, Faculty of Science, Burapha University
[*]E-mail: piyanoot.ja@buu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ และการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญในพื้นที่โดยรอบมหาวิทยาลัยบูรพาในรัศมี 500 เมตร จำนวน 15 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำดื่มและทำการ swab test บริเวณหัวจ่ายน้ำจากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มโดยการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางจุลชีววิทยา จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยทางกายภาพมีน้ำดื่มไม่ผ่านเกณฑ์ตามเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข จำนวน 2 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่าง (ร้อยละ 13.33)และสามารถแยกเชื้อแบคทีเรียจากน้ำดื่มได้ทั้งหมด 6 ไอโซเลต และแยกเชื้อแบคทีเรียจากหัวจ่ายน้ำได้ทั้งหมด 15 ไอโซเลต การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยวิธี MPN (Most Probable Number) พบว่า มีจำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มมากกว่า 3-460 MPN/100 มิลลิลิตร และ ฟีคัลโคลิ-ฟอร์มมากกว่า 3-240 MPN/100 มิลลิลิตร จำนวน 11 ตัวอย่าง และไม่พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิ-ฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 3 MPN/100 มิลลิลิตร จำนวน 4 ตัวอย่าง จากการระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยา และสร้างสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการจากลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนของยีน 16S rRNA กับเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่นๆ โดยวิธี Neighbor - joining พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่แยกได้บริสุทธิ์ทั้ง 21 ไอโซเลต สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 *Bacillus cereus* จำนวน 8 ไอโซเลต และ *B. subtilis* จำนวน 4 ไอโซเลต กลุ่มที่ 2 *Acinetobacter* sp. จำนวน 4 ไอโซเลต และ *A. baumannii* จำนวน 1 ไอโซเลต กลุ่มที่ 3 *Pseudomonas aeruginosa* จำนวน 2 ไอโซเลต และ กลุ่มที่ 4 *Klebsiella* sp. จำนวน 2 ไอโซเลต ตามลำดับ

คำหลัก การระบุชนิด, ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ, ลำดับนิวคลีโอไทด์

Abstract

The objectives of this study were to investigate the quality of the drinking water vending machine and to determine the bacterial contamination of drinking water. Samples of water and the swabbing on their dispenser were collected from 15 drinking water vending machines within a radius of 500 meters around Burapha University were collected. The quality of drinking water was examined by physical and

microbiological parameters. The results revealed that, 2 out of 15 samples of drinking water (13.33 %) were found to be contaminated with 6 isolates of bacteria. There were 15 isolates of bacteria found from the swab test on the water dispensers. Analysis of bacteria using MPN method showed that 11 samples were contaminated with coliform bacteria (>3-460 MPN/100 ml) and 11 samples were contaminated with fecal coliform bacteria (>3-240 MPN/100 ml). Four samples were not found contaminated with coliform bacteria and fecal coliform bacteria (<3 MPN/100 ml). The identification of bacterial using their morphological characteristics and molecular genetic studies based on 16S rRNA sequences and the construct of phylogenetic relationships also showed that each isolates are genetically distinct. After the analysis of relatedness, the neighbor joining tree showed that a total of twenty-one of bacteria were isolated can be divided into four clades: clade 1 consisted of 8 isolates of *Bacillus cereus,* 4 isolates of *B. subtilis*; clade 2 contained 4 isolates of *Acinetobacter* sp. 1 isolate of *A. baumannii*; clade 3 contained 2 isolates of *Pseudomonas aeruginosa* and clade 4 contained 2 isolates of *Klebsiella* sp, respectively

Keywords: Identification, water vending machine, nucleotide sequencing

1. บทนำ

น้ำถือว่าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งใช้ในการอุปโภค บริโภคและใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะการบริโภคน้ำที่ใช้ต้องปราศจากสิ่งเจือปนที่อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายหากปนเปื้อนด้วยสารเคมีหรือแบคทีเรียในปริมาณที่เกินมาตรฐานย่อมแสดงถึงความไม่ถูกสุขลักษณะของน้ำ และหากบริโภคเข้าไปอาจก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น โรคบิด อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ ท้องร่วง เป็นต้น [1] ในปัจจุบันน้ำดื่มที่วางขายมีหลากหลายรูปแบบทั้งแบบบรรจุขวด และแบบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญสาธารณะ [2] ในปี 2556 มีรายงานจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขว่าช่วงฤดูร้อนเผยผลการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำดื่มในครัวเรือนไทย พบว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียงร้อยละ 33 โดยเฉพาะน้ำจากตู้หยอดเหรียญผ่านเกณฑ์ไม่ถึงครึ่ง นอกจากนี้องค์การอนามัยโลกเผยว่าขณะนี้ประชากรโลกเสียชีวิตจากการดื่มน้ำไม่สะอาดปีละ 5 แสนคน ส่วนในประเทศไทยสำนักระบาดวิทยารายงานเมื่อปี 2557 พบผู้ป่วยโรคอุจจาระร่วง โรคบิด ซึ่งเกิดจากการดื่มน้ำไม่สะอาดทั่วประเทศ 1 ล้านกว่าคน และเสียชีวิต 8 คน [3] โดยเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่มักพบในการปนเปื้อนในน้ำ ได้แก่ Coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, และ *Bacillus cereus* เป็นต้น ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน โรคอุจจาระร่วง และ โรคอาหารเป็นพิษ [4-5] ปัจจุบันมีข้อมูลของหลายหน่วยงานที่แสดงว่า น้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญมีคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน เช่น กัญญา และคณะ (2558) [6] ได้รายงานการสำรวจคุณภาพการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญในเขตอำเภอพระนครศรีอยุธยา และนำมาศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่า มีน้ำดื่มไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 22 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 73.33 โดยมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากกว่า 500 โคโลนีต่อมิลลิลิตร จำนวน 13 ตัวอย่าง (ร้อยละ 43.33) จำนวนโคลิฟอร์มรวมโดยวิธี MPN มากกว่า 2.2 จำนวน 7 ตัวอย่าง (ร้อยละ 23) ตรวจพบ *S. aureus* จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 10) เป็นต้น จากปัจจัยดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของน้ำดื่มโดยเฉพาะแบบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ ซึ่งพบมากในบริเวณหอพักรอบมหาวิทยาลัยบูรพา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาคุณภาพของน้ำดื่ม และตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ รวมทั้งตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญ และระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรียโดยใช้ข้อมูลทางลักษณะสัณฐานวิทยา และการวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA โดยคาดหวังว่าข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำดื่ม และเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้บริโภคในการเลือกบริโภคน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญที่สะอาดปราศจากสิ่งเจือปน

2. วิธีการเนินการวิจัย

2.1 ตรวจสอบคุณภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ และการเก็บตัวอย่างน้ำดื่ม

สุ่มตัวอย่างตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญรอบมหาวิทยาลัยบูรพาในรัศมี 500 เมตร จำนวน 15 ตู้ โดยวิธีการเลือกเก็บตัวอย่างโดยทำการสุ่มแบบการเลือกแบบบังเอิญ [7] จากนั้นทำการตรวจสอบหลักเกณฑ์เกี่ยวกับสถานที่ตั้ง และหลักเกณฑ์เกี่ยวกับคุณลักษณะตู้น้ำโดยใช้เกณฑ์ประกาศการควบคุมการประกอบกิจการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญของกระทรวง

สาธารณสุข พ.ศ. 2553 [2] สังเกต และบันทึกผล จากนั้นตรวจสอบความสะอาดของหัวจ่ายน้ำ และการทำ swab test บริเวณหัวจ่ายน้ำแล้วนำไปเพาะเลี้ยงเชื้อต่อในห้องปฏิบัติการ สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำดื่มทำโดยบรรจุตัวอย่างน้ำใส่ในขวดแก้วดูแรนขนาด 250 มล. ที่ปราศจากเชื้อทันทีเนื่องจากในสถานการณ์จริงผู้บริโภคบรรจุน้ำใส่ภาชนะทันที ปิดฝาขวดให้แน่นเพื่อให้ได้ตัวอย่างลักษณะเดียวกับน้ำที่ผู้บริโภคมาใช้บริการ โดยเก็บ 1 ตัวอย่าง/ตู้ จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างน้ำดื่มในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และปิดฉลากพร้อมระบุรายละเอียดให้ชัดเจนเพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2.2 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดื่มทางกายภาพ

ก่อนเก็บตัวอย่างน้ำดื่มทำการล้างภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำด้วยน้ำที่จะเก็บ 2 – 3 ครั้ง จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำจนเกือบเต็มขวด เหลือที่ว่างไว้ประมาณ 1 นิ้ว ปิดฝาขวดให้สนิท และนำไปทดสอบคุณภาพน้ำดื่มโดยวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH) โดยใช้ pH meter (HP9010, Singapore) ทดสอบสีและความขุ่นจากการสังเกตด้วยตาเปล่า ทดสอบรสชาติด้วยการชิม ทดสอบกลิ่นด้วยการดม โดยใช้ผู้ทดสอบอย่างน้อย 5 คน [6]

2.3 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดื่มทางจุลชีววิทยา

ตรวจหาปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยใช้วิธี MPN (Most Probable Number) โดยเลือกระบบหลอดเลี้ยงเชื้อระบบ 3 หลอดซึ่งแสดงถึงจำนวนหลอดอาหารเหลว lauryl sulfate tryptose (LST) ที่ใช้หมักต่อปริมาณตัวอย่างน้ำชุดหนึ่งๆ เป็น 3 โดยระบบ 3 หลอดจะใช้หลอดหมักทั้งหมด 9 หลอด โดยนำตัวอย่างน้ำที่ต้องการตรวจหาแบคทีเรียโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์ม 10, 1 และ 0.1 มล. ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ LST broth และมีหลอดดักแก๊ส (Durham tube) บรรจุอยู่ภายใน จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หลังจากนั้นคัดเลือกหลอดที่มีแก๊สจาก LST broth หลังจากบ่มเชื้อนาน 24-48 ชั่วโมง แตะของเหลวมาใส่ในอาหารเหลว Brilliant green lactose bile (BGLB) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สังเกตหลอดที่เกิดแก๊ส นำผลที่ได้ไปอ่านผลตามตาราง MPN ของจุลินทรีย์ต่อ 100 มล. เพื่อหาปริมาณ coliform ในการยืนยันผลคัดเลือกหลอดที่มีแก๊สจากอาหารเหลว BGLB broth หลังจากบ่มเชื้อนาน 24-48 ชั่วโมง แตะของเหลวมาใส่ใน EC broth นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 44±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หลังจากนั้นแตะของเหลวจากหลอด EC broth ที่เกิด แก๊สมา streak บนอาหาร Eosin-methylene blue (EMB) agar ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง โดยเชื้อแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้เป็นโคโลนีโคโลนีจะมีลักษณะสีโลหะตะกั่วหรือสีดำ (metallic sheen) จากนั้นให้ใช้ลวดเขี่ยเชื้อ (loop) จุ่มเอาโคโลนีที่แยกเดี่ยว ๆ เห็นชัดในแต่ละจานเพาะเชื้อประมาณ 2-3 โคโลนีใส่ลงในอาหาร LST broth แล้วนำบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถ้าเป็นเชื้อโคลิฟอร์มจะให้แก๊สเกิดขึ้นในหลอดดักแก๊ส สำหรับเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียนำมาเพาะเลี้ยงในอาหาร Nutrient agar นำไปบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำเชื้อไปทำการย้อมสีแกรม และนำไปตรวจดูลักษณะของรูปร่างสปอร์ การติดสีย้อม ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และบันทึกผล [8]

2.4 การแยกเชื้อแบคทีเรียก่อโรคจากตัวอย่างน้ำดื่ม และหัวจ่ายน้ำ

ปิเปตตัวอย่างน้ำดื่ม 1 มล. ลงบนจานอาหาร Nutrient agar (NA) จากนั้นทำการเกลี่ยทั่วผิวหน้าอาหาร (spread plate) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง สำหรับหัวจ่ายน้ำเมื่อทำการ swab test แล้วนำมาเกลี่ยทั่วผิวหน้าอาหาร Nutrient agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนจานอาหารด้วยเทคนิค plate count บันทึกผล และทำการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่มีลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกัน จากนั้นเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้บริสุทธิ์แล้วบนอาหาร NA โดยเทคนิค quadrant streak บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตลักษณะโคโลนี รูปร่าง ขอบโคโลนี ระดับ ความนูน สีของโคโลนี และบันทึกผล

2.5 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อแบคทีเรีย

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้บริสุทธิ์แล้วบนอาหาร NA จากนั้นนำแบคทีเรียมาย้อมสีแบบแกรม (Gram staining) [9] และนำไปตรวจดูลักษณะของรูปร่างสปอร์ การติดสีย้อมภายใต้กล้องจุลทรรศน์และบันทึกผล

2.6 การระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรีย

นำเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้บริสุทธิ์แล้วมาเลี้ยงในอาหารเหลว NB และนำไปสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุดสกัด Bacterial DNA extraction KIT (Vivantis, Malaysia) จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของเชื้อแบคทีเรียในส่วนของ 16S rRNA ด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ fD1 primer (5’-AGA GTT TGA TCC TGG CTC-3) และ rP2 primer (5’-ACG GCT ACC TTG TTA CGA CTT-3’) [10] ตามวิธีการของบริษัท Vivantis, Malaysia

จากนั้นทำการหาลำดับนิวคลีโอไทด์เพื่อระบุชนิดของแบคทีเรียโดยใช้บริการจาก MACROGEN Advancing through Genomics ประเทศเกาหลีใต้ แล้วนำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีรายงานมาก่อนในฐานข้อมูล GenBank จนทราบสกุล ชนิด และ สายพันธุ์ของแบคทีเรียที่มีความเหมือนหรือใกล้เคียงกันมากที่สุดในฐานข้อมูลโดยรู้ได้จากเปอร์เซ็นต์ของความเหมือนในการจำแนกสายพันธุ์โดยใช้โปรแกรม BLAST (www.ncbi.nih.gov/blast) จัดเรียงตำแหน่งของลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยการ align โดยใช้ ClustalW Multiple alignment [11] ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์เพิ่มเติมที่มีอยู่ในโปรแกรม BioEdit Sequence Alignment Editor version 7.2.5 [12] จากนั้นนำมาสร้างสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ ด้วยโปรแกรม MAGA X โดยใช้วิธี Neighbor - joining ตามหลักการ Kimura 2 – parameter model (1,000 bootstrap replications) [13]

3. ผลการวิจัย

3.1 การตรวจสอบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ

จากการสำรวจสุขลักษณะ และหลักเกณฑ์เกี่ยวกับสถานที่ตั้งของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญทั้งหมด 15 ตัวอย่าง พบว่ามี 1 ตัวอย่างจาก 15 ตัวอย่างผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศการควบคุมการประกอบกิจการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญของกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2553 (ตารางที่ 1)

3.2 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดื่มทางกายภาพ

จากตัวอย่างน้ำดื่มทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ผลการทดสอบรสชาติ กลิ่น สีและความขุ่น จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ทดสอบ พบว่า มีตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง จาก 15 ตัวอย่างที่มีลักษณะไม่ปกติในด้านรสชาติ ตามความคิดเห็นของผู้ทดสอบ และค่า pH ของตัวอย่างน้ำดื่มอยู่ในสภาวะเป็นกลาง คือ 6.89-7.10 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 362) พ.ศ. 2556 เรื่อง น้ำบริโภคจากตู้น้ำดื่มอัตโนมัติ [14] (ตารางที่ 2)

3.3 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำดื่มทางจุลชีววิทยา

จากการตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียโดยวิธี MPN พบว่า มีจำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มมากกว่า 3-460 MPN/100 มิลลิลิตร จำนวน 11 ตัวอย่าง ฟีคัลโคลิฟอร์มากกว่า 3 -240 MPN/100 มิลลิลิตร จำนวน 11 ตัวอย่าง และไม่พบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 3 MPN/100 มิลลิลิตร จำนวน 4 ตัวอย่าง (ตารางที่ 2) โดยเชื้อแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์ม พบว่ามีลักษณะสีของโคโลนีบนอาหารคัดเลือก EMB ที่แตกต่างกัน ได้แก่ โคโลนีมีสีดำ สีฟ้าคล้ำ สีม่วงอมชมพู สีม่วง และสีชมพู เป็นต้น

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์เกี่ยวกับสถานที่ตั้ง และคุณลักษณะของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญเทียบกับประกาศการควบคุมการประกอบกิจการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญของกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2553

เกณฑ์การตรวจสอบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ							
รหัส	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
J1	+	+	-	-	-	+	-
J2	+	+	+	+	-	+	+
G1	+	+	+	+	-	+	-
G2	-	-	+	-	-	-	-
G3	+	-	-	-	-	-	-
B1	+	-	+	+	-	+	-
B2	+	-	-	+	-	+	-
B3	+	-	+	+	-	-	-
L1	+	-	+	+	-	-	-
S1	+	+	+	+	+	+	+
S2	+	+	+	+	-	+	-
S3	+	-	-	+	-	+	+
F1	+	-	+	+	-	+	+
F2	-	-	+	+	-	+	-
F3	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ (+) ใช้แทนไม่ผ่านเกณฑ์ สัญลักษณ์ (-) ใช้แทนผ่านเกณฑ์ 1= ที่ตั้งอยู่ห่างจากสิ่งปฏิกูลไม่น้อยกว่า 30 ม. 2= บริเวณพื้นที่ตั้งไม่เฉอะแฉะ 3= ยกระดับสูงจากพื้น(≥10ซม.) 4= สภาพตู้ภายนอก 5= ฝาเปิดปิดของช่องรับน้ำ 6=หัวจ่าย 7= ช่องจ่ายน้ำ

3.4 การแยกเชื้อแบคทีเรียก่อโรคจากตัวอย่างน้ำดื่ม และหัวจ่ายน้ำ

จากการแยกเชื้อแบคทีเรียจากน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ พบว่าสามารถแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ได้จำนวน 6 ไอโซเลต และการแยกเชื้อแบคทีเรียที่พบบนหัวจ่ายน้ำได้จำนวน 15 ไอโซเลต ซึ่งพบว่า ลักษณะโคโลนีเจริญบนจานอาหารของตัวอย่างน้ำดื่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม และลักษณะโคโลนีเจริญบนจานอาหารของหัวจ่ายน้ำแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงผลในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบน้ำดื่มโดยใช้วิธีทางกายภาพ และผลการทดสอบการตรวจแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม และ ฟีคัลโคลิฟอร์มต่อ 100 มิลลิลิตร

รหัส	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
J1	-	-	-	7.05	39	39
J2	-	-	-	6.98	23	23
G1	-	-	-	7.09	<3	<3
G2	-	-	-	6.92	23	23

รหัส	1	2	3	4	5	6
G3	-	-	-	7.02	<3	<3
B1	-	-	-	6.95	23	7.4
B2	-	-	-	6.97	23	23
B3	-	-	-	6.89	23	9
L1	-	-	-	6.99	23	23
S1	-	-	-	7.10	240	93
S2	-	+	-	6.93	460	240
S3	-	-	-	6.91	23	23
F1	-	-	-	7.02	43	43
F2	-	+	-	6.97	<3	<3
F3	-	-	-	7.07	<3	<3

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ (+) ใช้แทนไม่ผ่านเกณฑ์ สัญลักษณ์ (-) ใช้แทนผ่านเกณฑ์ 1= สี และความขุ่น 2= รสชาติ 3= กลิ่น 4= ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5= โคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.) 6= ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)

3.5 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อแบคทีเรีย

จากการทดสอบการย้อมแกรมแบคทีเรีย พบว่า มีเชื้อแบคทีเรียจำนวน 9 ไอโซเลตที่ย้อมติดสีแดงของซาฟรานิน ซึ่งสามารถระบุได้ว่าเป็นแบคทีเรียแกรมลบโดยมีรูปร่างเป็นรูปร่างท่อนสั้น และแท่ง และพบเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกจำนวน 12 ไอโซเลต เนื่องจากติดสีม่วงของคริสตัลไวโอเลตมีรูปร่างเป็นแท่ง

ตารางที่ 3 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบนจานอาหาร Nutrient agar ของตัวอย่างน้ำดื่ม

กลุ่ม	ลักษณะโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA	ไอโซเลต
1	โคโลนีมีสีขาวขุ่น มันวาว ตรงกลางนูน ขอบเรียบ	3
2	โคโลนีมีสีขาวขุ่นมันวาวและเปลี่ยนสีอาหารเป็นสีเขียว ตรงกลางนูน ขอบหยัก	2
3	โคโลนีมีสีเหลืองอ่อน มันวาว ตรงกลางนูน ขอบหยัก	1

ตารางที่ 4 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญบนจานอาหาร Nutrient agar (NA) ของหัวจ่ายน้ำ

กลุ่ม	ลักษณะโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA	ไอโซเลต
1	โคโลนีมีสีขาวขุ่น มันวาว ขอบเรียบ	3
2	โคโลนีมีสีขาวขุ่น มันวาว ตรงกลางนูน ขอบเรียบ	7
3	โคโลนีมีสีขาวขุ่น พื้นผิวของโคโลนีขรุขระและด้าน ตรงกลางนูน ขอบหยัก	4
4	โคโลนีมีสีขาว มันวาว ตรงกลางนูน ขอบเรียบ	1

3.6 การระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรีย

จากการระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้บริสุทธิ์จำนวน 21 ไอโซเลต มาเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ fD1 และ ไพรเมอร์ rP2 พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณจีโนมิกดีเอ็นเอในส่วนยีน 16S rRNA ของเชื้อแบคทีเรียได้ทั้ง 21 ไอโซเลต โดยมีขนาดประมาณ 1500 bp ทุกไอโซเลตเมื่อเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอมาตรฐาน และเมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับยีน 16S rRNA ในฐานข้อมูล GenBank ด้วยโปรแกรม Blast search พบว่า สามารถเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้บริสุทธิ์จากน้ำดื่มจำนวน 6 ไอโซเลต ได้แก่ WB1, WF3, WG2, WL1, WS2 และ WS3 และจากหัวจ่ายน้ำจำนวน 15 ไอโซเลต ได้แก่ SF1-1, SG3-1, SJ1-1, SB1-2, SB2-2, SB3-2, SF3-2, SG2-2, SL1-2, SS3-2, SF1-3, SG1-3, SJ2-3, SG2-3 และ SF2-4 (ตารางที่ 5 และ 6)

ตารางที่ 5 ชนิดของแบคทีเรียจากน้ำดื่มโดยใช้การเปรียบเทียบจากฐานข้อมูล Genbank

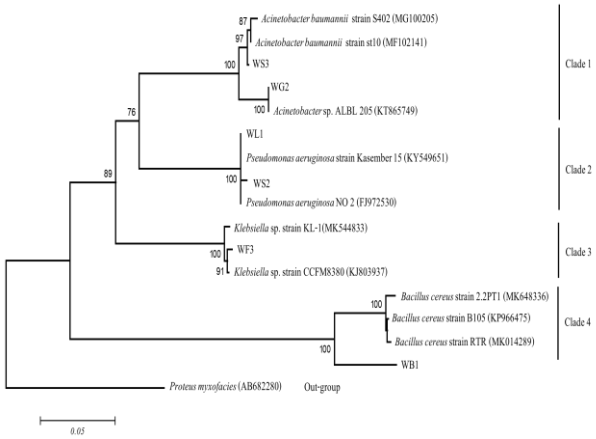
ไอโซเลต	สายพันธุ์	ความเหมือน (%)
WB1	*Bacillus cereus* strain RTR	99
WF3	*Klebsiella* sp. strain CCFM8380	99
WL1, WS2	*Pseudomonas aeruginosa* NO2	99
WG2	*Acinetobacter* sp. ALBL 205	99
WS3	*Acinetobacter baumannii* strain st10	99

ตารางที่ 6 ชนิดของแบคทีเรียจากหัวจ่ายน้ำโดยใช้การเปรียบเทียบจากฐานข้อมูล Genbank

ไอโซเลต	สายพันธุ์	ความเหมือน (%)
SF1-1, SG3-1, SJ1-1	*Acinetobacter* sp. Strain EX-1	97-99
SB1-2, SB2-2 SB3-2, SF3-2, SG2-2, SL1-2, SS3-2	*Bacillus cereus* strain B105	98-99
SF1-3, SG1-3, SJ2-3, SG2-3	*Bacillus subtilis strain* APBSMLB131	97-99
SF2-4	*Klebsiella sp. Strain* KL-1	99

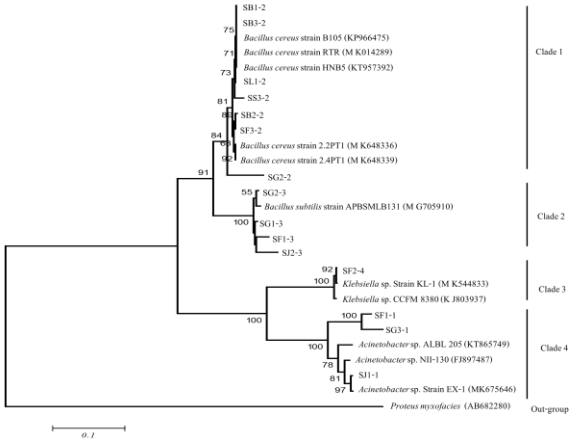
จากนั้นนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 21 ไอโซเลตมาสร้างสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการร่วมกับแบคทีเรียอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกันด้วยโปรแกรม MEGA X โดยใช้วิธี Neighbor - joining วิเคราะห์ค่า Bootstrap จำนวน 1,000

ครั้งตามวิธีการของ Kimura 2-parameter model ในการวิเคราะห์ พบว่า สามารถระบุชนิดของแบคทีเรียที่แยกได้บริสุทธิ์จากน้ำดื่มแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 *Acinetobacter* sp. และ *A. baumannii* จำนวน 2 ไอโซเลต, กลุ่มที่ 2 *P. aeruginosa* จำนวน 2 ไอโซเลต, กลุ่มที่ 3 *Klebsiella* sp. จำนวน 1 ไอโซเลต, และกลุ่มที่ 4 *B. cereus* จำนวน 1 ไอโซเลต (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงสายวิวัฒนาการระหว่างแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำดื่ม 6 ไอโซเลต กับแบคทีเรียอื่นๆ ที่มีรายงานมาก่อนในฐานข้อมูล GenBank ด้วยโปรแกรม MEGA X โดยใช้วิธี Neighbor - joining ใช้โมเดล Kimura 2-parameter model (1,000 bootstrap replications)

และสามารถระบุชนิดของแบคทีเรียที่แยกได้จากหัวจ่ายน้ำแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 *B. cereus* จำนวน 7 ไอโซเลต, กลุ่มที่ 2 *B. subtilis* จำนวน 4 ไอโซเลต, กลุ่มที่ 3 *Klebsiella* sp. จำนวน 1 ไอโซเลต และกลุ่มที่ 4 *Acinetobacter* sp.จำนวน 3 ไอโซเลต (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แสดงสายวิวัฒนาการระหว่างเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากหัวจ่ายน้ำ 15 ไอโซเลต กับเชื้อแบคทีเรียอื่นๆ ที่มีรายงานมาก่อนในฐานข้อมูล GenBank ด้วยโปรแกรม MEGA X โดยใช้วิธี Neighbor - joining ใช้โมเดล Kimura 2-parameter model (1,000 bootstrap replications)

สรุปและอภิปรายผล

คุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญโดยรอบมหาวิทยาลัยบูรพานั้นมีหลายตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งพบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียทั้งในน้ำดื่ม และหัวจ่ายน้ำ โดยจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า คุณภาพของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญมี 1 ตัวอย่าง จาก 15 ตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ ตู้รหัส F3 คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของตัวอย่างทั้งหมด โดยปัจจัยที่ทำให้ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญไม่เป็นไปตามเกณฑ์นั้นมีได้หลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากขาดการบำรุงดูแลรักษาตู้ และการไม่ดูแลรักษาภายในบริเวณตู้ เช่น จากตัวอย่างตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญบางแห่งมีสาหร่ายและตะไคร่น้ำสีเขียวเกาะภายในตู้และหัวจ่ายน้ำ ซึ่งอาจกลายเป็นแหล่งสะสมจุลินทรีย์ได้ ปัญหาในข้อนี้ถึงแม้ว่าจะมีการบำรุงรักษาเครื่องกรองน้ำเป็นประจำ แต่ถ้าหัวจ่ายไม่สะอาดสามารถส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งผู้ประกอบการธุรกิจตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญควรต้องมีการบำรุงดูแลรักษาตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอย่างสม่ำเสมอ โดยผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นรา ระวาดชัย และ วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ (2555) [15] พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติคือ สภาพพร้อมใช้งานของประตูเปิด-ปิด ช่องจ่ายน้ำ เช่น ไม่มีประตูเปิด-ปิดช่องจ่าย หรือประตูเปิดปิดช่องจ่ายน้ำชำรุด มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.03) เป็นต้น จากการระบุชนิดของเชื้อแบคทีเรียจากน้ำดื่ม และหัวจ่ายน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ พบว่า มีเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับน้ำดื่มและหัวจ่ายน้ำ ได้แก่ *B. cereus, B. subtilis Acinetobacter* sp., *A. baumannii*, *P. aeruginosa*, และ *Klebsiella* sp. ซึ่งกลุ่มของแบคทีเรียที่แยกได้พบกลุ่มที่เป็นแบคทีเรียโคลิฟอร์ม เช่น *Klebsiella* sp. เป็นต้น แต่ไม่พบกลุ่มที่เป็นฟีคัลโคลิฟอร์ม นอกนั้นจะเป็นเชื้อที่ปนเปื้อนจากดิน, บ่อน้ำ, ขยะ หรืออาจมาจากการสัมผัสจากผิวหนังที่มีการปนเปื้อนซึ่งการพบเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้อาจส่งผลต่อคุณภาพของน้ำดื่มทำให้น้ำดื่มไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข [2] นอกจากนี้กลุ่มแบคทีเรียที่พบในการปนเปื้อนมากับน้ำดื่มสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัญญา และคณะ (2558) พบว่าคุณภาพน้ำดื่มตู้หยอดเหรียญในอำเภอพระนครศรีอยุธยามีหลายแหล่งที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณะสุขโดยพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มรวม ได้แก่ แบคทีเรียกลุ่ม *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* และ *Citrobacter* และยังตรวจ

พบการปนเปื้อนของแบคทีเรีย *S. aureus* โดยเชื้อเหล่านี้สามารถสร้างสารพิษ และยังเป็นสารพิษที่อาจก่อโรคทางทางเดินอาหารได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ McFeters (1990) [16] ได้ศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในน้ำดื่มในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย ได้แก่เชื้อ *Acinetobacter,Cytophoga,Moraxella*, *Pseudomonas Alcaligenes* spp., *Flavobacterium, Achromobacter* เป็นต้น Bitton (1994) [17] รายงานว่าในน้ำดื่มจากตู้กดน้ำสาธารณะมักพบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียเช่นกัน ได้แก่ เชื้อ *P. aeruginosa*, *Alcaligenes faecalis*, *A. baumanii* และ *Flavobacterium meningosepticum* จะเห็นได้ว่าเชื้อเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นเชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสที่สามารถทำให้เกิดโรคได้หลายโรค และหลายอาการได้ซึ่งกำลังเป็นปัญหาสำคัญต่อกระทรวงสาธารณสุขในปัจจุบัน โดยในงานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงของการแพร่กระจายของเชื้อโรคที่อาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคโดยตรง เช่น นิสิตนักเรียน และประชาชนทั่วไปที่นิยมดื่มน้ำจากตู้กดน้ำหยอดเหรียญเนื่องจากสะดวกและใกล้หอพักหรือที่อยู่อาศัยในบริเวณนั้น ดังนั้น ผู้บริโภคจึงควรตระหนักถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น และควรมีการตรวจสอบสภาพตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญก่อนบริโภคเสมอโดยต้องเลือกตู้กดน้ำที่สะอาด และถูกสุขลักษณะตามที่ประกาศการควบคุมการประกอบกิจการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญของกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2553 รวมถึงให้ผู้ประกอบการทำการตรวจสอบ และบำรุงดูแลรักษาตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะชิ้นส่วนไส้กรองน้ำที่ทำหน้าที่ในการกรองจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำดิบ และบริเวณหัวจ่ายน้ำที่ต้องสัมผัสกับน้ำดื่มที่ออกมาจากตัวเครื่อง เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคในการเลือกบริโภคน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากโครงการสนับสนุนการจัดตั้งห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน โดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย (โครงการ วมว.) สนับสนุนโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

[1] ธัญธิมา สุรวิทย์. 2545. รายงานการวิจัยการตรวจคุณภาพน้ำดื่มในหอสถาบันราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. สถาบันราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี, ข้อมูลจาก http://opac.vru.ac.th/BibList.aspx?keylid=54573&word=น้ำ--วิจัย.&type=su:log=false (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 กุมภาพันธ์ 2562).

[2] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2556. การประเมินคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ, ข้อมูลจาก http://foodsan.anamai.moph.go.th/download/D_Media/Handbook/คู่มือปฏิบัติตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญOK.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 21 ตุลาคม 2561).

[3] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. 2558. น้ำดื่ม-น้ำแข็ง เสี่ยงปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์, ข้อมูลจาก https://www.thaihealth.or.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 ก.พ. 2562).

[4] ประมวล อุปมัย.2545. การตรวจเชื้อแบคทีเรียอาหารเป็นพิษในอาหารปรุงสำเร็จในโรงอาหาร วิทยาเขตกำแพงแสน,วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์.

[5] พลับพลึง เทพวิทักษ์กิจ, เสาวนิตย์ บุณพัฒนศักดิ์, อโณทัย ศรีตนไชย และมุทิตา น้อยอ้าย. 2555. ความชุกของเชื้อโรคอาหารเป็นพิษในอาหารที่มีความสัมพันธ์กับการก่อโรคในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย, ข้อมูลจาก http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/net/BDMS/data/543416673.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 21 ตุลาคม 2561).

[6] กัญญา กอแกว, วรรณดี แสงดี, ดารานัย รบเมือง และกานดาวดี โนชัย. 2558. สำรวจการปนเปอนของจุลินทรีย จากน้ำดื่มตูหยอดเหรียญในเขตอำเภอพระนครศรีอยุธยา, ข้อมูลจาก http://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2558/2558240240382.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 21 ตุลาคม 2561).

[7] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. สถิติสำหรับงานวิจัย, ข้อมูลจากhttp://pioneer.netserv.chula.ac.th/~jaimorn/re6.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 21 ตุลาคม 2561).

[8] ชัชวาล อินทรมนตรี และเพ็ญศรี บุญตามช่วย. 2552. การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย, ข้อมูลจาก http://www.aquathai.org/i0_6b586.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 ก.พ. 2562).

[9] Coico, R. 2005. Gram Staining, Current Protocols in Microbiology, 00 (1): Appendix 3C. doi:10.1002/9780471729259.mca03cs00.

[10] Weisburg, W.G., Barns, S.M., Pelletier, D.A., & Lane, D.J. 1991. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study, Journal of Bacteriology, 173, 697–703.

[11] Thompson, J.D., Higgins. D.G. & Gibson, T.J. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position specific gap penalties and weight matrix choice, Nucleic Acids Research, 11(22), 4673-80.

[12] Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT, Nucleic Acids Symposium Series. 41, 95-98.

[13] Kumar, S., Stecher, G., Li, M, Knyaz, C., &Tamura, K. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms, Molecular Biology and Evolution, 35 (6), 1547–1549.

[14] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 362) พ.ศ. 2556 เรื่อง น้ำบริโภคจากตู้น้ำดื่มอัตโนมัติ.2556. ข้อมูลจาก http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_fda/8_No56_362.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 สิงหาคม 2562).

[15] นรา ระวาดชัย, วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์. 2555. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 17(3), 480-492.

[16] McFeters, G.A. 1990. Microbiology of drinking water distribution, Drinking Water Microbiology, Chapter 3. pp. 40-45.

[17] Bitton, G. 1994. Microbiological aspects of drinking water treatment and distribution, Wastewater Microbiology, pp. 261-92.

ID081

อิทธิพลของการเติมโปรตีนต่อคุณภาพของขนมปังปลอดกลูเตน
Influence of protein addition on the quality of gluten-free bread

ดวงหทัย เนตรภักดีตระกูล[1] อภิชยา คลังผา[1] ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ[1] และ สินี หนองเต่าดำ[1*]
[1]ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม

Duanghatai Natepakdeetrakoon[1], Apitchaya Khlangpha[1], Prasong Siriwongwilaichat[1] and Sinee Nongtaodum[1*]
[1]Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom
[*]E-mail: sinee17@hotmail.com

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของโปรตีนต่อคุณภาพของขนมปังปลอดกลูเตน โดยการเติมโปรตีน 3 ชนิด ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) ที่ระดับ 3 และ 5% ของปริมาณแป้ง จากการศึกษาพบว่าความสูงของขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) ความชื้นของขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมและไม่เติมโปรตีนมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ค่า Water activity (a_w) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่มีการเติมและไม่เติมโปรตีนมีค่าอยู่ในช่วง 0.960-0.976 น้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบและค่าความสว่าง (L^*) ของขนมปังปลอดกลูเตนมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเติมโปรตีนเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ค่าความแข็ง (Hardness) ของขนมปังปลอดกลูเตนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเติมโปรตีนเวย์บริสุทธิ์และโปรตีนไข่ขาวผง ในทางตรงกันข้าม เมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) ของขนมปังปลอดกลูเตนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม
คำหลัก: โปรตีน ขนมปัง ปลอดกลูเตน คุณภาพ

Abstract
The aim of this research was to examine the influence of protein addition on the quality of gluten-free bread. Three types of protein including soy protein isolate (SPI), whey protein isolate (WPI) and egg white protein (EWP) were added in gluten-free breads at the level of 3 and 5% of starch content. The result of this study revealed that the height of gluten-free breads with proteins added were higher than those without protein added (Control). Moisture content of gluten-free breads within and without protein addition were not significantly different ($P>0.05$). Water activity (a_w) of gluten-free breads within and without protein addition were in the range 0.960-0.976. Weight loss after baking and the brightness (L^*) of gluten-free breads with proteins addition tended to decrease as compared to those of control. WPI and EWP addition tended to decrease hardness of gluten-free bread. In contrast, adding SPI led to significantly increase hardness of gluten-free bread ($P\leq0.05$) as compared to those of control.
Keywords: Protein, Bread, Gluten-free, Quality

1. บทนำ

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี ยีสต์ น้ำ เกลือ น้ำตาล และไขมันเป็นหลัก ซึ่งในแป้งข้าวสาลีมีองค์ประกอบหลักคือกลูเตน โดยในปัจจุบันมีผู้แพ้กลูเตนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในกลูเตนประกอบด้วยโปรตีนกลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) ในสัดส่วนเท่าๆ กัน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ซึ่งโปรตีนไกลอะดีน มีผลต่อระบบ

ภูมิคุ้มกัน เกิดภาวะแพ้กลูเตน [1] จึงได้มีการใช้แป้งที่ปลอดกลูเตนเพื่อใช้ในการผลิตขนมปัง โดยผลิตภัณฑ์ขนมปังปลอดกลูเตนจะมีลักษณะด้อยกว่าขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลี ตลอดจนขนมปังปลอดกลูเตนจะมีปริมาณของโปรตีนต่ำ ดังนั้น การใช้โปรตีนเติมลงในผลิตภัณฑ์ขนมปังปลอดกลูเตนนอกจากจะปรับปรุงคุณสมบัติของขนมปังปลอดกลูเตนแล้ว ยังทำให้ขนมปังปลอดกลูเตนมีปริมาณของโปรตีนเพิ่มขึ้นอีกด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำโปรตีน 3 ชนิด ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) มาเติมในขนมปังปลอดกลูเตนเพื่อปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มปริมาณของโปรตีน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

แป้งข้าวเจ้า (ตราช้างสามเศียร) แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ (ตรา B-natural) ยีสต์แห้ง (ตรา Saf-instant ฉลากสีแดง) น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล) เกลือป่น (ตราปรุงทิพย์) เนยสดชนิดเค็ม (ตราออร์คิด) น้ำสะอาด (มหาวิทยาลัยศิลปากร) โปรตีนไข่ขาวผง; EWP (บริษัท Winner group จำกัด) โปรตีนถั่วเหลืองสกัด; SPI และ โปรตีนเวย์บริสุทธิ์; WPI (บริษัท เดอะไมท์ตี้ จำกัด) ไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ แซนแทนกัม (บริษัท รวมเคมี จำกัด) และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (บริษัท ดาว เคมิคอล จำกัด)

2.2 ศึกษาพฤติกรรมความหนืดของแป้งปลอดกลูเตน (แป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่)

ศึกษาพฤติกรรมความหนืดด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบเร็ว Rapid Visco Analyzer; RVA (Newport Scientific PYT Ltd.) อัตราส่วนที่ใช้คือ 1:0.06 (แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์) การเติมโปรตีนที่ระดับ 3% คือ 1:0.06:0.09 (แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีน 3%) และการเติมโปรตีน 5% คือ 1:0.06:0.15 (แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีน 5%) การวิเคราะห์เลือกใช้ Profile Standard 1 (STD1) รายงานคาความหนืด (Pasting temperature, °C) ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity, cP) ความหนืดสุดท้าย (Final viscosity, cP) ความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity, cP) ความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (Breakdown=Peak viscosity–Trough viscosity, cP) และความคงตัวของแป้ง (Setback from trough=Final viscosity–Trough viscosity, cP)

2.3 ขั้นตอนการเตรียมขนมปังปลอดกลูเตน

นำส่วนผสมแห้ง (แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ เกลือ และน้ำตาลทราย) และโปรตีน [โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP)] ที่ระดับ 3 และ 5% ของแป้ง ร่อนส่วนผสมรวมกันในหม้อปั่นผสม (KitchenAid, Model 5K5SS) นำยีสต์ที่ละลายในน้ำและไฮโดรคอลลอยด์ (ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสผสมกับแซนแทนกัม) ที่ละลายในน้ำ เทลงหม้อปั่นผสม ทำการผสมส่วนผสมด้วยความเร็วเบอร์ 8 นาน 1 นาที ใส่เนยสดชนิดเค็มลงไป ปั่นด้วยความเร็วเบอร์ 4 นาน 14 นาที นำโดที่ได้ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±2 °C นาน 20 นาที หลังจากนั้นนำโดที่ได้มานวดในหม้อปั่นผสมด้วยความเร็วเบอร์ 2 นาน 15 นาที แล้วนำโดที่ได้ใส่ลงในพิมพ์อลูมิเนียมขนาด 8 นิ้ว จากนั้นนำพลาสติกใสหุ้มโดแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±2 °C นาน 40 นาที หลังจากนั้นนำไปอบในตู้อบ (QL Series automatic gas oven) ที่อุณหภูมิ 170±2 °C นาน 35 นาที นำขนมปังปลอดกลูเตนออกจากเตาอบ และพักทิ้งไว้ให้เย็นบนตะแกรงที่อุณหภูมิห้อง

2.4 ศึกษาการเติมโปรตีนต่อคุณภาพของขนมปังปลอดกลูเตน

ศึกษาการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) ที่ระดับ 3 และ 5% ของแป้ง ต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของขนมปังปลอดกลูเตน โดยการวิเคราะห์ความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000) [2] ค่า Water activity (a_w) ด้วยเครื่อง Aqualab Series 4TE ความสูงด้วยเวอร์เนียดิจิตอล (Mitutoyo) ปริมาตรจำเพาะโดยการแทนที่ด้วยเมล็ดงา ตามวิธีของ AACC (2000) [3] วัดค่าสี L^* a^* b^* ด้วยเครื่อง Color-view spectrophotometer ค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) = $[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ น้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการอบ [(น้ำหนักโดก่อบอบ-น้ำหนักขนมปังหลังอบ)/น้ำหนักโดก่อนอบ×100] ค่าเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis; TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyzer (TAXT2i, Stable Micro Systems, Surrey, UK) โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm กำหนดสภาวะ ได้แก่ pre-test speed 1 mm/s, test speed 1 mm/s, post-test speed 1 mm/s ซึ่งระยะการกด 30 % เวลาระหว่างการกดครั้งที่ 1 และการกดครั้งที่ 2 เป็นเวลา 10 วินาที ดัดแปลงจาก Han *et al.* (2019) [4] และวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Springiness) ความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) ความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess) และการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมและไม่เติมโปรตีนที่อายุการเก็บรักษานาน 0 และ 3 วัน

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 พฤติกรรมความหนืดของแป้งปลอดกลูเตน (แป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่)

จากตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงด้านความหนืดของแป้งปลอดกลูเตน (แป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรรี่) ไฮโดรคอลลอยด์ (ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสผสมแซนแทนกัม) และโปรตีน 3 ชนิด [โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP)] พบว่า ค่า Pasting temperature ของแป้งปลอดกลูเตน (GF), แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์ (GF+H), แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 3% (GF+H+3%SPI), แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 5% (GF+H+5%SPI), แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ 3% (GF+H+3%WPI), แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ 5% (GF+H+5%WPI) แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนไข่ขาวผง 3% (GF+H+3% EWP) แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนไข่ขาวผง 5% (GF+H+5%EWP) มีค่าอยู่ในช่วง 90.1-92.0 °C

ค่า Peak viscosity ของแป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนทั้ง 3 ชนิด (1502.3-1626.0 cP) มีแนวโน้มสูงกว่าที่ไม่มีโปรตีน (1330.3-1503.3 cP) กล่าวได้ว่าแป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนทั้ง 3 ชนิด มีความหนืดสูงกว่าในช่วงการให้ความร้อน

ค่า Breakdown ของแป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ 5% มีค่าสูงสุด (243.0 cP) กล่าวได้ว่ามีความคงทนต่ออุณหภูมิมากที่สุด

ค่า Final viscosity ของแป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนทั้ง 3 ชนิด (2414.0-2764.3 cP) มีค่าสูงกว่าที่ไม่มีโปรตีน (21187.7-2394.3 cP) กล่าวได้ว่าเจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงมากกว่า

ค่า Setback เป็นค่าที่บอกถึงการคืนตัว (รีโทรเกรเดชัน; Retrogradation) ของแป้งหลังจากให้ความเย็นกับเจลแป้ง จากการศึกษา พบว่า แป้งปลอดกลูเตน:ไฮโดรคอลลอยด์:โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (3% และ 5%) มีค่า Setback (999.3-1045.0 cP) ต่ำ การคืนตัวของแป้งจะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยแป้งที่มีการคืนตัวต่ำจะมีทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะนุ่มกว่า

ตารางที่ 1 ความหนืดของแป้งปลอดกลูเตนและโปรตีน 3 ชนิด (โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP)

ตัวอย่าง	Peak viscosity (cP)	Trough (cP)	Breakdown (cP)	Final Viscosity (cP)	Setback (cP)	Pasting Temp. (°C)
GF	1330.3±19.6^{d}	1144.3±1.5^{b}	188.3±17.5^{abc}	2118.7±18.2^{d}	975.3±16.3^{c}	91.1±0.1^{bc}
GF+H	1503.3±30.7^{c}	1348.3±42.5^{a}	155.0±50.6^{bc}	2394.3±85.8^{c}	1046.0±48.1^{c}	91.0±1.0^{bc}
GF+H+3%SPI	1626.0±15.1^{a}	1431.7±84.1^{a}	160.7±47.3^{abc}	2750.0±71.4^{ab}	1207.0±61.2^{b}	91.2±0.8^{abc}
GF+H+5%SPI	1598.0±62.5^{ab}	1436.3±53.0^{a}	161.7±11.0^{abc}	2764.3±92.5^{ab}	1327.3±39.4^{a}	90.1±0.4^{c}
GF+H+3%WPI	1607.7±52.2^{a}	1414.7±28.7^{a}	193.0±23.5^{ab}	2414.0±73.2^{c}	999.3±66.7^{c}	92.0±0.8^{ab}
GF+H+5%WPI	1626.3±6.0^{a}	1383.3±44.8^{a}	243.0±44.3^{a}	2440.3±78.1^{c}	1045.0±41.2^{c}	91.3±0.4^{a}
GF+H+3%EWP	1502.3±52.2^{c}	1381.3±62.8^{a}	121.0±55.0^{c}	2630.3±84.8^{b}	1219.0±76.4^{b}	91.2±0.8^{abc}
GF+H+5%EWP	1538.7±39.0^{bc}	1388.3±41.0^{a}	150.3±26.8^{bc}	2802.3±75.6^{a}	1364.7±83.3^{a}	91.2±0.1^{abc}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)
SPI=Soy protein isolate, WPI=Whey protein isolate, EWP=Egg white powder
GF=แป้งปลอดกลูแตน (แป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวไรซ์เบอรี่), H= ไฮโดรคอลลอยด์ (ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสผสมแซนแทนกัม)

3.2 ผลการศึกษาการเติมโปรตีนต่อคุณภาพของขนมปังปลอดกลูเตน

ค่าความชื้น (%) ค่า Water activity (a_w) น้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ (%) ความสูง (mm) และปริมาตรจำเพาะ (ml/g) แสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 1

ความชื้นของขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) ที่ระดับ 3 และ 5% ของแป้ง มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 42.90-43.68% สอดคล้องกับงานวิจัยของ Han *et al*. (2019) [4] ที่เติมโปรตีนไข่ขาวผงในผลิตภัณฑ์ขนมปังปลอดกลูเตนมีค่าความชื้นไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ไม่เติมโปรตีนไข่ขาวผง (ตัวอย่างควบคุม)

ค่า Water activity (a_w) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) มีค่าสูงกว่าขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนทั้ง 3 ชนิด [โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP)] อย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยค่า Water activity (a_w) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) มีค่า 0.976 ส่วนขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนทั้ง 3 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 0.960-0.970

น้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ (%) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับ 5% ของแป้ง มีค่าต่ำกว่าที่มีการเติมโปรตีนที่ระดับ 3% ของแป้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมโปรตีนเพิ่มเข้าไปในขนมปังปลอดกลูเตนทำให้โดของขนมปังมีปริมาณของแข็งมากขึ้นจึงทำให้น้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ (%) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่ระดับ 5% ของแป้ง มีค่าต่ำกว่าขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนที่ระดับ 3% ของแป้ง

ค่าความสูงของขนมปังปลอดกลูเตนที่มีการเติมโปรตีนทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มสูงกว่าค่าความสูงของขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) โดยขนมปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนเวย์บริสุทธิ์ที่ระดับ 5% ของแป้ง มีค่าความสูงของขนมปังปลอดกลูเตนสูงที่สุด (62.54 mm)

ปริมาตรจำเพาะของขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนมีค่าอยู่ในช่วง 1.39-1.91 ml/g โดยขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) ที่ระดับ 5% ของแป้ง มีค่าปริมาตรจำเพาะน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) สอดคล้องกับงานวิจัย Srikanlaya *et al*. (2018) [5] ที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในขนมปังปลอดกลูเตนจากแป้งข้าวมีค่าปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าขนมปังปลอดกลูเตนจากแป้งข้าวที่ไม่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (ตัวอย่างควบคุม)

ตารางที่ 2 ค่าความชื้น (%) ค่า Water activity (a_w) น้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ (%) ความสูง (mm) และปริมาตรจำเพาะ (ml/g) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีน

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	Water activity (a_w)	น้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ (%)	ความสูง (mm)	ปริมาตรจำเพาะ (ml/g)
Control	43.68±0.22^{a}	0.976±0.003^{a}	9.09±0.22^{a}	57.73±1.34^{c}	1.89±0.03^{a}
3%SPI	43.13±0.50^{a}	0.969±0.001^{bc}	8.55±0.31^{b}	59.73±0.24^{bc}	1.66±0.13^{b}
5%SPI	42.70±0.48^{a}	0.968±0.001^{c}	7.43±0.08^{d}	60.01±0.42^{bc}	1.39±0.12^{c}
3%WPI	42.93±0.91^{a}	0.970±0.001^{bc}	9.24±0.14^{a}	60.12±1.40^{abc}	1.88±0.05^{a}
5%WPI	42.90±1.72^{a}	0.969±0.001^{bc}	7.58±0.17^{d}	62.54±1.00^{a}	1.82±0.09^{a}
3%EWP	43.18±0.36^{a}	0.970±0.001^{bc}	8.12±0.11^{c}	62.03±0.80^{ab}	1.91±0.04^{a}
5%EWP	43.50±0.56^{a}	0.960±0.002^{c}	7.16±0.01^{d}	61.32±1.12^{ab}	1.77±0.14^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)
SPI=Soy protein isolate, WPI=Whey protein isolate, EWP=Egg white powder



รูปที่ 1 ลักษณะปรากฏ (ภาพตัดขวาง) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีน
SPI=Soy protein isolate, WPI=Whey protein isolate, EWP=Egg white powder

จากตารางที่ 3 ค่าสีของเนื้อขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนทั้ง 3 ชนิด มีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 41.92-49.54 ค่าสี a^* อยู่ในช่วง 13.41-14.71และค่าสี b^* อยู่ในช่วง 6.30-8.32 โดยขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลชนิดไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโน โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยา [6] แต่การเติมโปรตีนที่ระดับที่สูงขึ้น (จากระดับ 3% เป็น 5% ของแป้ง) ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมโปรตีนที่มีปริมาณมาก (ระดับสูง) ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของขนมปังที่สูงขึ้นตามสีของชนิดโปรตีนที่เติมลงไป ส่วนค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) โดยเปรียบเทียบกับค่าสีของขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และค่าสีของขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีน พบว่า ค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) ของขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนมีค่ามากกว่า 3 ยกว้นขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) ที่ระดับ 5% มีค่าน้อยกว่า 3 จึงกล่าวได้ว่าไม่สามารถบ่งบอกความแตกต่างของสีได้ด้วยสายตา [7] ระหว่างขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) ที่ระดับ 5% ของแป้ง

ตารางที่ 3 ค่าสี (L^* a^* b^*) ของเนื้อขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีน

ตัวอย่าง	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Control	47.33±0.54^{b}	13.55±0.20^{d}	6.30±0.16^{d}	-
3%SPI	43.64±1.42^{d}	14.12±0.29^{bc}	7.79±0.09^{b}	4.02
5%SPI	49.54±0.27^{a}	13.41±0.28^{d}	8.32±0.09^{a}	3.00
3%WPI	42.06±0.31^{e}	14.14±0.09^{bc}	7.09±0.23^{c}	5.36
5%WPI	44.10±0.51^{d}	14.30±0.13^{c}	6.96±0.10^{c}	3.38
3%EWP	41.92±0.20^{e}	14.71±0.10^{a}	7.08±0.23^{c}	5.59
5%EWP	45.15±0.23^{c}	14.02±0.47^{b}	7.76±0.10^{b}	2.67

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
SPI=Soy protein isolate, WPI=Whey protein isolate, EWP=Egg white powder

จากตารางที่ 4 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 วัน ขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) มีแนวโน้มของค่าความแข็ง (Hardness) ต่ำกว่าขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) และเมื่อเติมที่ระดับสูง (5% ของแป้ง) ส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) ขนมปังปลอดกลูเตนต่ำกว่าเมื่อเติมที่ระดับต่ำ (3% ของแป้ง) ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) มีคุณสมบัติในการหุ้มฟองอากาศจึงทำให้ขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) [6] มีค่าความแข็งลดลง ส่วนขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) มีค่าความแข็ง (Hardness) สูงกว่าขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมโปรตีน (ตัวอย่างควบคุม) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srikanlaya *et al*. (2018) [5] เมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในขนมปังปลอดกลูเตนทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) สูงกว่าตัวอย่างควบคุม (ไม่เติมโปรตีน) และที่ระยะเวลาเก็บรักษานาน 3 วัน (อุณหภูมิ 25±2 °C) ขนมปังปลอดกลูเตนที่ไม่เติมและเติมโปรตีนทั้ง 3 ชนิด มีค่าความแข็ง (Hardness) ความเหนียวเป็นยางหรือกาว (Gumminess) การทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) มีค่าเพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษาวันที่ 0 ทั้งนี้เนื่องมาจากขนมปังปลอดกลูเตนเกิดรีโทรเกรเดชันทำให้ขนมปังมีความแข็งเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น

ตารางที่ 4 ค่าเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis; TPA) ของขนมปังปลอดกลูเตน (ตัวอย่างควบคุม) และขนมปังปลอดกลูเตนที่เติมโปรตีนที่เก็บรักษานาน 0 และ 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25±2 °C

ตัวอย่าง	Hardness (g)		Springiness		Cohesiveness		Gumminess (g)		Chewiness (g)	
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3
Control	1030.4^{b}	1430.0^{c}	0.95^{ab}	0.95^{a}	0.59^{ab}	0.45^{ab}	613.4^{bc}	647.1^{cd}	583.0^{b}	596.6^{bc}
3%SPI	1175.9^{a}	1826.7^{b}	0.90^{d}	0.90^{abc}	0.54^{b}	0.45^{ab}	636.9^{bc}	817.8^{abc}	578.9^{b}	729.4^{ab}
5%SPI	1257.4^{a}	2072.3^{a}	0.93^{bcd}	0.88^{bc}	0.63^{ab}	0.46^{ab}	790.0^{a}	949.6^{a}	732.8^{a}	832.8^{a}
3%WPI	818.3^{c}	1381.0^{c}	0.92^{cd}	0.91^{abc}	0.57^{b}	0.38^{b}	464.8^{de}	520.2^{de}	427.5^{c}	472.9^{cd}
5%WPI	578.1^{d}	1069.9^{d}	0.95^{ab}	0.87^{c}	0.59^{ab}	0.39^{b}	345.2^{e}	420.2^{e}	327.4^{c}	367.7^{d}

ตัวอย่าง	Hardness (g)		Springiness		Cohesiveness		Gumminess (g)		Chewiness (g)	
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 0	วันที่ 3
3%EWP	1184.8^{a}	1790.9^{b}	0.94^{abc}	0.92^{ab}	0.61^{ab}	0.46^{ab}	726.6^{ab}	803.7^{ab}	684.1^{ab}	735.0^{ab}
5%EWP	858.4^{c}	1476.1^{c}	0.96^{a}	0.92^{a}	0.68^{a}	0.50^{a}	585.5^{cd}	732.5^{bc}	562.9^{b}	647.6^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
SPI=Soy protein isolate, WPI=Whey protein isolate, EWP=Egg white powder

4. สรุป

การเติมโปรตีนทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) โปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) ที่ระดับ 3 และ 5% ของแป้ง ส่งผลต่อคุณภาพของขนมปังปลอดกลูเตนทั้งทางเคมีและกายภาพ โดยการเติมโปรตีนทำให้ค่า Water activity (a_w) ค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบและปริมาตรจำเพาะมีแนวโน้มลดลง ค่าความสูงเพิ่มขึ้น ค่าความแข็ง (Hardness) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเติมโปรตีนเวย์บริสุทธิ์ (WPI) และโปรตีนไข่ขาวผง (EWP) แต่เพิ่มขึ้นเมื่อเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Xu, J., Bietz J.A., and Carriere, C.J. 2007. Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutinin suspensions. Food Chemistry, 101: 1028-1030.

[2] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

[3] American Association of Cereal Chemist (AACC). 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. 10th ed. St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemist.

[4] Han, A., Motta-Romero, H., Nishijima, N., Ichimura, T., Handa, A., Xu, Ch., and Zhang, Y. 2019. Effect of egg white solids on the rheological properties and bread making performance of gluten-free batter. Journal of food hydrocolloids, 83:287-296.

[5] Srikanlaya, C., Therdthai, N., Ritthiruangdej, P., and Zhou, W. 2018. Effect of hydroxypropyl methylcellulose, whey protein concentrate and soy protein isolate enrichment on characteristics of gluten-free rice dough and bread. International Journal of Food Science & Technology, 53 (7): 1760-1770.

[6] Sahagún, M., Bravo-Núñez, A., Báscones, G., and Gómez, M. 2018. Influence of protein source on the characteristics of gluten-free layer cakes. LWT-Food Science and Technology. 94: 50–56.

[7] Rodriguez-Garcia, J., Puig, A., Salvador, A., and Hernando, I. 2012. Optimization of a sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. Journal of Food Science, 77 (2): C189-C197.

ID082

ฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากหญ้าแฝกต่อแบคทีเรียก่อโรคฟันผุ *Streptococcus mutans*

Antibacterial activities of Vetiver grass extracts against dental carries bacteria *Streptococcus mutans*

กมลนิชา เณรบำรุง[1]และ พนิตนาฎ อู่พุฒินันท์[1*]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา
E-mail: panitnart.au@gmail.com

Kamonnicha Nanebamrung[1] and Panitnart Auputinan[1*]
[1]Division of Biotechnology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao.
E-mail: panitnart.au@gmail.com

บทคัดย่อ

Streptococcus mutans เป็นแบคทีเรียก่อโรคฟันผุที่พบบ่อย ส่งผลให้เกิดปัญหาทางด้านทันตสาธารณสุข ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการป้องกันและสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อซึ่งควรมีความปลอดภัยและราคาไม่แพง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากหญ้าแฝกต่อการเจริญของ *S. mutans* โดยนำใบหญ้าแฝกทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พระราชทาน แม่เต๊ียะ เชียงใหม่ และศรีลังกา มาสกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ, เอทานอล 95%, 70% และ 50% จากการสกัดสารพบว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์แม่เต๊ียะที่สกัดด้วยน้ำมีร้อยละผลผลิตมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ศรีลังกา พระราชทาน และเชียงใหม่ ที่สกัดด้วยน้ำตามลำดับ จากนั้นนำสารสกัดมาทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อ *S. mutans* ด้วยวิธี disc diffusion ผลการทดลองพบว่าสารสกัดหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้ง *S. mutans* โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของการยับยั้งเท่ากับ 10.67 มิลลิเมตร และมีค่าความสามารถต่ำสุดที่ยับยั้งและฆ่าเชื้อได้เท่ากับ 1.95 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลงานวิจัยที่ได้เบื้องต้นนี้จะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันฟันผุต่อไปในอนาคต

คำหลัก การต้านเชื้อแบคทีเรีย สารสกัดจากหญ้าแฝก *Streptococcus mutans* แบคทีเรียก่อโรคฟันผุ

Abstract

Streptococcus mutans is the dental carries bacteria causing major dental health problems. Therefore, it is necessary to find the prevention methods and create effective disinfecting products that should be safe and inexpensive. The objective of this research is to study efficiency of the vetiver grass extracts on the growth of *S. mutans*. Four varieties of vetiver grass leaves including Praratchan, Maetia, Chiang mai and Sri lanka were extracted by distilled water, 95%, 70% and 50% ethanol. It was found that Maetia which extracted by distilled water had the highest percentage yield followed by Sri lanka, Paratchatan and Chiang mai which extract by distilled water, respectively. Antibacterial activities by disc diffusion method were test with *S. mutans*. The result showed that Sri lanka extract by 95% ethanol had the highest activities to against *S. mutans* which appear 10.67 mm of zone inhibition diameter and 1.95 mg/ml of minimal inhibitory concentration and minimal bactericidal concentration. The preliminary results of this research will be lad to development for product to prevent further tooth decay in the future

Keyword: antibacterial activities, vetiver grass extracts, *Streptococcus mutans*, dental carries bacteria

บทนำ

ปกติแล้วในช่องปากของมนุษย์จะพบเชื้อ *Streptococcus mutans* ที่บริเวณผิวฟันซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผิวฟันถูกทำลายและเกิดโรคฟันผุตามมา โดยโรคนี้มักจะพบมากในเด็กและวัยรุ่น หากเราละเลยการดูแลทำความสะอาดช่องปากอาจส่งผลเสียลุกลามไปจนถึงการติดเชื้อเข้าสู่อวัยวะส่วนอื่นได้อีกด้วย การป้องกันการเกิดโรคฟันผุสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารป้องกันการเกิดคราบจุลินทรีย์หรือการใช้ sealants เคลือบหลุมร่องฟัน แต่การป้องกันการเกิดโรคฟันผุนั้นต้องใช้ต้นทุนสูง อีกทั้งการใช้สารป้องกันยังทำให้เกิดคราบสีที่ฟัน [1] ปัจจุบันจึงมีงานวิจัยที่นำพืชสมุนไพรมาสกัดแล้วนำไปทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคเป็นจำนวนมาก ซึ่งประสิทธิภาพในการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากพืชจะมีความแตกต่างกันออกไปโดยจะขึ้นอยู่กับสารพฤกษเคมี (phytochemical) ที่ได้มาจากการสกัด ดังนั้นการเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมจึงมีผลต่อฤทธิ์ของสารสกัด [2] หญ้าแฝก (vetiver grass) เป็นพืชตระกูลหญ้าเช่นเดียวกับ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย พบกระจายอยู่ทั่วไปหลายพื้นที่หญ้าแฝกพบทั่วโลกประมาณ 11-12 ชนิด แต่ในประเทศไทยพบอยู่เพียง 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกหอม หรือหญ้าแฝกลุ่ม (*Vetiveria zizanioides (L.) (Nash)* และหญ้าแฝกดอน (*Vetiveria numerals (A.) (Camus)* หญ้าแฝกเป็นพืชตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระ-ปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช (รัชกาลที่ 9) ที่นำมาใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงฟื้นฟูดิน สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ในหลากหลายรูปแบบ เช่น อาหารสัตว์ การนำมาจักรสานเป็นของใช้ต่าง ๆ เป็นต้น [3] จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าหญ้าแฝกมีคุณสมบัติทางการแพทย์ที่หลายหลาย เช่น มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านจุลินทรีย์ [4] สำหรับการดูแลหญ้าแฝกเพื่อให้แตกกอใหม่จะมีการตัดใบออกทุก 3-4 เดือน จึงทำให้มีใบหญ้าแฝกเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก โดยปกติจะนำมาใช้เป็นวัสดุคลุมดินบริเวณรอบต้นไม้เพื่อรักษาความชื้นของหน้าดิน ผู้วิจัยต้องการขยายผลการใช้ประโยชน์จากใบหญ้าแฝกในด้านอื่น นอกเหนือไปจากการอนุรักษ์ดินและน้ำ รวมถึงเพิ่มมูลค่าและสร้างองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาการศึกษาฤทธิ์การต้านแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดใบหญ้าแฝกยังมีไม่มากนัก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำสารสกัดใบหญ้าแฝกมาศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคฟันผุ ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะนำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันการเกิดโรคฟันผุและใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างหญ้าแฝก

ใบหญ้าแฝกที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พระราชทาน แม่เตี๊ยะ เชียงใหม่ และศรีลังกา ได้รับมาจากศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ นำใบมาตัดและล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 55-60 ^{0}C จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืชจนเป็นผง แล้วร่อนด้วยตะแกรงร่อนเพื่อให้ผงมีขนาดเท่ากัน แล้วจึงนำไปสกัดสาร

2. การสกัดสาร [5]

ใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ, เอทานอล 95%, 70% และ 50% โดยชั่งตัวอย่างแฝกที่บดเป็นผงแล้วเติมตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:5 นำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman no.1 นำไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) จนกระทั่งตัวทำละลายระเหยหมด นำสารสกัดที่ได้ไปทำให้แห้งแบบแช่แข็ง (freeze dehydration) เป็นเวลา 3-5 วัน จนแห้งสนิทเพื่อเป็นการยืนยันว่าสารสกัดที่ได้ไม่มีตัวทำละลายเหลือ ชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวณหาร้อยละผลผลิต (percentage yield) จากสมการ

$$\text{ร้อยละของผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักสารที่ชั่งได้}}{\text{ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการสกัด}} \text{ X100}$$

จากนั้นจึงนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3. การทดสอบความไวของเชื้อต่อสารสกัดด้วยวิธี disc diffusion [5]

ละลายสารสกัดหญ้าแฝกด้วย dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้มีความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการเพาะเลี้ยง *S. mutans* ในอาหารเหลว Brain Heart Infusion Broth (BHI) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปรับความขุ่นของแบคทีเรียให้เท่ากับสารละลาย McFarland standard เบอร์ 0.5 เพื่อให้มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เท่ากันในการทดสอบ จากนั้นใช้ไม้-พันสำลีจุ่มลงในอาหารเหลวที่มีเชื้อแล้วเกลี่ยลงบนผิวหน้าของอาหารแข็ง Mueller Hinton Agar (MHA) นำ paper disc ที่ชุบด้วยสารสกัด ปริมาตร 20 µl วางบนผิวหน้าของ

อาหารแข็ง MHA บ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลวงใส (clear zone) ที่เกิดขึ้น ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยมี paper disc ที่ชุบด้วย DMSO เป็นชุดควบคุมลบ (negative control) และยาปฏิชีวนะ penicillin G (10 unit) เป็นชุดควบคุมบวก (positive control) นำผลที่ได้ในแต่ละชุดการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23.0 ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ($p<0.05$)

4. การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดจากสารสกัดใบหญ้าแฝกที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimal Inhibitory Concentration; MIC) [6]

ปรับความขุ่นของแบคทีเรียให้เท่ากับสารละลาย McFarland standard เบอร์ 0.5 เพื่อให้มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นเท่ากันในการทดสอบ ทำการเจือจางสารสกัดแบบ 2 เท่าลำดับส่วน ให้สารสกัดมีความเข้มข้นตั้งแต่ 1,000-1.95 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดูดสารสกัดใส่ลงใน microtiter plate แบบ 96 หลุม หลุมละ 25 µl จากนั้นเติมอาหารเหลว BHI ที่มีเชื้อ ปริมาตร 25 µl เติม resazurin 1% 5 µl ในทุกหลุม แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อ่านผลโดยสังเกตความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่เชื้อแบคทีเรียไม่สามารถเปลี่ยนสี resazurin เป็นค่า MIC

5. การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดจากสารสกัดใบหญ้าแฝกที่สามารถฆ่าเชื้อ (Minimal Bactericidal Concentration; MBC) [6]

ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อจุ่มลงในหลุมที่ไม่มีการเปลี่ยนสี resazurin (จากข้อ4) นำมา streak plate ลงบนอาหาร Mueller Hinton agar (MHA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อ่านผลโดยสังเกตความเข้มข้นต่ำสุดที่เชื้อแบคทีเรียไม่สามารถเจริญบนอาหารได้บันทึกเป็นค่า MBC

ผลการวิจัย

1. ร้อยละผลผลิตของสารสกัดจากใบหญ้าแฝก

จากการสกัดสารจากใบหญ้าแฝกโดยใช้ตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิด พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอล 95%, 70% และ 50% มีลักษณะเหนียวหนืด มีสีเขียวเข้มปนน้ำตาล ในขณะที่สารที่สกัดด้วยน้ำมีลักษณะเหนียวเล็กน้อย สีน้ำตาลอ่อน (รูปที่1) สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตมากที่สุดคือแม่เตี๊ยะที่สกัดด้วยน้ำ มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 12.59 และน้อยที่สุดคือแม่เตี๊ยะที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 6.33 (ตารางที่ 1)

2. การทดสอบการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทดสอบด้วยวิธี disc diffusion

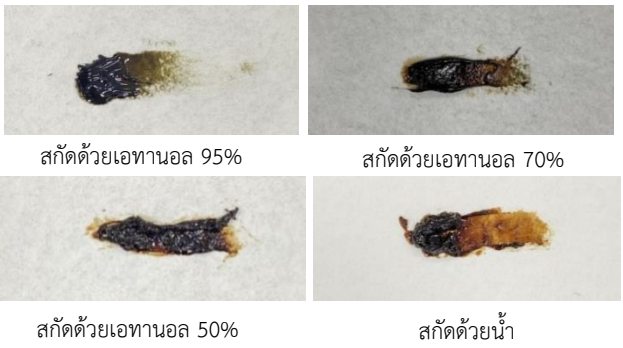
จากการทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย ก่อโรคฟันผุของสารสกัดใบหญ้าแฝก พบว่าสารสกัดใบหญ้าแฝกทุกสายพันธุ์ ที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิด มีความสามารถในการยับยั้ง *S.mutans* ได้โดยหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาที่สกัดด้วยเอทานอล 50% มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *S.mutans* ได้ดีที่สุด มีเส้นผ่านศูนย์วงใสเท่ากับ 10.67 มิลลิเมตร รองลงมาคือ หญ้าแฝกสายพันธุ์พระราชทานที่สกัดด้วยเอทานอล 50% และสายพันธุ์ศรีลังกาที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสเท่ากับ 9.67 มิลลิเมตร โดยชุดควบคุมคือ penicillin G มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสเท่ากับ 19.00 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2)

3. การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารสกัดใบหญ้าแฝกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และ หาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารสกัดใบหญ้าแฝกที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบ (MBC)

จากการทดสอบหาค่า MIC และ MBC ของสารสกัดจากใบหญ้าแฝก พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบมีความไวต่อสารสกัดสายพันธุ์ศรีลังกาที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มากที่สุด โดยมีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 1.95 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือสายพันธุ์แม่เตี๊ยะที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 15.62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่สารสกัดหญ้าแฝกทุกสายพันธุ์ที่สกัดด้วยน้ำ มีประสิทธิภาพต่อแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบน้อย (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตของสารสกัด (percentage yield)

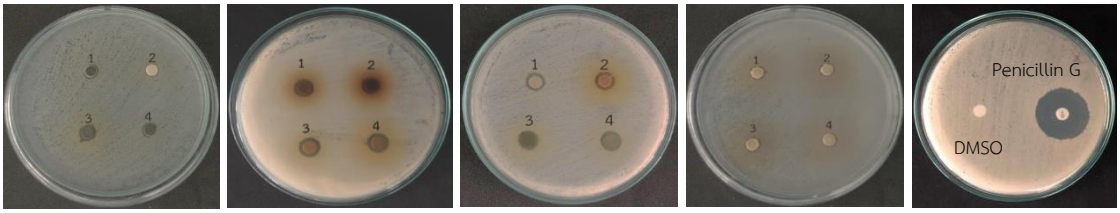
สายพันธุ์หญ้าแฝก	ร้อยละผลผลิตของสารสกัด			
	สกัดด้วย 95% เอทานอล	สกัดด้วย 70% เอทานอล	สกัดด้วย 50% เอทานอล	สกัดด้วยน้ำ
พระราชทาน	9.39±0.04	10.34±0.01	9.33±0.01	10.53±0.01
แม่เตี๊ยะ	6.33±0.01	10.64±0.01	9.46±0.02	12.59±0.01
เชียงใหม่	7.55±0.25	9.34±0.00	7.87±0.01	10.03±0.01
ศรีลังกา	9.84±0.01	10.87±0.01	8.98±0.02	11.87±0.07



รูปที่ 1 ลักษณะของสารสกัดหญ้าแฝกที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด

ตารางที่ 2 ความสามารถของสารสกัดใบหญ้าแฝกในการยับยั้งการเจริญของ S. mutans ทดสอบด้วยวิธี disc diffusion

สายพันธุ์หญ้าแฝก	ความกว้างของบริเวณการยับยั้ง (มิลลิเมตร)			
	สกัดด้วย 95% เอทานอล	สกัดด้วย 70% เอทานอล	สกัดด้วย 50% เอทานอล	สกัดด้วยน้ำ
พระราชทาน	9.17±0.76^{ab}	7.16±0.28^{ab}	9.67±0.28^{a}	7.67±1.15^{a}
แม่เต็ียะ	7.93±0.00^{a}	8.00±0.00^{b}	10.00±0.00^{a}	8.00±0.00^{a}
เชียงใหม่	9.43±0.51^{b}	7.00±0.00^{a}	10.00±0.00^{a}	9.00±1.73^{a}
ศรีลังกา	9.67±0.57^{b}	10.50±0.00^{c}	10.67±0.57^{a}	8.16±0.28^{a}



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

รูปที่ 2 ลักษณะการเกิดวงใสการยับยั้งของเชื้อทดสอบ โดย (ก) สกัดด้วยเอทานอล 95% (ข) สกัดด้วยเอทานอล 70% (ค) สกัดด้วยเอทานอล 50% (ง) สกัดด้วยน้ำ (จ) ชุดควบคุม และสายพันธุ์หญ้าแฝก 1= พระราชทาน 2= แม่เต็ียะ 3= เชียงใหม่ และ 4= ศรีลังกา

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญ (MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่า (MBC) เชื้อแบคทีเรียทดสอบของสารสกัดใบหญ้าแฝก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

สายพันธุ์หญ้าแฝก	สกัดด้วย 95% เอทานอล		สกัดด้วย 70% เอทานอล		สกัดด้วย 50% เอทานอล		สกัดด้วยน้ำ	
	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
พระราชทาน	250	1000	250	250	250	500	500	500
แม่เต็ียะ	15.62	15.62	500	500	250	250	250	250
เชียงใหม่	500	500	1000	1000	250	250	250	500
ศรีลังกา	1000	1000	500	500	1.95	1.95	1000	1000

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสามารถที่แตกต่างกันของหญ้าแฝกทั้ง 4 สายพันธุ์ ในการยับยั้ง *S. mutans* อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ถึงแม้ว่าการสกัดด้วยน้ำจะได้สารสกัดออกมาในปริมาณมากกว่าการสกัดด้วยเอทานอล แต่ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบมีน้อยกว่าสารที่สกัดด้วยเอทานอล ซึ่งสอดคล้องกับ อัจจิมา (2551) ที่พบว่าสารสกัดจากผลหมากที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีความสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าการสกัดด้วยน้ำ [7] และรายงานการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งไบโอฟิล์มของเชื้อ *S. mutans* พบว่าสารสกัดจากใบกระทุ่มที่สกัดด้วยเอทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *S. mutans* ได้ดีกว่าอะซิโตน ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วน้อยกว่า [8] และเมื่อนำมาหาค่า MIC และ MBC พบว่าสารสกัดจากใบหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ให้ผลการยับยั้ง

S.mutans ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ เกสร และคณะ (2555) ที่พบว่าสารสกัดจากรากหญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกาพบสารสำคัญเป็นแอลคาลอยด์ vetiverin ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลชีพก่อโรคในช่องปากได้ดี [9]

สรุป

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสกัดสารจากใบหญ้าแฝก 4 สายพันธุ์ ใช้ตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิดคือ เอทานอล 95%, 70%, 50% และน้ำ การสกัดสารด้วยน้ำมีร้อยละผลผลิตออกมามากที่สุด สารสกัดหญ้าแฝกทุกสายพันธุ์มีความสามารถในการยับยั้ง *S. mutans* ได้โดยหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกาที่สกัดด้วยเอทานอล 50% มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *S.mutans* ได้ดีที่สุด สำหรับข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับยับยั้งแบคทีเรียหรือผลิตภัณฑ์สำหรับป้องกันการเกิดโรคฟันผุที่ใช้ได้จริงในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.)

เอกสารอ้างอิง

[1] Bidault P, Chandad, F and Grenier, D. (2007). Risk of bacteria resistance associated with systemic antibiotic therapy in periodontology. J Can Dent Assoc 73:721-725

[2] วิภาวรรณ นีละพงษ์. (2561). การสกัดสาระสำคัญจากสมุนไพรไทย:การสกัดด้วยไอน้ำและการสกัดด้วยตัวทำละลาย. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 28 ฉบับที่ 4 ต.ค.- ธ.ค.

[3] กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. ชุดความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกหญ้าแฝกเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรดินและสภาพแวดล้อมและการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกในการปรับปรุงดิน.

[4] Sangeetha, D. and Stella, D. (2012). Screening of Antimicrobial Activity of Vetiver Extracts against Certain Pathogenic Microorganisms. IJPBA, Jan - Feb, 3(1): 197-203.

[5] ธารินทร์ ศรีวิโรจน์ และ พนิตนาฎ อู่พุฒินันท์. (2561). ผลของสารสกัดจากหญ้าแฝกต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 42.

[6] Booyanugomol, W., Kaisriwattana, K., Rukseree, K., Boonsam, K. and Narachi, P. (2017). In vitro synergistic antibacterial activity of the essential oil from *Zingiber cassumunar* Roxb against extensively drug-resistant *Acinetobacter baumannii* strains.

[7] อัจจิมา กำพรม, การพัฒนาอิมัลชันที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษจากสารสกัดหมาก *Areca catechu Linn*. และน้ำมันหอมระเหยจากพืช, (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551), หน้า 54-55.

[8] ศิริลักษณ์ หอมละเอียด. (2557). ฤทธิ์การยับยั้งไบโอฟิล์มของเชื้อ *Streptococcus mutans* จากสารสกัดใบกระทุ. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา มหาวิยาลัยสงขลานครินทร์.

[9] เกสร นันทจิต, อัจจิมา บุญชู, บรรยง คันธวะ และ จันทนา คำวรรณ. (2555). ฤทธิ์ต้านจุลชีพในช่องปากของสารสกัดรากหญ้าแฝก. บทวิทยาการ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเภสัชกรรม. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ID091

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย: กรณีศึกษาโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

Factors Affecting Decision to Drink Alcohol of High School Students: A Case Study in Private School of Klong Luang District Phatum Thani Province

ลัดดาวัลย์ กงพลี[1*]
[1]หลักสูตรนวัตกรรมอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[*]E-mail: laddawan.kong@vru.ac.th

Laddawan Kongplee[1*]
[1]Programe in Food and Beverage Innovation for Health, Faculty of Science and technology,
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage.
[*]E-mail: laddawan.kong@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ โดยเป็นการศึกษาวิจัยเชิงพรรณนา กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 295 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.9 เพศชาย ร้อยละ 45.1 มีอายุส่วนใหญ่ 16 ปี ร้อยละ 39.4 รองลงมาอายุ 17 ปี ร้อยละ 30.1 และอายุ 15 ปี ร้อยละ 19.7 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินดื่มแอลกอฮอล์ด้านความรู้พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้ระดับต่ำ ร้อยละ 84.5 รองลงมาความรู้ระดับปานกลาง ร้อยละ 14 และความรู้ระดับดี ร้อยละ 1.6 และปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม จากผลการศึกษาพบว่าอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 59.1 รองลงมาอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 30.1 และอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 10.9 ตามลำดับ สรุปผลการวิจัยในการตัดสินในดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายนั้นมาจากปัจจัยด้านความรู้ สภาพแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ซึ่งเป็นส่วนสนับสนุนในการตัดสินใจในการดื่มเครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้นและการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวัง การส่งเสริมความรู้และการป้องกันปัจจัยเสี่ยงที่สนับสนุนให้นักเรียนดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้

คำหลัก ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดื่มเครื่องดื่ม เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Abstract

These descriptive aims to study the factors which effect to alcohol consumed decision of 295 high school students in Private School of Klong Luang District Phatum Thani Province. Charlatanistic and the factors were collected by questionnaire, then calculate in frequency, percentage, mean and standard deviation. The result showed that 54.9 percent were female and 45.1 percent were more. Most of them were 16 years old

(39.4percent), 17 years old (30.1percent), and 15 years old (19.7percent). Most of them had low knowledge. About alcohol consumption (84.5percent), the moderate knows lead (14percent), and the high knowledge only (1.6percent). The environment, the economy and social factor which effect to alcohol consumed decision were moderate level, 59.1 percent, the highest level 30.1 percent, followed by low level 10.9 percent. Conclusion, the alcohol consumed decision of high school students affected by their knowledge, environment, economy and social which promote the decision of alcohol drinking increased. Hence, this research will be used for surveillance data of alcohol consumed, including knowledge, promoting and risk factors of alcohol consumption in student prevention.

Keywords: Factors Affecting Decision to Drink, Alcohol consumption, High school student

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มากเป็นลำดับ 3 ของทวีปเอเชีย รองจากเกาหลีใต้และเวียดนาม (World Health Organization, 2015) และการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในกลุ่มวัยรุ่น จากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2557 พบว่าประชากรอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ร้อยละ 32.3 เป็นผู้ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ โดยประชากรในกลุ่มวัยเยาวชน (อายุ 15–24 ปี) มีอายุเฉลี่ยที่เริ่มดื่มคือ 16.7 ปี (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557) และ ในปี พ.ศ. 2560 พบว่าจากจำนวนประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปทั้งสิ้น 55.9 ล้านคน เป็นผู้ที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประมาณ 15.9 ล้านคน (ร้อยละ 28.4) โดยเป็นผู้ที่ดื่มสม่ำเสมอ 6.98 ล้านคน (ร้อยละ 12.5) และเป็นผู้ที่ดื่มนาน ๆ ครั้ง 8.91 ล้านคน (ร้อยละ 15.9) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560) สาเหตุที่เยาวชนบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เนื่องจากเป็นวัยที่อยากรู้อยากลอง ต้องการความเป็นอิสระ มีกลุ่มเพื่อนชักจูง และการต้องการเข้าสังคม (สมาน ฟูตระกูล, 2556)

การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์นั้นจะส่งผลต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบประสาทส่วนปลายและสมอง จะทำให้ปลายประสาทอักเสบ มีอาการชาตามปลายมือ ปลายเท้า เมื่อเริ่มดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ใหม่ ๆ จะทำให้รู้สึกกระปรี้กระเปร่า สดชื่น แต่เมื่อดื่มไประยะหนึ่งจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางบุคลิก ร่างกายเสียการทรงตัว ขาดสติในการคิดและแสดงออก เมื่อดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์มากขึ้นจะเกิดอาการมึนเมาง่วงนอนหลับหมดสติ เป็นต้น นอกจากจะส่งผลกระทบทางด้านร่างกายแล้ว การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ อาจจะเป็นสิ่งที่ชักจูงนำไปสู่การใช้ความรุนแรงได้ง่ายขึ้น เช่น ทะเลาะวิวาท ทำร้ายร่างกายและฆ่าผู้อื่น เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์, 2559) อีกทั้งยังเป็นปัญหาทางด้านสังคมด้วย เช่น อุบัติเหตุจากการเมาแล้วขับ การนำไปสู่การใช้สารเสพติดประเภทอื่น ๆ การข่มขืน เป็นต้น (สมศักดิ์ เทียมเก่า, 2559) ทั้งนี้รัฐบาลได้มีพระราชบัญญัติควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ พ.ศ. 2551 เพื่อเป็นแนวทางการป้องกันปัญหาดังกล่าว โดยมีสาระสำคัญคือมาตรา 31 ข้อที่ 4 ห้ามมิให้ผู้ใดดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในสถานศึกษาตามกฎหมายว่าด้วยการศึกษาแห่งชาติ มาตรา 27 ข้อที่ 5 ห้ามขายเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในสถานศึกษาว่าด้วยการศึกษาแห่งชาติ และมาตรา 29 ห้ามมิให้ขายเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์แก่บุคคลที่อายุต่ำกว่า 20 ปีบริบูรณ์ (ราชกิจจานุเบกษา, 2551) แต่ปัจจุบันยังพบว่าปัญหาจากการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของเยาวชนหรือวัยรุ่นยังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจำเป็นต้องมีการระวัง ป้องกัน และร่วมกันแก้ไขปัญหาอย่างจริงจังจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นความสนใจเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากอยู่ในช่วยวัยเยาวชนหรือวัยรุ่นซึ่งเป็นทรัพยากรมนุษย์ที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะพัฒนาศักยภาพในการเป็นวัยผู้ใหญ่ในวันข้างหน้า โดยผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อผู้กำหนดนโยบายให้ทราบถึงสถานการณ์และความเป็นไปของปัญหาที่เกี่ยวกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในปัจจุบัน และเพื่อใช้เป็นข้อมูล

ประกอบการวางแผนและแก้ไขปัญหาของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย เช่น สถาบันครอบครัว สถาบันการศึกษา เป็นต้น ทั้งนี้หากสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ก็จะส่งผลให้ประเทศชาติมีบุคคลการที่มีศักยภาพดีต่อไป

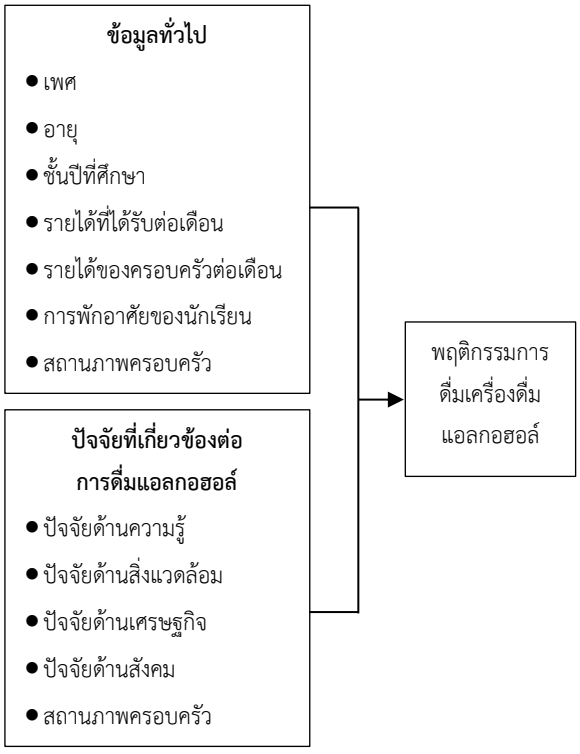
2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาระดับความรู้เกี่ยวกับอันตรายจากการดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.3 เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินในการดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 วิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Study) โดยใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ครั้งแรงของนักเรียนชั้นมัธยมตอนปลายแห่งหนึ่ง ในอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนแห่งหนึ่งในอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โดยใช้วิธีสุ่มแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยแบ่งสัดส่วนตามระดับชั้นการศึกษา จากนั้นใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยมีประชากรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2561 จำนวน 1,126 คน และได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 295 คน

โดยได้จากการคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรกรณีทราบจำนวนประชากร (Taro Yamane, 1973) ตามสูตรดังนี้

$$n = \frac{N}{1+Ne^2}$$

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า 0.05

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ผู้ศึกษาใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ครั้งแรกของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป จำนวน 7 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นปีที่ศึกษา รายได้ที่ได้รับต่อเดือน รายได้ของครอบครัวต่อเดือน การพักอาศัยของนักเรียน สถานภาพของครอบครัว

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

2.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ด้านความรู้ จำนวน 30 ข้อ ในแต่ละข้อจะมี 4 ตัวเลือก โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกเพียงคำตอบเดียว เกณฑ์การให้คะแนนความรู้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน การแปลความหมายความรู้ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการดื่ม

เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยประยุกต์ใช้เกณฑ์ การแบ่งระดับความรู้ของ Bloom's Theory (Bloom et al.,1956) ดังนี้

ตารางที่ 1 การวัดระดับความรู้

คะแนน	การแปลผล
น้อยกว่า 5 คะแนน (<60%)	ความรู้ระดับต่ำ
6-7 คะแนน (60%-80%)	ความรู้ระดับปานกลาง
8-10 คะแนน (81%-100%)	ความรู้ระดับสูง

2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม จำนวน 20 ข้อ ให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว โดยแต่ละข้อมี 5 ตัวเลือก ดังต่อไปนี้

5 หมายถึง มีความสำคัญมากที่สุด
4 หมายถึง มีความสำคัญมาก
3 หมายถึง มีความสำคัญปานกลาง
2 หมายถึง มีความสำคัญน้อย
1 หมายถึง มีความสำคัญน้อยที่สุด

การแปลผลคะแนนเฉลี่ยของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม ผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องเลือกตอบคำถามแต่ละข้อเพียง 1 คำตอบเท่านั้น คะแนนเฉลี่ยจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับคะแนนการแปลผลตามเกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1977: 190) ดังนี้

ตารางที่ 2 ระดับความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

คะแนนเฉลี่ย	การแปลผล
1.00 – 2.33	มีความเกี่ยวข้องอยู่ในระดับระดับต่ำ
2.34 – 3.66	มีความเกี่ยวข้องอยู่ในระดับระดับปานกลาง
3.67 – 5.00	มีความเกี่ยวข้องอยู่ในระดับระดับสูง

4.4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (content validity) ในแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญและวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) ตามวิธีการของครอนบาค (cronbach's alpha) ผลจากการวิเคราะห์พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อถือได้ (reliability coefficient) 0.845 ซึ่งมากกว่า 0.6 จึงกล่าวได้ว่าแบบสอบถามฉบับนี้มีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (Microsoft Excel) ได้แก่

4.5.1 ข้อมูลแจงนับ เช่น เพศ ระดับการศึกษา รายได้ที่ได้รับต่อเดือนรายได้ของครอบครัวต่อเดือน การพักอาศัยของนักเรียนสถานภาพครอบครัว สถิติที่ใช้ คือ ความถี่ ร้อยละ

4.5.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ค่าคะแนน อายุ สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการดื่มแอลกอฮอล์ด้านความรู้ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square test)

4.6 การพิทักษ์สิทธิ์

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยพร้อมกับประโยชน์และผลกระทบในการทำวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งได้ทำการขออนุญาตผู้ตอบแบบสอบถามทุกคน โดยข้อมูลในรูปแบบสอบถามจะไม่มีชื่อ ที่อยู่ หรือสัญลักษณ์ใดที่แสดงความเป็นตัวตนของผู้ตอบแบบสอบถาม และข้อมูลที่รวบรวมมาจะปกปิดไว้เป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเท่านั้น

5. ผลการวิจัย

5.1 ข้อมูลทั่วไป

จากผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.9 รองลงมาเพศชาย ร้อยละ 45.1 ส่วนใหญ่อายุ 16 ปี ร้อยละ 39.4 รองลงมาอายุ 17 ปี ร้อยละ 30.1 และอายุ 15 ปี ร้อยละ 19.7 ระดับชั้นปีที่ศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาชั้นมัธยมปีที่ 4 ร้อยละ 35.2 รองลงมาชั้นมัธยมปีที่ 6 ร้อยละ 32.6 และชั้นมัธยมปีที่ 5 ร้อยละ 32.1 โดยพบว่ารายได้ที่ได้รับต่อเดือนส่วนใหญ่ 1,001-3,000 บาท ร้อยละ 35.8 รองลงมา 3,001-6,000 บาท ร้อยละ 30.1 และต่ำกว่า 1,000 บาท ร้อยละ 24.9 รายได้ของครอบครัวส่วนใหญ่มากกว่า 20,001 บาท ร้อยละ 67.4 รองลงมา 15,001-20,000 บาท ร้อยละ 17.6 และ 10,001-15,000 บาท ร้อยละ 7.8 การพักอาศัยของนักเรียนส่วนใหญ่พักที่บ้านของตนเอง ร้อยละ 90.2 รองลงมาบ้านเช่า/หอพัก

ร้อยละ 9.8 และสถานภาพครอบครัวส่วนใหญ่บิดา-มารดาอยู่ด้วยกัน ร้อยละ 83.4 รองลงมาบิดา-มารดา แยกกันอยู่ ร้อยละ 13.0 และบิดาหรือมารดาเสียชีวิต ร้อยละ 3.6 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n=295)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	133	45.1
หญิง	162	54.9
อายุ		
15 ปี	58	19.7
16 ปี	116	39.4
17 ปี	89	30.1
18 ปี	32	10.9
ชั้นปีการศึกษา		
มัธยมศึกษาปีที่ 4	104	35.2
มัธยมศึกษาปีที่ 5	95	32.1
มัธยมศึกษาปีที่ 6	96	32.6
รายได้ที่ได้รับต่อเดือน		
ต่ำกว่า 1,000 บาท	73	24.9
1,001 – 3,000 บาท	106	35.8
3,001 – 6,000 บาท	89	30.1
มากกว่า 6,000 บาท	27	9.3
รายได้ของครอบครัวต่อเดือน		
5,000 – 10,000 บาท	22	7.3
10,000 – 15,000 บาท	23	7.8
15,001 – 20,000 บาท	52	17.6
มากกว่า 20,000 บาท	199	67.4
การพักอาศัยของนักเรียน		
บ้านของตนเอง	266	90.2
บ้านเช้า/หอพัก	29	9.8
สถานภาพครอบครัว		
บิดา-มารดาอยู่ด้วยกัน	246	83.4
บิดา-มารดาแยกกันอยู่	38	13.0
บิดาหรือมารดาเสียชีวิต	11	3.6

5.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการดื่มแอลกอฮอล์

จากผลการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ด้านความรู้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สามารถตอบถูกในข้อ “การดื่มแอลกอฮอล์ส่งผลกระทบต่อร่างกายส่วนใดมากที่สุด” ร้อยละ 86.5 รองลงมา คือ “เมาแล้วขับจะมีโทษตามพรบ.อย่างไร” ร้อยละ 83.9 และ “ท่านทราบหรือไม่ว่าแอลกอฮอล์ออกฤทธิ์ต่อประสาทส่วนใด” ร้อยละ 56.5 ข้อที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ตอบผิด ได้แก่ “การถ่ายภาพแอลกอฮอล์ลงโซเชียลมีโทษตาม พรบ.ควบคุมแอลกอฮอล์อย่างไร” ร้อยละ 79.8 รองลงมา คือ “ท่านทราบหรือไม่หากไม่ปฏิบัติการ พรบ.ควบคุมแอลกอฮอล์จะมีโทษอย่างไร” ร้อยละ 78.8 และ “Black Out จากแอลกอฮอล์คืออะไร” ร้อยละ 75.6 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านความรู้ (n=295)

ปัจจัยด้านความรู้เกี่ยวกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์	ตอบถูก จำนวน(%)	ตอบผิด จำนวน(%)
1. พรบ.ควบคุมแอลกอฮอล์สามารถจำหน่ายแอลกอฮอล์ให้ผู้ซื้อตั้งแต่อายุเท่าไร	89(30.1)	206(69.9)
2. การถ่ายภาพแอลกอฮอล์ลงโซเชียลมีโทษตาม พรบ. ควบคุมแอลกอฮอล์อย่างไร	60(20.2)	235(79.8)
3. เมาแล้วขับจะมีโทษตามพรบ.อย่างไร	248(83.9)	47(16.1)
4. พรบ.ควบคุมแอลกอฮอล์สามารถจำหน่ายแอลกอฮอล์ได้ในเวลาใด	102(34.7)	193(65.3)
5. ท่านทราบหรือไม่หากไม่ปฏิบัติตาม พรบ.ควบคุมแอลกอฮอล์จะมีโทษอย่างไร	63(21.2)	232(78.8)
6. ท่านทราบหรือไม่ว่าแอลกอฮอล์ออกฤทธิ์ต่อประสาทส่วนใด	167(56.5)	128(43.5)
7. การดื่มแอลกอฮอล์ชนิดใดที่ท่านสามารถดื่มได้	90(30.6)	205(69.4)
8. การดื่มแอลกอฮอล์ส่งผลกระทบต่อร่างกายส่วนใดมากที่สุด	255(86.5)	40(13.5)
9. Black Out จากแอลกอฮอล์ คืออะไร	72(24.4)	223(75.6)
10. พิษของแอลกอฮอล์มีกี่	89(30.1)	206(69.9)

ปัจจัยด้านความรู้เกี่ยวกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์	ตอบถูก จำนวน(%)	ตอบผิด จำนวน(%)
แบบ		

5.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม

จากผลการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีบริเวณที่อยู่อาศัยที่สามารถซื้อแอลกอฮอล์ได้ง่าย ร้อยละ 25.4 รองลงมาคือ บรรยากาศภายในสถานบันเทิง/ร้านเหล้ามีความน่าสนใจทำให้มีความต้องการบริโภคแอลกอฮอล์ ร้อยละ 23.3 และมีสถานบันเทิง/ร้านเหล้าใกล้บริเวณที่อยู่อาศัยทำให้มีความต้องการบริโภคแอลกอฮอล์ ร้อยละ 18.1 ตามลำดับ

5.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านเศรษฐกิจ

จากผลการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านเศรษฐกิจ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้ความสนใจในประเด็น จัดโปรโมชั่นมีผลต่อความต้องการบริโภคแอลกอฮอล์ ร้อยละ 23.3 รองลงมาคือ ราคาเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีผลต่อการบริโภคแอลกอฮอล์ ร้อยละ 20.7 และมีรสชาติหรือกลิ่นเครื่องดื่มของผู้ผลิตจำหน่ายแอลกอฮอล์สามารถดึงดูดให้บริโภคแอลกอฮอล์ ร้อยละ 17.1

5.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสังคม

จากผลการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสังคม พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการดื่มแอลกอฮอล์เมื่อมีการสังสรรค์และเทศกาลต่าง ๆ ร้อยละ 19.2 รองลงมาคือ มีความสุขที่ได้ดื่มแอลกอฮอล์กับเพื่อน รู้สึกผูกพันกับเพื่อนที่ดื่มแอลกอฮอล์มากกว่าเพื่อนที่ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 11.4 และมีการดื่มแอลกอฮอล์ทุกครั้งเมื่อเกิดอาการเครียดหรือวิตกกังวล ร้อยละ 10.9

5.6 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม

จากผลการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 2.34–3.66 ในระดับปานกลาง ร้อยละ 59.1 รองลงมาคะแนนเฉลี่ย 3.67–5.00 ในระดับสูง ร้อยละ 30.1 และคะแนนเฉลี่ย 1.00–2.33 ในระดับต่ำ ร้อยละ 10.9 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามปัจจัยที่เกี่ยวข้องการดื่มแอลกอฮอล์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม (n=295)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม	จำนวน (ร้อยละ)
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 2.33 ระดับต่ำ	32 (10.8)
คะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.66 ระดับปานกลาง	174 (59.1)
คะแนนเฉลี่ย 3.67 – 5.00 ระดับสูง	89 (30.1)

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลไปของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 295 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุ 16 ปี ศึกษาในระดับชั้นมัธยมปีที่ 4 รายได้ที่ได้รับต่อเดือนอยู่ที่ 1,001 - 3,000 บาท รายได้ของครอบครัว มากกว่า 20,001 บาทต่อเดือน มีการพักอาศัยที่บ้านของตนเอง สถานภาพครอบครัว บิดา-มารดาอยู่ด้วยกัน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อต่อการดื่มแอลกอฮอล์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ด้านความรู้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สรุเมศวร์ ฮาซิม และคณะ ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในนักเรียนชั้นมัธยมปลาย (สรุเมศวร์ ฮาซิม และคณะ,2560) อาจเนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ตระหนักถึงความรู้ความเข้าใจ ความสำคัญ รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการดื่มแอลกอฮอล์อย่างจริงจัง และการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการดื่มแอลกอฮอล์ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคม พบว่า ปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวมีผลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อยู่ในระดับปานกลาง อาจเนื่องจากยังอยู่ในวัยเรียน ซึ่งเป็นช่วงวัยที่มีความคึกคะนอง ต้องการอยากรู้อยากลอง ต้องการเป็นที่ยอมรับทางสังคม จึงทำให้มีการเริ่มดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ แต่ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างยังไม่สามารถหาเงินได้เอง จึงมีอัตรากำลังในการซื้อไม่สูงมากนัก อีกทั้งการพักอาศัยอยู่กับครอบครัวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวข้างจนนั้นเป็นเหตุเป็นผลกันในการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในวัยเยาวชนหรือวัยรุ่น

7. **ข้อเสนอแนะ**

7.1 จากการศึกษาพบว่า เพศนักเรียนและระดับชั้นเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษานั้นอยู่ในระดับที่เป็นปัจจัยเสียงต่อการดื่มแอลกอฮอล์ ดังนั้นจึงควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อลดพฤติกรรมเสี่ยงต่อการดื่มแอลกอฮอล์กับปัจจัยดังกล่าว

7.2 ควรมีการให้ความรู้เรื่องของการดื่มแอลกอฮอล์ให้กับวัยรุ่นทั้งจากในโรงเรียนและครอบครัวเพเอให้เกิดความรู้ความเข้าใจในโทษของแอลกอฮอล์ เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงต่อการดื่มแอลกอฮอล์

7.3 ควรมีการส่งเสริมให้บุคคลในครอบครัวมีความใกล้ชิดแนะนำให้คำปรึกษากับวัยรุ่นในทุก ๆ ด้าน เรื่องการคบเพื่อนหรือปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่เป็นสาเหตุต่อการดื่มแอลกอฮอล์

7.4 ควรทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในปัจจัยอื่น ๆ ที่น่าจะมีอิทธิพลต่อการดื่มแอลกอฮอล์ของวัยรุ่น และเพิ่มพื้นที่ในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] World Health Organization. 2015. Which Asia country drink most, World Health Organization, ข้อมูลจากhttps://bit.ly/33bcAoc (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กรกฎาคม 2563).

[2] สมาน ฟูตระกูล. 2556. การดำเนินงานควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์. ข้อมูลจาก http://www.thaincd.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กรกฎาคม 2563).

[3] สำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2559. การสำรวจพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของประชากร พ.ศ. 2559, ข้อมูลจาก https://bit.ly/311ulOX (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กรกฎาคม 2563).

[4] สมศักดิ์ เทียมเก่า. (2559). แอลกอฮอล์และระบบประสาท. น. 857. ในรายงานประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12 วิจัยและนวัตกรรมพัฒนาประเทศ, พิษณุโลก.

[5] Taro Yamane. (1973). Statistics: An Introductory Analysis. 3rd Ed. New York. Harper and Row Publications.

[6] Bloom, B. S. et al. (1956). Taxonomy of education objective, handbook I: Cognitive domain. Newyork: Mckay.

[7] Best, John W. 1977. Research in Education. 3rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc.

[8] สรุเมศวร์ ฮาซิม และคณะ. 2560. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนชั้นมัธยมปลายจังหวัดปทุมธานี. วรสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย, ปีที่ 6 ฉบับที่ 1, หน้า 5-13.

ID094

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางท่องเที่ยว ภายในเกาะล้าน เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี

Greenhouse Gas Emission from tourist traveling in Koh Larn, Pattaya City, Chonburi Province

ชนกานต์ ตระหง่าน[1], ธัญญาเรศ อยู่แย้ม[1], นพมาศ มาลีรส[1], นพิมพ์พร แสงวิเชียร[1*] และ พรพรรณ พรรณภัทราพงษ์[1]
[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: napimporn.s@ku.th

Chanakarn Tragarn[1], Thunyaret Yuyaem[1], Noppamas Maleeros[1], Napimporn Sangvichien[1*] and Pornphan Phanphattrapong[1]
[1]Environmental Science and Technology, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: napimporn@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะของนักท่องเที่ยวที่เดินทางท่องเที่ยวภายในเกาะล้าน เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี โดยใช้รถจักรยานยนต์เช่าเป็นยานพาหนะ ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 เป็นระยะเวลา 3 วัน ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 15.00 น. ครอบคลุมวันธรรมดาและวันหยุด โดยสำรวจปริมาณรถจักรยานยนต์ ระยะทางที่ใช้ในการท่องเที่ยว และชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตาม IPCC (2006) พบว่า มีจำนวนยานพาหนะเฉลี่ย 1,145 คัน/วัน เส้นทางหลักที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเดินทางท่องเที่ยวมีทั้งหมด 5 เส้นทาง เพื่อไปยังชายหาดซึ่งเป็นที่นิยมในหมู่นักท่องเที่ยวทั้งหมด 6 แห่ง ได้แก่ หาดสังวาลย์ หาดตาแหวน หาดทองหลาง หาดนวล หาดแสม และหาดเทียน ซึ่งมีระยะทางจากบริเวณท่าเทียบเรือหน้าบ้านที่เป็นจุดให้เช่ารถจักรยานยนต์ เป็นระยะทาง 2.1, 2.2, 1.7, 3.4, 3.1 และ 3.6 กิโลเมตร ตามลำดับ โดยระยะทางเฉลี่ยที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเดินทางเท่ากับ 14.04 ± 5.82 กิโลเมตร/วัน คิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 0.79 ± 0.33 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/วัน

คำหลัก ก๊าซเรือนกระจก ท่องเที่ยว เกาะล้าน พัทยา

Abstract

Carbon Dioxide (CO_2) is a major greenhouse gas related to temperature-increased and causing global warming. The Primary source of CO_2 emission is human activities: transportation; industry; tourism. This study focused on determining the number of CO_2 emission from domestic tourist vehicles in December 2019 for 3 days at Koh Larn, Pattaya City, Chonburi Province. The amount of rented motorcycles at the front pier from 08.00 am to 3.00 pm, fuel type, and travel distance were collected. Greenhouse gas emission was calculated by the IPCC method (2006) using IPCC emission factors multiply by the amount of fuel

consumption. The results showed that the average amount of vehicles was 1,145/day. There are 5 common popular travel routes among tourists with 6 famous beaches, namely: Sangwal Beach; Tawaen Beach; Thong Lhang Beach; Nuan Beach; Samae Beach; Thien Beach and travel distance was 2.1, 2.2, 1.7, 3.4, 3.1, and 3.6 kilometers, respectively. The average travel distance of a tourist is 14.04 ± 5.82 km/person/day. In addition, the average GHG emission rate was 0.79 ± 0.33 kgCO_2eq/person/day.

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดผลประโยชน์ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำรายได้ที่สำคัญให้ประเทศเป็นลำดับต้น ๆ และทำรายได้มากถึง 1.02 ล้านล้านบาท[1] นอกจากนี้การท่องเที่ยวยังมีส่วนกระตุ้นให้เกิดการช่วยกันรักษาสิ่งแวดล้อม รวมถึงทำให้ชุมชนในแหล่งท่องเที่ยวนั้น ๆ เห็นคุณค่าของสิ่งแวดล้อมที่เป็นทรัพยากรการท่องเที่ยว เป็นเหตุให้มีการช่วยกันรักษาสภาพภูมิทัศน์เพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเข้ามามากขึ้น โดยอาศัยรายได้จากการท่องเที่ยวมาสนับสนุนในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยวนั้น ๆ

อย่างไรก็ตาม การท่องเที่ยวส่งผลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยในปี พ.ศ. 2561 การปล่อยก๊าซ CO_2 ภาคการขนส่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมาตลอด เชื้อเพลิงหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคการขนส่งเกิดจากการใช้น้ำมันสำเร็จรูป ได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา ก๊าซ LPG และน้ำมันเครื่องบิน คิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 93.1 ของปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 ในภาคการขนส่งทั้งหมด โดยภาคการขนส่งมีการปล่อยก๊าซ CO_2 อยู่ที่ระดับ 67.9 ล้านตัน CO_2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.0 ทั้งนี้การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้น้ำมันสำเร็จรูป อยู่ที่ระดับ 63.3 ล้านตัน CO_2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.9 ส่วนหนึ่งเป็นผลจากราคาขายปลีกน้ำมันในประเทศที่ยังคงอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากนัก และเศรษฐกิจที่ขยายตัวดีขึ้นส่งผลให้มีการใช้น้ำมันเบนซิน และดีเซลภาคการขนส่งสูงขึ้นร้อยละ 3.3 และ 1.5 ตามลำดับ[2] ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ[1]

จังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดที่มีแหล่งท่องเที่ยวมากมายในพื้นที่ มีนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาในพื้นที่สูงถึง 15,521,103 คน เป็นนักทัศนาจร 2,690,436 คน[3] สถานที่ที่นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาตินิยมเดินทางไปท่องเที่ยว คือ เกาะล้าน ซึ่งเป็นเกาะทางฝั่งทะเลอ่าวไทย อยู่ในตำบลนาเกลือ อำเภอบางละมุง เมืองพัทยา เนื่องจากมีชายหาดที่มีความสวยงามหลายแห่ง มีชายหาดสีขาวและมีน้ำทะเลที่ใสสะอาด มีกิจกรรมหลากหลายให้นักท่องเที่ยวได้เลือกทำ เช่น กีฬาทางน้ำ ตกปลา ดำน้ำ ดูปะการัง เป็นต้น อีกทั้งยังมีสถานที่พักค้างคืนหลายแห่งไว้สำหรับรองรับนักท่องเที่ยวที่ต้องการพักค้างคืน เพื่อพักผ่อน ซึ่งการเดินทางภายในเกาะล้านนั้น มีทั้งเดินทางโดยใช้จักรยานยนต์เช่า จักรยานยนต์รับจ้าง และรถสองแถวรับจ้างให้บริการและอำนวยความสะดวกสบายให้กับนักท่องเที่ยว[3]

การพัฒนาอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวของเกาะล้านส่งผลให้เกิดการเพิ่มของจำนวนประชากรและนักท่องเที่ยว ซึ่งเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก เป็นเหตุให้เกิดการเพิ่มของจำนวนยานพาหนะในการจราจรทางบกที่นักท่องเที่ยวใช้บริการภายในเกาะล้านตามมา ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรในพื้นที่เกาะล้าน อีกทั้งยังส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจราจรทางบกเพิ่มสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกิจกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวยังเกาะล้าน โดยใช้รถจักรยานยนต์เช่าเป็นยานพาหนะในการท่องเที่ยวภายใน 1 วัน เนื่องจากเป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวนิยมใช้บริการ โดยนำข้อมูลระยะทางที่ใช้เกิดทางท่องเที่ยวภายในเกาะล้าน มาประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพื่อนำข้อมูลไปเป็นแนวทางในการจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลด

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเพื่อให้เกิดการพัฒนาพื้นที่อย่างยั่งยืนต่อไป

2. วิธีการศึกษา

การกำหนดพื้นที่ศึกษา

บริเวณท่าเทียบเรือหน้าบ้าน ซึ่งเป็นท่าเทียบเรือหลักในเกาะล้านที่นักท่องเที่ยวใช้ในเดินทางเข้าและออกเกาะล้านโดยเรือโดยสารประจำทาง ซึ่งส่วนใหญ่จะเช่ารถจักรยานยนต์กับวินรถจักรยานยนต์รับจ้าง และร้านเช่ารถจักรยานยนต์บริเวณหน้าท่าเทียบเรือหน้าบ้าน โดยกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่บันทึกข้อมูลระยะทาง คือ บริเวณซุ้มประตูทางเข้า-ออกท่าเทียบเรือ (ภาพที่ 1)

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บข้อมูลในช่วงเดือนธันวาคม ปี 2562 เป็นระยะเวลา 3 วัน ครอบคลุมวันธรรมดาและวันหยุด ตั้งแต่เวลา 08:00 - 15:00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่เรือโดยสารจากฝั่งพัทยาเดินทางมาถึงฝั่งเกาะล้าน และเป็นเวลาที่นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่เดินทางกลับ ทำการบันทึกรุ่น ยี่ห้อ และเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์เช่าใช้ โดยสอบถามข้อมูลจากผู้ให้เช่ารถจักรยานยนต์ พร้อมบันทึกข้อมูลระยะทางก่อนที่นักท่องเที่ยวจะเช่ารถจักรยานยนต์ และบันทึกข้อมูลระยะทางหลังจากนักท่องเที่ยวนำรถจักรยานยนต์มาคืน จากนั้นนำข้อมูลระยะทางก่อนและหลังจากเช่ารถจักรยนต์ที่บันทึกได้ มาคำนวณหาระยะทางที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเดินทางท่องเที่ยวเกาะล้านใน 1 วัน และคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้วิธีการตาม IPCC (2006)[4] ดังสมการ

GHG = Activity Data (unit) × Emission Factor ($kgCO_2$ e/unit)

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO_2 Emission)

= (ระยะทาง/อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะ) x Emission Factor

โดย

Activity Data คือ ข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงวัตถุดิบที่ใช้ในกิจกรรม

Factor คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของพาหนะ (km/l)

Emission Factor = Motor Gasoline มีค่าเท่ากับ 2.18E+00



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณท่าเทียบเรือหน้าบ้าน เกาะล้าน จ.ชลบุรี

3. ผลและวิจารณ์

ปริมาณรถจักรยานยนต์

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่า มีนักท่องเที่ยวเช่ารถจักรยานยนต์รวมทั้งสิ้น 1,145 คัน เฉลี่ยวันละ 381.67±84.36 คัน วันที่มีนักท่องเที่ยวเช่ารถจักรยานยนต์มากที่สุด คือ วันเสาร์ มีจำนวน 478 คัน เนื่องจากเป็นวันหยุด และสามารถกลับไปพักผ่อนหลังจากท่องเที่ยวได้ในวันอาทิตย์ ช่วงเวลาที่นักท่องเที่ยวเช่ารถจักรยานยนต์มากที่สุด คือ เวลา 12.00 – 13.00 น. (ตารางที่ 1) อาจเนื่องจากนักท่องเที่ยวเดินทางมาจากจังหวัดอื่น ทำให้เดินทางมาถึงยังท่าเทียบเรือแหลมบาลีฮาย ฝั่งพัทยา เพื่อขึ้นเรือโดยสารประจำทางในช่วงสาย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยจำนวนรถจักรยานยนต์ที่นักท่องเที่ยวเช่าตามช่วงเวลา

เวลา	จำนวนรถจักรยานยนต์ที่นักท่องเที่ยวเช่า
08.00-09.00	30.33±11.50
09.00-10.00	33.00±9.17
10.00-11.00	68.33±46.46
11.00-12.00	56.67±7.02
12.00-13.00	109.00±8.66
13.00-14.00	46.00±8.49
14.00-15.00	80.50±9.19
รวม	**381.67±84.36**

ประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง

จากการสำรวจประเภทน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถจักรยานยนต์เช่า พบว่า ชนิดเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ที่ใช้ คือ น้ำมันเบนซิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณอยู่ในกลุ่มการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (ที่มีการเคลื่อนที่) ในค่า Motor Gasoline เท่ากับ 2.18E+00 และมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเท่ากับ 38.655 กิโลเมตร/ลิตร[5] โดยจักรยานยนต์รับจ้างเป็นเครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะ และมีขนาดเครื่องยนต์ 125 cc

ระยะทางในการเดินทางท่องเที่ยว

จากการศึกษาเส้นทางท่องเที่ยวในเกาะล้าน พบว่า มีเส้นทางหลักทั้งหมด 5 เส้นทาง เพื่อเดินทางไปยังหาดทราย 6 หาดที่ได้รับความนิยมสูงในหมู่นักท่องเที่ยว ได้แก่ หาดสังวาลย์, หาดตาแหวน, หาดทองหลาง, หาดนวล, หาดแสม และหาดเทียน มีระยะทางจะท่าเทียบเรือหน้าบ้านไปยังหาดต่างๆ อยู่ระหว่าง 1.7 – 3.6 กิโลเมตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ระยะทางจากท่าเทียบเรือหน้าบ้านไปยังหาดต่างๆ ที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยว

เส้นทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)
หาดสังวาลย์	2.1
หาดตาแหวน	2.2
หาดทองหลาง	1.7
หาดนวล	3.4
หาดแสม	3.1
หาดเทียน	3.6

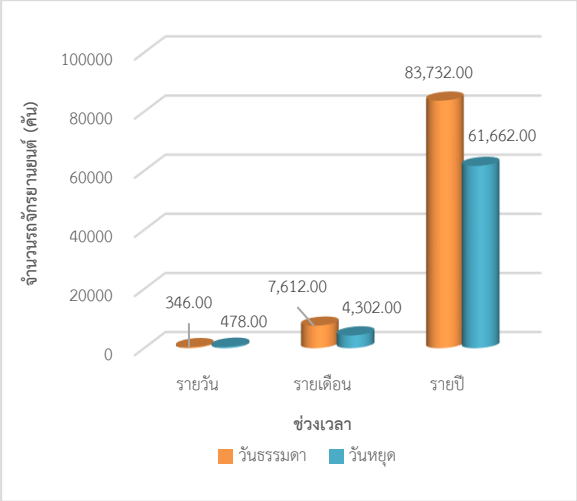
จากการบันทึกข้อมูลระยะทางที่นักท่องเที่ยวเดินทางท่องเที่ยวในเกาะล้านโดยใช้รถจักรยานยนต์เช่า พบว่ามีระยะทางอยู่ระหว่าง 27.2 – 1.49 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.04±5.82 กิโลเมตร/วัน

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยจากยานพาหนะของนักท่องเที่ยวที่เดินทางท่องเที่ยวเกาะล้าน

จากข้อมูลระยะทางที่ได้จากการเดินทางท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยว ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถจักรยานยนต์รับจ้าง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการคำนวณอยู่ในกลุ่มการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (ที่มีการเคลื่อนที่) ในค่า Motor Gasoline และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง สามารถนำมาคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสมการของ IPCC (2006)[4] พบว่าค่าสูงสุดเท่ากับ 1.53E+00 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ($kgCO_2eq$) และค่าต่ำสุดเท่ากับ 8.40E-02 $kgCO_2eq$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 ± 0.33 $kgCO_2eq$ /คัน/วัน

แนวโน้มปริมาณการเช่ารถจักรยานยนต์ของนักท่องเที่ยว

จากการศึกษาจำนวนรถจักรยานยนต์ที่นักท่องเที่ยวเช่า ในวันธรรมดาและวันหยุด โดยนำข้อมูลที่เก็บรวมรวมมาเฉลี่ยเป็นแนวโน้มปริมาณรายเดือน คาดการณ์ได้ว่าจะมีนักท่องเที่ยวเช่ารถจักรยานยนต์ในหนึ่งเดือน เป็นจำนวนมากถึง 11,914 คัน จำแนกเป็นวันหยุด 4,302 คัน และวันธรรมดา 7,612 คัน และคาดการณ์ได้ว่าในหนึ่งปีจะมีนักท่องเที่ยวเช่ารถจักรยานยนต์เป็นปริมาณ 145,394 คัน จำแนกเป็นวันหยุด 61,662 คัน และวันธรรมดา 83,732 คัน (ภาพที่ 2)

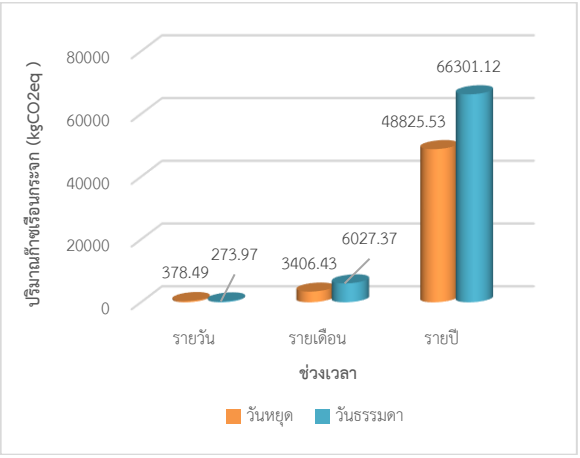


ภาพที่ 2 แนวโน้มปริมาณรถจักรยานยนต์ที่นักท่องเที่ยวเช่าท่องเที่ยวในวันธรรมดาและวันหยุด

แนวโน้มปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวโดยใช้รถจักรยานยนต์เช่า

จากการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยคาดการณ์จากปริมาณรถจักรยานยนต์ที่นักท่องเที่ยวเช่าเพื่อเดินทางท่องเที่ยวในเกาะล้าน คาดการณ์ว่าจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเดือนละ 9,433.80 $kgCO_2eq$ จำแนกเป็นวันหยุด 6,027.37 $kgCO_2eq$ และวันธรรมดา 3,406.43 $kgCO_2eq$ และคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปีละ115,126.65 $kgCO_2eq$ จำแนกเป็นวันหยุด 66,301.12 $kgCO_2eq$ และวันธรรมดา 48,825.53 $kgCO_2eq$ (ภาพที่ 3) คิดเป็น 0.79 $kgCO_2eq$ /คัน/วัน

จากข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะที่ใช้ในการท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ ของนักท่องเที่ยวที่ไม่พักค้างคืน พบว่า ยานพาหนะประเภทรถตู้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด คิดเป็น 4,423.93 $kgCO_2eq$/วัน[6] ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการทำแผนที่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมมนุษย์ กรณีศึกษา เทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ที่พบว่ากิจกรรมการเดินทางโดยใช้รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด[7] และจากการวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางและขนส่งที่เกิดจากกิจกรรมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยมีค่าเท่ากับ 984.40 Tons-CO_2eq[8] ทั้งนี้ผลการศึกษาทั้งหมดมีค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจาก ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นอยู่กับ ระยะทาง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะ และค่า Emission Factor ซึ่งอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันส่วนใหญ่เป็นผลมาจากระยะทางและปริมาตรบรรทุก[9]



ภาพที่ 3 แนวโน้มปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรถจักรยานยนต์ที่นักท่องเที่ยวเช่าท่องเที่ยวในวันธรรมดาและวันหยุด

4. สรุป

กิจกรรมการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมายังเกาะล้าน โดยใช้รถจักรยานยนต์เช่าเป็นยานพาหนะ มีนักท่องเที่ยวเช่ารถจักรยานยนต์ เฉลี่ยวันละ 381.67±84.36 คัน ระยะทางที่นักท่องเที่ยวเดินทางอยู่ระหว่าง 27.2 – 1.49 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.04±5.82 กิโลเมตร/วัน คิดเป็นปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 0.79 ± 0.33 $kgCO_2eq$ /คัน/วัน หรือประมาณ 115,126.65 $kgCO_2eq$/ปี ดังนั้น จึงควรมีการกำหนดปริมาณรถจักรยานยนต์เช่าบนเกาะให้มีปริมาณที่เหมาะสม และส่งเสริมให้ใช้รถสองแถวประจำทางสาธารณะมากขึ้น รวมถึงควรดูแลตรวจสอบสภาพเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพดีอยู่เสมอ เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นจากกิจกรรมการท่องเที่ยวภายในเกาะล้าน

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. 2561. รายงานภาวะเศรษฐกิจการท่องเที่ยว. ข้อมูลจาก https://www.mots.go.th/download/article/article_20191025094442.pdf, (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 กรกฎาคม 2563).

[2] กระทรวงพลังงาน. 2561. สถานการณ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคพลังงานรายปี 2561, ข้อมูลจากhttp://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-co2/per-year?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1, (วันที่สืบค้นข้อมูล 12 กรกฎาคม 2562).

[3] สำนักงานสถิติ จังหวัดชลบุรี. 2562. สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยว จังหวัดชลบุรี, ข้อมูลจาก http://chonburi.nso.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=392:7-3-623&catid=120&Itemid=587, (วันที่สืบค้นข้อมูล 12 กรกฎาคม 2562).

[4] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006

[5] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. 2561. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 ธันวาคม 2561

[6] เบญจมาศ ขัตติยากุล. 2554.การศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานพาหนะที่ใช้ในการท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[7] ณรงค์ พลีรักษ์., (2555). ผลกระทบของกิจกรรมมนุษย์ต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก: กรณีศึกษา เทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี. การประชุมวิชาการระดับชาติและระดับนานาชาติ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ประจำปี 2555 หัวข้อ “ชุมชนท้องถิ่น ฐานรากการพัฒนาประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. 16 -19 กุมภาพันธ์ 2555. ขอนแก่น.

[8] ยุคันต์ทิวัตถ์ กมลาสน์กุล. 2557. การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางและขนส่งที่เกิดจากกิจกรรมของจุฬาลงกรณ์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท

[9] เดชาวุธ กาญจนกรัณย์กุล และวารุณี เตีย. 2560. การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่งไปรษณียภัณฑ์ในเขตนครหลวง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ 24, 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2560), 98-111

ID102

Low-cost Langendorff perfusion system for rat cardiomyocyte isolation

Piyanuch Thitiwuthikiat [1], Teonchit Nuamchit[1], Duangduan Siriwittayawan*[1]
[1]Department of Cardio-Thoracic Technology, Faculty of Allied Health Sciences,
Naresuan University, Phitsanulok,
*e-mail: duangduans@nu.ac.th

Abstract

Langendorff perfusion system is a powerful tool which is widely used in cardiac research. It accounts for perfusion oxygenated solution to isolated, contracting heart for monitoring of electrical activity and mechanical events, as well as for cardiac myocyte isolation. Despite its complexity, establishment of the system is costly. The objective of this study was to establish a simple, low-cost perfusion system for isolation of rat cardiomyocytes. The purpose of this study was to establish a low-cost Langendorff perfusion system for isolation of adult rat cardiomyocytes. Methods: A flow-and temperature-control perfusion system was constructed using a commercial pulsatile pump and tailor-made, water-jacketed glassware apparatuses. The circuit included temperature-controlled perfusate reservoirs, peristaltic pump, glass tube and cannula with bubble port. A mini water pump was used to circulate warm water throughout the system. Results: Our low-cost, simple Langendorff system worked properly. The isolation of cardiomyocytes could be performed, yielding 60-65 percent viable cardiomyocytes. Conclusions: The low-cost, simple perfusion system was able to use for isolation of rat cardiac myocytes.

Keywords: Langendorff apparatus, Low cost, cardiac myocytes

1. Introduction

Langendorff system is a powerful technique for isolated-heart studies. Basically, it provides oxygenated perfusion fluid to the isolated heart via coronary arteries through a cannula mounted to ascending aorta. Two types of the system were established, pressure and flow - constant techniques, both types are used concomitantly in some cases. The system has been developed since 1895, from basic to more complicated system, relating to more complex cardiovascular research [1, 2]. It has been used to monitor both electrical and mechanical activity, intracellular calcium concentration and monophasic action potential, as well as to isolate adult cardiomyocytes. The system also allowed fixation of the heart tissue for histological study [3]. In constant flow model, the physiologic solution is oxygenated and kept temperature constantly at 37° C before being pumped to the coronary arteries via a cannula mounted to ascending aorta. Most of apparatus are water-jacketed with warm circulating water to keep

the system at 37°C. In advanced experiment, the system requires additional tools, i.e. electrical stimulation, cardiac function monitoring, or optical mapping. The cost of establishment of Lengendorf perfusion depends on the complexity of the system, generally, around 20,000 $, which is unaffordable for some small, newly set up laboratories. The setting up of Langendorff system for isolation of cardiomyocytes is simple, however, the success of the procedure needs well-prepared equipment and experienced operators [4]. The system must function properly without mechanical or operating errors during the procedure. Therefore, the objective of this study was to create low- cost, simple and effective heart perfusion system for isolation of rat cardiomyocytes.

Methodology:

Perfusion design

Constant flow perfusion circuit was modified from Mitshelson AJ et. al [5]. Briefly, the system contains three reservoirs, one peristaltic pump, silicone tubing, glass tube for perfusate connected to a cannula. The reservoirs and glass tube were water jacketed. The circuit was designed to be able to recirculate the perfusate and can tap bubble or air in line via three-way stopcock at the conjunction between glass tube and cannula. The diagram is demonstrated in figure 1.

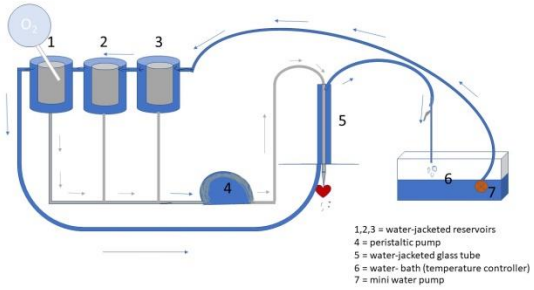


Figure 1. Circuit design. 1,2,3 = water-jacketed reservoirs, 4= peristaltic pump, 5 = water-jacketed glass tube, 6= Temperature-controlled water bath, 7= Mini water pump

Materials

Peristaltic pump (SP mini pump, China) with a flow rate range of 0.0024-190 ml/min was purchased from Coverscience, Co, Ltd. Three 150 ml reserviors and a glass tubes were tailor- made by a scientific glassblower company (Vejakit Ltd., Thailand). Glass tube for perfusate was modified from a 30 ml glass pipette. Chemical reagents and enzymes used in isolation procedure were purchased from Sigma-Aldrid (Sigma, USA).

Isolation of rat cardiomyocytes

Animals

All animal protocols were approved by the Naresuan University Animal Care and Use Committee (NUACUC). Five male Wistar rats, aged 4-6 weeks, housed in a standard temperature-controlled room were used.

Isolation technique

Isolation of cardiomyocytes were performed using enzymatic digestion, according to Mitchelson AJ's protocol [5]. Briefly, the rats were sacrificed by injection of 100 mg/ Kg pentobarbital intraperitoneally. The heart was then removed quickly and mounted to our Langendorff' s system and then was retrogradely perfused with warm

(37°C), oxygenated Ca++ -free tyrode solution (135 NaCl, 5 KCl, 0.33 NaH_2PO_4, 10 mM Glucose, 5 Na Pyruvate, 10 $MgCl_2$, 10 HEPES, 2 mM EGTA, pH 7.3) for 6 minutes. To isolate cardiac myocytes, the heart was digested by perfusing warm Ca++ free tyrode solution with Type I collagenase from Clostridium histolyticum and protease type XIV from Streptomyces griseus and 0.05% bovine serum albumin (30 ml of Ca++ free solution, 50 mg BSA, 20 mg Protease, 30 mg Collagenase type I) for 8-10 minutes. The fluid from the heart was re-circulated to the enzyme reservoir during this process. Next, the heart was flushed with warm normal Tyrode solution (135 NaCl, 5 KCl, 0.33 NaH_2PO_4, 10 mM Glucose, 5 Na Pyruvate, 10 $MgCl_2$, 10 HEPES, 2 mM $CaCl_2$, pH 7.3) for 3 minutes and then the atria were removed before releasing the ventricle into a flask. Isolation of ventricular myocytes was made by shaking the ventricles in 37°C water bath about five minutes. The remaining ventricles were further repeatedly shaken as the same procedure as before for 6-8 times, yielding 6-8 fractions of cardiac myocytes. Cardiomyocytes were then taken for further study. The flow was kept constantly at 3 ml/min.

Results and Discussion:

Perfusion system

The perfusion system was set up as designed (Figure 2). In this model, priming solution for circulating the system was less than 20 ml and the total fluid for step 1 (0-Ca Tyrode solution) was less than 100 ml. Thirty millilitre digesting enzyme with recirculation was enough for proteolytic process. Water-jacketed chambers were filled with warm water using a small 3W water pump and could keep the system temperature at 37°C throughout the experiment. The system worked well, no leakage or malfunction. The cost of the circuit including a peristaltic pump was around 700 $.

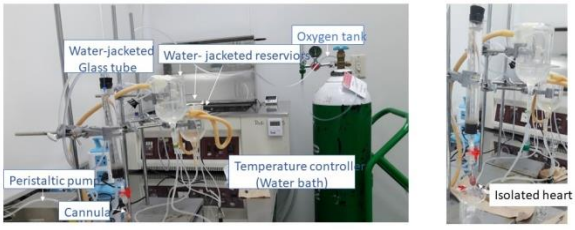


Figure 2. Perfusion set up

Cardiac myocyte isolation

Cardiomyocytes were isolated successfully from 4 out of 5 rats. The number of cardiac myocytes obtained from a heart was 10.1 $\pm$ 2.0 x 10^6 cells. Cell viability was assessed by the proportion of rod-shape cells/total cells, which was around 60.5 $\pm$ 5 % (Figure 3). The morphology of living cells was rod-shape, square- end with clear striations. Some cells had spontaneous contraction when bathed in Normal Tyrode solution. The cells could be plated and kept in cell culture for 3 days.

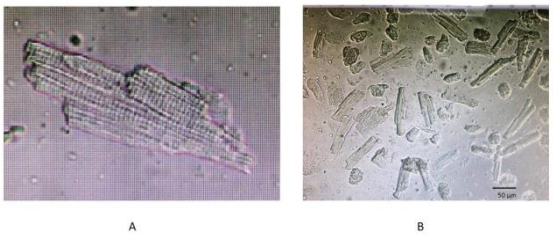


Figure 3. Single cardiomyocyte with clear cross striations (A). Rod- and round- shape cardiomyocytes (B).

Discussion

Cardiomyocyte isolation is a crucial technique for cardiovascular research. Although it has been developed for almost 40 years, the

technique is not easily performed to yield high quality cardiac myocytes. The operator's skill can affect the successful rate of the procedure, however, perfusion system including clean tubing and chambers are important [6]. The system should provide enough oxygen and proteolytic enzymes to the heart with appropriate temperature. Moreover, the system should be able to be sterilized if the cells are prepared for cell culture. The tailor-made accessories enable the modification of the protocol to reduce the cost, ie, the size and length of the reservoirs and tubing. Nevertheless, due to the lack of monitoring system, care should be taken, especially, while oxygenate the solution which produces large amount of bubbles.

Conclusion: The low-cost, simple perfusion system with tailor- made accessory was able to use for isolation of rat cardiac myocytes.

Acknowledgements:
We would like to acknowledge Naresuan University and Ministry of Higher Education, Science, Research, and Innovation for research funding (Grant No. R2558C211).

References:

[1] Liao, R., Podesser, B. K., & Lim, C. C. 2012. The continuing evolution of the Langendorff and ejecting murine heart: new advances in cardiac phenotyping, American journal of physiology. Heart and circulatory physiology, Volume 303 No.2, p.H156–H167.

[2] Louch, W. E., Sheehan, K. A., & Wolska, B. M. 2011. Methods in cardiomyocyte isolation, culture, and gene transfer, Journal of molecular and cellular cardiology, Volume 51, No. 3, p. 288–298.

[3] Wiechert, S., El-Armouche, A., Rau, T., Zimmermann, W. H., & Eschenhagen, T. 200). 24-h Langendorff-perfused neonatal rat heart used to study the impact of adenoviral gene transfer, American journal of physiology. Heart and circulatory physiology, Volume 285, No. 2, p. H907–H914.

[4]. Motayagheni N. 2017. Modified Langendorff technique for mouse heart cannulation: Improved heart quality and decreased risk of ischemia, MethodsX, Volume 4, p. 508–512.

[5] John S Mitcheson, Jules C Hancox, Allan J Levi. 1998. Cultured adult cardiac myocytes: Future applications, culture methods, morphological and electrophysiological properties, Cardiovascular Research, Volume 39, No. 2, p. 280–300.

[6] Li, D., Wu, J., Bai, Y., Zhao, X., & Liu, L. (2014). Isolation and culture of adult mouse cardiomyocytes for cell signaling and in vitro cardiac hypertrophy, Journal of visualized experiments: JoVE, Volume 87, 51357.

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Finance and Accounting

ID005

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี และการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม ที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

The Relationship Between Profitability, Price-to-Book Ratio And Stock Valuation With Enterprise Multiple Among Companies From Industrial Product Group In The Stock Exchange of Thailand

นันทพร อิสสระ[1*] และ ดร.เบญจพร โมกขะเวส[2]
[1]นักศึกษา หลักสูตรบัญชีมหาบัณฑิต คณะบัญชี มหาวิทยาลัยศรีปทุม
[2]อาจารย์ประจำ คณะบัญชี มหาวิทยาลัยศรีปทุม
[*]E-mail: tukgie.nun@gmail.com

Nuntaporn Issara[1*] and Dr.Benjaporn Mokkhavesa[2]
[1]Master of Accountancy, Faculty of Accountancy, Sripatum University
[2]Full-time Lecturer, Faculty of Accountancy, Sripatum University
[*]E-mail: tukgie.nun@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี และการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม ที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 59 บริษัท โดยเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ระหว่างปี พ.ศ.2559 ถึง ปี พ.ศ.2561 รวมจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 177 ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน โดยใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการทำกำไร ประกอบด้วย อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน (ROCE) และอัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี (EBITDA) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี (P/BV) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในขณะที่ความสามารถในการทำกำไร ไม่มีความสัมพันธ์กับการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple

คำหลัก ความสามารถในการทำกำไร, อัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี, การประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple

Abstract

The aim of this independent study is to study the relationship between profitability, price-to-book ratio and stock valuation with enterprise multiple among companies from industrial product group

in the stock exchange of Thailand. A sample and data in this study consisted of 59 companies with secondary data from 2016 to 2018, total amount 177 data. Statistics and method of analysis used in the study are descriptive statistics, inferential statistics, Pearson's correlation coefficient to test a relationship between independent variables, and multiple regression analysis with 95 percent of confidence. From the result of the study, profitability ratios, which are Return on Capital Employed (ROCE) and Earnings Before Interest and Tax Depreciation and Amortization (EBITDA), have a positive correlation with Price-to-Book Ratio (P/BV) with a significant statistics level at 0.01. Meanwhile, stock valuation with Enterprise Multiple has not related to profitability ratios.

Keywords: Profitability, Price-to-Book Ratio, Stock valuation with Enterprise Multiple.

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติของไตรมาสที่ 3 ในปี 2561 พบว่า ประเทศไทยจะก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ภายในปี 2564 โดยสถานการณ์การออมของครัวเรือนไทยร้อยละ 87.20 ของผู้มีเงินได้ หากต้องหยุดทำงานกะทันหันโดยไม่มีกำหนด จะสามารถนำเงินออมมาใช้ในการดำรงชีพได้น้อยกว่า 1 ปี และรูปแบบการออมของครัวเรือนไทยนิยมเก็บออมเงินสดสูงถึงร้อยละ 75.50 [1] ซึ่งการจะทำให้เงินออมเพิ่มพูนและเพียงพอต่อค่าใช้จ่ายในวัยเกษียณนั้น ทางเลือกในการลงทุนในตลาดหุ้นนับเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะทำให้ได้ผลตอบแทนเร็วและสูงกว่าการนำเงินไปฝากไว้ในธนาคาร แต่การลงทุนที่ให้ผลตอบแทนสูงย่อมมีความเสี่ยงสูง ผู้ลงทุนควรมีพื้นฐานการอ่านงบการเงิน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน เพื่อให้ทราบถึงจุดอ่อน จุดแข็ง ของฐานะทางการเงินและผลการดำเนินงานของกิจการทั้งในอดีตปัจจุบัน และคาดว่าจะเป็นไปในอนาคต โดยอัตราส่วนความสามารถในการทำกำไรของกิจการ เป็นตัวชี้วัดผลการดำเนินงานหรือประสิทธิภาพของกิจการ ในการควบคุมค่าใช้จ่ายทั้งต้นทุนการผลิต ต้นทุนขาย ค่าใช้จ่ายทั้งหมดภายในกิจการ รวมถึงการบริหารเงินทุนของกิจการโดยการสร้างผลตอบแทนให้กับผู้ลงทุน ทำให้ผู้ลงทุนเลือกลงทุนตามพฤติกรรมหรือตามเหตุผลของการลงทุนตามแนวคิดในการประเมินมูลค่าหุ้น คือ ลงทุนในหุ้นคุณค่า (Value Stock) และ/หรือหุ้นเติบโต (Growth Stock) สร้างความสมดุลในการซื้อ-ขายหุ้นในตลาดทุน ซึ่งตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางสำหรับการซื้อขายหลักทรัพย์จดเบียนและพัฒนาระบบต่างๆ อำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้บริการระบบการซื้อขายหลักทรัพย์ [2] อุตสาหกรรมของประเทศไทยก้าวเข้าสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมขั้นที่ 4 เป็นการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเข้ามาใช้ร่วมกับกระบวนการผลิตเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของ Demand และ Supply ของโลกในอนาคต เพื่อให้สามารถปรับตัวได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและให้กิจการอยู่รอดได้ในอนาคต ประกอบกับในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา อุตสาหกรรมไทยยังถูกขับเคลื่อนด้วยอุตสาหกรรมในรูปแบบเดิม ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร ยานยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ ยางและพลาสติก [3] การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้นำอัตราส่วนความสามารถในการทำกำไร ได้แก่ อัตรากำไรขั้นต้น (GPM) อัตรากำไรก่อนหักดอกเบี้ยและภาษี (EBIT) อัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงินภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี (EBITDA) อัตรากำไรสุทธิ (NPM) อัตรากำไรต่อหุ้น (EPS) และอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน (ROCE) มาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับการประเมินมูลค่าหุ้น ซึ่งประกอบด้วยอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี (P/BV) และ Enterprise Multiple (EV/EBITDA) โดยเลือกศึกษากลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่มีข้อมูลครบถ้วน โดยผลการศึกษาที่ได้ จะช่วยสนับสนุนแนวคิดในการประเมินมูลค่าหุ้นด้วยปัจจัยพื้นฐานตามทฤษฎีกลุ่มหลักทรัพย์ Markowitz ทฤษฎีตลาดที่มีประสิทธิภาพ เป็นประโยชน์ต่อผู้ลงทุน นักวิเคราะห์และผู้ใช้งบการเงิน เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุนได้อย่างเหมาะสม เพื่อช่วยผู้ประกอบการหรือผู้บริหารองค์กร วางแผนปรับปรุง ติดตามและพัฒนาองค์กรไปสู่เป้าหมาย ช่วยให้หน่วยงานภาครัฐ

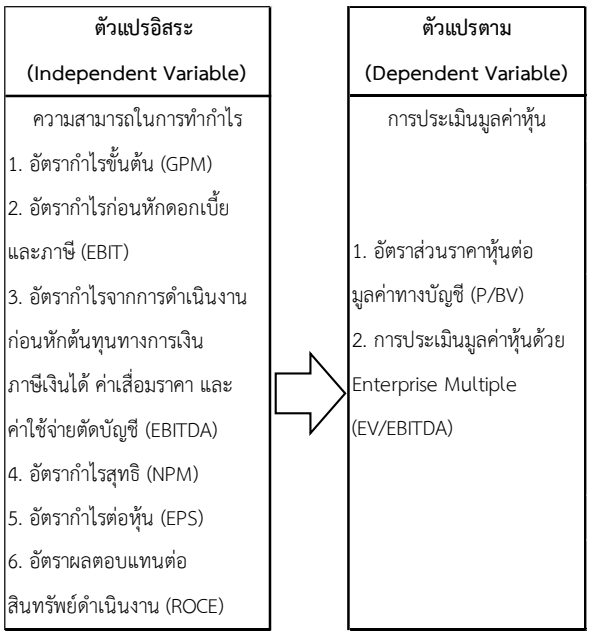
ที่เกี่ยวข้อง ใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบในด้านต่างๆ และเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา แนวทางสำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี (P/BV) ของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple (EV/EBITDA) ของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

3. กรอบแนวคิดในการศึกษา



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการศึกษา

4. การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชีและการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ผู้ศึกษาได้ค้นคว้าและรวบรวมแนวคิดทฤษฎี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาดังนี้

แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถในการทำกำไร

การวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน เป็นการนำข้อมูลตัวเลขในงบการเงิน มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ในการสร้างกำไรของธุรกิจ โดยแสดงออกมาเป็นสัดส่วนหรือร้อยละ เพื่อให้ง่ายต่อการวัดผลการดำเนินงานหรือประสิทธิภาพของกิจการ ข้อมูลเกี่ยวกับกำไรของบริษัทจดทะเบียนจึงเป็นข้อมูลทางการเงินที่สำคัญที่นิยมใช้มากที่สุด [4]

แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินมูลค่าหุ้น

การหามูลค่าของกิจการ (Enterprise Value: EV) เป็นการวัดผลการดำเนินงานที่ผ่านมาของกิจการ เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการแข่งขัน ข้อได้เปรียบทางการแข่งขัน และโอกาสทางธุรกิจ บนพื้นฐานความคงอยู่ของกิจการและการดำเนินงานต่อเนื่อง การประเมินมูลค่าหุ้น จึงเป็นเครื่องมือช่วยให้นักลงทุนตัดสินใจว่า “จะซื้อ” “จะถือ” หรือ “จะขาย” โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างราคาตลาด ณ ปัจจุบันของหุ้นกับมูลค่าที่แท้จริงที่ได้จากการประเมิน ซึ่งเป็นตัวแปรที่แสดงความสามารถในการดำเนินกิจการที่เป็นอยู่ในตลาดขณะนั้น เพื่อให้ได้มูลค่าที่เหมาะสมหรือมูลค่าที่แท้จริงของหุ้นสามัญนั้น แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้เข้าสู่กระบวนการพิจารณาตัดสินใจลงทุนในหลักทรัพย์นั้นต่อไป [5]

ทฤษฎีกลุ่มหลักทรัพย์ของ Markowitz (Modern Portfolio Theory หรือ MPT)

Harry Markowitz นักเศรษฐศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้พัฒนาแบบจำลองกลุ่มหลักทรัพย์ (MPT) ขึ้นภายใต้ข้อสมมติฐาน เพื่อให้นักลงทุนตัดสินใจเลือกลงทุนในกลุ่มหลักทรัพย์ที่ให้ผลตอบแทนตามที่ตนคาดหวังว่า จะเกิดขึ้นในอนาคต สามารถกระจายความเสี่ยงจากการลงทุนนั้นได้ [6]

ทฤษฎีตลาดที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Market Hypothesis)

Eugene Fama ศาตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยชิคาโก สหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาทฤษฎีขึ้นภายใต้เงื่อนไข 4 ประการ โดยสมมติฐานของตลาดที่มีประสิทธิภาพ เกิดจากการนำทฤษฎีการคาดคะเนอย่างมีเหตุมีผลมาประยุกต์รวมกับตลาดการเงินโดยที่บุคคลใดไม่สามารถทำกำไรเกินกว่าปกติได้ [7]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[10] – [19]

5. สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 ความสามารถในการทำกำไรมีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชีของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

สมมติฐานที่ 2 ความสามารถในการทำกำไรมีความสัมพันธ์กับการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

6. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2559-2561 รวมจำนวน 93 บริษัท โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเพียง 59 บริษัท เนื่องจาก 10 บริษัท มีรอบระยะเวลาบัญชีไม่ตรงปีปฏิทิน 7 บริษัท เข้าสู่ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ.2559-2561 มี 15 บริษัท ที่มีการเปลี่ยนแปลงพาร์ในปี พ.ศ.2559 ปี พ.ศ.2561 และ 2 บริษัท มีข้อมูลไม่ครบถ้วน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากงบการเงินและอัตราส่วนทางการเงินของหลักทรัพย์ในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม ระหว่างปี พ.ศ.2559-2561 รวมทั้งสิ้น 3 ปี รวมจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 177 ข้อมูล จากแหล่งข้อมูล www.setsmart.com ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ซึ่งแบ่งตามลักษณะตัวแปร คือ ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย อัตรากำไรขั้นต้น อัตรากำไรก่อนหักดอกเบี้ยและภาษี อัตรากำไรสุทธิ อัตรากำไรต่อหุ้น และตัวแปรตาม ประกอบด้วย อัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี และมูลค่า Enterprise Multiple และข้อมูลจาก www.set.or.th ซึ่งเป็นข้อมูลสรุปข้อสนเทศบริษัทจดทะเบียน เพื่อนำตัวเลขทางการเงินดังกล่าวมาคำนวณหาค่าตามสูตรการคำนวณ ซึ่งเป็นค่าของตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย อัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี และอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ เมื่อผู้ศึกษาทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและบันทึกข้อมูลในการประมวลผลแล้ว ผู้ศึกษาจะนำข้อมูลไปประมวลผลโดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อให้ทราบถึงลักษณะโดยทั่วไปของตัวแปรที่เก็บรวบรวมได้ และจะนำเสนอข้อมูลที่ศึกษาด้วยค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เพื่อหาความสัมพันธ์โดยวิธีการ ดังต่อไปนี้

2.1 วิเคราะห์สหสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน Pearson correlation) เพื่อทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยใช้การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Best [8] ดังปรากฏตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของ Best

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ระดับความสัมพันธ์
0.81 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันมาก
0.51 - 0.80	มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
0.21 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันน้อยหรือต่ำ
0.01 - 0.20	มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก
0.00	ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ถ้ามีค่ามากกว่า 0.80 แสดงว่า ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันมาก ทำให้เกิด Multicollinearity

2.2 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณด้วยวิธี Enter Method (Enter Multiple Regression Analysis) ในขั้นตอนนี้ต้องทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

ก่อนว่าต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง (ไม่เกิด Multicollinearity) การตรวจสอบดังกล่าวจะใช้ค่า Variance inflation Factor (VIF) หรือค่า Tolerance หรือค่า Eigen Value ตัวใดตัวหนึ่งก็ได้ โดยที่ค่า VIF ที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 4 หรือ 5 หากเกินกว่านี้แสดงว่า ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันเอง (VIF > 10 แสดงว่า เกิด Multicollinearity) ค่า Tolerance หากมีค่า Tolerance < 0.20 แสดงว่าเกิด Multicollinearity [9] ขั้นตอนต่อมาจึงทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณ Multiple Linear Regression Analysis เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชีและการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

7. สรุปผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น หรือสถิติเชิงพรรณนา

จากการศึกษาข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 177 ข้อมูล ในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม ของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ.2559 – 2561 จะได้ค่าสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าต่ำสุด (Minimum) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังปรากฏตามตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามปี พ.ศ.2559 - 2561

ตัวแปร	หน่วย	จำนวนข้อมูล N	ค่าต่ำสุด Minimum	ค่าสูงสุด Maximum	ค่าเฉลี่ย Mean	ส่วนเบี่ยงเบน SD
P/BV	บาท/หุ้น	177	0.13	6.74	1.50	0.96
EV/EBITDA	เท่า	177	-1678.42	161.30	1.40	134.79
GPM	%	177	-2.08	43.58	15.26	9.12
EBIT	%	177	-11.69	30.72	7.41	7.25
EBITDA	%	177	-4.50	36.69	11.76	7.78
NPM	%	177	-15.17	32.30	5.65	6.80
ROCE	%	177	-21.21	55.50	10.86	12.45
EPS	บาท/หุ้น	177	-43.76	84.57	2.38	9.19

อัตรากำไรขั้นต้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 15.26 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ -2.08 และค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 43.58 โดยมีการกระจายตัวตามค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.12

อัตรากำไรก่อนหักดอกเบี้ยและภาษี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 7.41 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ -11.69 และค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 30.72 โดยมีการกระจายตัวตามค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.25

อัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 11.76 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ -4.50 และค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 36.69 โดยมีการกระจายตัวตามค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.78

อัตรากำไรสุทธิ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 5.65 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ -15.17 และค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 32.30 โดยมีการกระจายตัวตามค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.80

อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 10.86 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ -21.21 และค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 55.50 โดยมีการกระจายตัวตามค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.45

อัตรากำไรต่อหุ้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.38 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ -43.76 และค่าสูงสุดอยู่ที่ 84.57 โดยมีการกระจายตัวตามค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.19

อัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.50 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ร้อยละ 0.13 และค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 6.74 โดยมีการกระจายตัวตามค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.96

มูลค่า Enterprise Multiple มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.40 ค่าต่ำสุดอยู่ที่ -1,678.42 และค่าสูงสุดอยู่ที่ 161.30 โดยมีการกระจายตัวตามค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 134.79

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

การทดสอบการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) ของตัวแปรอิสระทั้งหมดที่ทำการศึกษาประกอบด้วย อัตรากำไรขั้นต้น อัตรากำไรก่อนหักดอกเบี้ยและภาษี อัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี อัตรากำไรสุทธิ อัตรากำไรต่อหุ้น อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน หากตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันมากกว่า 0.80 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันมากจะทำให้เกิด Multicollinearity ดังปรากฏตามตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Analysis) ระหว่างตัวแปรอิสระก่อนตัดตัวแปรที่ทำให้เกิด Multicollinearity

	GPM	EBIT	EBITDA	NPM	ROCE	EPS
GPM	1	0.711**	0.702**	0.661**	0.424**	0.026
EBIT		1	0.922**	0.972**	0.651**	0.363**
EBITDA			1	0.905**	0.479**	0.360**
NPM				1	0.625**	0.414**
ROCE					1	0.137
EPS						1

** มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากการทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตรากำไรก่อนหักดอกเบี้ยและภาษีกับอัตรากำไรสุทธิ และกับอัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.972 และ 0.922 ตามลำดับ นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชีกับอัตรากำไรสุทธิ มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.905 ซึ่งแสดงให้เห็นถึง การมีความสัมพันธ์กันมากกว่า 0.800 ผู้ศึกษาจึงทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันในระดับมากออกจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ทำให้ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 4 ตัวแปร นั่นคือ อัตรากำไรขั้นต้น อัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี อัตรากำไรต่อหุ้น และอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน ดังปรากฏตามตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Analysis) ระหว่างตัวแปรอิสระหลังตัดตัวแปรที่ทำให้เกิด Multicollinearity

	GPM	EBITDA	ROCE	EPS
GPM	1	0.702**	0.424**	0.026
EBITDA		1	0.479**	0.360**
ROCE			1	0.137
EPS				1

**มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันของตัวแปรอิสระหลังตัด Multicollinearity แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้งหมด ประกอบด้วย อัตรากำไรขั้นต้น อัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี อัตรากำไรต่อหุ้น อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงานที่อยู่ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณแบบขั้นตอน ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กันในระดับมาก นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระหว่าง 0.026 - 0.702 ซึ่งน้อยกว่า 0.800 จึงทำให้ไม่เกิดปัญหา Multicollinearity ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงนำตัวแปรอิสระที่กล่าวข้างต้นเข้าสู่สมการถดถอยเพื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหูคูณ

การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระโดยตัวแปรแต่ละตัวจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง (Multicollinearity) การตรวจสอบดังกล่าวจะใช้ค่า VIF หรือค่า Tolerance หากมีค่าที่เหมาะสมแสดงว่า ไม่เกิด Multicollinearity จึงได้ทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณ เพื่อทำการพยากรณ์ตามสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ปรากฏตามตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 5 ตารางการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี (P/BV)

Variable	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
GPM	0.008	0.010	0.073	0.782	0.435	0.439	2.277
EBITDA	0.036	0.013	0.288	2.803	0.006	0.366	2.731
ROCE	0.025	0.006	0.329	4.607	0.000	0.756	1.323
EPS	-0.001	0.007	-0.007	-0.098	0.922	0.769	1.301

ค่าคงที่=0.687 ; SE_{Est} = ±0.794 ; Durbin-Watson = 1.785 ; R = 0.579 ; R^2 = 0.336 ; F = 21.724 ; Sig. = 0.000[b]

ตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวแปรที่เลือกใช้ข้างต้น ไม่เกิดปัญหา Multicollinearity โดยผลการวิเคราะห์ ค่า VIF สูงสุดที่ได้มีค่า 2.731 ซึ่งไม่เกิน 10 และค่า Tolerance ของตัวแปรอิสระที่มีค่าน้อยที่สุดมีค่า 0.366 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 0.20 แสดงว่าตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กัน การศึกษาในครั้งนี้จึงไม่เกิดปัญหา Multicollinearity และอยู่ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณแบบขั้นตอน ไม่มีอัตตะสัมพันธ์ในข้อมูล (Autocorrelation) เนื่องจากค่า Durbin-Watson มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.50 - 2.50 แสดงว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดนี้ไม่มีอัตตะสัมพันธ์ในข้อมูล ดังนั้น จึงนำตัวแปรอิสระทั้งหมดเข้าสู่ตัวแบบสมการการถดถอยตามตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวแปร ที่นำเข้าสู่ตัวแบบสมการถดถอยมีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเป็น 0.579 และสามารถร่วมกันพยากรณ์อัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชีได้ร้อยละ 33.60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ เท่ากับ ±0.794 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวพยากรณ์ (Sig.) พบว่า อัตรากำไรขั้นต้นและอัตรากำไรต่อหุ้นไม่สามารถพยากรณ์อัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชีได้ (Sig. = 0.435 และ 0.922 ตามลำดับ) ส่วนอัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคา และค่าใช้จ่ายตัดบัญชี และอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน สามารถพยากรณ์อัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชีได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางที่ 6 ตารางการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple (EV/EBITDA)

Variable	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
GPM	-0.194	1.690	-0.013	-0.115	0.909	0.439	2.277
EBITDA	2.019	2.169	0.116	0.931	0.353	0.366	2.731
ROCE	0.353	0.943	0.033	0.374	0.709	0.756	1.323
EPS	-0.557	1.267	-0.038	-0.439	0.661	0.769	1.301

ค่าคงที่ = -21.897 ; SE_{Est} = ±135.40 ; Durbin-Watson = 2.037 ; R = 0.118 ; R^2 = 0.014 ; F = 0.605 ; Sig. = 0.660[b]

ตามตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวแปรที่นำเข้าสู่ตัวแบบสมการถดถอย ไม่มีความสัมพันธ์กับการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเป็น 0.118 และสามารถร่วมกันพยากรณ์การประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ได้ร้อยละ 1.40 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ±135.40 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์

การถดถอยของตัวพยากรณ์ (Sig.) พบว่า อัตรากำไรขั้นต้น อัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน และอัตรากำไรต่อหุ้น (EPS) (Sig. = 0.909, 0.353, 0.709 และ 0.661 ตามลำดับ) ไม่สามารถพยากรณ์การประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

8. อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำกำไรกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชีและการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ของบริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรมที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ.2559 ถึงปี พ.ศ.2561 สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ความสามารถในการทำกำไร มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี กล่าวคือ อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน (ROCE) และอัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี (EBITDA) แสดงให้เห็นว่า บริษัทมีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำกำไรต่อเงินทุนบริษัทโดยใช้ประโยชน์จากสินทรัพย์เป็นหลัก ผู้บริหารมีความสามารถในการบริหารจัดการต้นทุนและค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานได้ดี รวมถึงการเลือกใช้นโยบายทางการบัญชีเกี่ยวกับการตัดค่าเสื่อมราคาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shrimal (2015) [10] พบว่า อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด และผลการศึกษาของดารานาถ พรหมอินทร์ (2560) [11] พบว่า กำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี (EBITDA) มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับราคาตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งเชื่อมโยงกับผลการศึกษาของ Astuty (2017) [12] พบว่า ราคาต่อมูลค่าตามบัญชี (PBV) มีอิทธิพลสำคัญต่อราคาหุ้นในเชิงบวก ประกอบกับผลการศึกษาของอริษา สุรัสโม (2554) [13] พบว่า อัตราส่วนทางการเงินที่มีความสัมพันธ์กับราคาตลาดหลักทรัพย์ ของกลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภคมากที่สุด คือ อัตราส่วนมูลค่าตลาดต่อมูลค่าตามการบัญชีต่อหุ้น (P/BV) ซึ่งราคาตลาดหลักทรัพย์เป็นส่วนหนึ่งที่นำมาคำนวณหาค่าราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี นักลงทุนจึงให้ความสำคัญกับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี เนื่องจากเป็นอัตราส่วนระหว่างราคาหุ้นปัจจุบันกับมูลค่าทางบัญชีของบริษัท จึงแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความสามารถในการทำกำไรในอนาคตของบริษัท ความสามารถในการแข่งขัน โอกาสทางธุรกิจ และผลการดำเนินงานที่ผ่านมา โดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินมูลค่าหุ้นเป็นเครื่องมือในการค้นหาหุ้นที่มีราคาต่ำกว่ามูลค่าที่แท้จริงตามปัจจัยพื้นฐาน นักลงทุนจึงได้รับผลตอบแทนในรูปของส่วนต่างระหว่างราคาซื้อกับราคาขายหลักทรัพย์นั้นๆ ออกไป รวมถึงสามารถเลือกลงทุนในหุ้นคุณค่า เพื่อผลตอบแทนในระยะยาวด้วย ผลการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวข้างต้น จึงสนับสนุนทฤษฎีกลุ่มหลักทรัพย์ของ Markowitz โดยที่นักลงทุนสามารถเลือกลงทุนในกลุ่มหลักทรัพย์ที่มีประสิทธิภาพในการให้อรรถประโยชน์สูงสุดกับนักลงทุน

ในส่วนของอัตรากำไรขั้นต้น และอัตรากำไรต่อหุ้นไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนราคาหุ้นต่อมูลค่าทางบัญชี จึงทำให้ขนาดอิทธิพลดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญ อาจเป็นไปได้ว่าในช่วงระยะเวลารายปีที่นำมาศึกษา บริษัทในกลุ่มสินค้าอุตสาหกรรม มีรายได้หลักที่ลดลงเนื่องจากภาวะเศรษฐกิจโลก สภาพการแข่งขัน การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมต้นทุนผลิต ต้นทุนขาย และค่าใช้จ่ายภายในกิจการมีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของชาลินี แสงสร้อย (2558) [14] พบว่า อัตรากำไรขั้นต้นไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคาหลักทรัพย์ ซึ่งเชื่อมโยงกับผลการศึกษาของจิราพร เหง้าดา (2561) [15] พบว่า อัตรากำไรต่อหุ้นไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราผลตอบแทนกลุ่มธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nalurita (2016) [16] พบว่า กำไรต่อหุ้นไม่มีผลกระทบต่อราคาตลาดต่อราคาตามบัญชี

2. ความสามารถในการทำกำไร ได้แก่ อัตรากำไรขั้นต้น (GPM) อัตรากำไรจากการดำเนินงานก่อนหักต้นทุนทางการเงิน ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายตัดบัญชี (EBITDA)

อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน (ROCE) และอัตรากำไรต่อหุ้น (EPS) ไม่มีความสัมพันธ์กับการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงไม่สามารถร่วมกันพยากรณ์การประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของชาลินี แสงสร้อย (2558) พบว่า อัตราส่วนกำไรขั้นต้น ไม่มีความสัมพันธ์ต่อราคาหลักทรัพย์ ผลการศึกษาของอรอุมา ต้นดี (2558) [17] พบว่า กำไรจากการดำเนินงานก่อนหักดอกเบี้ยจ่าย ภาษีเงินได้ ค่าเสื่อมราคาและค่าใช้จ่ายล่วงหน้าตัดบัญชี ไม่มีอิทธิพลต่อราคาตลาดหลักทรัพย์อย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาของ Sukhija (2014) [18] พบว่า อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงานมีผลกระทบทั้งในเชิงลบและเชิงบวกต่อราคาหุ้น อย่างไม่มีนัยสำคัญ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ligocká & Stavárek (2019) [19] พบว่า อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ดำเนินงาน ไม่มีอิทธิพลต่อราคาหุ้นออสเตรเลียและราคาหุ้นสวิสเซอร์แลนด์ ทั้งนี้ อาจเป็นไปได้ว่าราคาหลักทรัพย์มูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาด (Market Capitalization) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการนำมาคำนวณมูลค่า Enterprise Multiple และเป็นปัจจัยพื้นฐานที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนที่คาดหวัง แม้ว่าความสามารถในการทำกำไรจะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของราคาหลักทรัพย์ได้ แต่ยังไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับการประเมินมูลค่าหุ้นด้วย Enterprise Multiple ได้ และอาจเป็นไปได้ว่า การศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา สภาพแวดล้อมทางธุรกิจทั้งภายในและภายนอกกิจการ เช่น ประชากรศาสตร์ เศรษฐกิจ การเมือง เทคโนโลยี สภาพสังคม ข้อมูลลูกค้า ตลาดแรงงาน และผู้สนับสนุนด้านการเงินของกิจการ ที่ยังไม่ได้นำมาศึกษาในครั้งนี้

3. อัตรากำไรก่อนหักดอกเบี้ยและภาษี (EBIT) และอัตรากำไรสุทธิ (NPM) ไม่ได้นำเข้าสู่สมการการถดถอย เนื่องจากตัวแปรอิสระดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันในระดับมาก อาจเนื่องมาจากมีองค์ประกอบพื้นฐานการคำนวณหาค่าที่ใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดปัญหา Multicollinearity จึงไม่สามารถทำการพยากรณ์ได้

9. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในครั้งต่อไป

การศึกษาครั้งต่อไป ควรศึกษาอัตราส่วนทางการเงินของกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย หรือประเภทของอัตราส่วนทางการเงินอื่นๆ รวมถึงควรขยายช่วงระยะเวลาในการศึกษาให้กว้างขึ้น เพื่อให้ผลการศึกษามีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

10. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.เบญจพร โมกขะเวส อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์กับการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะบัญชี มหาวิทยาลัยศรีปทุมทุกท่าน ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

11. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, การออมครัวเรือนไทย ไตรมาสที่ 3 ปี 2561, ข้อมูลจาก http://www.nso.go.th/ sites/ 2014/DocLib13/ด้านสังคม/สาขารายได้/การออมภาคครัวเรือน/ไตรมาส_3_2561.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 พฤศจิกายน 2562).

[2] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, ข้อมูลจาก https://th.wikipedia.org/wiki/ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 พฤศจิกายน 2562).

[3] จิตเกษม พรประพันธ์, วัชรินทร์ ชินวรวัฒนา, พรชนกเทพขาม และชุติกา เกียรติเรืองไกร, ส่องกระจกมองอุตสาหกรรมไทยใน 1 ทศวรรษ, ข้อมูลจาก https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/articles/Pages/Article_06Dec2019.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 เมษายน 2563).

[4] กฤษฎา เสกตระกูล, วิเคราะห์หลักทรัพย์ด้วยตนเอง (17): เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลกำไรของบริษัทจดทะเบียน, ข้อมูลจาก https://www.set.or.th/set/education/knowledgedetail.do?contentId=717&type=article (วันที่สืบค้นข้อมูล 19 มีนาคม 2563).

[5] สถาบันพัฒนาความรู้ตลาดทุน (TSI) ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, ภาพรวมของการประเมินมูลค่าหุ้นสามัญ. ข้อมูลจาก https://www.set.or.th/yfs/main/download/YFS2017_YFSCamp_Inv_Reading02.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 ธันวาคม 2562).

[6] ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการบริหารกลุ่มหลักทรัพย์, ข้อมูลจาก https://www.set.or.th/yfs/main/download/YFS2017_YFSCamp_Inv_Reading03.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 พฤษภาคม 2563).

[7] ชยนนท์ รักกาญจนันท์, Efficient Market Theory ทฤษฎีที่ไม่มีจริงในโลกการลงทุน, ข้อมูลจาก http://www.iammmessenger.com/efficientmarket-theory-ทฤษฎีที่ไม่มีจริงใน/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 18 เมษายน 2563).

[8] สุภมาส อังศุโชติ, เทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร, ข้อมูลจาก https://www.stou.ac.th/offices/ore/info/cae/uploads/pdf/636366560441132172.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 18 เมษายน 2563).

[9] ปองภพ ศรีสวัสดิ์สกุล. 2554. การพยากรณ์ยอดขายธุรกิจค้าส่งเสื้อผ้าสำเร็จรูปนำเข้าขนาดเล็ก, น. 58. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

[10] Shrimal, K. 2015. An Empirical Study on Relationship between Selected Financial Measures and Market Value Added of Infrastructural Companies in India, Pacific Business Review International, Vol. 8, Issue 1, 19-23.

[11] ดารานาถ พรหมอินทร์. 2560. ความสัมพันธ์ของผลการดำเนินงานและคุณภาพกำไรต่อราคาตลาดหลักทรัพย์ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย กลุ่มอุตสาหกรรมเทคโนโลยี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

[12] Astuty, P. 2017. The Influence of Fundamental Factors and Systematic Risk to Stock Prices on Companies Listed in the Indonesian Stock Exchange. European Research Studies Journal, Vol. XX, Issue 4A, 230-240.

[13] อริษา สุรัสโม. 2554. ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงในระดับราคาหลักทรัพย์กับอัตราส่วนทางการเงิน บริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย กลุ่มพลังงานและสาธารณูปโภคบริการ. (การค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

[14] ชาลินี แสงสร้อย. 2558. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินกับราคาหลักทรัพย์ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย: กรณีศึกษากลุ่มอุตสาหกรรมบริการ. (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ).

[15] จิราพร เหง้าดา. 2561. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนทางการเงินกับผลตอบแทนจากการลงทุนในหลักทรัพย์ กรณีศึกษา บริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย กลุ่มธุรกิจพลังงานและสาธารณูปโภค, ข้อมูลจาก www.ba-abstract.ru.ac.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 พฤษภาคม 2563).

[16] Nalurita, F. 2016. Impact of EPS on Market Prices and Market Ration. Business and Entrepreneurial Review, Vol.15, No.2. 111-130.

[17] อรอุมา ต้นดี. 2558. ปัจจัยที่มีผลต่อราคาหลักทรัพย์ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย: กลุ่มอุตสาหกรรมเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร, น. 2150-2160. ในรายงานประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34 มหาวิทยาลัยขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

[18] Sukhija, S. 2014. An Explicit Model on Fundamental Factors Affecting Stock Prices of BSE Listed Companies in India: An Inter Industry Approach. European Journal of Business and Management, Vol.6, No.37. 196-202.

[19] Ligocká, M., & Stavárek, D. (2019). The Relationship between Financial Ratios and The Stock Prices of Selected European Food Companies Listed on Stock Exchanges. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Madelianae Brunensis, Vol.67 No.1. 299 – 307.

ID012

ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

Effects of Internal Control System in Accounting and Finance on the Performance Efficiency of Accountants in the Service Industry in the Central Region

สุธิดา เจริญผล[1*] และ ชลิต ผลอินทร์หอม[2]
Suthida Charoenphon[1] and Chalit Polinhom[2]

บทคัดย่อ

การศึกษา เรื่องผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความคุ้มค่า 2) ศึกษาผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความทันต่อเวลา 3) ศึกษาผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านคุณภาพของงบการเงินที่มีความครบถ้วน ปราศจากข้อผิดพลาด และ 4) ศึกษาผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ เจ้าหน้าที่บัญชีที่ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง จำนวน 400 ราย ใช้แบบสอบถาม (Questionnaires) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติวิเคราะห์ คือ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ผลวิจัย พบว่า ความคิดเห็นที่มีต่อระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.30 พิจารณารายด้าน พบว่า มากที่สุด คือ กิจกรรมการควบคุม ค่าเฉลี่ย 4.37 รองลงมา การติดตามและประเมินผล ค่าเฉลี่ย 4.33 รองลงมา การประเมินความเสี่ยง ค่าเฉลี่ย 4.30 รองลงมา สภาพแวดล้อมของการควบคุม ค่าเฉลี่ย 4.27 น้อยที่สุด คือ สารสนเทศและการสื่อสาร ค่าเฉลี่ย 4.24 และความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.32 พิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า มากที่สุด คือ คุณภาพของงบการเงิน ค่าเฉลี่ย 4.37 รองลงมา ความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน ค่าเฉลี่ย 4.35 รองลงมา ความคุ้มค่า ค่าเฉลี่ย 4.32 น้อยที่สุดคือ ความทันต่อเวลา ค่าเฉลี่ย 4.24 การทดสอบสมมติฐาน พบว่า สภาพแวดล้อมของการควบคุม การประเมินความเสี่ยง กิจกรรมการควบคุม สารสนเทศและการสื่อสาร การติดตามและประเมินผล ส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

คำหลัก ระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน, ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี, อุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

---

[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรบัญชีมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพฯ Email : oumka1992@gmail.com

[2] ดร.อาจารย์ที่ปรึกษา หลักสูตรบัญชีมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพฯ Email : chalit.po@spu.ac.th

ABSTRACT

A study of 'Effect of Internal Control System in Accounting and Finance on the Performance Efficiency of Accountants in the Service Industry in the Central Region' aims to explore the effect of Internal Control System in accounting and finance on performance efficiency of accountants with measuring 4 aspects including (1) cost-effectiveness; (2) timeliness; (3) correct, comprehensive and non-error financial statement; and (4) reliable financial reports. Four hundred (400) accountants currently work in service industries in central region are participated in this study. Questionnaire is used for collecting data. Analytic statistics used in this research include Frequency, Percentage, Mean, Standard deviation, and Multiple Regression Analysis. Results reveal that, overall, opinions of accountants work in service industries in central region toward Internal Control System in accounting and finance are at highest level (mean = 4.30). When considering in each aspect, the opinion of the respondents toward control activities is at highest level (mean = 4.37), followed by monitoring and evaluation (mean = 4.33), risk assessment (mean = 4.30), control environment (mean = 4.27), and information and communication (mean = 4.24), respectively. Additionally, opinions of accountants work in service industries in central region toward performance efficiency are at highest level (mean = 4.32). When considering in each aspect, the opinion of the respondents toward quality of financial statement is at highest level (mean = 4.37), followed by reliable financial reports (mean = 4.35), cost-effectiveness (mean = 4.32), and timeliness (mean = 4.24), respectively. Hypothesis testing shows that the aspects of control environment, risk assessment, control activities, information and communication, monitoring and evaluation have statistically significant effect on performance efficiency of accountants work in service industries in central region at 0.05.

Key words: Internal control system for accounting and finance, Performance of accountants, Service industry in central region

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมบริการเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งทางด้านเศรษฐกิจของโลก และเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานของประเทศไทยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ธุรกิจภาคบริการสามารถทำรายได้ในประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างสหรัฐอเมริกาสูงถึงร้อยละ 73 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศซึ่งแนวโน้มเช่นนี้เกิดขึ้นทั่วโลก การดำเนินธุรกิจในยุคการค้าเสรีไร้พรมแดน ส่งผลให้มีผู้สนใจลงทุนในกลุ่มอุตสาหกรรมการบริการเพิ่มขึ้น (ขวัญข้าว พูลเพิ่ม, ม.ป.ป., อ้างอิงจาก Walker, 2010) ภายใต้สภาวะแวดล้อมในยุคโลกาภิวัตน์ การเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดจนการปฏิรูประบบราชการในปัจจุบัน ส่งผลให้ทุกหน่วยงานทั้งภาคเอกชน ราชการและรัฐวิสาหกิจ ต้องมีการปรับตัวและกำหนดกลยุทธ์ในการปฏิบัติงานใหม่ รวมทั้งจัดหาเครื่องมือทางด้านการจัดการเข้ามาช่วยในการบริหารงานมากขึ้น ระบบควบคุมภายในเป็นกลไกพื้นฐานสำคัญอย่างยิ่งของกระบวนการกำกับดูแล และการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในองค์กร เพื่อให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ (เจริญ เจษฎาวัลย์, 2547, น. 24) ในการประกอบธุรกิจไม่ว่าจะเป็นองค์กรประเภทใดก็ตาม ผู้บริหารองค์กรย่อมมุ่งหวังที่จะให้การดำเนินงานประสบความสำเร็จตามบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ตั้งไว้ รวมทั้งมีความเจริญก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องและมั่นคงยิ่งขึ้น หากแต่โอกาสที่องค์กรจะประสบกับความเสี่ยง ความเสียหายจากทุจริตหรือสิ่งไม่พึงปรารถนาจากการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี

ที่อาจเกิดขึ้นได้ทุกเวลา การปฏิบัติงานมีความยุ่งยากซับซ้อน ประกอบกับสภาพแวดล้อมทางธุรกิจในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงและแข่งขันกันอย่างรุนแรง ผู้บริหารจึงต้องมีการวางแผนการปฏิบัติงานในขั้นตอนต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่แต่ละคนให้เป็นไปอย่างถูกต้อง เหมาะสม เพื่อป้อมปรามหลีกเลี่ยง หรือลดระดับความเสี่ยงลงให้น้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ ระบบการควบคุมภายในจึงมีความสำคัญและจำเป็นต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่อย่างมาก (จันทนา สาขากร, นิพันธ์ เห็นโชคชัยชนะ และ ศิลปะพร ศรีจั่นเพชร, 2554, น. 1-13) ซึ่งมาตรฐานการควบคุมภายใน COSO มีองค์ประกอบ 5 ด้าน คือ ด้านสภาพแวดล้อมของการควบคุมที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดโครงสร้าง นโยบาย ระเบียบ หลักเกณฑ์และข้อบังคับการรับเงิน การจ่ายเงินและการเก็บรักษาเงิน การส่งเสริมให้เจ้าหน้าที่บัญชีทุกคนเกิดจิตสำนึกในเรื่องความซื่อสัตย์ จริยธรรม ความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ด้านการประเมินความเสี่ยง ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงทางบัญชีและการเงิน เช่น เจ้าหน้าที่บัญชีท่านเดียวทำหน้าที่ทั้งการรับเงิน การจ่ายเงินและบันทึกบัญชี การปฏิบัติงานล่าช้าไม่เป็นปัจจุบัน ด้านกิจกรรมการควบคุม ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการควบคุมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี เพื่อคุณภาพของงบการเงิน และลดความเสียหายหรือความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น ด้านข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลข่าวสารทางบัญชีและการเงิน การเวียนแจ้งนโยบาย ระเบียบ หลักเกณฑ์ ข้อบังคับและวิธีปฏิบัติงานเกี่ยวกับการรับเงิน การจ่ายเงินและการเก็บรักษาเงินให้เจ้าหน้าที่บัญชีทราบเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อรายงานทางการเงินที่มีความน่าเชื่อถือให้ทั้งบุคคลภายใน ภายนอก และผู้มีส่วนได้เสีย และด้านการติดตามและประเมินผล ที่เกี่ยวข้องกับการติดตามผลในระหว่างการปฏิบัติงานและการประเมินผล องค์ประกอบทั้ง 5 ประการ มีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กัน เป็นสิ่งจำเป็นที่มีอยู่ในการปฏิบัติงานตามภารกิจเพื่อให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ คือ การปฏิบัติงานตามกฎระเบียบและข้อบังคับ การปฏิบัติงานเกิดประสิทธิผลและประสิทธิภาพใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า งบการเงินที่มีความครบถ้วนปราศจากข้อผิดพลาด รายงานทางการเงินน่าเชื่อถือต่อบุคคลภายใน ภายนอก และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถใช้รายงานทางการเงินประกอบการตัดสินใจได้ทันเวลา (สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน, ม.ป.ป., น. 1-19) จะเห็นได้ว่าระบบการควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี

ดังนี้ผู้วิจัยจึงศึกษาเรื่องผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบว่าเจ้าหน้าที่บัญชีมีความคิดเห็นเกี่ยวกับ ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ในการแบ่งแยกหน้าที่ การกำหนดให้มีผู้ควบคุม มีการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน มีวิธีป้องกันทรัพย์สินให้ปลอดภัย มีการใช้แบบฟอร์มและเอกสาร จัดให้มีการมอบอำนาจสั่งการ มีการอนุมัติ การควบคุมทางบัญชี การควบคุมโดยงบประมาณ และการตรวจสอบภายใน (จงกลณีย์ สุริยะวงศ์, 2551, น. 62-63) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในองค์ประกอบของมาตรฐานการควบคุมภายใน ประกอบด้วย สภาพแวดล้อมของการควบคุม การประเมินความเสี่ยง กิจกรรมการควบคุม สารสนเทศและการสื่อสาร และการติดตามประเมินผล (คณะกรรมการตรวจเงินแผ่นดิน, ม.ป.ป.) มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความคุ้มค่า คือ การปฏิบัติงานตามระบบควบคุมภายในส่งผลให้เจ้าหน้าที่บัญชีสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและสูญเปล่าน้อยที่สุด ด้านความทันต่อเวลา คือ การปฏิบัติงานตามระบบควบคุมภายใน ส่งผลให้เจ้าหน้าที่บัญชีสามารถปฏิบัติงานตามแผนการทำงานประสานสอดคล้องกับมาตรฐานที่องค์กรตั้งไว้ได้ทันตามกำหนดเวลา ด้านคุณภาพของงบการเงิน คือ การปฏิบัติงานตามระบบการควบคุมภายใน ส่งผลต่อความสามารถของเจ้าหน้าที่บัญชีในการจัดการรวบรวมข้อมูลได้อย่างถูกต้องปราศจากข้อผิดพลาด ตามกฎระเบียบข้อบังคับได้อย่างถูกต้องครบถ้วนและเป็นปัจจุบัน และด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน คือ การปฏิบัติงานตามระบบควบคุมภายใน ส่งผลให้เจ้าหน้าที่บัญชีสามารถนำเสนอข้อมูลทางการบัญชีที่มีความเที่ยงธรรม ตรงตามความเป็นจริงและมีความครบถ้วนถูกต้องตามหลักการบัญชี

รับรองทั่วไป หรือไม่ อย่างไร ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้เกิดแก่เจ้าหน้าที่บัญชีและองค์กรได้ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

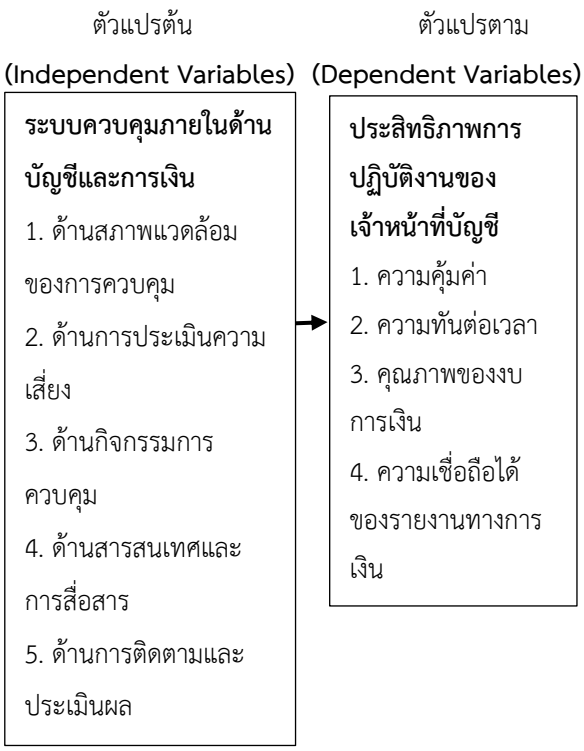
2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความคุ้มค่า

2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความทันต่อเวลา

2.3 เพื่อศึกษาผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านคุณภาพของงบการเงินที่มีความครบถ้วนปราศจากข้อผิดพลาด

2.4 เพื่อศึกษาผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานของการศึกษา

สมมติฐานข้อที่ 1 ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความคุ้มค่า ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

สมมติฐานข้อที่ 2 ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความทันต่อเวลา ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

สมมติฐานข้อที่ 3 ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านคุณภาพของงบการเงิน ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

สมมติฐานข้อที่ 4 ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) รูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ใช้แบบสอบถาม (Questionnaires) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสุ่มแบบอิสระ

5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ เจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง รวมทั้งสิ้น 34,179 ราย (ข้อมูลจากกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ณ วันที่ 31 ตุลาคม 2562 : เว็บไซต์) ผู้วิจัยใช้วิธีการกำหนดขนาดของตัวอย่างโดยการใช้สูตร ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) จากการใช้สูตรได้กลุ่มตัวอย่าง เป็นจำนวน 400 ตัวอย่าง (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2550, น.79)

ตารางที่ 1 จำนวนอุตสาหกรรมการบริการในเขตภาคกลาง

ลำดับ	ประเภทอุตสาหกรรม	จำนวนอุตสาหกรรม (แห่ง)	คำนวณ กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่าง (2คน/แห่ง)	ผู้ตอบแบบสอบถาม(คน)
1	ธุรกิจจัดนำเที่ยว	1,074	400*1074/14624	15	30
2	ธุรกิจการบริการที่พักแรม	211	400*211/14624	3	6
3	ธุรกิจโรงแรม รีสอร์ทและห้องชุด	580	400*580/14624	8	16
4	ธุรกิจการบริการด้านอาหารในภัตตาคาร/ร้านอาหาร	1,332	400*1332/14624	18	36
5	ธุรกิจการบริการด้านเครื่องดื่ม	126	400*126/14624	2	4
6	ธุรกิจขนส่ง	11,829	400*11829/14624	162	292
7	ธุรกิจจำหน่ายสินค้าของที่ระลึก	546	400*546/14624	8	16
	รวม	**14,624**		**216**	**400**

ที่มา : จำนวนอุตสาหกรรมจากกรมพัฒนาธุรกิจการค้า www.dbd.go.th ณ วันที่สืบค้นข้อมูล 1 เมษายน 2563

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นคำถามแบบปลายปิดเลือกคำตอบได้เพียงคำตอบเดียว (Check List) ตอนที่ 2 แบบสอบถามระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านสภาพแวดล้อมของการควบคุม (Control Environment) ด้านการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ด้านกิจกรรมการควบคุม (Control Activities) ด้านสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication) และด้านการติดตามและประเมินผล (Monitoring and Evaluation) เป็นแบบมาตรส่วนประกอบค่า (Rating Scale) แบบ 5 ระดับ ตอนที่ 3 แบบสอบถามระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง ประกอบด้วยประสิทธิภาพ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความคุ้มค่า (Worthiness) ด้านความทันต่อเวลา (Timeliness) ด้านคุณภาพของงบการเงิน (Qualitative of Financial Statements) และความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน (Reliability of Financial Reporting) แบบมาตรส่วนประกอบค่า (Rating Scale) แบบ 5 ระดับ และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบสอบถามที่ผู้ศึกษาได้ทำการสร้างขึ้น พบว่าแบบสอบถามทุกส่วนมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ทุกส่วน และพบว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) มากกว่า 0.7 ทุกส่วน จึงถือว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่น สามารถนำไปใช้ในการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ชุด และทำการตรวจสอบความถูกต้อง ครบถ้วน และความสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้รับ 400 ฉบับ ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ตอบสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 92.59 เมื่อเปรียบเทียบกับแบบสอบถามที่ส่งไปยังกลุ่มตัวอย่าง (ดังตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Aaker, Kumar and Day (2001) ได้เสนอว่า การส่งแบบสอบถามต้องมีอัตราการตอบกลับอย่างน้อยร้อยละ 20 จึงจะถือว่ายอมรับได้

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางประชากรศาสตร์ โดยการแจกแจงความถี่ (Frequency) และการแสดงค่าร้อยละ (Percentage) ตามข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

7.2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน และระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี

7.3 ใช้สถิติทดสอบสมมติฐานการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อทดสอบสมมติฐานของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

8. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่อง “ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง” สรุปได้ดังนี้ ผลการวิจัย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุต่ำกว่า 30 ปี สถานภาพโสด การศึกษาระดับปริญญาตรี รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-40,000 บาท มีประสบการณ์การทำงาน 3-6 ปี

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับความคิดเห็นของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

ระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน	ค่า $\bar{X}$	ค่า S.D.	ระดับความคิดเห็น	จัดอันดับ
1. สภาพแวดล้อมของการควบคุม	4.27	0.50	มากที่สุด	4
2. การประเมินความเสี่ยง	4.30	0.48	มากที่สุด	3
3. กิจกรรมการควบคุม	4.37	0.52	มากที่สุด	1
4. สารสนเทศและการสื่อสาร	4.24	0.42	มากที่สุด	5
5. การติดตามและประเมินผล	4.33	0.56	มากที่สุด	2
รวม	**4.30**	**0.44**	**มากที่สุด**	

จากตารางที่ 2 พบว่า ระดับความคิดเห็นของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.30 (SD = 0.44) เมื่อพิจารณารายด้านโดยเรียงลำดับของค่าเฉลี่ย พบว่า มากที่สุด คือ ด้านกิจกรรมการควบคุม ค่าเฉลี่ย 4.37 (SD = 0.52) รองลงมา คือ ด้านการติดตามและประเมินผล ค่าเฉลี่ย 4.33 (SD = 0.56) รองลงมา คือ ด้านการประเมินความเสี่ยง ค่าเฉลี่ย 4.30 (SD = 0.48) รองลงมา คือ ด้านสภาพแวดล้อมของการควบคุม ค่าเฉลี่ย 4.27 (SD = 0.50) และด้านสารสนเทศและการสื่อสาร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 4.24 (SD = 0.42)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับความคิดเห็นของประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี	ค่า $\bar{X}$	ค่า S.D.	ระดับความคิดเห็น	จัดอันดับ
1. ความคุ้มค่า	4.32	0.54	มากที่สุด	3
2. ความทันต่อเวลา	4.24	0.65	มากที่สุด	4
3. คุณภาพของงบการเงิน	4.37	0.56	มากที่สุด	1
4. ความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน	4.35	0.56	มากที่สุด	2
รวม	**4.32**	**0.45**	**มากที่สุด**	

จากตารางที่ 3 พบว่า ระดับความคิดเห็นของประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 (SD = 0.45) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน โดยเรียงลำดับของค่าเฉลี่ย พบว่า มากที่สุด คือ คุณภาพของงบการเงิน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 (SD = 0.56) รองลงมา คือ ความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 (SD = 0.56) รองลงมา คือ ความคุ้มค่า ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 (SD = 0.54) และ น้อยที่สุดคือ ความทันต่อเวลา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 (SD = 0.65)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง ด้านความคุ้มค่า

ระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน	Standardized Coefficients	t	Sig.
1. สภาพแวดล้อมการควบคุม	-0.107	-2.508	0.013*
2. การประเมินความเสี่ยง	0.226	4.173	0.000*
3. กิจกรรมการควบคุม	0.472	7.961	0.000*
4. สารสนเทศและการสื่อสาร	0.092	1.770	0.078
5. การติดตามและประเมินผล	0.140	2.806	0.005*

ค่าสำคัญทางสถิติ : n = 400 , R = 0.603 , R^2 = 0.598 , F = 119.516 , Sig = 0.000 *นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์การถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.603 โดยสามารถพยากรณ์ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความคุ้มค่าได้มากถึงร้อยละ 59.8 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณรายด้าน พบว่า สภาพแวดล้อมการควบคุม (β = -0.107) การประเมินความเสี่ยง (β = 0.226) กิจกรรมการควบคุม (β = 0.472) และการติดตามและประเมินผล (β = 0.140) ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลางด้านความคุ้มค่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนสารสนเทศและการสื่อสาร (β = 0.092) ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลางด้านความคุ้มค่า ดังนั้น ผู้วิจัยจึงยอมรับตามสมมติฐานข้อที่ 1 ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความคุ้มค่า ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง ด้านความทันต่อเวลา

ระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน	Standardized Coefficients	t	Sig.
1. สภาพแวดล้อมการควบคุม	0.060	1.324	0.186
2. การประเมินความเสี่ยง	0.236	4.114	0.000*
3. กิจกรรมการควบคุม	0.306	4.873	0.000*
4. สารสนเทศและการสื่อสาร	0.144	2.616	0.009*
5. การติดตามและประเมินผล	0.111	2.109	0.036

ค่าสำคัญทางสถิติ : n = 400 , R = 0.555 , R^2 = 0.549 , F = 98.290 , Sig = 0.000 *นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์การถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.555 โดยสามารถพยากรณ์ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความทันต่อเวลาได้มากถึงร้อยละ 54.9 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณรายด้าน พบว่า การประเมินความเสี่ยง (β = 0.236) การกิจกรรมการควบคุม (β = 0.306) และสารสนเทศและการสื่อสาร (β = 0.144) ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลางด้านความทันต่อเวลา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนสภาพแวดล้อมการควบคุม (β = 0.060) และการติดตามและประเมินผล (β = 0.111) ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลางด้านความทันต่อเวลา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงยอมรับตามสมมติฐานข้อที่ 2 ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความทันต่อเวลา ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง ด้านคุณภาพของงบการเงิน

ระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน	Standardized Coefficients	t	Sig.
1. สภาพแวดล้อมการควบคุม	0.063	1.502	0.134
2. การประเมินความเสี่ยง	0.362	6.786	0.000*
3. กิจกรรมการควบคุม	0.296	5.062	0.000*
4. สารสนเทศและการสื่อสาร	-0.022	-0.427	0.669
5. การติดตามและประเมินผล	0.196	3.984	0.000*

ค่าสำคัญทางสถิติ : n = 400 , R = 0.614 , R^2 = 0.609 , F = 125.147 , Sig = 0.000 *นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์การถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.614 โดยสามารถพยากรณ์ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านคุณภาพของงบการเงินได้มากถึงร้อยละ60.9 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณรายด้านพบว่า การประเมินความเสี่ยง (β = 0.362) การกิจกรรมการควบคุม (β = 0.296) และการติดตามและประเมินผล (β = 0.196) ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ด้านคุณภาพของงบการเงิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนสภาพแวดล้อมการควบคุม (β = 0.063) และสารสนเทศและการสื่อสาร (β = -0.022) ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลางด้านคุณภาพของงบการเงิน ดังนั้นผู้วิจัยจึงยอมรับตามสมมติฐานข้อที่ 3 ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านคุณภาพของงบการเงิน ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง ด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน

ระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน	Standardized Coefficients	t	Sig.
1. สภาพแวดล้อมการควบคุม	0.150	3.236	0.001*
2. การประเมินความเสี่ยง	0.251	4.273	0.000*
3. กิจกรรมการควบคุม	0.076	1.175	0.241
4. สารสนเทศและการสื่อสาร	0.219	3.868	0.000*
5. การติดตามและประเมินผล	0.170	3.129	0.002*

ค่าสำคัญทางสถิติ : n = 400 , R = 0.532 , R^2 = 0.526 , F = 89.494 , Sig = 0.000 *นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์การถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.532 โดยสามารถพยากรณ์ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงินได้มากถึงร้อยละ 52.6 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณรายด้าน พบว่า สภาพแวดล้อมการควบคุม (β = 0.150) การประเมินความเสี่ยง (β = 0.251) สารสนเทศและการสื่อสาร (β = 0.219) และการติดตามและประเมินผล (β = 0.170) ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลางด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนกิจกรรมการควบคุม (β = 0.076) ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี ในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลางด้านความเชื่อถือได้

ของรายงานทางการเงิน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงยอมรับตามสมมติฐานข้อที่ 4 ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงินในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง

9. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง ผลกระทบของระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง เจ้าหน้าที่บัญชีมีความคิดเห็นด้วยเกี่ยวกับระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินโดยรวมทั้ง 5 ด้าน ประกอบด้วย สภาพแวดล้อมของการควบคุม การประเมินความเสี่ยง กิจกรรมการควบคุม สารสนเทศและการสื่อสาร และการติดตามและประเมินผล อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากเจ้าหน้าที่บัญชีให้ความสำคัญกับการปฏิบัติงานตามระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากในการปฏิบัติงานและเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการบริหารงาน เพื่อให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีมีประสิทธิภาพบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ด้านความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและสูญเปล่าน้อยที่สุด ด้านความทันต่อเวลา สามารถจัดทำรายงานการเงินให้ผู้มีส่วนได้เสียใช้ในการประกอบการตัดสินใจได้ทันเวลา ด้านคุณภาพของงบการเงินที่มีความครบถ้วน ลดข้อผิดพลาดหรือปราศจากข้อผิดพลาด และด้านความเชื่อถือได้ของรายงานทางการเงิน ข้อมูลทางการบัญชีที่มีความเที่ยงธรรม ตรงตามความเป็นจริงและมีความครบถ้วนถูกต้องตามหลักการบัญชีรับรองทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุพงศ์ คล้ายขำ (2560, น. 75) ได้ทำการศึกษาเรื่อง อิทธิพลของการควบคุมภายในที่มีต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของข้าราชการและพนักงานราชการ กรมการเงินทหารอากาศ พบว่า การควบคุมภายในของกรมการเงินทหารอากาศ อยู่ในระดับดีมาก และผลการทดสอบยอมรับสมมติฐาน เนื่องจากข้าราชการและพนักงานราชการกรมการเงินทหารอากาศ ได้ให้ความสำคัญกับการควบคุมภายในซึ่งการควบคุมภายในนั้นส่งผลให้เจ้าหน้าที่บัญชีมีระบบการป้องกันที่ดี มีการจัดการความเสี่ยงที่ดี ซึ่งการจัดการความเสี่ยงที่ดีนั้นเกิดมาจากการมีระบบการควบคุมภายในที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจากการศึกษา กรมการเงินทหารอากาศมีระบบการควบคุมภายใน อยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าหน่วยงานที่มีการควบคุมภายในที่ดีก็จะส่งผลให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีออกมาดี และประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานของข้าราชการกรมการเงินทหารอากาศอยู่ในระดับดีมาก และผลการทดสอบยอมรับสมมติฐาน เนื่องจากข้าราชการและพนักงานราชการ กรมการเงินทหารอากาศ ได้ให้ความสำคัญและมีการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความถูกต้องแม่นยำ ด้านความโปร่งใส ด้านความประหยัดค่าใช้จ่าย ด้านความรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ ในเรื่องของการควบคุมภายใน ทำให้ทราบว่ายิ่งเจ้าหน้าที่บัญชีของหน่วยงานให้ความสำคัญในเรื่องของการควบคุมภายในมากเท่าไร ก็จะส่งผลให้มีระบบการป้องกันที่ดีและลดความเสี่ยงหรือผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นมากตามไปด้วย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนพัฒน์ ขันกฤษณ์ (2560, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลกระทบของการควบคุมภายในที่มีต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของข้าราชการและพนักงานราชการกรมการเงินทหารบก พบว่า ผลกระทบของการควบคุมภายในในทุกด้าน อันได้แก่ สภาพแวดล้อมการควบคุม การประเมินความเสี่ยง กิจกรรมการควบคุม สารสนเทศและการสื่อสาร และการติดตามและประเมินผล มีผลกระทบต่อกัน และสามารถร่วมพยากรณ์ประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของข้าราชการและพนักงานราชการกรมการเงินทหารบก ได้ร้อยละ 92.20 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ 0.210 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และผลการทดสอบสมมติฐานสอดคล้องกับงานวิจัย พบว่า การควบคุมภายใน มีผลกระทบเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ยิ่งเจ้าหน้าที่บัญชีมีการควบคุมภายในในแต่ละด้าน จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ ด้านการจัดหาทรัพยากร ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน และด้านความพอใจของทุกฝ่าย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลณี ด่านทองหลาง (2560, น. 62-63) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลกระทบของระบบการควบคุมภายในต่อผลการดำเนินงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัด

นครราชสีมา พบว่า ความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบงานโดยรวมอยู่ในระดับมาก และระบบการควบคุมภายในด้านสภาพแวดล้อมของการควบคุม ด้านการประเมินความเสี่ยง ด้านกิจกรรมการควบคุม ด้านสารสนเทศและการสื่อสาร และด้านการติดตามประเมินผล ส่งผลกระทบต่อผลการดำเนินงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดนครราชสีมา พบว่า เจ้าหน้าที่บัญชีปฏิบัติงานตามระบบการควบคุมภายใน ส่งผลให้เจ้าหน้าที่บัญชีมีประสิทธิภาพการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้นตามวัตถุประสงค์ขององค์กร ด้านดำเนินงานมีประสิทธิภาพประสิทธิผล ด้านรายงานการเงินมีความน่าเชื่อถือ และด้านการปฏิบัติตามกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ อย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพรรณ นงนุช (2551, บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาระบบการควบคุมภายใน พบว่า การที่องค์กรให้ความสำคัญในเรื่องของข้อมูลในการกำหนดการจัดฝึกอบรม ให้ความรู้ความเข้าใจและพัฒนาเจ้าหน้าที่บัญชีให้เห็นถึงความสำคัญของระบบการควบคุมภายใน และปฏิบัติตามระบบควบคุมภายในจะทำให้เจ้าหน้าที่บัญชีสามารถปฏิบัติงานได้ดียิ่งขึ้น สามารถจัดทำรายงานได้ถูกต้องตามระเบียบที่กำหนด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นวพร ศรีสวาท (2557, น. 90-94) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลกระทบของคุณภาพการควบคุมภายในทางการเงินที่มีต่อประสิทธิผลองค์กรขององค์การบริหารส่วนตำบลในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง พบว่า คุณภาพการควบคุมภายในทางการเงิน ความคิดเห็นของผู้ปฏิบัติงานโดยรวม อยู่ในระดับมาก ผู้ปฏิบัติงานมีความคิดเห็นด้วยของการควบคุมภายในทางการเงินนั้นมีบทบาทสำคัญมากในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชี การปฏิบัติงานตามระบบควบคุมภายใน จะส่งผลให้การจัดการทางการเงินมีประสิทธิภาพสามารถป้องกันทรัพย์สินให้ปลอดภัยจากการทุจริต และข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นของระบบข้อมูลสารสนเทศทางการเงินมีความสมบูรณ์เพียงพอที่จะให้มีรายงานที่ถูกต้องเชื่อถือได้ ทันเวลาต่อการตัดสินใจ และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงภายในหรือการเปลี่ยนแปลงภายนอกองค์กร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมใจ พวงนิล (2554, น. 91-98) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลกระทบของการควบคุมภายในทางการบัญชีที่มีต่อประสิทธิภาพการรายงานทางการเงินของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พบว่า ความคิดเห็นเกี่ยวกับการควบคุมภายในทางการบัญชีมีผลต่อประสิทธิภาพการรายงานทางการเงินโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากการควบคุมภายในทางการบัญชีเป็นเรื่องสำคัญ การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีโดยการแบ่งแยกหน้าที่ความรับผิดชอบที่ชัดเจน การกระทบยอดบัญชีย่อย การสอบทานงบการเงิน การประยุกต์ใช้มาตรฐานการปฏิบัติงาน จะทำให้เจ้าหน้าที่บัญชีสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถรายงานทางการเงินได้อย่างความถูกต้อง เชื่อถือได้และทันต่อเวลาในการประกอบการตัดสินใจของผู้มีส่วนได้เสีย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Spekle, Eltem and Kruis (2007 : 102-124) กล่าวว่า ปัจจัยที่องค์กรตัดสินใจให้มีระบบการควบคุมภายในและตรวจสอบภายใน เนื่องจากต้องการให้เจ้าหน้าที่บัญชีสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้หลักฐานข้อมูลทางบัญชีที่โปร่งใส สามารถตรวจสอบได้ และทำให้งบการเงินเกิดความน่าเชื่อถือต่อบุคคลที่มีส่วนได้เสียหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง

10. ข้อเสนอแนะ

10.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้บุคลากรในองค์กรตระหนักถึงความสำคัญของการควบคุมภายใน เพื่อให้การปฏิบัติงานมีความถูกต้อง ครบถ้วน ตรวจสอบได้ และทันต่อเวลา

10.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

10.2.1 ควรศึกษาระบบควบคุมภายในด้านบัญชีและการเงินที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่บัญชีในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น เกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง เทคโนโลยี เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

10.2.2 ควรศึกษาวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบอื่นๆ นอกเหนือจากแบบสอบถาม เช่น การสัมภาษณ์แบบเจาะลึกรายบุคคล เป็นต้น ทำให้ได้ข้อมูลอย่างละเอียดครบถ้วน เจาะลึกหัวข้อเฉพาะที่มีความสนใจ เพื่อทำให้เกิดเข้าใจข้อมูลระหว่างกันได้ดียิ่งขึ้น และก่อให้เกิดผลการวิจัยที่มีคุณภาพและน่าเชื่อถืออย่างสูงสุด

11. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. 2563. จำนวนอุตสาหกรรมการบริการเขตภาคกลาง,ข้อมูลจาก www.dbd.go.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 เมษายน 2563).

[2] กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. 2547. ระเบียบกระทรวงมหาดไทยว่าด้วยการรับเงิน การเบิกจ่ายเงิน การฝากเงิน การเก็บรักษาเงินและการตรวจเงินขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2547, กรุงเทพ.

[3] กัลณี ด่านทองหลาง. 2560. ผลกระทบของระบบการควบคุมภายในต่อผลการดำเนินงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดนครราชสีมา, น. 62-63. การค้นคว้าแบบอิสระ บัญชีมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา.

[4] ขวัญข้าว พูลเพิ่ม. ม.ป.ป. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการบริการ. John R. Walker, Introduction to Hospitality Management (3), United States: Pearson Prentice Hall.

[5] จงกลณีย์ สุริยะวงศ์. 2551. แนวทางการควบคุมภายในทางการเงินและบัญชีของเทศบาลตำบล ในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่, น. 62-63. การค้นคว้าแบบอิสระ บัญชีมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[6] จันทนา สาขากร, นิพันธ์ เห็นโชคชัยชนะ และ ศิลปพร ศรีจั่นเพชร. 2554. การตรวจสอบภายในและการควบคุมภายใน, น. 1-13. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

[7] เจริญ เจษฎาวัลย์. 2547. การตรวจสอบภายใน, น. 24. พอดี, นนทบุรี.

[8] ธนพัฒน์ ขันกฤษณ์. 2560. ผลกระทบของการควบคุมภายในที่มีต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของข้าราชการและพนักงานราชการกรมการเงินทหารบก, บทคัดย่อ. การค้นคว้าแบบอิสระ บัญชีมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ.

[9] นวพร ศรีสวาท. 2557. ผลกระทบของคุณภาพการควบคุมภายในทางการเงินที่มีต่อประสิทธิผลองค์กรขององค์การบริหารส่วนตำบลในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง, น. 90-42. วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัญชีมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

[10] พรพรรณ นงนุช. 2551. ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาระบบการควบคุมภายใน, บทคัดย่อ. การค้นคว้าแบบอิสระ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, นครปฐม.

[11] ยุทธ ไกยวรรณ์. 2550. การวิจัยเพื่อการบริหารงานอุตสาหกรรม, น.79. ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ, กรุงเทพฯ.

[12] สมใจ พวงนิล. 2554. ผลกระทบของการควบคุมภายในทางการบัญชีที่มีต่อประสิทธิภาพการรายงานทางการเงินของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, น.91-98. วิทยานิพนธ์ บัญชีมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

[13] สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน. แนวทางการจัดวางระบบการควบคุมภายในและการประเมินผลการควบคุมภายใน, น. 1-19. โรงพิมพ์ชิสเต็ม โฟร์ กราฟฟิคส์, กรุงเทพฯ.

[14] อนุพงศ์ คล้ายขำ. 2560. อิทธิพลของการควบคุมภายในที่มีต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของข้าราชการและพนักงานราชการ กรมการเงินทหารอากาศ, น. 75. การค้นคว้าแบบอิสระ บัญชีมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ.

[15] Aaker, D.A., V. Kumar and G.S. Day. 2001. Marketing Research. 7th ed, John Wiley and Sons, New York.

[16] Spekle, R.F., Elten, H.J., and Kruis, A.M. 2007. Sourcing of internal auditing : an empirical study. Management Accounting Research. 18 : 102-124.

ID049

คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชี ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

Desirable characteristics of an accountant affecting the success of an accountant's work in Bangkok and its vicinity

พรรณิภา เสือก้อน[1*] และ ดร.เบญจพร โมกขะเวส[2]
[1]หลักสูตรบัญชีมหาบัณฑิต คณะบัญชี มหาวิทยาลัยศรีปทุม
[2]อาจารย์ประจำ คณะบัญชี มหาวิทยาลัยศรีปทุม
[*]E-mail: punnipa.suekorn@gmail.com

Punnipa Suekorn[1*] and Dr.Benjaporn Mokkhaveasa[2]
[1]Master of Accountancy Program, Faculty School of Accountancy, Sripatum University.
[2]Full-time Lecturer, Faculty of Accountancy, Sripatum University
[*]E-mail: punnipa.suekorn@gmail.com

บทคัดย่อ

นักบัญชีมีบทบาทสำคัญต่อการบริหารจัดการภายในองค์กร ทั้งการให้ข้อมูลแก่ฝ่ายบริหาร เพื่อใช้ในการตัดสินใจดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจต่างๆ โดยข้อมูลที่ได้รับจากนักบัญชี จะต้องเป็นข้อมูลที่ถูกต้อง ทันเวลาและสามารถสะท้อนภาพดำเนินงานที่แท้จริงขององค์กร การศึกษาคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชี จะเป็นแนวทางให้นักศึกษาผู้สำเร็จการศึกษาทางการบัญชี หรือนักบัญชีได้พัฒนาตนเอง ให้มีคุณสมบัติเป็นที่ต้องการขององค์การ การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล กลุ่มตัวอย่าง คือ นักบัญชีซึ่งเป็นพนักงานที่อยู่ในสำนักงานบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 338 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษา พบว่า 1) คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ และด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชีมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ และด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชีมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4) คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ และด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชีมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ความสำเร็จในการปฏิบัติงาน นักบัญชี

Abstract

Accountants play a vital role in the management within an organization. Accountants provide exact information to the management in making decisions about conducting business activities and business creates its perimeter with the information provided by the accountants. The information must be correct, timely and able to reflect the actual performance of the organization. A study of the desirable characteristics of an accountant that affects the success of an accountant will be a guide for students who are graduated in accounting or a professional accountant who has developed himself to have the required

qualifications desired by the organization. This research had the objective to study the desirable characteristics of an accountant that affect the success of an accountant's work in Bangkok and its vicinity. The sample for this study were the accountants who were employees in the accounting firms in Bangkok and its perimeter mainly. The sample consisted of 338 persons. The instrument used for data collection was a questionnaire. The statistics used for data analysis consisted of frequency, percentage, mean, standard deviation and the testing of the hypothesis by using multiple regression analysis by determining the significance level statistically at the level of 0.05. The results of the study showed that 1. The desired characteristics of the accountants professionally were found ethically effective to the success of the operations in achieving success with statistical significance at the level of 0.05. 2. Desirable characteristics of the accountants related to information technology, professional ethics and accounting related laws were found effective for the success in the operation of the procurement and use of resources with statistical significance at the level of 0.05. 3 .Desirable characteristics of the accountants related to information technology, professional ethics, and accounting-related laws had an impact on operational success, operational processes with statistical significance at the level of 0.05.and4.Desirable characteristics of the accountants related to information technology, professional ethics and accounting related laws were found effective to the success of the satisfactory work for all parties with statistical significance at the level of 0.05.

Key words: Desirable accountant characteristics, Performance achievement, Accountant

บทนำ

นักบัญชีถือเป็นหนึ่งอาชีพที่ต้องอาศัยความรู้ความสามารถเฉพาะทาง ดังนั้น นักบัญชีจึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการบริหารจัดการภายในองค์กรมากกว่าในอดีต ในฐานะที่เป็นผู้ที่สามารถให้ข้อมูลแก่ฝ่ายบริหารเพื่อใช้ในการตัดสินใจดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจต่าง ๆ โดยข้อมูลที่ได้รับจากนักบัญชีนั้นจะต้องเป็นข้อมูลที่ถูกต้องทันเวลาและสามารถสะท้อนภาพดำเนินงานที่แท้จริงขององค์กรได้ (สุรินทร์ ภักดี, 2557, หน้า 96) สอดคล้องกับงานวิจัยของกมลภู สันทะจักร (2560, บทคัดย่อ) ที่ระบุว่า คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ได้แก่ ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านภาษาอังกฤษ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี ด้านการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา และงานวิจัยของกัญฐณา ดิษฐ์แก้ว (2561, หน้า 4) ที่ระบุว่าคุณสมบัติของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ประกอบด้วย ด้านความรู้ความสามารถในวิชาชีพการบัญชี ด้านความรู้พื้นฐานที่ส่งผลต่อการทำงาน ด้านความรู้ทั่วไปและด้านจรรยาบรรณทางวิชาชีพ นอกจากนี้ ผู้ทำบัญชีที่จะมีความตั้งใจในการปฏิบัติหน้าที่อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพได้นั้น ต้องมีความผูกพันต่อวิชาชีพที่ตนปฏิบัติงานอยู่และสิ่งที่ผู้ทำงานในทุกสาขาวิชาชีพต้องการคือความสำเร็จในการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นพลังสำคัญของบุคคลที่ส่งผลต่อความสำเร็จขององค์กร ดังนั้นผู้ทำบัญชีจึงต้องมีการพัฒนาตนเองไปสู่ความสำเร็จในการปฏิบัติงาน (พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์, 2546, หน้า 43-64) ในการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีประเด็นต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยเห็นสอดคล้องกับงานวิจัยของกมลภู สันทะจักร (2560, บทคัดย่อ) ที่ระบุว่า คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ได้แก่ ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านภาษาอังกฤษ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี ด้านการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา และงานวิจัยของกานดา แซ่หลิว (2562, บทคัดย่อ) ที่ศึกษาศักยภาพทางการบัญชีที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชี โดยใช้ศักยภาพทางการบัญชี ได้แก่ 1) ด้านความรู้ในวิชาชีพ 2) ด้านทักษะทางวิชาชีพ 3) ด้านคุณค่าแห่งวิชาชีพ 4) ด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ และ 5) ด้านเจตคติ และใช้ความสำเร็จในการปฏิบัติงาน ได้แก่ 1) ด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ 2) ด้านการจัดหาและการใช้ปัจจัยทรัพยากร 3) ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน และ 4) ด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงของประเทศไทย จึงเป็นศูนย์รวมทั้งในด้านการบริหารและศูนย์รวมของภาคเศรษฐกิจของประเทศทั้งภาคธุรกิจและพาณิชยกรรม การคมนาคม การท่องเที่ยว และเทคโนโลยีต่าง ๆ ทำให้

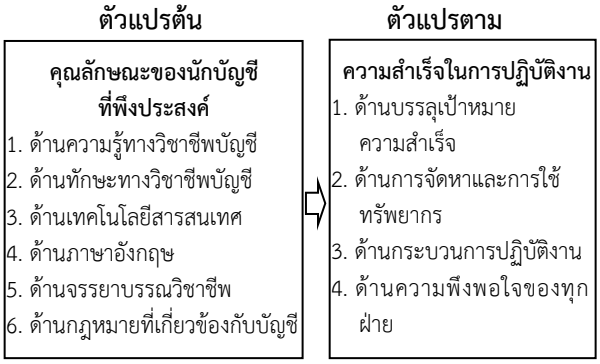
ประชากรหลั่งไหลเข้ามาอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น ส่งผลให้กรุงเทพมหานครขยายตัวอย่างรวดเร็ว และขยายตัวไปยังพื้นที่จังหวัดต่าง ๆ ในเขตปริมณฑล ได้แก่ นนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี สมุทรสาคร และสมุทรปราการซึ่งกรุงเทพมหานครและปริมณฑลนับว่าเป็นเขตเศรษฐกิจที่มีความเจริญที่สุด และเป็นศูนย์กลางการปกครอง การบริหารราชการ การเงิน พาณิชยกรรม มีการลงทุนภาคอุตสาหกรรมมาก ความต้องการบุคลากรในการปฏิบัติงานในหน้าที่บัญชีที่สถานประกอบการแต่ละแห่งย่อมมีความต้องการเกี่ยวกับคุณสมบัติ คุณวุฒิ ความรู้และทักษะสำหรับการปฏิบัติงานบัญชีของบุคลากรแตกต่างกัน นักบัญชี นักศึกษาหรือสถานศึกษาจึงจำเป็นที่จะต้องทราบความต้องการจากสถานประกอบการว่าต้องการนักบัญชีที่ดีที่มีคุณลักษณะอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเตรียมความพร้อมของนักศึกษาก่อนจะสำเร็จการศึกษาและการปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการเป็นแนวทางในการพัฒนาตนเองในด้านต่าง ๆ (มหาวิทยาลัยทักษิณ, ออนไลน์)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และเพื่อศึกษาคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล อันจะเป็นแนวทางให้นักศึกษาผู้สำเร็จการศึกษาทางการบัญชีหรือนักบัญชีได้พัฒนาตนเองให้มีคุณสมบัติเป็นที่ต้องการของสถานประกอบการ สถาบันการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการวางแผนจัดการศึกษาการพัฒนาหลักสูตร การจัดทำแผนการเรียนการสอน จัดการเรียนการสอนอย่างเหมาะสมให้นักศึกษามีคุณลักษณะตรงตามความต้องการและเป็นที่พึงพอใจของสถานประกอบการ ผู้ประกอบการสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อการพิจารณาคัดเลือกบุคลากรทางบัญชีเข้ามาปฏิบัติงานในตำแหน่งงานอย่างเหมาะสมก่อให้เกิดประสิทธิผลและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานบัญชี ตลอดจนมีบุคลากรที่มีความพร้อมเพื่อเป็นกำลังสนับสนุนและแรงขับเคลื่อนสำคัญนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายของธุรกิจต่อไป จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ในการปฏิบัติงานขององค์กร รัฐวิสาหกิจ และหน่วยงานราชการในประเทศไทย เพื่อให้นักบัญชีของหน่วยงานดังกล่าวในประเทศไทยสามารถปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง จนเป็นที่ยอมรับของหน่วยงานภายในและภายนอกประเทศ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาระดับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
2. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

กรอบแนวคิดในการศึกษา



รูป 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

สมมติฐานของการศึกษา

สมมติฐานที่ 1 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

สมมติฐานที่ 2 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากรของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

สมมติฐานที่ 3 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

สมมติฐานที่ 4 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่ายของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ นักบัญชีซึ่งเป็น

พนักงานที่อยู่ในสำนักงานบัญชี ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยใช้ข้อมูลของสำนักงานบัญชีที่ขึ้นทะเบียนต่อกรมพัฒนาธุรกิจการค้า และมีสถานประกอบการอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีจำนวนรวม 2,721 คน (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2563, ออนไลน์)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักบัญชีซึ่งเป็นพนักงานที่อยู่ในสำนักงานบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 338 คน โดยใช้การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามตาราง Krejcie and Morgan (1970) และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ จำแนกนักบัญชีที่อยู่ในสำนักงานบัญชีแต่ละจังหวัดและกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นนักบัญชีที่อยู่ในสำนักงานบัญชี แห่งละ 1 คน โดยเทียบบัญญัติไตรยางศ์ จำแนกออกเป็น กรุงเทพมหานคร จำนวน 250 คน นครปฐม จำนวน 7 คน นนทบุรี จำนวน 33 คน ปทุมธานี จำนวน 19 คน สมุทรปราการ จำนวน 24 คน และสมุทรสาคร จำนวน 5 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามสร้างจากกรอบแนวความคิดเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 4 ตอน

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ทำงาน

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ ความรู้ทางวิชาชีพบัญชี ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชีด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านภาษาอังกฤษ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความสำเร็จในการปฏิบัติงาน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ ด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด

โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) จากนั้นนำผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.6-1.00 ซึ่งข้อคำถามทั้งหมดเป็นไปตามวัตถุประสงค์ สามารถนำมาใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการจัดส่งแบบสอบถาม จำนวน 338 ฉบับ ตามชื่อที่อยู่ของสำนักงานบัญชีของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยแนบซองจดหมาย ติดแสตมป์ ตอบกลับไปพร้อมกับแบบสอบถาม ซึ่งกำหนดให้ส่งจดหมายตอบไปรษณีย์ภายใน 15 วัน หลังจากได้รับแบบสอบถามเมื่อครบกำหนด 15 วัน ได้รับแบบสอบถามคืนมา 112 ฉบับ จากนั้นจึงได้ดำเนินการจัดส่งแบบสอบถามทางออนไลน์ให้กับสำนักงานบัญชีกลุ่มเดิมที่ยังไม่ได้ตอบกลับมา จำนวน 226 ฉบับ เมื่อครบกำหนด 15 วัน ได้รับแบบสอบถามคืนมา จำนวน 226 ฉบับ ภายหลังจากการตอบแบบสอบถามเสร็จสิ้น ทำการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมบูรณ์และความครบถ้วนในเนื้อหาของแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมาทั้งสิ้น 338 ฉบับ ซึ่งมีแบบสอบถามที่ตอบสมบูรณ์ จำนวน 338 ฉบับ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ใช้สถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ และค่าร้อยละ 2) การวิเคราะห์ระดับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์และความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ 3) การทดสอบสมมติฐานคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของนักบัญชี จำนวน 338 คน

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศหญิง	287	84.90
อายุน้อยกว่า 25 ปี	114	33.70
ระดับการศึกษาปริญญาตรี	182	53.80
ประสบการณ์ทำงานน้อยกว่า 5 ปี	130	38.50

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 84.90 อายุน้อยกว่า 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 33.70 ระดับการศึกษาปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 53.80 และมีประสบการณ์ทำงานน้อยกว่า 5 ปี คิดเป็นร้อยละ 38.50

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์และความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ระดับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี	3.33	0.812	ปานกลาง
ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี	3.67	0.798	มาก
ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	4.05	0.697	มาก
ด้านภาษาอังกฤษ	2.93	0.905	ปานกลาง
ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ	4.45	0.630	มาก
ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี	3.49	0.960	ปานกลาง
ภาพรวม	**3.65**	**0.640**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า อยู่ในระดับมาก 3 ด้าน คือ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ ($\bar{x}$= 4.45,S.D.=0.630) ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ($\bar{x}$= 4.05,S.D.=0.697) และด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี ($\bar{x}$=3.67,S.D.=0.798) และอยู่ในระดับปานกลาง 3 ด้าน คือ ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี ($\bar{x}$=3.49,S.D.=0.960) ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี ($\bar{x}$=3.33,S.D.=0.812) และด้านภาษาอังกฤษ ($\bar{x}$=2.93,S.D.=0.905)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ระดับความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ความสำเร็จในการปฏิบัติงาน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
ด้านบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ	4.27	0.633	มาก
ด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร	4.15	0.647	มาก
ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน	4.11	0.688	มาก
ด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย	3.91	0.760	มาก
ภาพรวม	4.11	0.617	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.11,S.D.=0.617) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า อยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย คือ ด้านบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ ($\bar{x}$= 4.27,S.D.=0.633) ด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร ($\bar{x}$= 4.15,S.D.=0.647) ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ($\bar{x}$= 4.11,S.D.=0.688) และด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย ($\bar{x}$= 3.91,S.D.=0.760)

ตอนที่ 3 การทดสอบสมมติฐานคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ ของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

คุณลักษณะที่พึงประสงค์	ด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ		
	Beta	t	Sig.
1. ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี	.127	1.426	.155
2. ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี	.044	.469	.639
3. ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	.110	1.712	.088
4. ด้านภาษาอังกฤษ	-.066	-1.203	.230
5. ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ	.438	8.725	.000*
6. ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี	.134	1.892	.059

R= .659 , R^2= .434 , Sig.= .000 , * นัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ ของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า 1) ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .155 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .155> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ 2) ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .639 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .639> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ 3) ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .088 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .088> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ 4) ด้านภาษาอังกฤษ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .230 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .230> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านภาษาอังกฤษ ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ 5) ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ

มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .000< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านจรรยาบรรณวิชาชีพมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ และ 6) ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชีมีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .059 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .059 > 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ

ตารางที่ 5 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากรของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

คุณลักษณะที่พึงประสงค์	ด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร		
	Beta	t	Sig.
1. ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี	-.037	-.438	.661
2. ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี	.123	1.391	.165
3. ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	.142	2.379	.018*
4. ด้านภาษาอังกฤษ	-.003	-.053	.957
5. ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ	.442	9.452	.000*
6. ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี	.201	3.041	.003*

R= .713 , R^2= .508 , Sig.= .000 , * นัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 5 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากรของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า 1) ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .661 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .661> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร 2) ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .165 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .165> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร 3) ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .018 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .018< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร 4) ด้านภาษาอังกฤษ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .957 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .957 > 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านภาษาอังกฤษ ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร 5) ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .000< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากรและ 6) ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชีมีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sigเท่ากับ .003 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .003 < 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร

ตารางที่ 6 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

คุณลักษณะที่พึงประสงค์	ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน		
	Beta	t	Sig.
1. ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี	.135	1.659	.098
2. ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี	-.034	-.388	.698
3. ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	.172	2.944	.003*
4. ด้านภาษาอังกฤษ	.031	.617	.538
5. ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ	.446	9.731	.000*
6. ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี	.165	2.542	.011*

R= .726 , R^2= .528 , Sig.= .000 , * นัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 6 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงานของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า 1) ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .098 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .098> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน 2) ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .698 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .698> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน 3) ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีระดับนัยสำคัญของสถิติ

ทดสอบ Sig เท่ากับ .003 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .003< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน 4) ด้านภาษาอังกฤษ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .538 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .538> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านภาษาอังกฤษ ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน 5) ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .000< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน และ 6) ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .011ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .011< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 7 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย ของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

คุณลักษณะที่พึงประสงค์	ด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย		
	Beta	t	Sig.
1. ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี	.099	1.188	.236
2. ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี	.061	.697	.487
3. ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	.145	2.427	.016*
4. ด้านภาษาอังกฤษ	-.007	-.143	.886
5. ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ	.199	4.265	.000*
6. ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี	.377	5.725	.000*

R= .715 , R^2= .512 , Sig.= .000 , * นัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 7 คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่ายของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า 1) ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .236 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .236> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย 2) ด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sigเท่ากับ .487 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .487> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านทักษะทางวิชาชีพบัญชี ไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย 3) ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .016 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .016< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย 4) ด้านภาษาอังกฤษ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .886 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .886> 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านภาษาอังกฤษไม่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย 5) ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .000< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย และ 6) ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี มีระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบ Sig เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Sig. = .000< 0.05) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่าย

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาพบว่าคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการวิจัยของปุณยวีย์ ท่ากระเบา และประเวศ เพ็ญวุฒิกุล (2560) ได้ศึกษาเรื่องอิทธิพลของความรู้ความสามารถทางการบัญชีต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของเสมียนการเงินในระดับมณฑลทหารบก สังกัดกองทัพภาคที่ 1 ผลการศึกษา พบว่า ความรู้ความสามารถทางการบัญชีด้านจรรยาบรรณ ไม่มีผลทางบวกต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการปฏิบัติงานการบรรลุเป้าหมายความสำเร็จ ของนักบัญชีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลนั้นจรรยาบรรณของนักบัญชีก็ถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของความสำเร็จในการปฏิบัติงานเลยก็ได้ เพราะนักบัญชีที่ดีจะสามารถรักษาความลับขององค์กร มีความรับผิดชอบต่อองค์กร มีความโปร่งใส ความเป็นอิสระ ความเที่ยงธรรม และความซื่อสัตย์สุจริต

2. ผลการศึกษา พบว่า คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ

และด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงาน ด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของกานดา แซ่หลิว (2560) ศึกษาเรื่อง ศักยภาพทางการบัญชีมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในจังหวัดสมุทรปราการการศึกษาศักยภาพทางการบัญชีมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในจังหวัดสมุทรปราการครั้งนี้ ผลการศึกษาพบว่า ด้านทักษะทางวิชาชีพ ด้านจรรยาบรรณในวิชาชีพ และด้านเจตคติ มีผลเชิงบวกต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านการจัดหาและการใช้ทรัพยากร ที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากความสำเร็จในการปฏิบัติงานการจัดหาและการใช้ทรัพยากรนั้น นอกจากจะต้องปฏิบัติงานตามความรู้ความสามารถแล้ว การปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามกฎหมาย กฎระเบียบแล้วการมีความรับผิดชอบต่องานที่ปฏิบัติในหน้าที่ การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด การสามารถจัดลำดับความสำคัญในการปฏิบัติงาน และการร่วมงานให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานของบุคคลในองค์กร เป็นปัจจัยสำคัญในการปฏิบัติหน้าที่ให้สำเร็จและสามารถขับเคลื่อนองค์กรให้บรรลุเป้าหมายตามที่วางไว้

3. ผลการศึกษาพบว่าคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ และด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชีมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของกมลภู สันทะจักร (2560, หน้า 90) ได้ศึกษาเรื่อง คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานของหน่วยงานราชการในประเทศไทย พบว่า คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในยุคไทยแลนด์ 4.0 อันได้แก่ ด้านภาษาอังกฤษ ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี และด้านการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานด้านกระบวนการปฏิบัติงานของหน่วยงานราชการในประเทศไทยที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมากจากความสำเร็จในการปฏิบัติงานกระบวนการปฏิบัติงานนั้น ผู้ปฏิบัติงานจะต้องจัดลำดับความสำคัญของงานได้ สามารถส่งต่องาน และสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบซึ่งปฏิบัติงานตามกระบวนการนั้นต้องอาศัยเครื่องมือเทคโนโลยี ในการอำนวยความสะดวกเพื่อให้งานบรรลุเป้าหมายได้รวดเร็วขึ้น

4. ผลการศึกษาพบว่าคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ และด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชีมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของกมลภู สันทะจักร (2560, หน้า 90) ได้ศึกษาเรื่อง คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานของหน่วยงานราชการในประเทศไทยผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในยุคไทยแลนด์ 4.0 อันได้แก่ ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบัญชี และด้านการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่ายของหน่วยงานราชการในประเทศไทย และคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในยุคไทยแลนด์ 4.0 อันได้แก่ ด้านความรู้ทางวิชาชีพบัญชี และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีความสัมพันธ์เชิงลบต่อผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจของทุกฝ่ายของหน่วยงานราชการในประเทศไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมากจากความสำเร็จในการปฏิบัติงานนั้น การสร้างความพึงพอใจในการปฏิบัติงานเป็นสิ่งจำเป็น การอยู่ร่วมกันเป็นจำนวนมาก อาจต้องเจอปัญหาในการปฏิบัติงาน การวางกฎระเบียบในองค์กร และความซื่อสัตย์ต่อจรรยาบรรณในวิชาชีพจะช่วยให้การกระทบกระทั่งกันลดน้องลง องค์กรที่เพื่อนร่วมงานให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานเป็นอย่างดี สามารถให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประกอบการพิจารณาตัดสินใจแก้ปัญหาและการให้การยอมรับในเรื่องการปฏิบัติงานด้านบัญชีจากทุกฝ่าย จะทำให้การปฏิบัติงานของนักบัญชีบรรลุเป้าหมายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้รับผิดชอบในการทำบัญชีของกิจการ ได้แก่ หัวหน้าฝ่ายบัญชี ผู้จัดการฝ่ายบัญชี ผู้อำนวยการฝ่ายบัญชี สมุห์บัญชี หรือนักบัญชี ของสถานประกอบการที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเท่านั้น ซึ่งผลอาจไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงในกลุ่มประชากรอื่น เนื่องจากมีการจัดเก็บข้อมูลในวงแคบ เมื่อเทียบกับจำนวนนักบัญชีทั้งประเทศและเนื่องการการวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลในปี พ.ศ.2563 อาจไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงในช่วงเวลาอื่นได้ เนื่องจากในแต่ละช่วงเวลาอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทางบัญชี รวมถึงปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ที่มีส่วนสำคัญในการประกอบธุรกิจที่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้

ข้อเสนอแนะ

1.ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการศึกษาคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ พบว่า ด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่านักบัญชีให้ความสำคัญกับจรรยาบรรณวิชาชีพสูงที่สุด จึงสามารถนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปหาแนวทางในการจัดการเรียนการสอน การอบรมที่เน้นให้เห็นถึงความสำคัญทางด้านจรรยาบรรณวิชาชีพ

1.2 สถานศึกษาสามารถนำผลการวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักบัญชีที่ดี ไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการวางแผนจัดการศึกษา พัฒนาหลักสูตรการสอนจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับคุณลักษณะของนักบัญชีที่ดีให้ตรงตามความต้องการขององค์กร

2.ข้อเสนอแนะในการวิทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการขยายขอบเขตการศึกษาไปแต่ละภูมิภาคหรือในระดับประเทศ เพื่อทราบคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชี เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และพัฒนานักบัญชีให้เกิดความกาวหน้าเตรียมพร้อมเข้าสู่สถานประกอบการ

2.2ควรทำการเพิ่มปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์เช่น ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลด้านการจัดการองค์กร ด้านการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา

เอกสารอ้างอิง

[1] สุรินทร์ ภักดี. 2557. หลักการแนวคิด ทฤษฎีทางการบริหารการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 4). มนตรี,ชลบุรี.

[2] กมลภู สันทะจักร. (2560). คุณลักษณะของนักบัญชีที่พึงประสงค์ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงานของหน่วยงานราชการในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุเทพฯ.

[3] กัญฐณา ดิษฐ์แก้ว. (2561). การบริหารบัญชี (การบัญชีต้นทุน 2). มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนาตาก, ตาก.

[4] พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์. (2546). ขุมปัญญาทางพยาบาลศาสตร์ Wisdom in nursing science. พระราม 4 ปริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.

[5] กานดา แซ่หลิว. (2560). ศักยภาพทางการบัญชีมีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของนักบัญชีในจังหวัดสมุทรปราการ. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุเทพฯ.

[6] Khaled Ali Endaya& Mustafa MohdHanefah. (2016). Internal auditor characteristics, internal audit effectiveness, and moderating effect of senior management. Emerald Group Publishing, vol. 32(2), pages 160-176, November.

[7] มหาวิทยาลัยทักษิณ, สหกิจศึกษา คืออะไร. ข้อมูลจาก http://coop.tsu.ac.th/page_detial_menu.php?id m=2&mid=382. (วันที่สืบค้นข้อมูล 23 มิถุนายน 2563).

[8] กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, รายชื่อสำนักงานบัญชีในแต่ละจังหวัด.ข้อมูลจาก https://www.dbd.go.th/news_view.php?nid=469403169 (วันที่สืบค้นข้อมูล 23 มิถุนายน 2563).

[9] Krejcie and Morgan. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. Educational and Psychological Measurement, 30(3), pp. 607-610.

[10] ปุณยวีย์ ท่ากระเบา และประเวศ เพ็ญวุฒิกุล. 2560. อิทธิพลของความรู้ความสามารถทางการบัญชีต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของเสมียนการเงินในระดับมณฑลทหารบกสังกัดกองทัพภาคที่ 1. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุเทพฯ.

ID085

ผลกระทบของค่าตอบแทนกรรมการบริหารต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและผลการดำเนินงานของกิจการ

The Effect of Executive Compensation on the Relationship between Discretionary Accruals Earnings Management and Firm Performance

ปริญญา ทองประภา[1*] และ สุนทรี เหล่าพัดจัน[2]
[1]นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการบริหารและพัฒนาอุตสาหกรรม สถาบันวิชาการวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการเงินและการบัญชี คณะวิทยาการจัดการ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: parinya.tho@ku.th

Parinya Thongprapha[1*] and Suntharee Lhaopadchan[2]
[1]Master Student, Industrial Administration and Development, Academy of Management Sciences, Kasetsart University
[2]Assistant Professor, Department of Finance and Accounting, Faculty of Management Sciences at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: parinya.tho@ku.th

บทคัดย่อ

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ได้กำหนดแนวปฏิบัติที่ดีในหมวดความรับผิดชอบของคณะกรรมการ เพื่อให้การจ่ายค่าตอบแทนให้กับกรรมการบริหารเป็นไปอย่างเหมาะสมและสอดคล้องตามหลักการกำกับดูแลกิจการที่ดี นโยบายการจ่ายค่าตอบแทนให้กับฝ่ายบริหารที่ผูกติดกับผลการดำเนินงาน อาจเป็นแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของฝ่ายบริหาร หรือเพื่อเพิ่มผลประโยชน์ให้กับตนเอง การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรและผลการดำเนินงาน และเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของค่าตอบแทนกรรมการบริหารต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรและผลการดำเนินงาน ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2559 จำนวน 269 บริษัท โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอย ในการทดสอบสมมติฐาน ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า การจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการดำเนินงาน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าตอบแทนกรรมการบริหาร ในขณะที่ค่าตอบแทนกรรมการบริหารไม่ส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรและผลการดำเนินงาน ซึ่งบริษัทจดทะเบียนสามารถคงนโยบายการให้อำนาจผู้บริหารเพื่อใช้ดุลพินิจในการจัดการกำไรเพื่อผลการดำเนินงาน ตลอดจนหน่วยงานกำกับดูแลบริษัทจดทะเบียน สามารถใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการทบทวนหลักการกำกับดูแลของกิจการที่ดีด้านค่าตอบแทนกรรมการบริหาร

คำหลัก ค่าตอบแทนกรรมการบริหาร การจัดการกำไร การกำกับดูแลกิจการที่ดี

Abstract

A guideline to determine the executive compensation is suggested in the Principles of Good Governance for listed companies by the Stock Exchange of Thailand (SET). An optimal remuneration contract should be

able to motivate executives to work for shareholders or take their own benefit. The objectives of this research are to study the relationship between discretionary accruals earnings management and firm performance and to analyze the effect of executive compensation on the relationship between discretionary accruals earnings management and firm performance of the listed companies in the Stock Exchange of Thailand (SET) from 2011 to 2016. The sample covers 269 companies. Regression analysis technique is used with balanced panel data method to test the hypothesis at the significant level of 0.05. The results of research are that discretionary accruals earnings management are positively related to firm performance, but not related to executive compensation. The executive compensation doses not affected the relationship between discretionary accruals earnings management and firm performance. The main implication is to provide empirical evidence for firms to remain their existing discretionary accruals earnings management policy and for relevant policy makers to improve cooperate governance practices.

Keywords: Executive compensation, earnings management, Principles of Good Governance

1. บทนำ

ลักษณะโครงสร้างความเป็นเจ้าของและโครงสร้างการบริหารของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ที่สำคัญคือความเป็นเจ้าของและการควบคุมถูกแยกออกจากกัน โดยผู้ถือหุ้นหรือเจ้าของกิจการว่าจ้างกรรมการบริหารเพื่อทำหน้าที่ในการบริหารกิจการแทน ก่อให้เกิดปัญหาของความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงข้อมูล โดยเฉพาะข้อมูลด้านมาตรฐานการบัญชีที่ฝ่ายบริหารมีอำนาจในการใช้ดุลยพินิจเพื่อประมาณการตัวเลขทางการบัญชี รวมไปถึงปัญหาของความขัดแย้งกันในผลประโยชน์ ระหว่างเจ้าของกิจการและฝ่ายบริหาร ภายใต้สมมติฐานที่ว่ามนุษย์ย่อมมีแรงผลักดันที่จะแสวงหาผลประโยชน์เพื่อตนเองเป็นหลัก ก่อให้เกิดเป็นปัญหาตัวแทน อันเป็นที่มาของการกำหนดบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของทั้งฝ่ายเจ้าของกิจการและฝ่ายบริหารผ่านหลักการกำกับดูแลกิจการที่ดีของกิจการ โดยมีนโยบายการกำหนดค่าตอบแทนที่ผูกติดกับผลการดำเนินงานของกิจการ ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่ฝ่ายบริหารอาจใช้ความได้เปรียบในการเข้าถึงข้อมูลภายในของกิจการ รวมไปถึงข้อมูลสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจเพื่อตกแต่งตัวเลขทางการเงินหรือจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหาร ให้สะท้อนผลการดำเนินงานที่ดีของกิจการ และสร้างความชอบธรรมในการเพิ่มค่าตอบแทนให้กับตนเอง (สุภาวดี สุขีชีพ มอสส์, 2559, พรพรรณ ดำรงค์สุขนิวัฒน์ และ ปัญญา อิสระวรวาณิช, 2556)

ผลการวิจัยในอดีตแสดงให้เห็นว่าฝ่ายบริหารมีความจงใจในการจัดการกำไรเพื่อนำเสนอตัวเลขที่แสดงในงบการเงินให้โดดเด่น เพื่อสะท้อนถึงมูลค่าของกิจการ และเป็นการสื่อถึงผู้ถือหุ้นว่ากิจการมีผลการดำเนินงานที่ดี (Healy and Wahlen, 1999) การใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารเป็นวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการจัดการกำไร ซึ่งเกิดจากความจงใจของฝ่ายบริหารในการใช้ดุลยพินิจเพื่อปรับแต่งรายงานทางการเงินและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของรายการทางการเงินเพื่อให้สะท้อนถึงสภาพที่แท้จริงทางเศรษฐกิจในขณะนั้น แต่ในกลับกันอาจเพื่อทำให้ผู้มีส่วนได้เสียเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปจากตัวเลขทางเศรษฐกิจที่แท้จริงของกิจการ ซึ่งแรงจูงใจที่สำคัญที่ทำให้ฝ่ายบริหารใช้รายการเกณฑ์คงค้างในการจัดการกำไร คือต้องการให้ผลการดำเนินงานของกิจการเป็นไปเพื่อผลประโยชน์ของตนเองหรือให้เป็นไปตามทิศทางที่ตนเองต้องการ (จิรบุษ สันโดด, 2548, Bergstresser and Philippon, 2006)

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (2555) ได้กำหนดแนวปฏิบัติที่ดีในหมวดความรับผิดชอบของคณะกรรมการเพื่อให้การจ่ายค่าตอบแทนให้กับกรรมการบริหารเป็นไปอย่างเหมาะสมและสอดคล้องตามหลักการกำกับดูแลกิจการที่ดี และสร้างความพึงพอใจร่วมกันทั้งผู้ถือหุ้นและกรรมการบริหาร นโยบายการจ่ายค่าตอบแทนให้กับฝ่าย

บริหารที่ผูกติดกับผลการดำเนินงาน ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของฝ่ายบริหาร เช่น การออกแบบสัญญาค่าตอบแทนฝ่ายบริหารที่คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละของผลการดำเนินงานของกิจการ ซึ่งฝ่ายบริหารที่ประสบความสำเร็จในการเพิ่มมูลค่าหุ้นหรือมูลค่ากิจการ นอกจากจะสร้างความพึงพอใจให้ผู้ถือหุ้นแล้วยังเป็นที่ต้องการในตลาดแรงงานและได้ค่าตอบแทนสูงขึ้นอีกด้วย (ศรายุทธ เรืองสุวรรณ, 2548) ดังนั้นนโยบายการจ่ายค่าตอบแทนให้กับฝ่ายบริหารที่ผูกติดกับผลการดำเนินงานจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ฝ่ายบริหารมีพฤติกรรมในการบิดเบือนข้อมูลโดยใช้ความพยายามในการจัดการกำไร เพื่อผลประโยชน์ของตนเอง (ภาพร เอกอรรถพร, 2553) ทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับค่าตอบแทนของตนเอง ซึ่งความพยายามของฝ่ายบริหารในการจัดการกำไร ดังกล่าวนอกจากจะส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของกิจการด้านจริยธรรมแล้ว ยังส่งผลต่อสภาพความเป็นจริงทางเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศอีกด้วย (พรพรรณ ดำรงค์สุขนิวัฒน์ และ ปัญญา อิสระวรวาณิช, 2556) ในอีกมุมหนึ่งผู้บริหารซึ่งเป็นตัวแทนของบริษัทอาจมีพฤติกรรมในการสร้างผลประโยชน์ให้กับผู้ถือหุ้นโดยการบริหารงาน และดูแลผลประโยชน์ของบริษัทเพื่อให้บริษัทมีผลประกอบการที่ดี เพื่อสร้างผลกำไรให้กับผู้ถือหุ้น โดยมีเป้าหมายที่จะเป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จขององค์กร และสร้างการยอมรับทางสังคม เป็นการตอบสนองความต้องการขั้นสูง โดยไม่คำนึงถึงค่าตอบแทนในการบริหารงาน จากมุมมองนี้จึงมีความเป็นไปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรและผลการดำเนินงาน อาจไม่ได้รับผลกระทบจาก ตัวแปรด้านค่าตอบแทนฝ่ายบริหาร

ด้วยเหตุนี้ ประเด็นการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของค่าตอบแทนกรรมการบริหารต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและผลการดำเนินงานของกิจการ จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจเพราะนอกจากจะใช้เป็นข้อมูลสำคัญให้ผู้มีส่วนได้เสียได้สามารถนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลทางการเงินแล้ว ยังสามารถนำไปประกอบการพิจารณาการตัดสินใจในการลงทุนบนพื้นฐานของความถูกต้อง โปร่งใสและยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและผลการดำเนินงานของกิจการ
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและค่าตอบแทนกรรมการบริหาร
3. เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของค่าตอบแทนกรรมการบริหารต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและผลการดำเนินงานของกิจการ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นประโยชน์ต่อบริษัทจดทะเบียน ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบริหารจัดการ ด้านนโยบายการกำหนดค่าตอบแทนกรรมการบริหาร ด้านผลการดำเนินงานของกิจการ และด้านการจัดการกำไร สามารถนำไปส่งเสริม หรือปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารจัดการและการดำเนินงานของบริษัท
2. เป็นแนวทางสำหรับผู้ใช้งบการเงินประกอบการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลทางการเงิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มผู้ลงทุนสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาการตัดสินใจลงทุนบนพื้นฐานของข้อมูลทางการเงินที่มีความถูกต้องโปร่งใส มีคุณภาพ และยั่งยืน
3. หน่วยงานกำกับดูแลตลาดทุนสามารถใช้ผลของหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับเป็นแนวทางกำหนดระเบียบกฎเกณฑ์ หรือนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดค่าตอบแทนกรรมบริหาร

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลทางการเงินและการบัญชีจากงบการเงิน และแบบแสดงรายการข้อมูลประจำปี (56-1) จากฐานข้อมูล SETSMART และข้อมูลค่าตอบแทนกรรมการบริหารและผู้บริหารระดับสูงที่ได้รับความอนุเคราะห์จากฐานข้อมูลตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2553-2559 ที่มีข้อมูลเกี่ยวกับค่าตอบแทนกรรมการบริหารที่เปิดเผยต่อสาธารณะชนครบถ้วนทุกปี ทั้ง

7 กลุ่มอุตสาหกรรม ประกอบด้วย 1) กลุ่มเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร 2) กลุ่มสินค้าอุปโภคและบริโภค 3) กลุ่มวัตถุดิบและสินค้าอุตสาหกรรม 4) กลุ่มอสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง 5) กลุ่มทรัพยากร 6) กลุ่มบริการ 7) กลุ่มเทคโนโลยี ทั้งนี้ไม่รวมกลุ่มธุรกิจการเงิน ได้แก่ ธนาคาร ประกันภัยและประกันชีวิต และเงินทุนและหลักทรัพย์ เนื่องจากเป็นธุรกิจที่มีลักษณะพิเศษทั้งด้านสินทรัพย์ ด้านกฎระเบียบข้อบังคับ และด้านสัดส่วนโครงสร้างเงินทุน และไม่รวมบริษัทที่อยู่ในระหว่างการฟื้นฟูกิจการ

2. ทบทวนวรรณกรรม

ข้อมูลตัวเลขที่แสดงฐานะทางการเงินในงบการเงินของบริษัทจดทะเบียน เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงผลการดำเนินงานของกิจการ หรือผลการประกอบการของบริษัท ที่เจ้าของกิจการหรือผู้ถือหุ้น เจ้าหนี้ นักลงทุน และผู้มีส่วนได้เสีย ใช้ในการประเมินความสามารถในการแสวงหารายได้และประเมินประสิทธิภาพในการบริหารจัดการของคณะกรรมการบริหารและผู้บริหารระดับสูง ซึ่งอาจเป็นแรงจูงใจกรรมการบริหารและผู้บริหารระดับสูงในการบิดเบือนการรายงานสถานะทางการเงินของบริษัท โดยการตกแต่งตัวเลขทางบัญชี หรือการจัดการกำไร เพื่อสร้างผลกำไรให้มีความโดดเด่น เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับเจ้าของกิจการหรือผู้ถือหุ้นและเจ้าหนี้ รวมไปถึงการดึงดูดนักลงทุนเข้ามาลงทุนในหุ้นของบริษัท อีกทั้งยังเป็นการสร้างความชอบธรรมในการเพิ่มค่าตอบแทนให้กับตนเองในกรณีที่กิจการมีนโยบายการจ่ายค่าตอบแทนที่ผูกติดกับผลการดำเนินงาน ทั้งนี้ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยได้กำหนดให้มีหลักการและแนวทางปฏิบัติที่ดีในการกำกับดูแลกิจการ สำหรับการกำหนดค่าตอบแทนกรรมการบริหารและผู้บริหารระดับสูงที่เป็นธรรม เพื่อให้การบริหารจัดการของบริษัทจดทะเบียนดำเนินไปอย่างถูกต้องโปร่งใส นอกจากนั้นแล้วแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการกำไรยังถูกนำมาเป็นเครื่องมือประกอบการประเมินการได้มาของผลการดำเนินงานของบริษัท เพื่อแสดงถึงความน่าชื่อถือ ความถูกต้องโปร่งใส ความมีคุณภาพ และความยั่งยืนของข้อมูลทางการเงิน

การประเมินผลการดำเนินงานของกิจการ

การประเมินผลการดำเนินงานของกิจการเป็นสิ่งที่สำคัญเนื่องจากเป็นตัวที่ใช้ในการวัดผลการปฏิบัติงานของกิจการ อีกทั้งยังสะท้อนถึงมูลค่าของกิจการอีกด้วย ซึ่ง สุชาดา เจียมสกุล และ พัชรี ส่งเจริญ (2556) ได้อธิบายถึงการวัดผลการดำเนินงานของกิจการว่าสามารถวัดได้ 2 วิธีคือ ตัววัดผลการดำเนินงานของกิจการทางบัญชี (Accounting-base measure) และ ตัววัดผลการดำเนินงานของกิจการมูลค่าทางการตลาด (Market-based measure) โดยตัววัดผลการดำเนินงานของกิจการทางบัญชี (Accounting-base measure) เป็นการวัดผลการดำเนินงานของกิจการในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งอาจไม่สะท้อนถึงกำไรที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น 1) การวัดด้วยอัตราผลตอบแทนของสินทรัพย์รวม (Return on Asset: ROA) 2) อัตราผลตอบแทนจากส่วนของผู้ถือหุ้น (Return on Equity: ROE) 3) อัตราการทำกำไรสุทธิ (Net Profit Margin) และ 4) อัตราผลตอบแทนกำไรต่อหุ้น (Earnings Per Share: EPS) ในขณะที่ตัววัดผลการดำเนินงานของกิจการโดยมูลค่าทางการตลาด (market-based measure) เช่น การวัดแบบ Tobin's Q เป็นการวัดหรือประเมินถึงโอกาสของกำไรที่นักลงทุนคาดการณ์ในอนาคต

นโยบายการกำหนดค่าตอบแทนคณะกรรมการบริหาร

ในเรื่องที่เกี่ยวกับค่าตอบแทนคณะกรรมการ ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (2555) ได้กำหนดหลักการในการกำหนดค่าตอบแทนกรรมการไว้ว่าเป็นเรื่องเกี่ยวกับผลประโยชน์ของกรรมการโดยตรง กรรมการจึงไม่ควรอนุมัติค่าตอบแทนของตนเอง คณะกรรมการควรจัดให้มีกระบวนการกำหนดค่าตอบแทนที่โปร่งใสและ ขอความเห็นชอบจากผู้ถือหุ้น โดยระดับและองค์ประกอบของค่าตอบแทนกรรมการควรเหมาะสมและเพียงพอที่จะจูงใจและรักษากรรมการที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ แต่ควรหลีกเลี่ยงการจ่ายที่เกินสมควร ระบบการจ่ายค่าตอบแทนให้กับผู้บริหารที่เหมาะสมและเป็นธรรมจัดเป็นส่วนสนับสนุนพื้นฐานที่ก่อให้เกิดมูลค่าขององค์กรในระยะยาว เนื่องจากองค์กรสามารถจูงใจคนที่มีคุณภาพให้ทำงานกับองค์กร และในขณะเดียวกันค่าตอบแทนไม่ควรสูงเกินไป แต่ควรอยู่ในระดับที่สามารถเปรียบเทียบกันได้กับระดับที่ปฏิบัติอยู่ในอุตสาหกรรมเดียวกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ภาระหน้าที่

ขอบเขตของบทบาทและความรับผิดชอบ รวมถึงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากกรรมการแต่ละคน (มนวิกา ผดุงสิทธิ์, 2548)

จึงกล่าวได้ว่าลักษณะค่าตอบแทนคณะกรรมการบริหารที่สอดคล้องกับการกำกับดูแลกิจการที่ดีนั้น ต้องดึงดูดความรู้ความสามารถของผู้บริหารให้เข้ามาทำงานกับองค์กร รวมไปถึง รักษาผู้บริหารให้อยู่กับองค์กร ตลอดจนเป็นการจูงใจผู้บริหาร ให้ใช้ความรู้ความสามารถในการบริหารกิจการเพื่อผลกำไรให้บริษัทในระยะยาว โดยรูปแบบค่าตอบแทนของคณะกรรมการบริหาร แบ่งออกเป็นสองประเภท คือ 1.) ค่าตอบแทนประจำ อันได้แก่ (รายเดือน รายไตรมาส หรือรายปี) 2.) ค่าตอบแทนไม่ประจำ เช่น (ค่าเบี้ยประชุม เงินโบนัส และสิทธิในการซื้อหุ้นของผู้บริหาร หรือ หุ้นรางวัล)

การจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหาร

การจัดการกำไรหมายถึงกระบวนการที่ผู้บริหารหรือฝ่ายจัดการมีความจงใจที่จะเข้าไปมีอิทธิพลในการเลือกหรือปรับแต่งตัวเลขในการจัดทำรายงานและรายการทางธุรกิจภายใต้หลักการบัญชีที่รับรองทั่วไป ทั้งที่กระทบต่อเงินสดโดยตรงและไม่กระทบต่อเงินสดของกิจการ ผ่านทางรายงานทางการเงินไปยังผู้มีส่วนได้เสียทั้งภายในและภายนอกองค์กร เพื่อสร้างประโยชน์ของตนเองและผู้เกี่ยวข้องให้เป็นไปในรูปแบบหรือทิศทางที่ต้องการ แรงจูงใจในการจัดการกำไรนั้นเกิดขึ้นได้ทั้งสองลักษณะ คือ ตกแต่งตัวเลขให้มีกำไรที่สูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้บริหารหรือฝ่ายจัดการ ซึ่งหากจัดประเภทของแรงจูงใจในการจัดการกำไรของผู้บริหารตามประเภทของค่าตอบแทนอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) เพื่อตอบสนองความต้องการของตนเองในรูปแบบของค่าตอบแทน เช่น การจัดการกำไรเพื่อสร้างความมั่งคั่ง และประโยชน์ของตนเอง ตามทฤษฎีตัวแทน (Agency theory) หรือการจัดการกำไรเพื่อผลประโยชน์ตนเองในรูปแบบของทฤษฎีสัญญา (Contracting Theory) ซึ่งเป็นสัญญาที่เกิดขึ้นระหว่างตัวการกับตัวแทนในการจ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมและเป็นธรรม เช่น การจ่ายค่าตอบเป็นโบนัสให้กับผู้บริหารตามผลการดำเนินงานของบริษัท (Bonus plan hypothesis) หรือค่าตอบแทนให้กับผู้บริหารตามนโยบายการกำหนดค่าตอบแทนที่เหมาะสม (Managerial compensation) และ 2) เพื่อผลประโยชน์ที่ไม่อยู่ในรูปแบบของค่าตอบแทน เช่น เพื่อพิทักษ์ผลประโยชน์ขององค์กร (Stewardship theory)

ทฤษฎีตัวแทน (Agency theory)

ทฤษฎีตัวแทน เกิดจากแนวคิดที่ว่ามนุษย์ย่อมมีแรงผลักดันที่จะกระทำเพื่อผลประโยชน์ของตนเองเป็นหลัก จึงทำให้เกิดความขัดแย้งกันในเรื่องของผลประโยชน์ (Conflict of Interest) ของบุคคล 2 ฝ่าย คือ ตัวการ หมายถึงเจ้าของกิจการหรือผู้ถือหุ้น มอบอำนาจให้ ตัวแทน หมายถึงผู้บริหารหรือผู้จัดการ มาบริหารงานแทนตน โดยผู้บริหารหรือฝ่ายจัดการมีแนวโน้มที่จะใช้เหลี่ยมล้ำในการรับรู้ข้อมูล เพื่อที่จะสร้างผลประโยชน์สูงสุดให้กับตนเอง ในขณะที่ฝ่ายตัวการ ต้องการจูงใจผู้จัดการให้ปฏิบัติงานเพื่อสร้างประโยชน์สูงสุดให้แก่เจ้าของกิจการหรือผู้ถือหุ้นภายใต้การตรวจสอบและควบคุมอย่างเคร่งครัดทำให้เกิดปัญหาตัวแทน (Agency problem) ขึ้น ซึ่งกลไกที่นิยมนำมาใช้ในการลดปัญหาของตัวแทนลงได้ ได้แก่ การทำสัญญาระหว่างตัวการกับตัวแทนในการจ่ายค่าตอบแทนที่เหมาะสมและเป็นธรรม ตามทฤษฎีสัญญา (Contracting theory) เช่น การจ่ายค่าตอบแทนในรูปแบบโบนัสให้กับกรรมการบริหารตามผลการดำเนินงานของบริษัท (Bonus plan hypothesis) ซึ่งอาจก่อให้เกิดเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรกับค่าตอบแทนฝ่ายบริหาร

ทฤษฎีสัญญา (Contracting theory)

ทฤษฎีสัญญา เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยเรื่องสัญญาที่เกิดขึ้นระหว่างตัวการกับตัวแทนในการจ่ายค่าตอบแทนให้มีความเหมาะสมและเป็นธรรมกับทั้งสองฝ่าย เช่น การจ่ายค่าตอบแทนหรือแผนการจ่ายโบนัสให้กับกรรมการบริหารที่ผูกกับผลประกอบการ (Manager Compensation and Bonus Plan) คือการจ่ายค่าตอบแทนโดยวัดจากผลงานและประสิทธิภาพของงานเพื่อเพิ่มแรงจูงใจและประสิทธิภาพในการบริหารงาน ตลอดจนสามารถก่อให้เกิดกำไรแก่ผู้ถือหุ้น การจ่ายค่าตอบแทนแก่ผู้บริหารโดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาที่ชัดเจน เป็นกลไกที่ถูกนำมาใช้ในการลดปัญหา

ตัวแทนระหว่างผู้ถือหุ้นกับผู้บริหารได้เป็นอย่างดี เพราะถือว่าทั้งผู้ถือหุ้นและผู้บริหารต่างก็ได้รับประโยชน์ด้วยกันทั้งสองฝ่าย (อินทิพากุลย์ ศรประสิทธิ์, 2554) อย่างไรก็ตาม ค่าตอบแทนที่ต่ำกว่าความพึงพอใจของฝ่ายบริหาร อาจเป็นที่มาของแรงจูงใจในการการจัดการกำไรให้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เพื่อให้ผลการดำเนินงานเป็นไปในทิศทางที่ตนเองต้องการ ซึ่งเกิดเป็นผลกระทบของตัวแปรด้านค่าตอบแทนฝ่ายบริหาร ที่ส่งผลไปยังความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรและผลการดำเนินงาน

ทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์ (Stewardship theory)

ทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์ ของ Davis, Schoorman, and Donaldson, (1997) และ Olson (2008) อ้างถึงใน อินทิพากุลย์ ศรประสิทธิ์ (2554) เป็นทฤษฎีที่สร้างแรงจูงจากภายในให้กับผู้บริหาร ในการตอบสนองความต้องการขั้นสูงของชีวิต คือ การเติบโตก้าวหน้าในหน้าที่การงาน การมีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับในสังคม และการประสบความสำเร็จในการบริหารงานให้กับองค์กร ผู้บริหารที่มีแนวคิดตามทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์จะทำหน้าที่ในการบริหารกิจการอย่างถูกต้องตรงไปตรงมา ทำตามกฎระเบียบอย่างเคร่งครัดอย่างมีธรรมาภิบาล เพื่อสร้างความมั่งคั่งสูงสุดให้กับผู้ถือหุ้น อีกทั้งยังเป็นการสร้างความมีชื่อเสียงและความภาคภูมิใจให้กับตนเอง ซึ่งต่างจากทฤษฎีตัวแทนที่มองว่าผู้บริหารจะแสวงหาผลประโยชน์ส่วนตนมากกว่าผลประโยชน์ส่วนรวม จากมุมมองของทฤษฎีนี้ จึงมีความเป็นไปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรและผลการดำเนินงาน อาจไม่ได้รับผลกระทบจากตัวแปรด้านค่าตอบแทนฝ่ายบริหาร

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลจากงบการเงิน แบบแสดงรายการข้อมูลประจำปี (56-1), SETSMART และข้อมูลค่าตอบแทนฝ่ายบริหารที่ได้รับความอนุเคราะห์จากฐานข้อมูลจากฐานข้อมูลของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทางสถิติเชิงอนุมานจากสมการถดถอยในการตอบวัตถุประสงค์การวิจัย โดยกำหนดให้

PERF คือ ตัวแปรตาม ผลการดำเนินงานคำนวณจากตัววัดผลทางบัญชีโดยมีตัวชี้วัดคือ อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม (ROA) และ อัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้น (ROE)

DA คือ ตัวแปรอิสระ การจัดการกำไรที่วัดจากรายการคงค้างที่ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้บริหาร

REM คือ ตัวแปรกำกับ ค่าตอบแทนกรรมการโดยเฉลี่ย

REV คือ ตัวแปรควบคุม โอกาสการเติบโตของกิจการ ซึ่งมีตัวชี้วัดคืออัตราการเติบโตของยอดขาย

TA คือ ตัวแปรควบคุม ความซับซ้อนในการบริหารงาน ซึ่งมีตัวชี้วัดคือสินทรัพย์รวม

DE คือ ตัวแปรควบคุม ความเสี่ยงทางการเงินซึ่งมีตัวชี้วัดคืออัตราส่วนหนี้สินต่อส่วนของผู้ถือหุ้นของกิจการ

a คือ จุดตัดแกน Y

b คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย

ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ทั้งนี้การวิเคราะห์สมการถดถอยจากข้อมูลแบบภาคตัดขวางผสมเวลา สำหรับแต่ละวัตถุประสงค์แสดงดังต่อไปนี้คือ

1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางตรงระหว่างการจัดการกำไรกับผลการดำเนินงานของกิจการ

$$PERF = a + b_1DA + b_2REV + b_3TA + b_4DE + \varepsilon \quad (1)$$

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรกับค่าตอบแทนกรรมการบริหาร

$$REM = a + b_1DA + b_2REV + b_3TA + b_4DE + \varepsilon \quad (2)$$

3) วิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรกำกับที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ตามประเภทของตัวแปรกำกับโดยมีตัวแบบทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและผลการดำเนินงานของกิจการดังนี้

$$PERF = a + b1DA + b2REM + b3DA_REM + b4REV + b5TA + b6DE + \varepsilon \quad (3)$$

4. ผลการวิจัย

บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 มีจำนวนทั้งหมด 585 บริษัท กระจายอยู่ในแปดกลุ่มอุตสาหกรรม มีบริษัทผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจำนวน 269 บริษัท โดยไม่นับรวมบริษัทดังต่อไปนี้

1) บริษัทที่มีข้อมูลงบการเงินประจำปีและค่าตอบแทนกรรมการบริหารไม่ครบถ้วนจำนวน 257 บริษัท และ 2) บริษัทในกลุ่มธุรกิจการเงินจำนวน 59 บริษัท จากจำนวนบริษัทที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจำนวน 269 บริษัทและระยะเวลาที่ศึกษาจำนวน 6 ปี ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่ศึกษามีจำนวนเท่ากับ 1,614 ตัวอย่าง

ตารางที่ 1 สถิติเชิงพรรณนาของตัวแปร

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
DA	1614	-0.549419	1.222532	0.029519	0.111630
ROA	1614	-64.400000	62.740000	8.111599	9.330237
ROE	1614	-230.020000	84.460000	9.799046	18.634291
REM	1614	0.013333	9.343077	0.668584	0.840050

จากตารางที่ 1 การจัดการกำไรที่วัดจากรายการคงค้างที่ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้บริหาร (DA) ของกลุ่มตัวอย่างรวมทุกกลุ่มอุตสาหกรรม มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.029519 โดยมีค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่ -0.549419 และ 1.222532 ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม (ROA) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.111599 โดยที่ค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่-64.40 และ 62.74 ตามลำดับ อัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้น (ROE) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 9.799046 โดยที่ค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่-230.02 และ 84.46 ตามลำดับ ค่าตอบแทนกรรมการโดยเฉลี่ยรายปี (REM) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.668584 ล้านบาท โดยที่ค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่ 0.013333 ล้านบาท และ 9.343077 ล้านบาท ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการวิเคราะห์สมการถดถอย ระหว่างผลการดำเนินงาน (ROA/ROE) และการจัดการกำไรที่วัดจากรายการคงค้างที่ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้บริหาร (DA)

Dependent Variable	ROA		ROE	
Variables	Coefficients	Sig	Coefficients	Sig
C	8.276569	0.0000	10.682965	0.0000
DA	21.464807*	0.0000	45.097340*	0.0000
REV	0.000406	0.2270	0.000470	0.5070
TA	-0.024086	0.0006	-0.022120	0.1337
DE	-0.155239	0.0029	-1.303706	0.0000
Adjusted R-squared	0.539221		0.487253	
F-statistic	7.939672		6.635303	
Hausman Test p-Value	0.000005	Fixed Effects	0.000203	Fixed Effects

หมายเหตุ: * มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวมและการจัดการกำไรที่วัดจากรายการคงค้างที่ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้บริหาร มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (p-Value) เท่ากับ 21.464807 (0.0000) โดยมีค่า p-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 จึงสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่า การจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการดำเนินงานด้านอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้นและการจัดการกำไรที่วัดจากรายการคงค้างที่ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้บริหาร มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (p-Value) เท่ากับ 45.097340 (0.0000) โดยมีค่า p-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 จึงสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่าการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการดำเนินงานด้านอัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการวิเคราะห์สมการถดถอย ระหว่างค่าตอบแทนกรรมการ (REM) และการจัดการกำไรที่วัดจากรายการคงค้างที่ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้บริหาร (DA)

Dependent Variable	REM	
Variables	Coefficients	Sig
C	0.673544	0.0000
DA	0.010803	0.9059
REV	0.000003	0.8675
TA	0.000488	0.1921
DE	0.003056	0.2715
Adjusted R-squared	0.465622	
F-statistic	6.167142	
Hausman Test p-Value	0.000392	Fixed Effects

หมายเหตุ: * มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าตอบแทนกรรมการและการจัดการกำไรที่วัดจากรายการคงค้างที่ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของ

ผู้บริหาร มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (p-Value) เท่ากับ 0.010803 (0.9059) โดยมีค่า p-Value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 จึงสรุปได้ว่าการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าตอบแทนกรรมการบริหาร

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบผลกระทบของค่าตอบแทนกรรมการบริหาร (DA_REM) ต่อ ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหาร (DA) และผลการดำเนินงาน (ROA/ROE)

Dependent Variable	ROA		ROE	
Variables	Coefficients	Sig	Coefficients	Sig
C	8.633971	0.0000	11.198137	0.0000
DA	20.512858	0.0000	37.964988	0.0000
REM	-0.529251	0.3074	-0.754597	0.4895
DA_REM	1.465402	0.6658	10.926260	0.1263
REV	0.000399	0.2355	0.000411	0.5623
TA	-0.023757	0.0007	-0.021227	0.1504
DE	-0.153054	0.0034	-1.297171	0.0000
Adjusted R-squared	0.538917		0.487461	
F-statistic	7.880598		6.598828	
Hausman Test p-Value	0.000002	Fixed Effects	0.000007	Fixed Effects

หมายเหตุ: * มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของค่าตอบแทนกรรมการบริหาร ต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหาร และอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (p-Value) เท่ากับ 1.465402 (0.6658) เมื่อตัวแปรกำกับไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระและผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรกำกับไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าตอบแทนกรรมการบริหารไม่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหาร และอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของค่าตอบแทนกรรมการบริหาร ต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหาร และอัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้น มีค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (p-Value) เท่ากับ 10.926260 (0.1263) เมื่อตัวแปรกำกับไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระและผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรกำกับไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าตอบแทนกรรมการบริหารไม่ส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและผลการดำเนินงานของกิจการด้านอัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้น

5. สรุป

การจัดการกำไรที่วัดจากรายการคงค้างที่ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้บริหาร (DA) ของกลุ่มตัวอย่าง รวมทุกกลุ่มอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.029519 โดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีค่าการจัดการกำไรที่ต่ำที่สุดคือกลุ่มทรัพยากร โดยมีค่าการจัดการกำไรเท่ากับ -0.213630 ในขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีค่าการจัดการกำไรที่สุดคือกลุ่มบริการ โดยมีค่าการจัดการกำไรเท่ากับ 1.222532

อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวม (ROA) ของกลุ่มตัวอย่าง รวมทุกกลุ่มอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.111599 โดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวมต่ำที่สุด คือกลุ่มวัตถุดิบและสินค้าอุตสาหกรรม มีค่าเท่ากับ -64.40 ในขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีอัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์รวมสูงที่สุดคือกลุ่มบริการ มีค่าเท่ากับ 62.74 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของประชากร

อัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้น (ROE) ของกลุ่มตัวอย่าง รวมทุกกลุ่มอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 9.799046 โดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีอัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้นต่ำที่สุด คือกลุ่มอสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง มีค่าเท่ากับ -230.02 ในขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีอัตราผลตอบแทนต่อส่วนผู้ถือหุ้นสูงที่สุดกลุ่มเทคโนโลยี มีค่าเท่ากับ 84.46 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของประชากร

ค่าตอบแทนกรรมการโดยเฉลี่ยรายปี (REM) ของกลุ่มตัวอย่าง รวมทุกกลุ่มอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.668584 ล้านบาท โดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีค่าตอบแทนกรรมการโดยเฉลี่ยรายปีที่ต่ำที่สุดคือกลุ่มอสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง เท่ากับ 0.013333 ล้านบาท ในขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีค่าตอบแทนกรรมการโดยเฉลี่ยรายปีสูงที่สุดคือกลุ่มบริการ

เท่ากับ 9.343077 ล้านบาท ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของประชากร ที่แสดงในรายงานประจำปีของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในอดีต

การจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลการดำเนินงานด้านอัตราผลตอบแทนของสินทรัพย์รวม และด้านอัตราผลตอบแทนจากส่วนของผู้ถือหุ้นในทิศทางบวก ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์ (Stewardship theory) ที่ได้กล่าวถึงแรงจูงใจของผู้บริหารในการจัดการกำไร เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย ในการรักษาชื่อเสียงและสร้างภาพลักษณ์ที่ดี ให้กิจการมีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นการจัดการกำไรจึงมีความความสัมพันธ์ทางสถิติกับผลการดำเนินงานของกิจการ

การจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าตอบแทนกรรมการบริหาร ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์ (Stewardship theory) ที่กล่าวถึงพฤติกรรมของบุคคลที่มุ่งเน้นการตอบสนองความต้องการของสังคม และมีพฤติกรรมในการสร้างผลประโยชน์ให้กับผู้ถือหุ้นโดยการบริหารงาน และดูแลผลประโยชน์ของบริษัทเพื่อให้บริษัทมีผลประกอบการที่ดี โดยผู้บริหารที่มีแนวคิดตามทฤษฎีผู้พิทักษ์ผลประโยชน์นี้จะทำหน้าที่ในการบริหารกิจการอย่างถูกต้องตรงไปตรงมา ทำตามกฎระเบียบอย่างเคร่งครัดอย่างมีธรรมาภิบาล เพื่อสร้างความมั่งคั่งสูงสุดให้กับผู้ถือหุ้น อีกทั้งยังเป็นการสร้างความมีชื่อเสียงและความภาคภูมิใจให้กับตนเองโดยไม่คำนึงถึงค่าตอบแทนในการบริหารงาน

ค่าตอบแทนกรรมการบริหารไม่ส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและผลการดำเนินงานของกิจการทั้งด้านอัตราผลตอบแทนของสินทรัพย์รวม และด้านอัตราผลตอบแทนของสินทรัพย์รวม ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีสัญญา (Contracting theory) ที่ว่าด้วยการจ่ายค่าตอบแทนให้กับกรรมการบริหารตามนโยบายการกำหนดค่าตอบแทนที่เหมาะสม ดังนั้นจากผลการวิจัยที่พบว่าไม่พบผลกระทบของค่าตอบแทนต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรและผลการดำเนินงาน หรืออาจกล่าวได้ว่ากรรมการบริหารจะทำหน้าที่ในการบริหารกิจการอย่างถูกต้องตรงไปตรงมา ทำตามกฎระเบียบอย่างเคร่งครัดอย่างมีธรรมาภิบาล เพื่อสร้างความมั่งคั่งสูงสุดให้กับผู้ถือหุ้น อีกทั้งยังเป็นการสร้างความมีชื่อเสียงและความภาคภูมิใจให้กับตนเองโดยไม่คำนึงถึงค่าตอบแทนในการบริหารงาน

ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการวิจัย

1. จากผลการศึกษาที่พบว่าการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลการดำเนินงานในทิศทางบวก ซึ่งเป็นไปได้ว่า ผู้บริหารมีแรงจูงใจในการจัดการกำไร เพื่อเหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย ในการรักษาชื่อเสียงและสร้างภาพลักษณ์ที่ดี หรือเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้กิจการ ตลอดจนเพื่อลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการทำรายการกับผู้มีส่วนได้เสียให้ต่ำลง หรือแม้กระทั่งเพื่อหลีกเลี่ยงการผิดเงื่อนไขต่างๆ ดังนั้นผู้มีส่วนได้เสียและนักลงทุนสามารถ ใช้ผลการวิจัย ด้านผลการดำเนินงานของบริษัท และด้านการจัดการกำไร ใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการพิจารณาคัดเลือกบริษัทที่จะเข้าไปลงทุน

2. บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย สามารถใช้ผลการวิจัยเป็นข้อมูลเบื่องต้นในการเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน ตลอดจนสามารถนำเอาผลกระทบของค่าตอบแทนกรรมการต่อความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการกำไรโดยใช้เกณฑ์คงค้างภายใต้ดุลยพินิจของฝ่ายบริหารและผลการดำเนินงานของกิจการ มาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงนโยบายด้านค่าตอบแทนกรรมการเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสร้างแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและผลการ และบริษัทจดทะเบียนสามารถคงแนวทางในการให้อำนาจผู้บริหารเพื่อใช้ดุลพินิจในการจัดการกำไร เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าผู้บริหารใช้อำนาจในการจัดการกำไรให้สอดคล้องกับมุมมองทางเศรษฐกิจอย่างแท้จริง

3. หน่วยงานกำกับดูแลบริษัทจดทะเบียน สามารถใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการทบทวนหลักการบริหารที่ดีด้านค่าตอบแทนกรรมการบริหารเพื่อให้ตัดสินใจแทนผู้ถือ

หุ้นในการบรรลุเป้าหมายด้านผลการดำเนินงาน ตลอดจนให้คำแนะนำบริษัทจดทะเบียน ในการพิจารณารูปแบบการรายงานค่าตอบแทนกรรมการทั้งสองส่วน คือค่าตอบแทนคงที่ และค่าตอบแทนที่สร้างแรงจูงใจในการเพิ่มผลการดำเนินงาน

4. เพิ่มช่วงเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลอาจครอบคลุมหลายช่วงวงจรธุรกิจ และขยายต่อผลการศึกษาช่วงเวลาที่การแพร่ระบาดโคโรน่าไวรัส

5. ประยุกต์ใช้แนวทางจากการศึกษาครั้งนี้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์แยกเป็นรายอุตสาหกรรมทั้ง 8 กลุ่ม และกลุ่มกิจการที่ประสบปัญหาทางการเงิน ตลอดจนกลุ่มกิจการที่มีระดับ CG Rating ที่แตกต่างกัน

6. ขยายการวิเคราะห์ไปยังค่าตอบแทนกรรมการที่ไม่เป็นผู้บริหารเพราะเป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการตรวจสอบการดำเนินงานของกิจการ

ข้อจำกัดในการวิจัย

การนำส่งข้อมูลด้านค่าตอบแทนกรรมการต่อหน่วยงานกำกับดูแลตลาดทุน เป็นไปตามความสมัครใจ ทำให้หลายบริษัทมีข้อมูลไม่ครบถ้านตามที่ต้องการ นอกจากนี้รูปแบบของการนำส่งข้อมูลด้านค่าตอบแทนกรรมการมีความหลากหลาย ทำให้บางกิจการไม่สามารถแยกประเภทของค่าตอบแทน ในรูปแบบเป็นแบบคงที่ และรูปแบบค่าตอบแทนที่ไม่คงที่ จึงทำให้งานวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ได้แค่ผลรวมของค่าตอบแทนกรรมการเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยด้านตลาดทุนระดับบัณฑิตศึกษาประจำปี 2562 จากสถาบันวิจัยเพื่อตลาดทุนตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

[1] สุภาวดี สุขีชีพ มอสส์. 2559. “อิทธิพลของรายการคงค้างภายใต้ดุลยพินิจของผู้บริหาร และการกำกับดูแลกิจการที่มีผลต่อต้นทุนเงินลงทุน: การวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลช่วงยาวแบบไม่สมดุลด้วยแบบจำลอง Fixed Effects.” วารสารสมาคมนักวิจัย. 21 (2): 171-187.

[2] พรพรรณ ดำรงค์สุขนิวัฒน์ และ ปัญญา อิสระวรวาณิช. 2556. “ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกิจการกับการตกแต่งกำไร ของกิจการในอุตสาหกรรมพัฒนาอสังหาริมทรัพย์: หลักฐานเชิงประจักษ์จากประเทศไทย.” วารสารวิชาชีพบัญชี. 9 (26): 61-73.

[3] Healy, P. M. and J. M. Wahlen. 1999. “A Review of the Earning Management Literature and Its Implications for Standard Setting.” Accounting Horizons. 13 (4): 365-383.

[4] จิรบุษ สันโดด. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างผลการดำเนินงานทางการเงินและรายการคงค้างของกิจการ. วิทยานิพนธ์บัญชีมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] Bergstresser, D. and T. Philippon. 2006. “CEO incentives and earnings management.” Journal of Financial Economics. 80: 511–529.

[6] ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. 2555. หลักการกำกับดูแลกิจการที่ดีสำหรับบริษัทจดทะเบียน ปี 2555. กรุงเทพมหานคร: ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย.

[7] ศรายุทธ เรืองสุวรรณ. 2548. “คุณภาพของกำไรในรายงานทางการเงินที่นำเสนอต่อผู้ใช้รายงานนอกบริษัท.” วารสารวิชาชีพบัญชี. 1 (2): 106-122.

[8] ภาพร เอกอรรถพร. 2553. แรงจูงใจในการตกแต่งบัญชี. วารสารวิชาชีพบัญชี. 6 (17): 19-21.

[9] สุชาดา เจียมสกุล และ พัชรี ส่งเจริญ. 2556. “การกำกับดูแลกิจการ การจัดการกำไร และผลการดำเนินงานของกิจการ.” วารสารเกษตรศาสตร์ธุรกิจประยุกต์. (6): 1-20.

[10] มนวิกา ผดุงสิทธิ์. 2548. “วัฒนธรรมกับแนวคิดและวิธีปฏิบัติทางการบัญชีบริหาร. วารสารวิชาชีพบัญชี.” 1 (1): 20-31.

[11] อินทิพากุลย์ ศรประสิทธิ์. 2554. บรรษัทภิบาลค่าตอบแทนผู้บริหาร และผลการดำเนินงานของกิจการ: กรณีศึกษาบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. สารนิพนธ์บัญชีมหาบัณฑิต สาขาการบัญชี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Engineering

ID001

การศึกษาเชิงทดลองการจุดติดไฟด้วยตัวเองของน้ำมันพืชโดยเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

An Experimental Study of Auto-ignition of Cooking Oil by Induction Cooker

ธนากร จันทร์พุ่ม[1] , เฉลิมพล เปล่งสะอาด[2*] และ ณัฐศักดิ์ บุญมี[3*]
[1]สาขาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2,3]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: fengcpp@ku.ac.th[2], fengnab@ku.ac.th[3]

Thanakorn Chanphum[1*], Chalearmpol Plengsaard[2*] and Nathasak Boonmee[3*]
[1]Master Degree of Fire Protection Engineering, Kasetsart University
[2,3]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Bangkhen, Kasetsart University
[*]E-mail: fengcpp@ku.ac.th[2], fengnab@ku.ac.th[3]

บทคัดย่อ

การลุกไหม้ได้เองของน้ำมันพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัย งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองการใช้งานเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเพื่อวิเคราะห์การเกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองของน้ำมันพืช โดยการจำลองสถานะการณ์การทอดแบบน้ำมันตื้น โดยใช้ฟังก์ชั่นผัดทอดของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำกับน้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว ที่ปริมาณ 250, 375 และ 500 กรัม จากผลการทดลองพบว่า ที่ปริมาณน้ำมันพืช 250 กรัม น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าวจุดติดไฟด้วยตัวเองที่การตั้งค่าอุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำตั้งแต่ 240°C และน้ำมันปาล์มพบการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่การตั้งค่าอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำตั้งแต่ 260°C การทดสอบที่ปริมาณน้ำมันพืช 375 กรัม พบว่าน้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันรำข้าว จุดติดไฟด้วยตัวเองที่การตั้งค่าอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำตั้งแต่ 280°C และน้ำมันปาล์มพบการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่การตั้งค่าอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่ตั้งค่าได้ การทดสอบที่ปริมาณน้ำมันพืช 500 กรัม และตั้งค่าอุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเองของน้ำมันพืชทั้ง 4 ชนิด

จากความสัมพันธ์การจุดติดไฟด้วยตัวเองระหว่างปริมาณของน้ำมันพืชกับการตั้งค่าอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำพบว่าแปรผันตามกัน โดยอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่ก่อให้เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันพืชจะไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิดังกล่าว เนื่องจากปริมาณของน้ำมันพืชที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เวลาในการถ่ายเทความร้อนจากน้ำมันพืชสู่หน้าเตาของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำก่อนถึงอุณหภูมิจุดติดไฟด้วยตัวเองมีมากขึ้นส่งผลให้ระบบด้านความปลอดภัยตรวจจับอุณหภูมิความร้อนที่มากกว่าปกติของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจึงสามารถตอบสนองโดยลดกำลังการทำงานของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำลงก่อนที่จะถึงจุดติดไฟด้วยตัวเองของน้ำมันพืชได้ทัน

คำหลัก เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ การจุดติดไฟด้วยตัวเองของน้ำมันพืช

Abstract

Auto-ignition of cooking oil is a risk factor for fire. This research is experimental study of induction cooker using for shallow frying with 4 kinds of cooking oil including sunflower oil, soybean oil, palm oil and rice

bran oil at 3 different weight: 250 g, 375 g and 500 g. By varying setting temperature of induction cooker, the auto-ignition was founded at 240°C for 250 g of sunflower oil, soybean oil, and rice bran oil while palm oil auto ignited at setting temperature of 260°C. For 375 g of cooking oil, the auto-ignition of sunflower oil, soybean oil, and rice bran oil occurred at setting temperature of 280°C but it was founded at 300°C, the maximum setting temperature of induction cooker, for palm oil. The auto-ignition did not happen to 500 g of all cooking oils used in this test. A relationship between setting temperature of induction cooker and quantity of cooking oil is direct variation. At the same setting temperature, the auto-ignition was not found at high quantity of cooking due to enough time for heat to transfer from oil to cooker plate, thus induction cooker safety function operates by decreasing power before the oil temperature reaches to the auto-ignition point. To prevent fire from cooking oil, the quantity of oil should be increased when high temperature of induction cooker is set.

Keywords: induction cooker, auto-ignition of cooking oil

1. บทนำ

การเกิดอัคคีภัยก่อให้เกิดผลเสียมากมายไม่ว่าจะเป็นต่อชีวิตและทรัพย์สินรวมถึงจิตใจของผู้ที่ประสบเหตุการณ์ไฟไหม้ สาเหตุให้เกิดอัคคีภัยส่วนใหญ่มักเกิดจากความประมาทเลินเล่อ หรือคาดไม่ถึงว่าจะเป็นไปได้ ซึ่งในปัจจุบันการประกอบอาหารในครัวเรือนของอาคารสูงหรือหอพักต่าง ๆ จะมีกฎระเบียบห้ามใช้เตาแก๊สสำหรับการหุงต้มอาหาร จึงมีการใช้เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าเตาแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากมีความเหมาะสมและปลอดภัย ไม่มีเปลวไฟหรือประกายไฟ และความร้อนไม่ได้เกิดขึ้นที่ตัวเตาแต่จะเกิดขึ้นที่ตัวกระทะโดยตรง ซึ่งระบบความปลอดภัยของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำประกอบด้วย

1. ระบบตรวจจับความร้อนป้องกันหน้าเตาร้อนเกินไป
2. ระบบป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน
3. ระบบตรวจจับภาชนะ หากไม่ได้วางภาชนะหรือใช้ภาชนะไม่เหมาะสม

ถึงแม้ว่าเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะมีระบบความปลอดภัยต่าง ๆ แต่ก็ยังมีความมีความเสี่ยงในการเกิดอัคคีภัย ตามองค์ประกอบการเกิดไฟพื้นฐาน 3 อย่าง คือ เชื้อเพลิง (fuel) ตัวสันดาป (oxidizer) และความร้อน (heat) ตามข้อกำหนด NFPA 30 Flammable and Combustible Liquid Code ให้น้ำมันพืชอยู่ในกลุ่ม Class IIIB Combustible Liquid [1] คือของเหลวติดไฟ เมื่อน้ำมันพืชได้รับความร้อนจากเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ จะส่งผลให้เกิดอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีของน้ำมันพืช

Arthur K.K Wong และ N.K.Fong [2] ได้ทำการทดลองการเกิดอัคคีภัยจากการใช้เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำขนาดกำลังไฟฟ้า 2.6 kW กับน้ำมันถั่วลิสงที่ปริมาณต่าง ๆ เพื่อศึกษาพฤติกรรมอุณหภูมิและเวลาในการจุดติดไฟ ความสูงของชั้นควันและเปลวไฟ ซึ่งผลการทดลองพบว่าน้ำมันถั่วลิสงเกิดการจุดติดไฟทุกตัวอย่างของการทดลอง J Liu และ WK Chow [3] ได้ทำการทดลองการใช้น้ำและน้ำแข็งในการดับไฟที่เกิดจากน้ำมันพืช โดยการทดลองใช้เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่กำลังไฟฟ้า 1.5 kW กับน้ำมันคาโนลา พบว่าการใช้น้ำและน้ำแข็งจะเกิดเปลวไฟที่ขยายใหญ่ขึ้น จากผลการวิจัยที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเห็นได้ว่าเป็นการศึกษาอัคคีภัยในเชิงรุกวิเคราะห์ลักษณะการจุดติดไฟของน้ำมันพืชและการควบคุมเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้น ซึ่งหลายครัวเรือนในปัจจุบันยังขาดระบบดับเพลิง ระบบการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ ระบบระบายควัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพิจารณาการป้องกันอัคคีภัยในเชิงรับเพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำและปริมาณของน้ำมันพืชที่มีผลต่อการจุดติดไฟด้วยตัวเอง

การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ระบบความปลอดภัยของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำและพฤติกรรมการจุดติดไฟด้วยตัวเองของน้ำมันพืชโดยการทดลองตั้งกระทะทิ้งไว้บนเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำกับปริมาณของน้ำมันพืชที่จะส่งผลให้เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองขึ้น

2. การตรวจเอกสาร

2.1 กลไกการจุดติดไฟด้วยตัวเอง [4]

การจุดติดไฟด้วยตัวเองจะเกิดขึ้นเมื่อแก๊สผสมติดไฟได้รับความร้อนจากภายนอกทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนเกิดการจุดติดไฟโดยไม่มีประกายไฟจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง

เมื่อน้ำมันพืชได้รับความร้อนจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอแล้วไปผสมกับอากาศจนมีความเข้มข้นที่เหมาะสม ซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากพอจนทำให้ไอของน้ำมันพืชกับออกซิเจนในอากาศทำปฏิกิริยากันได้เองโดยไม่ต้องมีแหล่งพลังงานกระตุ้นจากภายนอกเกิดเป็นแก๊สผสมติดไฟได้เอง

ปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำมันพืชและออกซิเจนดำเนินไปอย่างสลับซับซ้อน อุณหภูมิของแก๊สผสมมีผลโดยตรงต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยอาศัยสมการอัตราปฏิกิริยาเคมีของอาร์เรเนียส ซึ่งกล่าวว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเชื้อเพลิง ออกซิเจน และอุณหภูมิ

โดยแก๊สผสมติดไฟได้ที่เกิดขึ้นและสะสมอยู่ภายในกระทะส่งผลให้อุณหภูมิของแก๊สผสมติดไฟได้ซึ่งกำหนดให้เป็น T มีค่าเท่ากับอุณหภูมิผิวของน้ำมันพืชและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากับค่าอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ กระบวนการจุดติดไฟดำเนินไปภายใต้สภาวะปริมาตรคงที่ ตามสมการอนุรักษ์พลังงานดังนี้

$$mc_v \frac{dT}{dt} = \dot{Q}_R - \dot{Q}_L \qquad (1)$$

โดยที่ $\dot{Q}_R$ คืออัตราการปล่อยพลังงานความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี $\dot{Q}_L$ คืออัตราการสูญเสียความร้อนที่ผิวปริมาตรควบคุมเนื่องจากการพาความร้อน

2.2 เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ [5]

อาศัยหลักการของการเหนี่ยวนำไฟฟ้าทำให้เกิดความร้อนพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นมาจากกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำโดยสนามแม่เหล็ก กระแสไฟฟ้าจึงแปรผันตามกับความร้อนที่เกิดที่ก้นภาชนะ การเกิดความร้อนโดยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดกระแสไหลวน (eddy current) ขึ้น

เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะมีวงจรควบคุมโปรแกรมการประกอบอาหารเช่น โหมดต้ม อุ่น ผัดและทอด เป็นต้น และการควบคุมด้านความปลอดภัย เช่น ระบบตัดไฟเกิน (over current protection) หรือกรณีมีความร้อนมากเกินไป (overheat protection) ระบบดังกล่าวจะสั่งการให้เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำลดกำลังความร้อนหรือหยุดการทำงาน

2.3 น้ำมันพืช

น้ำมันพืชที่ใช้ในการผัดหรือทอด ควรเป็นน้ำมันที่มีจุดเกิดควันสูง ซึ่งน้ำมันพืชที่ใช้ในการผัดหรือทอดในประเทศไทย ที่สามารถหาได้ง่ายและราคาไม่สูง ได้แก่ น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว โดยมีคุณสมบัติดังนี้ ตารางที่ 1 [6,7]

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันพืช

น้ำมันพืช	จุดเกิดควัน (°C)	จุดติดไฟ (°C)	ความหนาแน่น (g/m^3)	ความร้อนของการเผาไหม้ (MJ/kg)
ดอกทานตะวัน	211	358	0.9211	39.306
ถั่วเหลือง	240	360	0.9266	39.138
ปาล์ม	253	352	0.9153	39.641
รำข้าว	228	368	0.9350	38.952

การทอดอาหารสามารถจำแนกได้ 2 แบบ[8] คือการทอดแบบน้ำมันตื้น (shallow frying) เป็นการทอดที่ใช้น้ำมันเพียงเล็กน้อย น้ำมันจะไม่ท่วมอาหารทั้งชิ้น เหมาะสำหรับอาหาร เช่น เบคอน ไข่ เป็นต้น และการทอดแบบน้ำมันท่วม (deep fat frying) เป็นกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาทดลองในการทอดแบบน้ำมันตื้น

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

1.เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ กำลังไฟ 2000 วัตต์ (ฟังก์ชั่น fry 80°C – 300°C)

2.กระทะขนาด 23 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร

3.น้ำมันพืชที่ใช้ทดลอง น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันรำข้าว

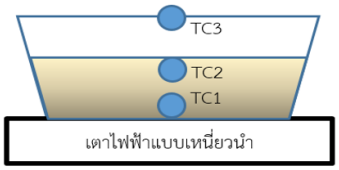
4.อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ Thermocouple K-Type (0°C–482°C)

5.เครื่องบันทึกข้อมูล Data Acquisition รุ่น Personal Daq/54 ช่วงการอ่านค่า -200°C – 1200°C ค่าความคลาดเคลื่อน ±1.2°C

6.เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2 วิธีการทดลอง

ดำเนินการโดยชั่งน้ำหนักปริมาณของน้ำมันพืช 250 กรัม ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิ Thermocouple K-Type จำนวน 3 จุด ตามรูปที่ 1,2 ได้แก่ 1.ผิวด้านในสัมผัสกับก้นของกระทะ (TC1) 2.ในน้ำมันพืช (TC2) 3.บริเวณกลางขอบของกระทะ(TC3) ตามตารางที่ 2 การทำงานของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเลือกโหมดทำอาหารของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเป็นโหมดผัดทอด (ฟังก์ชั่นผัดทอด (fry) จะทำงานในหน่วยขององศาเซลเซียส(°C) ตั้งค่าอุณหภูมิตามที่กำหนดโดยวิธีการลองผิดลองถูก (Trial and Error) โดยเริ่มจากอุณหภูมิที่คาดว่าจะเกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง หากพบการจุดติดไฟด้วยตัวเองขึ้น จะทำการทดลองที่น้ำมันพืชปริมาณเดิม โดยการปรับลดอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำลง 1 ขั้น (-20°C) จนกว่าจะพบจุดที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่ไม่เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองขึ้น แต่ถ้าไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเองภายในเวลา 1 ชั่วโมง จะทำการทดลองที่น้ำมันพืชปริมาณเดิม โดยการปรับเพิ่มอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำขึ้น 1 ขั้น (+20°C) จนกว่าจะพบจุดอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำสูงสุดที่ 300°C) ที่เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองขึ้น เปลี่ยนปริมาณของน้ำมันพืชเป็น 375 กรัม และ 500 กรัม และชนิดของน้ำมันพืชจนครบทั้ง 4 ชนิด



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัด

ตารางที่ 2 แสดงตำแหน่งเครื่องวัดและค่าที่วัด

เครื่องวัด	ตำแหน่ง	ค่าที่วัด
TC1	ก้นกระทะด้านใน	อุณหภูมิของกระทะ (°C)
TC2	ผิวน้ำมันพืช	อุณหภูมิของน้ำมันพืช(°C)
TC3	ขอบกระทะ	อุณหภูมิของควัน/เปลวไฟ(°C)



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัด Thermocouple Type K

4. ผลและวิจารณ์

การหาเวลาการจุดติดไฟด้วยตัวเอง

เวลาการเกิดจุดติดไฟด้วยตัวเอง คือเวลาที่น้ำมันพืชใช้ในการจุดติดไฟนับตั้งแต่น้ำมันพืชเริ่มได้รับความร้อนจากเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ จนเกิดการจุดติดเป็นเปลวไฟบนน้ำมันพืชขึ้น จะส่งผลให้สมการที่ 1 มีค่า $\frac{dT}{dt}>0$ และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิของ TC2 จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

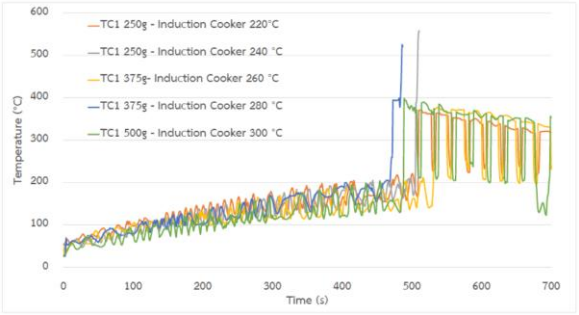
4.1 น้ำมันดอกทานตะวัน

ในการทดลองของน้ำมันดอกทานตะวันพบว่า ที่ปริมาณ 250 กรัม เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่อุณหภูมิ 240°C เวลาในการจุดติดไฟ 506 วินาที อุณหภูมิจุดติดไฟ(TC2) 394.59°C ที่ปริมาณ 375 กรัม เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่อุณหภูมิ 280°C เวลาในการจุดติดไฟ 484 วินาที อุณหภูมิจุดติดไฟ(TC2) 393.72°C และที่ปริมาณ 500 กรัม ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ตามตารางที่ 3 พบว่า ที่

ปริมาณของน้ำมันดอกทานตะวัน 250 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 371.22°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 327.43°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 102.75°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ที่ปริมาณ 375 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 260°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 381.57°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 374.63°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 114.27°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่ปริมาณ 500 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 397.99°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 366.44°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 118.67°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง

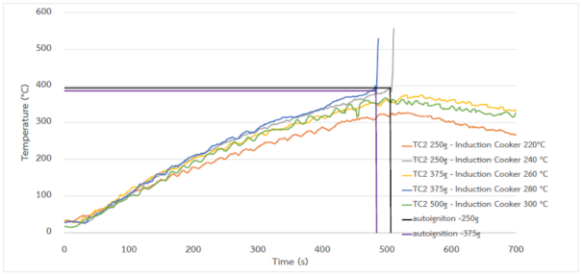
ตารางที่ 3 ผลการทดลองน้ำมันดอกทานตะวัน

ปริมาณ (กรัม)	อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ	TC1 (°C)	TC2 (°C)	TC3 (°C)	เวลาจุดไฟด้วยตัวเอง (วินาที)
250	220	371.22	327.43	102.75	ไม่พบ
250	240	385.2	394.59	432.93	506
375	260	381.57	374.63	114.27	ไม่พบ
375	280	407.30	393.72	386.51	484
500	300	397.99	366.44	118.67	ไม่พบ



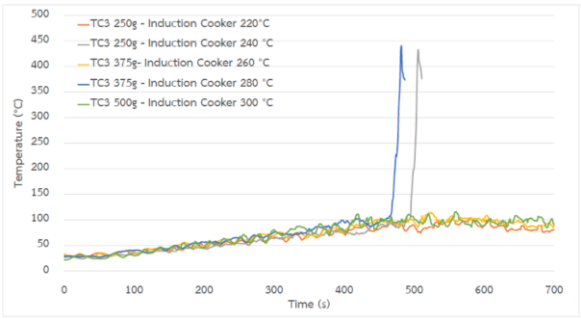
รูปที่ 3 อุณหภูมิของก้นกระทะ (TC1) ที่ปริมาณของน้ำมันดอกทานตะวันและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 3 อุณหภูมิของ TC1 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 3 และค่าอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการถ่ายเทความร้อนของผิวน้ำมันให้กับกระทะ



รูปที่ 4 อุณหภูมิของน้ำมันดอกทานตะวัน (TC2) และเวลาในการจุดติดด้วยตัวเอง

จากรูปที่ 4 อุณหภูมิของ TC2 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 3 และค่าอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการจุดติดไฟขึ้น



รูปที่ 5 อุณหภูมิที่ระดับขอบกระทะ (TC3) ที่ปริมาณของน้ำมันดอกทานตะวันและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 5 อุณหภูมิของ TC3 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 3 และค่าอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบ

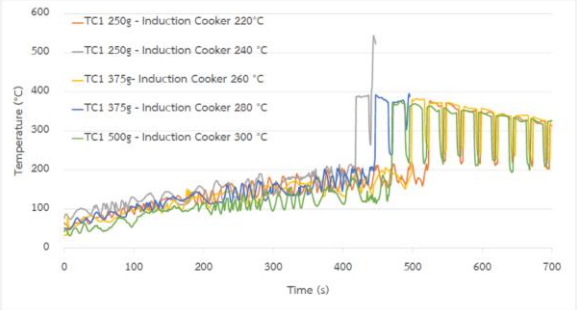
เหนี่ยวนำ 240°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดเปลวไฟบนผิวน้ำมันพืชขึ้น ทั้งนี้พบว่าเปลวไฟที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มเกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองจะกระจายเป็นจุด ๆ บางส่วนบนผิวน้ำมันพืช หากเปลวไฟเกิดตรงกับตำแหน่งของ TC3 จะส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

4.2 น้ำมันถั่วเหลือง

ในการทดลองของน้ำมันถั่วเหลืองพบว่า ที่ปริมาณ 250 กรัม เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่อุณหภูมิ 240°C เวลาในการจุดติดไฟ 432 วินาที อุณหภูมิจุดติดไฟ (TC2) 383.42°C ที่ปริมาณ 375 กรัม เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่อุณหภูมิ 280°C เวลาในการจุดติดไฟ 488 วินาที อุณหภูมิจุดติดไฟ(TC2) 371.89°C และที่ปริมาณ 500 กรัม ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ตามตารางที่ 4 พบว่าที่ปริมาณของน้ำมันถั่วเหลือง 250 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 376.75°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 324.48°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 104.67°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ที่ปริมาณ 375 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 260°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 382.57°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 374.47°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 121.50°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่ปริมาณ 500 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 376.17°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 364.97°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 111.07°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง

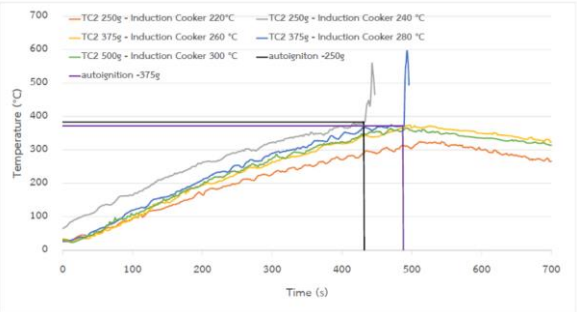
ตารางที่ 4 ผลการทดลองน้ำมันถั่วเหลือง

ปริมาณ (กรัม)	อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ	TC1 (°C)	TC2 (°C)	TC3 (°C)	เวลาจุดไฟด้วยตัวเอง (วินาที)
250	220	376.75	324.48	104.67	ไม่พบ
250	240	388.38	383.42	198.07	432
375	260	382.57	374.47	121.50	ไม่พบ
375	280	373.77	371.89	264.17	488
500	300	376.17	364.97	111.07	ไม่พบ



รูปที่ 6 อุณหภูมิของก้นกระทะ (TC1) ที่ปริมาณของน้ำมันถั่วเหลืองและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

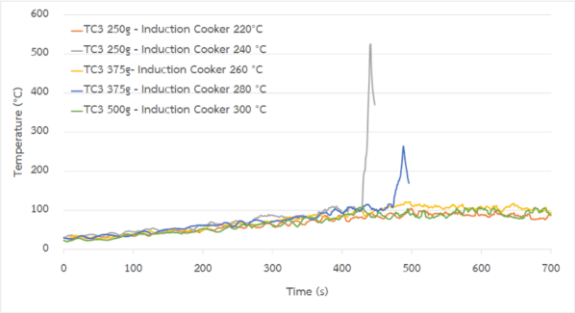
จากรูปที่ 6 อุณหภูมิของ TC1 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 4 และค่าอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการถ่ายเทความร้อนของผิวน้ำมันให้กับกระทะ



รูปที่ 7 อุณหภูมิของน้ำมันถั่วเหลือง (TC2) ที่ปริมาณของน้ำมันถั่วเหลืองและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 7 อุณหภูมิของ TC2 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 4 และค่าอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะ

เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการจุดติดไฟขึ้น



รูปที่ 8 อุณหภูมิที่ระดับขอบกระทะ (TC3) ที่ปริมาณของน้ำมันถั่วเหลืองและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

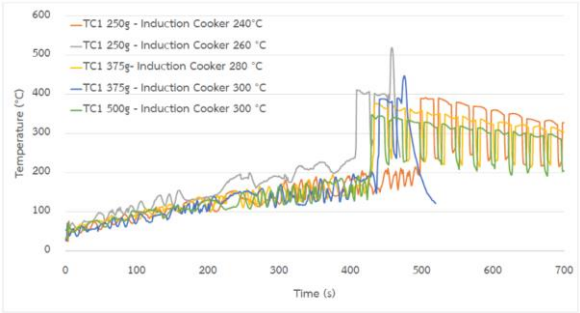
จากรูปที่ 8 อุณหภูมิของ TC3 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 4 และค่าอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดเปลวไฟบนผิวน้ำมันพืช ขึ้นทั้งนี้พบว่าเปลวไฟที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มเกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองจะกระจายเป็นจุด ๆ บางส่วนบนผิวน้ำมันพืช หากเปลวไฟเกิดตรงกับตำแหน่งของ TC3 จะส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

4.3 น้ำมันปาล์ม

ในการทดลองของน้ำมันปาล์มพบว่า ที่ปริมาณ 250 กรัม เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่อุณหภูมิ 260°C เวลาในการจุดติดไฟ 451 วินาที อุณหภูมิจุดติดไฟ (TC2) 397.66°C ที่ปริมาณ 375 กรัม เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่อุณหภูมิ 300°C เวลาในการจุดติดไฟ 469 วินาที อุณหภูมิจุดติดไฟ(TC2) 381.47°C และ ที่ปริมาณ 500 กรัม ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ตามตารางที่ 5 พบว่าที่ปริมาณของน้ำมันปาล์ม 250 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 390.96°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 376.50°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 121.85°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่ปริมาณ 375 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 376.99°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 365.61°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 113.75°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ที่ปริมาณ 500 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 347.65°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 330.08°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 117.15°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง

ตารางที่ 5 ผลการทดลองน้ำมันปาล์ม

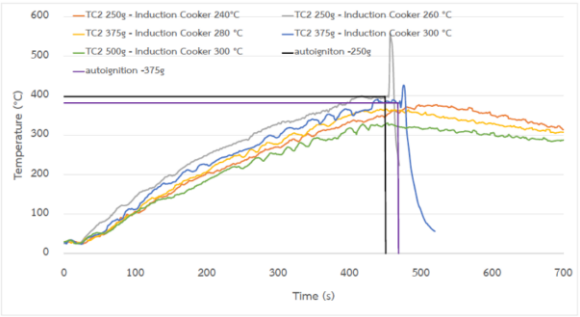
ปริมาณ (กรัม)	อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ	TC1 (°C)	TC2 (°C)	TC3 (°C)	เวลาจุดไฟด้วยตัวเอง (วินาที)
250	240	390.96	376.50	121.85	ไม่พบ
250	260	395.88	397.66	488.36	451
375	280	376.99	365.61	113.75	ไม่พบ
375	300	387.97	381.47	320.75	469
500	300	347.65	330.08	117.15	ไม่พบ



รูปที่ 9 อุณหภูมิของก้นกระทะ (TC1) ที่ปริมาณของน้ำมันปาล์มและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

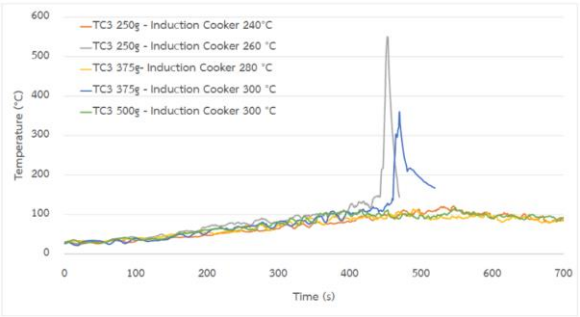
จากรูปที่ 9 อุณหภูมิของ TC1 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C 280°C และ 300°C ของปริมาณ 500 กรัม มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 5 และค่าอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 260°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่าง

รวดเร็ว เนื่องจากเกิดการถ่ายเทความร้อนของผิวน้ำมันให้กับกระทะ



รูปที่ 10 อุณหภูมิของน้ำมันปาล์ม (TC2) ที่ปริมาณของน้ำมันปาล์มและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 10 อุณหภูมิของ TC2 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C 280°C และ 300°C ของปริมาณ 500 กรัม มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 5 และค่าอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 260°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการจุดติดไฟขึ้น



รูปที่ 11 อุณหภูมิที่ระดับขอบกระทะ (TC3) ที่ปริมาณของน้ำมันปาล์มและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

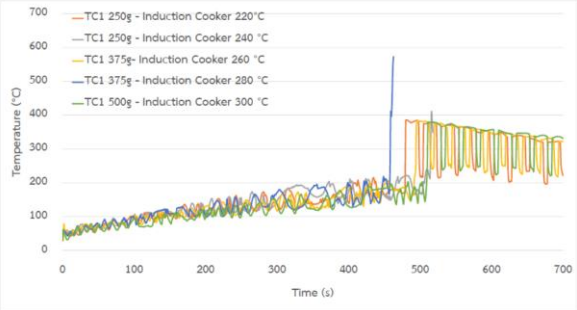
จากรูปที่ 11 อุณหภูมิของ TC3 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C 280°C และ 300°C ของปริมาณ 500 กรัม มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 5 และค่าอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 260°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดเปลวไฟบนผิวน้ำมันพืชขึ้นทั้งนี้พบว่าเปลวไฟที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มเกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองจะกระจายเป็นจุด ๆ บางส่วนบนผิวน้ำมันพืช หากเปลวไฟเกิดตรงกับตำแหน่งของ TC3 จะส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

4.4 น้ำมันรำข้าว

ในการทดลองของน้ำมันรำข้าวพบว่า ที่ปริมาณ 250 กรัม เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่อุณหภูมิ 240°C เวลาในการจุดติดไฟ 504 วินาที อุณหภูมิจุดติดไฟ (TC2) 403.55°C ที่ปริมาณ 375 กรัม เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่อุณหภูมิ 280°C เวลาในการจุดติดไฟ 456 วินาที อุณหภูมิจุดติดไฟ(TC2) 394.65°C และที่ปริมาณ 500 กรัม ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ตามตารางที่ 6 พบว่าที่ปริมาณของน้ำมันรำข้าว 250 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 385.40°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 332.58°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 123.62°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง ที่ปริมาณ 375 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 260°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 383.56°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 373.83°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 127.85°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่ปริมาณ 500 กรัม ที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 300°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC1 เท่ากับ 380.35°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC2 เท่ากับ 368.95°C อุณหภูมิสูงสุดของ TC3 เท่ากับ 114.32°C ไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเอง

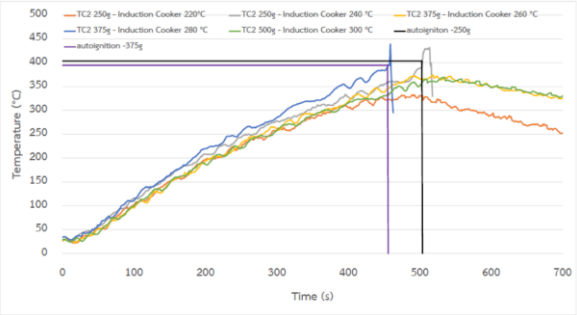
ตารางที่ 6 ผลการทดลองน้ำมันรำข้าว

ปริมาณ (กรัม)	อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ	TC1 (°C)	TC2 (°C)	TC3 (°C)	เวลาจุดไฟด้วยตัวเอง (วินาที)
250	220	385.40	332.58	123.62	ไม่พบ
250	240	186.69	403.55	184.69	504
375	260	383.56	373.83	127.85	ไม่พบ
375	280	177.96	394.65	347.47	456
500	300	380.35	368.95	114.32	ไม่พบ



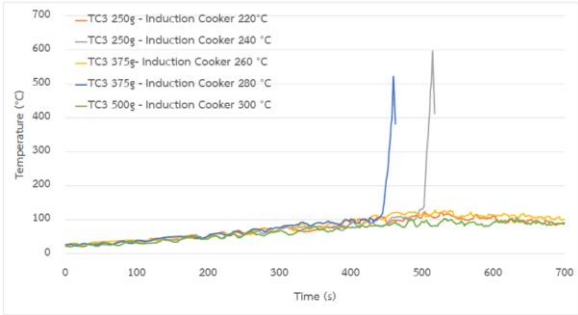
รูปที่ 12 อุณหภูมิของก้นกระทะ (TC1) ที่ปริมาณของน้ำมันรำข้าวและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 12 อุณหภูมิของ TC1 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 6 และค่าอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการถ่ายเทความร้อนของผิวน้ำมันให้กับกระทะ



รูปที่ 13 อุณหภูมิของน้ำมันรำข้าว (TC2) ที่ปริมาณของน้ำมันรำข้าวและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 13 อุณหภูมิของ TC2 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 6 และค่าอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 240°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการจุดติดไฟขึ้น



รูปที่ 14 อุณหภูมิที่ระดับขอบกระทะ (TC3) ที่ปริมาณของน้ำมันรำข้าวและอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 14 อุณหภูมิของ TC3 พบว่าที่อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 220°C 260°C และ 300°C มีอุณหภูมิสูงสุดตามตารางที่ 5 และค่าอุณหภูมิจะคงที่ตลอดช่วงเวลาการทดลอง ยกเว้นที่ปริมาณ 250 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 260°C และปริมาณ 375 กรัม อุณหภูมิเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 280°C อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิต่อเวลาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดเปลวไฟบนผิวน้ำมันพืชขึ้นทั้งนี้พบว่าเปลวไฟที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มเกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองจะกระจายเป็นจุด ๆ บางส่วนบนผิวน้ำมันพืช หากเปลวไฟเกิดตรงกับตำแหน่งของ TC3 จะส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น

5. สรุปผลการทดลอง

จากข้อมูลผลการทดลองพบว่าความสัมพันธ์การจุดติดไฟด้วยตัวเองระหว่างปริมาณของน้ำมันพืชกับการตั้งค่าอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำแปรผันตามกัน โดยอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่ก่อให้เกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันพืชจะไม่พบการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิดังกล่าว เนื่องจากปริมาณของน้ำมันพืชที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เวลาในการถ่ายเทความร้อนจากน้ำมันพืชสู่หน้าเตาของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำก่อนถึงอุณหภูมิจุดติดไฟด้วยตัวเองมีมากขึ้นส่งผลให้ระบบด้านความปลอดภัยตรวจจับอุณหภูมิความร้อนที่มากกว่าปกติของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจึงสามารถตอบสนองโดยลดกำลังการทำงานของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำลงก่อนที่จะถึงจุดติดไฟด้วยตัวเองของน้ำมันพืชได้ทัน

จากข้อมูลการทดลองน้ำมันปาล์มจะเกิดการจุดติดไฟด้วยตัวเองที่อุณหภูมิของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิจุดเกิดควันของน้ำมันปาล์มที่มากกว่ามีผลต่อการปริมาณความเข้มข้นของแก๊สผสมติดไฟได้ และเวลาในการจุดไฟด้วยตัวเองพบว่าน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปาล์มใช้เวลาในการจุดติดไฟแปรผันตามปริมาณของน้ำหนัก แต่น้ำมันดอกทานตะวันและน้ำมันรำข้าวซึ่งมีอุณหภูมิจุดเกิดควันต่ำกว่าใช้เวลาในการจุดติดไฟแปรผกผันตามปริมาณของน้ำหนักเนื่องจากปริมาณความเข้มข้นของแก๊สผสมติดไฟมีมากขึ้นตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลจากคุณสมบัติความหนาแน่นและค่าความร้อนของการเผาไหม้ของน้ำมันพืชที่มีผลต่ออัตราการปล่อยพลังงานความร้อน แต่หากเพิ่มปริมาณน้ำมันพืชจนปริมาตรที่ว่างที่เหลืออยู่ในกระทะไม่เพียงพอต่อการสะสมของแก๊สผสมติดไฟ การจุดติดไฟด้วยตัวเองก็จะไม่เกิดขึ้น

ทั้งนี้ปริมาณของน้ำมันพืชที่ได้จากการทดลองนี้อาจมีความแตกต่างขึ้นกับระบบตรวจจับความร้อนของเตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำและคุณสมบัติการนำความร้อนของกระทะที่มีความแตกต่างออกไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากบริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

[1] NFPA 30 Flammable and Combustible. (2015).

[2] Arthur K.K, W., & N.K, F. (2013). Experimental Study of Induction Cooker Fire Hazard. *Procedia Engineering,* 52, 13-22.

[3] J Liu, WK Chow. (2017). Fire Hazards of Introducing Water and Ice into Hot Oil in Open Kitchen. *Journal of Fire Sciences*, 35 (6), 484-506.

[4] ณัฐศักดิ์ บุญมี. 2560. *พลศาสตร์อัคคีภัย.* ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

[5] Lucia, O., Acero, J., Carretero, C., & Burdio, J.M. (2013). Induction heating appliances: Toward more flexible cooking surfaces. *Industrial Electronics Magazine, IEEE,* 7(3), 35-47.

[6] Centra Foods Simple Authetic. Edible Oil Smoke&Flash Points [TEMPERATURE CHART]. http://www.centrafoods.com/blog/edible-oil-smoke-flash-points-temperature-chart, วันที่สืบค้นข้อมูล 5 เมษายน 2563.

[7] Omar F, Bashir, Fawwaz I, Khalili, Bassam A. Sweileh. (2014). Combustion and Emission Characteristics of Straight Vegetable Oils and Diesel and Fuel Bends. *Jordan Journal of Chemistry,* 9 (2), 134-147.

[8] พิสุทธิ์ ก้องเกียรติศักดิ์. 2555. กลไกการทอดและแนวทางการลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด. *Food Journal*, 42 (4), 291-295.

ID010

การออกแบบรูปร่างลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำอัตโนมัติ

Hull Shape Design of an Autonomous Underwater Glider

พินิจ ประเสริฐสังข์[1] และ ภัคพงศ์ จันทเปรมจิตต์[1,*]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[*]E-mail: pakpong@eng.buu.ac.th

Pinit Prasertsang[1] and Pakpong Jantapremjit[1*]
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University
[*]E-mail: pakpong@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องร่อนใต้น้ำอัตโนมัติ ถูกนำมาใช้งานปฏิบัติที่ยาวนานในงานด้านการสำรวจใต้ท้องทะเลที่กว้างและลึก เนื่องจากใช้พลังงานน้อย โดยรูปร่างของเครื่องร่อนใต้น้ำถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเคลื่อนที่ ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงาน ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการออกแบบรูปร่างลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำเพื่อลดแรงต้านในการเคลื่อนที่ โดยใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแรงต้านของรูปร่างลำตัวที่ออกแบบและรูปร่างของเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัม จากผลการจำลองจากชุดซอฟต์แวร์สำเร็จรูปโอเพ่นซอร์ส พบว่ารูปร่างลำตัวที่ออกแบบมีแรงต้านน้อยกว่าลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัม

คำหลัก เครื่องร่อนใต้น้ำ แรงต้าน วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

Abstract

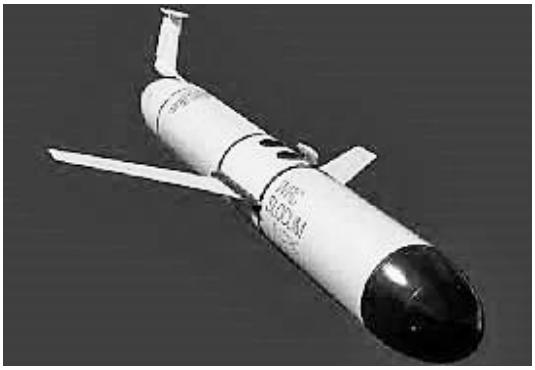
Autonomous underwater gliders are used in long-term sea explorations where are vast and deep because of their low energy consumption. Their hull shapes are vital for movement and consequent usage on energy. In this paper, hull shape design is investigated for minimizing drag. The use of computational fluid dynamics is studied and compared the proposed design and the Slocum underwater glider. The results which were simulated from open source software package showed that the drag of the proposed design is lower than that of the Slocum underwater glider.

Keywords: Underwater glider, Drag force, Computational fluid dynamics

1. บทนำ

ยานสำรวจใต้น้ำสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ ยานสำรวจใต้น้ำที่มีมนุษย์ควบคุมอยู่ภายใน (Manned underwater vehicle, MUV) [1] และยานสำรวจใต้น้ำที่ไม่มีมนุษย์ควบคุมอยู่ภายใน (Unmanned underwater vehicle, UUV) โดยในส่วนของยานสำรวจใต้น้ำที่ไม่มีมนุษย์ควบคุมอยู่ภายใน ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกไปอีก 2 ประเภท คือ ยานใต้น้ำแบบอัตโนมัติ (Autonomous underwater vehicle, AUV) และยานใต้น้ำแบบควบคุมระยะไกล (Remotely operated underwater vehicle, ROV) [2] โดยการเคลื่อนที่ของยานใต้น้ำแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การเคลื่อนที่ด้วยใบจักร (Propeller thrust) และการเคลื่อนที่โดยใช้แรงลอยตัว (Buoyancy force) ซึ่งยานใต้น้ำประเภทนี้เรียกว่า เครื่องร่อนใต้น้ำ (Underwater glider) สำหรับ

เครื่องร่อนใต้น้ำที่ไม่มีมนุษย์ควบคุมจะเรียกว่า เครื่องร่อนใต้น้ำอัตโนมัติ (Autonomous underwater glider) โดยเครื่องร่อนใต้น้ำอัตโนมัติถูกนำมาใช้งานในด้านการสำรวจใต้ท้องทะเลลึกและบริเวณที่อยู่ไกล เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น ปฏิบัติงานการสำรวจได้เป็นระยะเวลานานและระยะทางการสำรวจไกลกว่ายานสำรวจใต้น้ำประเภทอื่น โดยแนวคิดสำหรับเครื่องร่อนใต้น้ำอัตโนมัติถูกนำเสนอครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1989 ซึ่งเครื่องร่อนใต้น้ำอัตโนมัติที่ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกมีชื่อว่า เครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัม (Slocum glider) โดยตั้งเป็นชื่อของนักเดินเรือคนแรกของโลก [3] โดยเป็นเครื่องร่อนใต้น้ำที่สามารถปรับมุมการเคลื่อนที่ได้ เคลื่อนที่ได้ไกลสุดประมาณ 500 เมตร สามารถดำน้ำได้ในระดับความลึก 4 เมตร ถึง 200 เมตร [4] ลำตัวลักษณะคล้ายตอปิโด ลำตัวยาว 1.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางลำตัว 21.3 เซนติเมตร ปีกยาว 1.2 เมตร ความเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาที [5] แสดงรูปร่างดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัม

รูปร่างของเครื่องร่อนใต้น้ำถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากในการพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเครื่องร่อนใต้น้ำ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพหลายอย่าง เช่น ความสามารถในการเคลื่อนที่ ระยะเวลาและระยะทางในการปฏิบัติงาน และความสิ้นเปลืองในการใช้พลังงาน เป็นต้น โดยส่วนสำคัญในการออกแบบรูปร่างและการประเมินการเคลื่อนที่ของเครื่องร่อนใต้น้ำ คือคุณสมบัติทางไฮโดรไดนามิกส์ของเครื่องร่อนใต้น้ำ [6] ดังนั้น จึงต้องมีการประมาณค่าไฮโดรไดนามิกส์ของรูปร่างลำตัว เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเครื่องร่อนใต้น้ำ วิธีการประมาณค่าไฮโดรไดนามิกส์สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีการทดลอง (การทดลองในถังลากจูง) และวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computation Fluid Dynamics: CFD) สำหรับวิธีการที่รับความนิยมในปัจจุบันคือ วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อยและต้นทุนต่ำ และผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับวิธีการทดลองในถังลากจูง (Towing tank) ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบรูปร่างลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำ เพื่อลดแรงต้านที่เกิดขึ้นเมื่อเครื่องร่อนใต้น้ำเคลื่อนที่ ซึ่งตั้งเป้าหมายไว้ที่ลดลงอย่างน้อย 10 % โดยทำการเปรียบเทียบกับเครื่องร่อนใต้แบบสโลคัมที่ความเร็ว 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เมตร/วินาที และคำนวณค่าไฮโดรไดนามิกส์โดยใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยใช้ชุดซอฟต์แวร์สำเร็จรูปโอเพ่นซอร์ส และเลือกใช้ซอฟต์แวร์ Salome [7] ใช้ในการสร้างวัตถุและโดเมน รวมถึงการคำนวณ และใช้ซอฟต์แวร์ Code_saturne [8] ใช้สำหรับคำนวณข้อมูลวัตถุและโดเมนจากซอฟต์แวร์ Salome

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.1 การวิเคราะห์สมการการไหล

สำหรับวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณจะกำหนดให้เครื่องร่อนใต้น้ำเคลื่อนที่อยู่ในสภาวะสมดุลอยู่ภายใต้ของไหลที่ไม่สามารถอัดตัวได้ (Incompressible fluid) [9, 10] สมการ Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) ถูกใช้เพื่ออธิบายและกำหนดลักษณะการไหลและแรงดันรอบลำตัวเครื่องร่อนใต้น้ำ แสดงการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ ดังสมการ (1)-(3) [6]

$$\frac{\partial \bar{U}_i}{\partial x_i} = 0 \qquad (1)$$

$$\rho\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_k \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_k}\right) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j}\right) + \frac{\partial R_{ij}}{\partial x_j} \qquad (2)$$

$$R_{ij} = \mu_T\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i}\right) - \frac{2}{3}\mu_T \frac{\partial \bar{u}_k}{\partial x_k}\delta_{ij} - \frac{2}{3}\rho k \delta_{ij} \qquad (3)$$

โดย u_i คือองค์ประกอบที่เกิดขึ้นทันทีเมื่อของไหลเคลื่อนที่ (Instantaneous component) $\bar{u}_i$ คือองค์ประกอบเวลาเฉลี่ย (Time-average component) u_i' คือองค์ประกอบความผันผวน (Fluctuating component) และ R_{ij} คือ

เทนเซอร์ความเค้นของเรย์โนลด์ (Reynolds Stress tensor)

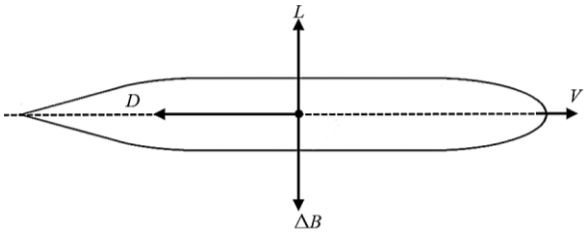
สำหรับแบบจำลองการไหลปั่นป่วน (Turbulent model) ที่เลือกใช้คือ แบบจำลอง SST $k-\omega$ จะประมาณค่า μ_T จากสมการ (3) ด้วยสมการ (4)

$$\mu_T = f\left(\frac{\rho k}{\omega}\right) \tag{4}$$

โดยที่ k คือพลังงานจลน์ของการไหลปั่นป่วน $\left(k=\overline{u_i'u_i'}/2\right)$ ω คืออัตราการกระจายตัวเฉพาะ $\left(\omega=\varepsilon/k\right)$ และ ε คืออัตราการกระจายตัวการไหลปั่นป่วน $\left(\varepsilon=\nu\overline{\partial u_i'/\partial x_j\left(\partial u_i'/\partial x_j+\partial u_j'/\partial x_i\right)}\right)$

2.2 การวิเคราะห์แรง

เมื่อเครื่องร่อนใต้น้ำเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวระนาบในภาวะสมดุล โดยไม่มีแรงรบกวนจากภายนอก จะเกิดแรงต้าน (Drag) ในแนวการเคลื่อนที่เท่านั้น โดยที่แรงยก (Lift) เท่ากับศูนย์ แสดงแรงที่กระทำต่อลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำได้ดังรูปที่ 2

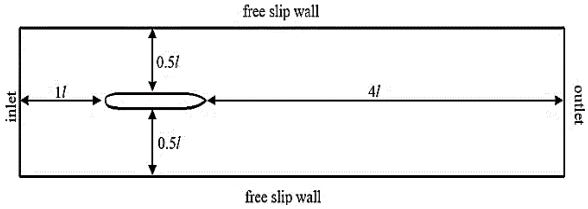


รูปที่ 2 แบบจำลองทางกลศาสตร์ของเครื่องร่อนใต้น้ำเมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

โดยที่ V คือความเร็วของการเคลื่อนที่ D คือแรงต้าน L คือแรงยก (เมื่อเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในแนวระนาบจะมีค่าเท่ากับศูนย์) B คือแรงลอยตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำ และ ΔB คือแรงลอยตัวสุทธิ

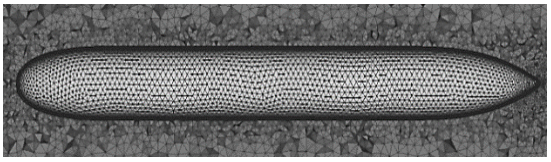
2.3 การสร้างเมช

การจำลองการไหลเป็นการสมมติให้เครื่องร่อนใต้น้ำเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในน้ำลึก โดยงานวิจัยนี้ไม่สนใจความลึกสำหรับการเคลื่อนที่ของเครื่องร่อนใต้น้ำ สำหรับขอบเขตการไหลและเงื่อนไขขอบเขตของการจำลองการไหลด้วยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณแสดงดังรูปที่ 3 โดยเป็นขอบเขตที่การไหลวนบริเวณผนังของขอบเขตไม่ส่งผลกระทบต่อการไหลบริเวณลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำ [10] โดยที่ l คือความยาวของเครื่องร่อนใต้น้ำ



รูปที่ 3 ขอบเขตการไหลและเงื่อนไขขอบเขตแบบ 2 มิติ

เมชที่เลือกใช้มีสองส่วนคือ เมชแบบมีโครงสร้างบริเวณใกล้กับผนังของเครื่องร่อนใต้น้ำเพื่อเสถียรภาพของการคำนวณและความแม่นยำของผลลัพธ์ และเมชสามเหลี่ยมแบบไม่มีโครงสร้าง บริเวณห่างจากลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำเพื่อประหยัดเวลาในการสร้างเมชและยืนหยุ่นต่อรูปร่างของขอบเขตการไหล แสดงลักษณะของเมชของการจำลองการไหลผ่านเครื่องร่อนใต้น้ำดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เมชของการจำลองการไหลผ่านเครื่องร่อนใต้น้ำ

สำหรับความสูงทั้งหมดของเมชแบบมีโครงสร้างบริเวณใกล้กับผนังของเครื่องร่อนใต้น้ำหาได้จากสมการ (5) และ (6)

$$\delta = 0.035l\,\mathrm{Re}_l^{-\frac{1}{7}} \tag{5}$$

$$\mathrm{Re}_l = \frac{\rho V l}{\mu} \tag{6}$$

โดยที่ δ คือความสูงทั้งหมดของเมชบริเวณติดกับลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำ และ Re_l คือตัวเลขเรย์โนล์ดจากความยาวของเครื่องร่อนใต้น้ำ

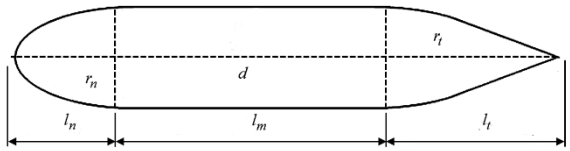
2.4 สมการการออกแบบรูปร่าง

สำหรับการพิจารณาออกแบบรูปร่างลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำได้เลือกใช้สมการตาม [11] ดังสมการ (7) แสดงรายละเอียดของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปร่างของเครื่องร่อนใต้น้ำดังภาพที่ 5

$$r_t = \frac{d}{2}\left(1-\left(\frac{x-l_n-l_m}{l_t}\right)^{n_t}\right) \qquad (7)$$

$$r_n = \frac{d}{2}\left(1-\left(\frac{l_n-x}{l_n}\right)^{n_n}\right)^{1/n_n}$$

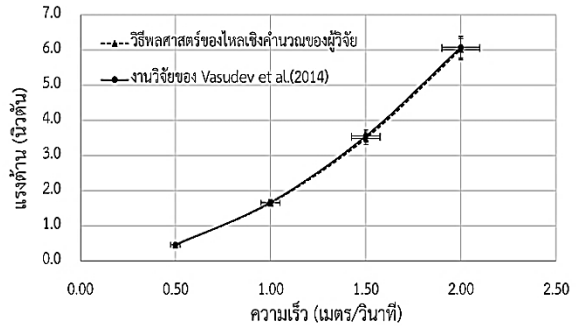
โดยที่ r_n, r_t คือรัศมีส่วนหัวและรัศมีส่วนหาง l_n, l_m, l_t คือความยาวส่วนหัว ลำตัวส่วนกลางและส่วนหาง ตามลำดับ d คือเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของลำตัว x คือตำแหน่งตามแนวความยาวของลำตัว n_n, n_t คือสัมประสิทธิ์การออกแบบส่วนหัวและส่วนหางตามลำดับ



รูปที่ 5 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปร่างของเครื่องร่อนใต้น้ำ

3. การตรวจสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์

ในส่วนนี้จะแสดงการตรวจสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์โดยจำลองการไหลเมื่อของไหลไหลผ่านเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัมที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยมุม 0 องศา ที่ความเร็ว 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เมตร/วินาที เพื่อเปรียบเทียบแรงต้านจากการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของผู้วิจัยและแรงต้านจากงานวิจัยที่ผ่านมาของ Vasudev et al. (2014) [10] ผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบแรงต้านระหว่างจากการคำนวณผู้วิจัย และงานวิจัยของ Vasudev et al. (2014) [10]

โดยพบว่าแรงต้านมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าความผิดพลาดสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 1% แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่ทางผู้วิจัยเลือกใช้และขั้นตอนวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณต่าง ๆ เช่น การกำหนดขอบเขตโดเมน การสร้างเมช และผลลัพธ์ มีความแม่นยำและเป็นที่ยอมรับได้

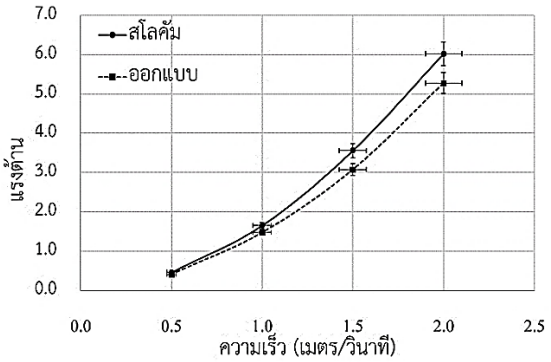
4. การออกแบบรูปร่างของเครื่องร่อนใต้น้ำ

การออกแบบรูปร่างลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำจะเป็นการออกแบบเฉพาะลำตัว ซึ่งกำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำ ความยาวของลำตัวส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนหางเท่ากับต้นแบบ ส่วนที่จะทำการออกแบบคือ รูปร่างของส่วนหัวและส่วนหาง ออกแบบด้วยการเลือกใช้สัมประสิทธิ์การออกแบบส่วนหัวและส่วนหางจากสมการ (7) โดยเปรียบเทียบแรงต้านของลำตัวที่ออกแบบกับแรงต้านของเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัมจากงานวิจัยของ Vasudev et al. (2014) [10] สำหรับตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบรายละเอียดของลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัมกับลำตัวที่ออกแบบ

ตารางที่ 1 รายละเอียดของลำตัวเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัมและลำตัวที่ออกแบบ

รายละเอียด	สโลคัม	ออกแบบ
ความยาวของส่วนหัว (มิลลิเมตร)	240	240
ความยาวของลำตัว (มิลลิเมตร)	800	800
ความยาวของส่วนหาง (มิลลิเมตร)	380	380
ความยาวทั้งหมด (มิลลิเมตร)	1,420	1,420
เส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุด (มิลลิเมตร)	160	160
สัมประสิทธิ์การออกแบบส่วนหัว	2.3	1.7
สัมประสิทธิ์การออกแบบส่วนหาง	3	1.7
พื้นที่ผิวเปียก (ตารางเมตร)	0.652	0.615
ความเร็ว (เมตร/วินาที)	1	1

สำหรับการจำลองการเคลื่อนที่เพื่อเปรียบเทียบแรงต้านใช้การจำลองการไหลเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 3 การตรวจสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์ โดยผลการเปรียบเทียบแรงต้านที่ลดลงแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบแรงต้านระหว่างลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัมและลำตัวที่ออกแบบ

จากรูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบแรงต้านระหว่างลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัมและลำตัวที่ออกแบบ พบว่า แรงต้านของลำตัวที่ออกแบบลดลงจากเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัม โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 13% ที่ทุก ๆ ความเร็ว ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ว่าแรงต้านต้องลดลงอย่างน้อย 10%

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาเบื้องต้นในการออกแบบรูปร่างลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำใน 3 มิติ เพื่อลดแรงต้านในการเคลื่อนที่ด้วยการออกแบบรูปร่างของส่วนหัวและส่วนหาง การออกแบบจะปรับค่าสัมประสิทธิ์ของรัศมีส่วนหัวและส่วนหาง ซึ่งพบว่าพื้นที่ผิวเปียกลดลง เปรียบเทียบแรงต้านที่ได้กับลำตัวของเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัม โดยใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ พบว่ารูปร่างลำตัวที่ออกแบบที่มีขนาดความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับเครื่องร่อนใต้น้ำแบบสโลคัม แต่มีลักษณะส่วนหัวและส่วนหางต่างกัน จะส่งผลต่อแรงต้าน ซึ่งจะได้ค่าที่น้อยกว่าโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 13% ที่ทุก ๆ ความเร็วของการเคลื่อนที่ ในการพัฒนาต่อไปจะพิจารณาเครื่องร่อนใต้น้ำที่มีปีก และจำลองการเคลื่อนที่ในรูปแบบจริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (สัญญาเลขที่ 16/2555)

เอกสารอ้างอิง

[1] Ministry of earth Science, Manned and Unmanned Underwater Vehicles,. 2015.

[2] Office of Coast Survey, Remotely Operated Vehicles (ROV). 2018.

[3] Webb, D.C., P.J. Simonetti, and C.P. Jones, SLOCUM: an underwater glider propelled by environmental energy. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 2001. 26(4): p. 447-452.

[4] Edward Fiorelli, Adaptive Sampling Using Feedback Control of an Autonomous. 2003.

[5] Barker, W.P., An Analysis of Undersea Glider Architectures and an Assessment of Undersea Glider Integration into Undersea Applications. 2012.

[6] Nouri, N., K. Mostafapour, and S.H. Hassanpour, CFD Modeling of Wing and Body of an AUV for Estimation of Hydrodynamic Coefficients. Journal of Applied Fluid Mechanics, 2016. 9: p. 2717-2729.

[7] Energy research and develobment - EDF groub, CEA-Energies, and OPEN CASECADE. SALOME. 2019 [cited 2019 21]; Available from: https://www.salome-platform.org/.

[8] Energy research and develobment - EDF groub. CODE_SATURNE. 2019 [cited 2019 26]; Available from: https://www.code-saturne.org/cms/.

[9] Moelyadi, M. and B. Bambang Riswandi, CFD Based Added Mass Prediction in Cruise Condition of Underwater Vehicle Dynamic. Vol. 1005. 2018. 012011.

[10] Vasudev, K.L., R. Sharma, and S.K. Bhattacharyya, A multi-objective optimization design framework integrated with CFD for the design of AUVs. Methods in Oceanography, 2014. 10: p. 138-165.

[11] Alvarez, A., V. Bertram, and L. Gualdesi, Hull hydrodynamic optimization of autonomous underwater vehicles operating at snorkeling depth. Ocean Engineering, 2009. 36(1): p. 105-112.

ID013

การวิเคราะห์สมรรถนะของเส้นทางหนีไฟด้วยโปรแกรมอพยพ กรณีศึกษาอาคารพิพิธภัณฑ์

Analysis of Capacity of Means of Egress using Evacuation Software, case study Museum Building

สำราญ พิสัยเลิศ[1*] และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: samran.pi@ku.th

Samran Pisailert[1*] and Supat Patvihaichod[2]
[1]Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: samran.pi@ku.th

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงผลการศึกษาการวิเคราะห์สมรรถนะของเส้นทางหนีไฟด้วยโปรแกรมอพยพ ของอาคารพิพิธภัณฑ์ โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การจำลองการอพยพหนีไฟไม่เกิน 5 นาที ส่วนที่ 2 การหาระยะสัญจรของเส้นทางหนีไฟ ด้วยโปรแกรม Pathfinder อาคารที่ใช้เป็นอาคารพิพิธภัณฑ์ 2 ชั้น มีขนาดพื้นที่มากกว่า 3,000 ตารางเมตร มีเส้นทางอพยพที่ชั้น 1 จำนวน 4 เส้นทาง และชั้น 2 จำนวน 2 เส้นทาง ในแบบจำลองมีจำนวณผู้ใช้อาคารทั้งหมดไม่เกิน 1,800 คน แบ่งเป็นเด็กร้อยละ 63 และผู้ใหญ่ร้อยละ 37 มีการแบ่งโซนภายในอาคารเป็น 10 โซน ในส่วนที่ 1 การอพยพจะมีการกำหนดเงื่อนไขให้ผู้ใช้อาคารที่อยู่ในบริเวณที่ใกล้กับประตูทางออกที่ถูกปิดจะต้องอพยพก่อนบริเวณอื่น ๆ เป็นเวลา 60 วินาที ในส่วนการจำลองแบ่งเป็น 3 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ 1 ปิดทางออก 3 ด้านหลังอาคารใกล้ห้องอาคาร ทำให้ต้องอพยพคนในโซน D และ E ก่อน หน่วงเวลาอพยพโซนอื่น ๆ เป็นเวลา 60 วินาที สถานการณ์ 2 ปิดทางออก 4 ชั้น 2 ทำให้ต้องอพยพคนในโซน J และ F ก่อนหน่วงเวลาอพยพโซนอื่น ๆ เป็นเวลา 60 วินาที สถานการณ์ 3 ทางออกทุกเส้นทางสามารถใช้งานได้ปกติ หน่วงเวลาอพยพ 60 วินาที ทุกโซน ผลการศึกษาพบว่า จะต้องจำกัดจำนวนผู้ใช้อาคารรวมทั้งหมด ไม่เกิน 1,083 คน หรือคิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ ของความจุ และใช้เวลาอพยพมากที่สุดคือ 290 วินาที ในสถานการณ์ 1 และเวลาอพยพน้อยที่สุดคือ 255 วินาที ในสถานการณ์ 2 จากผลดังกล่าวทำให้ไม่ต้องมีการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ ในส่วนที่ 2 การหาระยะสัญจรที่เหมาะสมของเส้นทางหนีไฟ เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการกำหนดการปรับปรุงนิทรรศการในอนาคต การหาระยะสัญจรจะแบ่งเป็น 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 ใช้วิธีตามมาตรฐานสากล(NFPA 101) วิธีที่ 2 จำลองโดยใช้โปรแกรม ผลการศึกษาพบว่า ระยะสัญจรที่ได้จาก 2 วิธีมีค่าระยะสัญจรใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกัน 5.6 เปอร์เซ็นต์และมีระยะสัญจรมากสุดคือ 52 เมตร ที่โซน G และระยะสัญจรสุดน้อยที่สุด คือ 4 เมตร ที่โซน A3

คำหลัก อาคารพิพิธภัณฑ์ โปรแกรมอพยพ เส้นทางหนีไฟ

Abstract

This article provides to study the Analysis of Capacity of Means of Egress using Evacuation Software of the museum's fire escape path which is divided into two topics: Topic 1 is fire evacuation simulation no more than 5 minutes and topic 2, finding the travel distance of the fire escape route by using the Pathfinder software. The museum building was 2-story museum, with total area of more than 3,000 square meters. There are 4 evacuation routes on the 1st floor, 2 evacuation routes on the 2nd floor. In this case, there was no more than 1,800 peoples in the building that is divided into 63% children and 37% adults. There were divided into 10 zones within the museum building. In topic 1, The evacuation will_had been defined condition for users in the area use nearest or closest exit door to set pre-evacuate time at 60 second other areas. The simulation is divided into 3 scenarios. First scenario: Close no.2 of exit near the building to evacuate people in zones D and E on the 1st floor. Second scenario: Close no.4 of exits, there is the evacuation in zones J and F on the 2nd floor. Third scenario: using all enable exit which is set pre-evacuation time 60 second in every zone. Results are showed the total number of users must be limited to 1,083 or 60 percent of capacity, and the maximum evacuation time 290 seconds of first scenario, and the minimum evacuation time 255 seconds. In third scenario: The result not necessary to improve the fire evacuation. Topic 2 determines the optimal traveling distance of the fire evacuation to be used condition for determining future improvements. the appropriate traveling distance of the fire evacuation is divided 2 methods: First method: According to international standards (NFPA 101). Second method is used simulation software. All method is showed results of the traveling distance which is the difference of 5.6 %. The maximum of traveling distance is 52 meters at Zone G and the minimum travel distance is 4 meters at zone A3.

Keywords: Museum Building, Evacuation Software, Means of Egress

1. บทนำ

ปัญหาการเกิดอัคคีภัยในประเทศไทย ยังคงเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งมีสาเหตุปัจจัยหลายด้าน อาทิเช่น ไฟฟ้าลัดวงจร การจุดธูป ความประมาท การก่อประกายไฟเป็นต้น จากข้อมูลสถิติการเกิดอัคคีภัยในประเทศตั้งแต่ปี 2550 ถึง 2561 มีอัคคีภัยเกิดกว่า 17,000 ครั้ง มีผู้บาดเจ็บ 2,198 คน เสียชีวิต 590 คน มีมูลค่าความเสียหายมากว่า 15,000 ล้านบาท [1] และมีแนวโน้มเพิ่มความถี่และความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นปัญหาการเกิดด้านอัคคีภัยเป็นเรื่องที่สำคัญซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์และวางแผนเพื่อลดผลกระทบ

อาคารที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นอาคารพิพิธภัณฑ์แห่งหนึ่งในประเทศ โดยเป็นแหล่งเรียนรู้และสร้างแรงบัลดาใจ ให้กับผู้เข้าชม โดยภายในจะมีนิทรรศการและเครื่องเล่นมากมาย การใช้งานอาคารถูกจัดอยู่ในประเภท: ชุมนุมคน (Assembly) ซึ่งผู้ใช้อาคารส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวมีทั้งเด็กและผู้ใหญ่ ซึ่งจะไม่คุ้นเคยกับอาคารและเส้นทางอพยพต่าง ๆ และมีผู้คนหนาแน่นในช่วงวันหยุดหรือวันที่มีกิจกรรมสำหรับเด็ก การปรับเปลี่ยนส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารอาจส่งผลต่อความปลอดภัยในการใช้อาคาร ปัจจุบันการใช้โปรแกรมในการช่วยวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้านอัคคีภัยเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะมีความรวดเร็วในการวิเคราะห์และสามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามที่ต้องการ สามารถจำลองเหตุการณ์อื่น ๆ ได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัย

อาคารที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นอาคารขนาดใหญ่มีพื้นที่มากกว่า 3,000 ตารางเมตร ซึ่งจัดเป็นอาคารประเภท “อาคารพิเศษ” ตามกฎกระทรวงพระราชบัญญัติ ควบคุม

อาคารฉบับที่ 55 (2543) [2] จะต้องมีระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้ และระบบป้องกันเพลิงไหม้ซึ่งประกอบด้วยท่อจ่ายน้ำดับเพลิง

การคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคารและการวัดระยะสัญจรจะใช้มาตรฐานสากลในการอ้างอิง (NFPA 101) [3] ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยจะพิจารณาขนาดพื้นที่ (Area) มีหน่วยเป็นตารางเมตร และค่าตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor) มีหน่วยเป็นตารางฟุตหรือตารางเมตรต่อคน เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์การกำหนดจำนวนผู้ใช้อาคารของแต่ละพื้นที่

สูตรการคำนวณจำนวนผู้ใช้ในอาคาร

$$Occupant = Area/factors \quad (1)$$

โดยที่

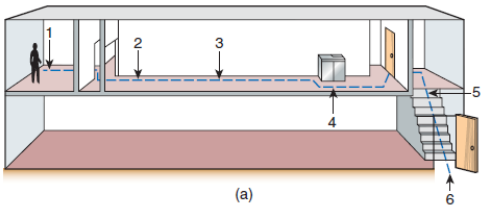
Occupant คือ จำนวนผู้ใช้อาคาร

Area คือ พื้นที่ใช้งานของอาคาร/ห้อง

Factors คือ ค่าตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคาร

2.1. การวัดระยะสัญจร (Travel Distance)

ระยะสัญจร คือระยะทางที่วัดจากจุดที่คนเข้าไปอยู่ได้ไปจนถึงทางออก (Exit) โดยการวัดระยะสัญจรจะกำหนดให้วัดในบริเวณกึ่งกลางของทางเดิน [3] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลักษณะการวัดระยะสัญจรตามมาตรฐาน NFPA 101
ที่มา : NFPA 101 : 2018

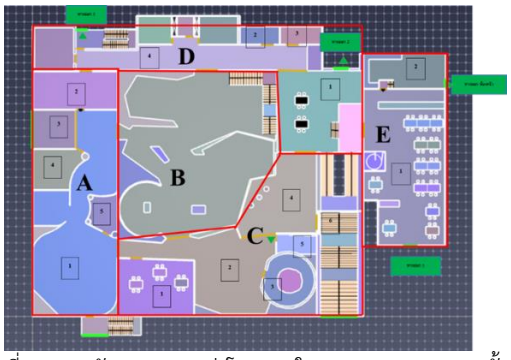
2.2. แบบจำลอง Pathfinder

โปรแกรม Pathfinder เป็นโปรแกรมจำลองการอพยพในมุมมองแบบ 2 และ 3 มิติ แบบจำลองนี้สามารถจำลองการอพยพและสามารถแสดงผลข้อมูลเป็นกราฟ หรือภาพเคลื่อนไหวได้ สามารถปรับเปลี่ยน พารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ อาทิเช่น ความเร็วในการอพยพ การตัดสินใจ ในพื้นที่อพยพที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาอพยพจะสิ้นสุดเมื่อผู้ใช้อาคารอพยพออกเป็นคนสุดท้าย สามารถรองรับการนำเข้าไฟล์ นามสกุล DWG, DFX, FDS หรือ Pyrosim สร้างบันไดหนีไฟ ประตู รวมถึงสิ่งกีดขวางเส้นทางที่ใช้อพยพคนภายในอาคาร เลือกใช้ได้ทั้งหน่วยฟุตหรือหน่วยเมตร [4]

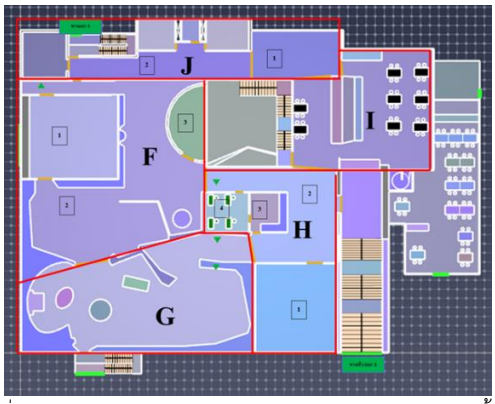
3. วิธีการ

อาคารที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะแบ่งเป็น 2 ชั้น ลักษณะเป็นอาคารคอนกรีตทั้งหลัง มีขนาดพื้นที่มากกว่า 3,000 ตารางเมตร มีการใช้งานเพื่อจัดแสดงนิทรรศการให้ความรู้และเครื่องเล่น เช่น เครื่องเล่นเกม โรงภาพยนต์ และอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก ภายในอาคารมีลักษณะซับซ้อนเนื่องมาจากรูปแบบการจัดนิทรรศการที่หลายหลาย โดยมีส่วนจัดแสดงผลงานและเทคโนโลยี มากถึง 15 โซน มีทางเชื่อมระหว่างชั้น 1 และชั้น 2 จำนวน 1 เส้นทางอยู่บริเวณกลางอาคาร ตัวอาคารบางส่วนมีการต่อเติมเพิ่มในภายหลัง อาคารสามมิติแสดงในรูปที่ 4

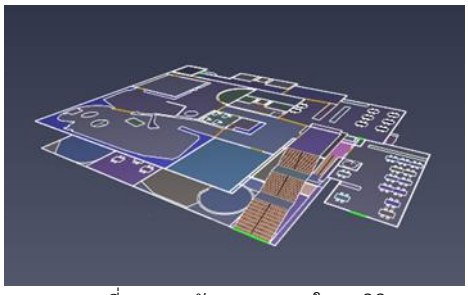
อาคารชั้น 1 มีทางเข้า 1 ทาง บริเวณร้านขายอาหารและเครื่องดื่ม และมีทางออก 2 ทาง ชั้น 2 มีทางเข้า 1 ทาง ซึ่งใช้เป็นทางเข้า-ออกหลักของอาคาร และมีบันไดหนีไฟ 1 ทาง บริเวณด้านหลังอาคาร เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์จึงได้จัดแบ่งโซนใหม่ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการแบ่งโซนภายในอาคารและทางออก ชั้น 1



รูปที่ 3 แสดงลักษณะการแบ่งโซนภายในอาคารและทางออก ชั้น 2



รูปที่ 4 แสดงลักษณะอาคารใน 3 มิติ

จากข้อมูลสถิติผู้เข้าชมพิพิธภัณฑ์ ปี 2562 (ตุลาคม 61-กันยายน 62) มีจำนวนผู้เข้าชมทั้งหมด 119,249 คน โดยแบ่งเป็นเด็กและผู้ใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 1 และสามารถแบ่งจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละโซน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง [5]

ประเภทผู้ใช้อาคาร	สัดส่วนผู้ใช้อาคาร	ความเร็วการเดินเมตร/วินาที
ผู้ใหญ่	37 %	1.2
เด็ก	63%	1.0

การคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐานสากล จะขึ้นอยู่กับค่าตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคาร ซึ่งจะมีการคำนวณแยกตามประเภทการใช้งานของห้องต่าง ๆ ภายในอาคาร โดยสามารถสรุปจำนวนผู้ใช้อาคารแยกตามโซนได้ดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละโซน

จำนวนคนในแต่ละโซน									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
188	299	224	183	41	319	215	188	37	111

3.1. การกำหนดสถานการณ์

การกำหนดสถานการณ์ในการศึกษาครั้งนี้ จะกำหนดโดยการปิดกั้นทางออก/ประตูที่อยู่ในอาคาร โดยเลือกปิดประตูทีละ 1 ช่องทาง และกำหนดให้ผู้คนที่อยู่ในบริเวณทางออก/ประตู หรือบริเวณใกล้เคียงต้องอพยพก่อน ส่วนที่เหลือจะเริ่มอพยพหลังจาก 60 วินาที เพื่อให้คนที่อยู่ใกล้ทางออกที่ถูกปิดอพยพก่อน

ตารางที่ 3 สรุปสถานการณ์ที่ใช้

สถานการณ์ที่ 1	ประตูทางออก 2 ชั้น1 ถูกปิดใช้งานต้องอพยพผู้คนในโซน D และ E เป็นลำดับแรก
สถานการณ์ 2	ประตูทางออก 3 ชั้น 2 ถูกปิดใช้งานต้องอพยพผู้คนในโซน F และ J เป็นลำดับแรก
สถานการณ์ 3	ประตูทางออกทุกเส้นทางสามารใช้งานได้ปกติ และกำหนดค่าหน่วงเวลาไว้ 60 วินาที [6]

3.2. การวัดระยะสัญจรในการอพยพ

3.2.1 การใช้วิธีวัดตามมาตรฐาน NFPA 101[3]

3.2.2 การวัดระยะสัญจรในการอพยพจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pathfinder การวัดระยะสัญจรนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยของระยะสัญจรทั้งหมดของผู้อพยพในโซนนั้น ๆ โดยใช้จำนวนผู้อพยพจากผลการจำลองที่สามารถอพยพได้ ภายใน 5 นาที ซึ่งในการจำลองจะอพยพทีละโซน

4. ผลการศึกษา

จากการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปแกรมสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1. สรุประยะเวลาที่ใช้ในการอพยพ

จากการจำลองสามารถสรุปผลการจำลองได้ ดังตารางที่ 4 โดยมีจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งหมด 1,805 คน

ตารางที่ 4 สรุปผลการจำลอง

สถานการณ์	เวลาเตรียมอพยพ (60 วินาที)	เวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกประตู (วินาที)
1	ไม่กำหนดโซน D และ E	479
2	ไม่กำหนดโซน F และ J	362
3	กำหนดทุกโซน	463

จากตารางที่ 4 การจำลองการอพยพในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด จะไม่สามารถอพยพได้ทันภายใน 5 นาที จึงต้องมีการกำหนดแนวทางอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อสามารถอพยพได้ในเวลาที่กำหนด

4.2. การปรับปรุงแก้ไข

จากการจำลองด้วยโปรแกรม pathfinder ผลที่ได้ยังไม่ประสบผลสำเร็จ อนึ่งเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการอพยพมากเกินไป (กฎหมายกำหนด ไม่เกิน 5 นาที) ผู้วิจัยจึงได้ทำการหาแนวทางอื่น ๆ เพื่อให้ได้ผลที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยมีการปรับปรุงเงื่อนไข คือ การลดจำนวนผู้ใช้อาคาร

การลดจำนวนผู้ใช้อาคารเป็นที่นิยมใช้โดยทั่วไปทั้งในการจำลองและการคำนวณ เนื่องจากการลดจำนวนผู้ใช้อาคารจะช่วยลดความแออัดในขณะอพยพ และจะทำให้การอพยพออกจากอาคารได้เร็วขึ้น ในการจำลองครั้งนี้จะลดจำนวนผู้ใช้อาคารครั้งละ 5 % จนกว่าเวลาที่การอพยพ ไม่เกิน 5 นาทีหรือลดลงต่ำสุด ไม่เกิน 50% ของความจุ

ตารางที่ 5 สรุปจำนวนผู้ใช้อาคารที่ใช้ในการจำลอง

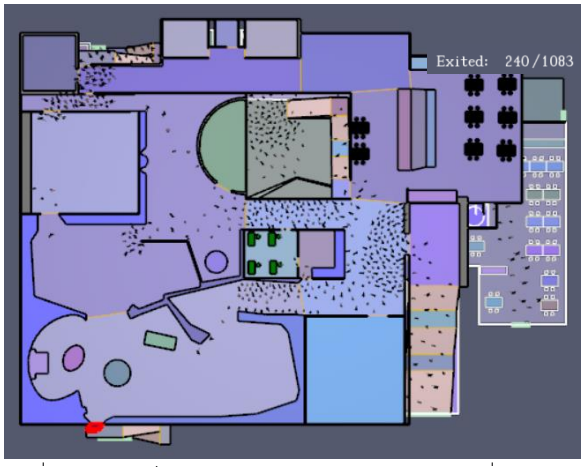
การลดลง (%)	จำนวนใช้อาคาร (คน)	การลดลง (%)	จำนวนใช้อาคาร (คน)
0	1,805	30	1,264
5	1,715	35	1,173
10	1,624	40	1,083
15	1,534	45	993
20	1,444	50	903
25	1,354		

4.3. ผลการจำลองหลังปรับปรุง

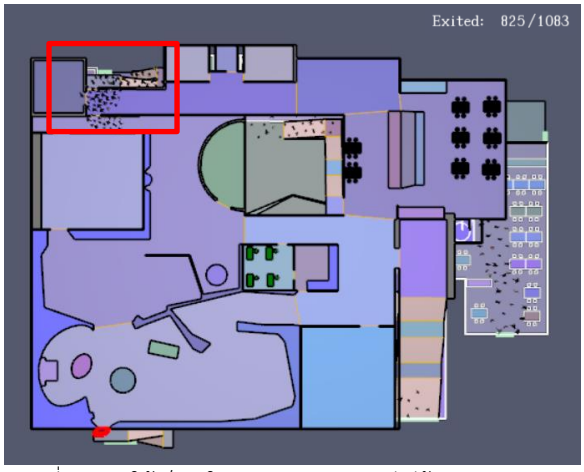
การลดจำนวนผู้ใช้อาคารจะส่งผลโดยตรงทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพลดลง ซึ่งการลดจำนวนผู้ใช้อาคารที่เหมาะสมคือ ลดลง 40 % หรือจำกัดผู้ใช้อาคารไม่เกิน 1,083 คน ดังแสดงในตารางที่ 6 ผลการจำลองในสถานการณ์ต่าง ๆ จะแสดงในรูป 5-11

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลของเวลาที่คนสุดท้ายใช้ออกประตู (วินาที) ก่อนและหลังการปรับปรุง

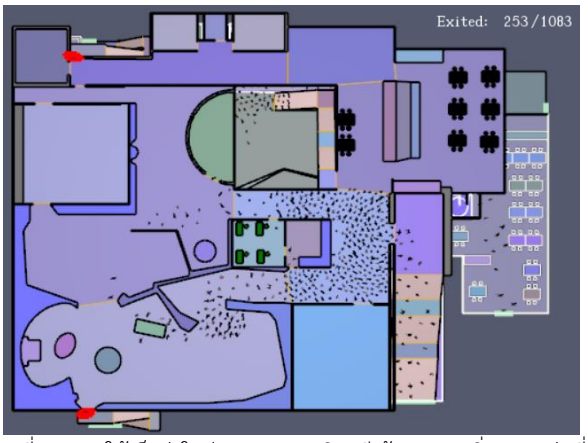
สถานการณ์	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	479	290
2	362	255
3	463	274



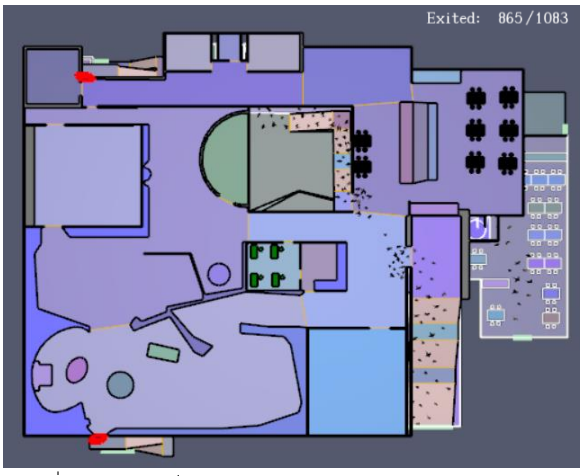
รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 100 วินาที ผู้อพยพจะเริ่มเบาบางลงและมีความหนาแน่นในบริเวณประตูทางเข้า-ออกหลักของอาคาร (ทางออก 5) และทางออก 4 มีผู้อพยพออกจากอาคารแล้วเป็นจำนวน 240 คนจาก 1,083 คน



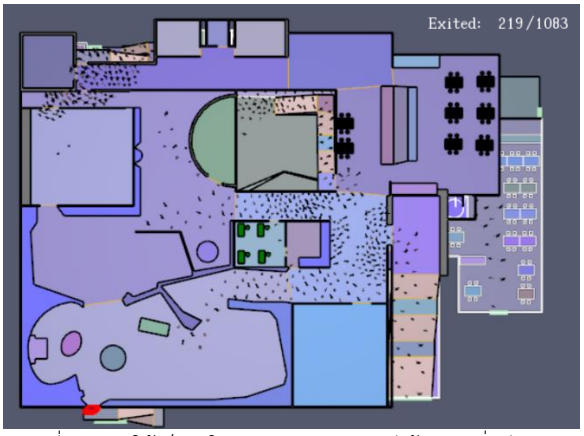
รูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 200 วินาที มีผู้อพยพจะออกจากอาคารแล้วเป็นจำนวน 825 คน จาก 1,083 คน และมีประตูทางออก 4 มีผู้อพยพหนาแน่น



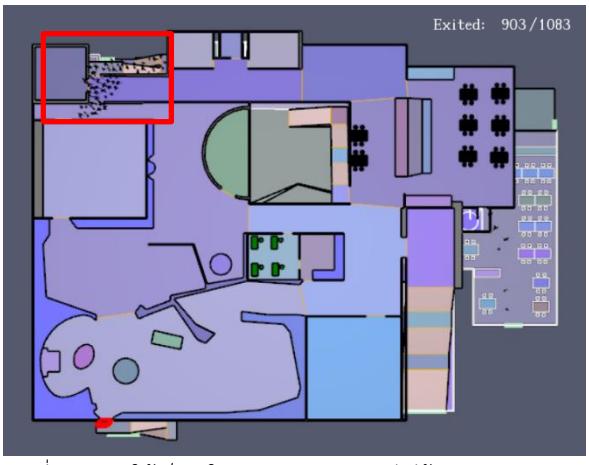
รูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 100 วินาที ผู้อพยพจะเริ่มหนาแน่นที่ประตูทางเข้า-ออกหลักของอาคาร (ทางออก 5) และมีผู้อพยพออกจากอาคารแล้วเป็นจำนวน 253 คน จาก 1,083 คน



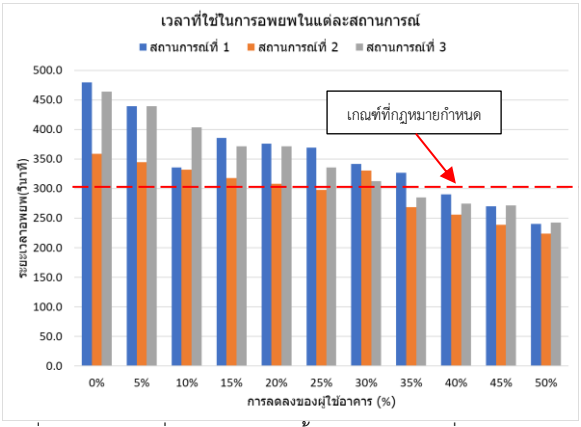
รูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 200 วินาที มีผู้อพยพออกจากอาคารแล้วเป็นจำนวน 865 คน จาก 1,083 คน



รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 100 วินาที ผู้อพยพเริ่มมีความหนาแน่นในบริเวณประตูทางเข้า-ออกหลักของอาคาร (ทางออก 5) และทางออก 4 มีผู้อพยพออกจากอาคารแล้วเป็นจำนวน 219 คน จาก 1,083 คน



รูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลา 200 วินาที มีผู้อพยพจะออกจากอาคารแล้วเป็นจำนวน 903 คน จาก 1,083 คน และประตูทางออก 4 มีผู้อพยพหนาแน่น



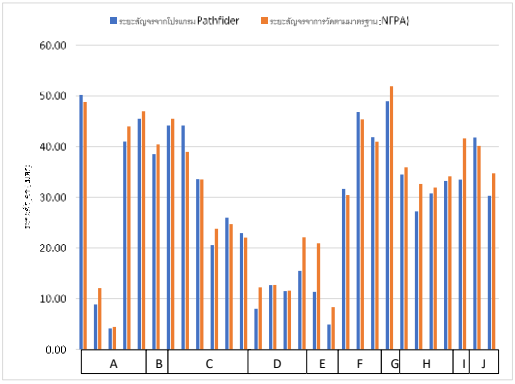
รูปที่ 11 สรุปเวลาที่ใช้ในการอพยพทั้งหมดและเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด

จากผลการจำลองทั้งหมดพบว่า มีความแออัดในบริเวณบันไดทางออก 4 ชั้น 2 ในสถานการณ์ที่ 1 และ 3 (รูปที่ 6 และรูป 10) ซึ่งทำให้เวลาเพิ่มขึ้น สืบเนื่องจากช่องประตูดังกล่าว มีขนาดไม่เหมาะสมและไม่มีประสิทธิภาพ หากมีการขยายช่องทางออก/บันได จะทำให้การอพยพมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4.4. ระยะสัญจรที่เหมาะสมของอาคารที่ทำให้ระยะเวลาการอพยพไม่เกิน 5 นาที

ผลที่ได้จากการวัดระยะตามมาตรฐานและการจำลองด้วยโปรแกรมมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งทั้ง 2 วิธีมีค่าความแตกต่างกัน 5.6 % ซึ่งจะแสดงกราฟเปรียบเทียบระยะสัญจรที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมเปรียบเทียบกับการวัดตามมาตรฐาน

NFPA ดังรูปที่ 12 และสามารถสรุประยะสัญจร ที่เหมาะสมได้ดังตารางที่ 7

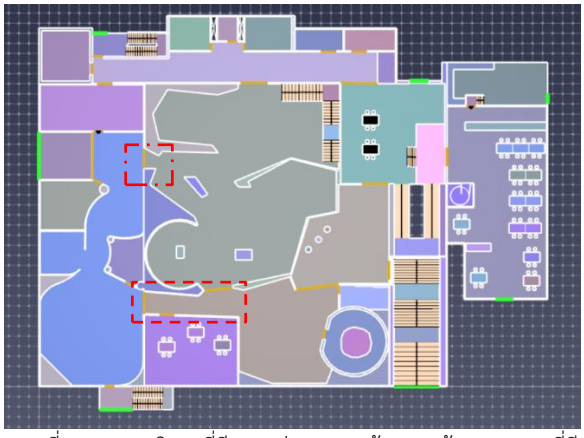


รูปที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบระยะสัญจรที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมเปรียบเทียบกับการวัดตามมาตรฐาน NFPA

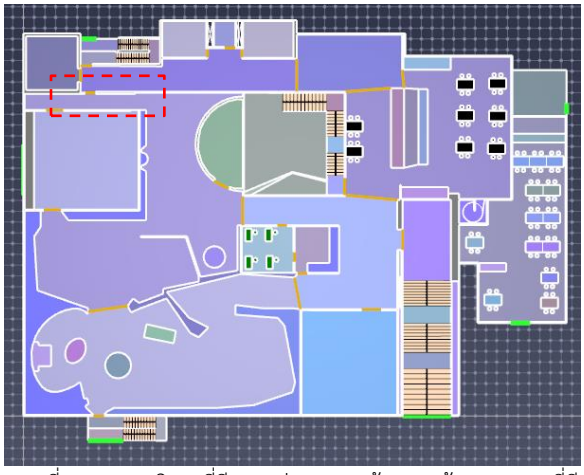
ตารางที่ 7 สรุประยะสัญจรที่เหมาะสมโดยแบ่งตามโซนที่กำหนด

ชั้น	ห้อง/โซน	ระยะสัญจร (เมตร)	ชั้น	ห้อง/โซน	ระยะสัญจร (เมตร)
1	A1	50	1	D4	22
	A2	12		E1	21
	A3	4		E2	8
	A4	44	2	F1	32
	A5	47		F2	47
	B	40		F3	42
	C1	45		G	52
	C2	44		H1	36
	C3	34		H2	33
	C4	24		H3	32
	C5	26		H4	34
	C6	23		I	42
	D1	12		J1	42
	D2	13		J2	35
	D3	12			

จากผลการจำลองการอพยพหนีไฟพบว่า การลดจำนวนผู้ใช้อาคารมีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการอพยพลดลง อย่างมีนัยสำคัญซึ่งเกิดจากความหนาแน่นของผู้คนน้อยลง ทำให้สามารถอพยพได้เร็วขึ้น แต่มีบางสถานการณ์ที่ระยะเวลาในการอพยพเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้ใช้อาคาร/ผู้อพยพเลือกทางออกที่ใกล้ที่สุด ทำให้เกิดความหนาแน่นในเส้นทางออกนั้น ๆ และจุดที่มีความกว้างของช่องทางเดินที่อาจจะมีผลต่อการจำลองในครั้งนี้ดังแสดงในภาพที่ 13 และ 14 ตามลำดับ



รูปที่ 13 แสดงบริเวณที่มีขนาดช่องความกว้างของเส้นทางอพยพที่มีอาจจะมีผลต่อเวลาอพยพ ชั้น 1



รูปที่ 14 แสดงบริเวณที่มีขนาดช่องความกว้างของเส้นทางอพยพที่มีอาจจะมีผลต่อเวลาอพยพ ชั้น 2

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ ต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของเส้นทางหนีไฟด้วยโปรแกรมอพยพ และหาระยะสัญจรที่เหมาะสมของอาคาร

จากการจำลองการอพยพพบว่า จำนวนผู้ใช้อาคารที่เหมาะสมที่สุดคือ ไม่เกิน 1,083 คนหรือลดลง 40 % เมื่อเทียบจากการคำนวนตาม NFPA จะทำให้สามารถอพยพผู้ใช้อาคารทั้งหมดได้ในเวลาไม่เกิน 5 นาที ตามที่กฎหมายกำหนด และยังทำให้เวลาอพยพลดลง 39 % และไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงเส้นทางอพยพเพิ่มเติมจากเส้นทางที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในส่วนระยะสัญจรที่เหมาะสมสำหรับอาคารดังกล่าวซึ่งจะต้องไม่มีการปรับเปลี่ยนผังอาคารที่ใช้ในปัจจุบันหากมีการปรับเปลี่ยนจะไม่สามารถใช้ข้อสรุปดังกล่าวได้ เนื่องจากระยะสัญจร มีปัจจัยขึ้นอยู่ลักษณะของเส้นทางเดินภายในอาคารและความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร ระยะสัญจรของอาคารในจุดที่มีระยะสัญจรไกลที่สุดคือ 52 เมตร บริเวณโซน G และจุดที่มีระสัญจรน้อยที่สุดคือ 4 เมตร บริเวณโซน A3

ข้อเสนอแนะ

วิธีการลดจำนวนผู้ใช้อาคารสามารถนำไปปรับใช้กับอาคารได้ทุกประเภทหรืออาคารที่มีการใช้งานที่หลายประเภท เช่น ห้างสรรสินค้า โรงแรม หรือ อาคารจัดแสดงสินค้าขนาดใหญ่ หากให้ได้ผลที่ดีจะต้องมีข้อมูลสัดส่วนผู้ใช้ให้ชัดเจน เช่น เด็ก ผู้ใหญ่ หรือผู้พิการ ซึ่งจะทำให้ผลออกมาน่าเชื่อมากขึ้น และการกำหนดระยะสัญจรที่เหมาะสมของอาคาร ควรจะจำลองลักษณะเส้นทางเดินหรือผังอาคารในรูปแบบต่าง ๆ หรือจำลองโดยเพิ่มสิ่งกีดขวางหรืออุปสรรคต่าง ๆ ในการจำลองเพื่อให้ข้อมูลที่ได้ใกล้เคียงความจริงมากที่สุดและสามารถนำผลดังกล่าวมาจัดทำเป็นกฎระเบียบให้กับผู้ใช้งานภายในอาคารได้ปฏิบัติตาม

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, สรุปสถานการณ์อัคคีภัยของประเทศไทย พ.ศ. 2550-2561, ข้อมูลจากhttp:// http://statbbi.nso.go.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 มิถุนายน 2563).

[2] กระทรวงมหาดไทย. 2522. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543, ข้อมูลจาก http:// http:// ratchakitcha.soc.go.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 มิถุนายน 2563).

[3] National Fire Protection Association. 2018. NFPA 101 Life Safety Code.

[4] Thunderhead Pathfinder manual. 2020 ข้อมูลจาก https://www.thunderheadeng.com/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 มิถุนายน 2563).

[5] Gao, Han, et al.2020. Building evacuation time optimization using constraint-based design approach. Sustainable Cities and Society 52.

[6] นรินทร์ บุญประเสริฐ.2559, การเปรียบเทียบเวลาอพยพในอาคารสูงระหว่างวิธีคือ SFPE และ Steering ด้วยโปรแกรมPathfinder.น 430-435 ในการประชุมวิชาการครั้งที่1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชาวันที่ 26 สิงหาคม 2559

ID016

การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตและจัดสรรพนักงานให้เหมาะสม โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา ผู้ผลิตไส้กรองน้ำมันรถยนต์

Production Line Efficiency and Optimal Allocation Operators by Simulation Model A Case Study Oil Filter Automotive Manufacturer

ปฐมพงษ์ หอมศรี[1*] สามารถ นอร์มา[2] และ นรา สมัตถภาพงศ์[3]
[123]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[*]E-mail: patomphong.homsri@gmail.com

Patomphong Homsri[1*] Samart Norma[2] and Nara Samattapapong[3]
[123]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology
[*]E-mail: patomphong.homsri@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองในการปรับปรุงวิธีการทำงานโดยการเข้าไปศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทผลิตชิ้นส่วนกรองน้ำมันรถยนต์ในจังหวัดระยอง การเก็บข้อมูลในการกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ และผังของโรงงานเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Flexsim โดยการนำแบบจำลองมาทำการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบปัจจุบันมีสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Flexsim มีผลลัพธ์ที่ได้ดังนี้ ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น 1.54 เปอร์เซ็นต์ จำนวนพนักงานลดลง 27.78 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานระหว่างทำลดลง 3.10 เปอร์เซ็นต์ รอบเวลาที่เป็นคอขวดลดลง 1.51 เปอร์เซ็นต์ และ เวลารวมในกระบวนการลดลง 0.94 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก การปรับปรุงประสิทธิภาพ, งานระหว่างทำ, รอบเวลา, การจำลองสถานการณ์, โปรแกรม Flexsim

Abstract

This study aims to study the model of working improvement by studying working processes in automotive fuel filter companies in Rayong province and collecting data from those processes and factory planning to create a model using Flexsim. By means of modeling and analyzing the problems to improve the recent working processes, there is Flexsim model which resulted in an increase of production efficiency 1.54 percent, reduction of the number of employees 27.78 percent, reduction of work-in-process 3.10 percent, reduction of bottleneck 1.51 percent and reduction of toal working hours 0.94 percent.

Keywords: Improve Efficiency, Work-in-process, cycle time, Simulation, Flexsim

1. บทนำ

FlexSim เป็นโปรแกรมจำลองสถานการณ์ที่รันบนระบบปฏิบัติการวินโดว์พัฒนาขึ้นโดย American FlexSim Company เป็นโปรแกรมจำลองสถานการณ์หนึ่งเดียวที่ผสมผสานระหว่างภาษา C++, IDE และคอมไพเลอร์โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในสภาพแวดล้อมของกราฟฟิกโมเดล FlexSim ไม่เพียงแต่ยังสามารถแสดงโมเดลจำลองสถานการณ์ของสายการผลิตทั้งกระบวนการไปจนถึงฟอร์มหน้าต่างของโมเดล เช่น คน เครื่องจักร, โฟล์คลิฟท์, อุปกรณ์ลำเลียง สายพาน และอื่น ๆ ตามสภาพแวดล้อมจริงของโรงงานนั้นและสามารถเรียกใช้ส่งออกไปยังโปรแกรมเวิร์ด เอ็กเซลรวมถึงโปรแกรมอื่น ๆ โดยใช้เอ็กเซลเพื่อใช้อ่านข้อมูลและวิเคราะห์ผล โมเดลจำลอง FlexSim มีประสิทธิภาพที่ทรงพลังในการขับเคลื่อนการจำลองและโมเดลจำลองที่เสมือนจริง ในอดีตที่ผ่านมาการปรับปรุงจะใช้การลองผิดลองถูกเพื่อหาสาเหตุของปัญหาและทำการปรับปรุงไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะไม่สามารถหาทางที่ดีที่สุดได้แล้วซึ่งอาจจะใช้เวลาหลายเดือนไปจนถึงปี แต่หลังจากการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้ โปรแกรม Flexsim นี้แล้วสามารถลดเวลาโดยใช้เวลาเพียงสองถึงสามวันหรือสองถึงสามชั่วโมงในการเพิ่มประสิทธิภาพเป็นการยก

ระบบทั้งหมดทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมหาศาล

1.1. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานผลิตกรองน้ำมันเครื่องรถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง

1.2 เพื่อออกแบบในการจำลองสถานการณ์กระบวนการผลิตด้วยโปรแกรม Flexsim

1.3 เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการออกแบบการจำลองโดยออกแบบแนวคิดร่วมกับผู้บริหารโรงงาน

2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลและผลงานวิจัยในอดีต พบว่างานศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม Flexsim กับการจำลองสถานการณ์ ซึ่งมีผลการศึกษาพอสรุปย่อโดยสังเขปได้ดังต่อไปนี้

พัชมล กลิ่นเล็ก และนรา สมัตถภาพงศ์ [1] ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตกล่องกระดาษให้มี 3 ทางเลือกเทียบกับการผลิตปัจจุบันเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพและงานระหว่างทำและเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด

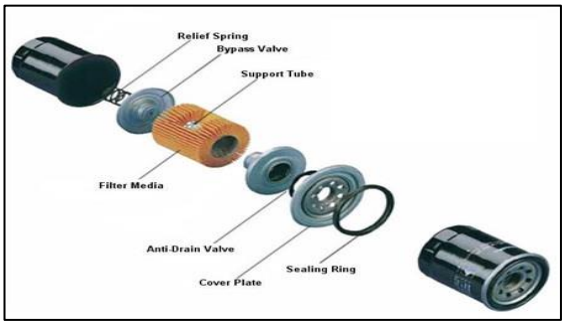
Wu et al. [2] ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดของประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตขนมปังซึ่ง 2 ทางเลือกในการตัดสินใจโดยใช้การเทียบประสิทธิภาพระหว่าง 2 ทางเลือก

Chayut Bunterngchit and Sudawan Leepaitoon [3] ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการออกแบบผังคลังสินค้าเพื่อลดเวลาในการขนถ่ายวัสดุของโรงงานผลิตปล็อกแก้วโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ ABC มาช่วยในการจัดกลุ่มตามประมาณขายและใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบการจัดเก็บระหว่างแบบเดิมกับแบบใหม่ด้วยระบบการจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัวและการจัดวางผังสินค้าแบบเคลื่อนไหวเร็ววางไว้ใกล้ประตูพบว่าการจัดผังคลังสินค้าแบบใหม่ใช้เวลาในการขนย้ายลดลง

จารุพงษ์ บรรเทา และคณะ [4] ได้ประยุกต์โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการจ่ายยาของโรงพยาบาลเนื่องจากส่งผลให้ผู้ป่วยรอรับยานานกว่าค่าเวลามาตรฐานที่โรงพยาบาลกรณีศึกษากำหนดโดยให้มีทางเลือก 3 ทางเลือก เช่น การให้เภสัชกรเพิ่มเข้าไปในช่วงเวลาที่ผู้รับใช้บริการเป็นจำนวนมากตามช่วงเวลาเฉลี่ยในระบบแถวคอยสูงซึ่งหลังจากการจำลองสถานการณ์แล้วพบว่าการสามารถลดเวลาเฉลี่ยในระบบแถวคอยลดลงและสามารถรองรับผู้มาใช้บริการได้ได้เพิ่มมากขึ้น

3. ข้อมูลทั่วไปของโรงงานที่ศึกษา

โรงงานตัวอย่างเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตั้งอยู่ในนิคมอมตะซิตี้ ระยอง อ.ปลวกแดง จ.ระยอง มีการดำเนินธุรกิจเป็นบริษัทรับจ้างผลิตกรองน้ำมันเครื่องให้กับลูกค้า OEM (Original Equipment Manufacturer) โดยเฉพาะลูกค้าบริษัทโตโยต้าเป็นลูกค้าหลัก มีกระบวนการผลิตหลักคือ รับวัตถุดิบนำมาตัด ขึ้นรูปและประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น เคส (ฝาครอบกรองน้ำมัน) ท่อ แผ่นยาง ไส้กรอง(มีเดีย) สปริง เซฟตี้วาล์ว เป็นต้น เป็นกรองน้ำมันเครื่อง ดังในรูปที่ 1 มีรูปแบบการผลิตตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ของลูกค้าแต่ละรายมีขั้นตอนการผลิต การจัดเรียงของระบบการทำงานที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการจัดระบบการทำงานเป็นอย่างดี ออกแบบอุปกรณ์หยิบจับและเครื่องจักรเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติและจัดสรรพนักงานตามยอดการผลิตให้เหมาะสม เพื่อให้การผลิตดำเนินไปอย่างต่อเนื่องผลิตชิ้นงานแล้วเสร็จตามเวลาที่ได้กำหนดไว้



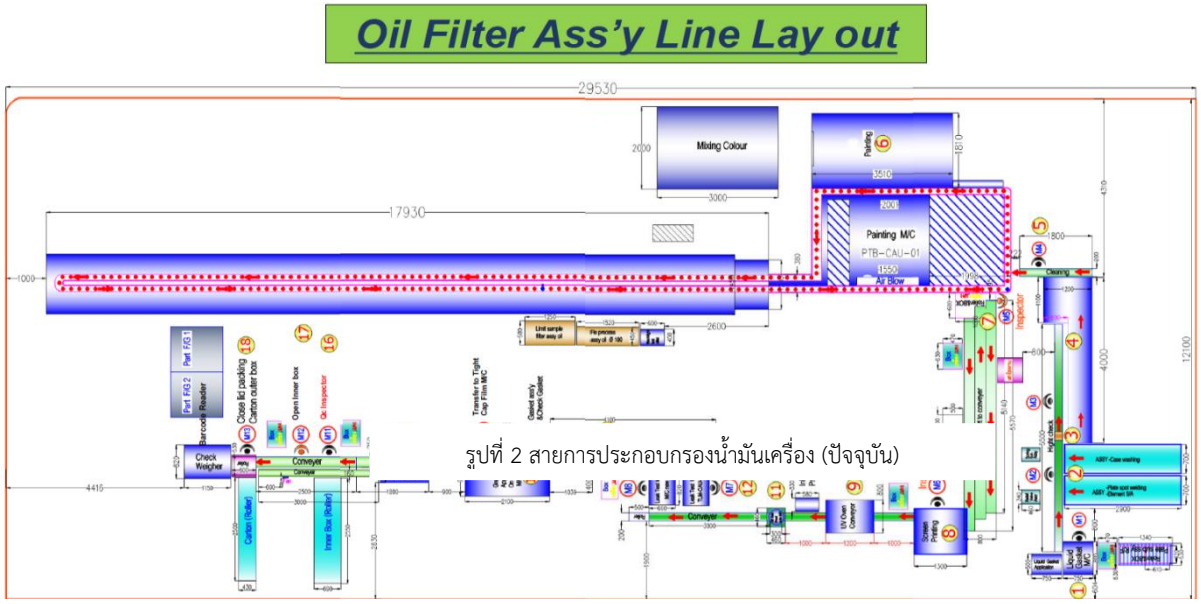
รูปที่ 1 ชิ้นส่วนประกอบของกรองน้ำมันเครื่อง

4. วิธีการดำเนินวิจัย

เริ่มจากศึกษากระบวนการทำงานในโรงงาน การวางผังของเครื่องจักร จำนวนพนักงาน จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการศึกษา เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองสถานการณ์ และทางเลือกต่าง ๆ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการ แล้วจึงนำเสนอแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสมที่สุด

4.1 รายละเอียดของระบบปัจจุบัน

ปัจจุบันกระบวนการประกอบกรองน้ำมันเครื่องมีการวางผังของเครื่องจักรและจำนวนพนักงาน ดังในรูปที่ 2 มีจำนวนพนักงานรวมทั้งหมด 18 คนและมีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ในตารางที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 2 สายการประกอบกรองน้ำมันเครื่อง (ปัจจุบัน)

ตารางที่ 1 จำนวนพนักงานและขั้นตอนการทำงาน

สถานี	จำนวน (คน)	ขั้นตอนการทำงาน
Liquid gasket	1	ฉีดปะเก็นเหลว
Assembly Filter	1	หยิบฟิลเตอร์ประกอบ
Spring &Case	1	หยิบชิ้นงานเชื่อมประกอบและเคสเข้าด้วยกัน
Insert Part to Line Seaming	1	คว่ำชิ้นงานเข้าเครื่อง Seaming
Grease cleaning	1	เช็ดทำความสะอาดน้ำมัน
QC inspection	1	ตรวจสอบคุณภาพ
Print screen	1	สกรีนชื่อบริษัทลูกค้า โลโก้และรายละเอียดอื่น ๆ
QC inspection	1(2)	ตรวจสอบคุณภาพ
Water leak test	2	ทดสอบรอยรั่ว
Grease application	1	คว่ำชิ้นงานก่อนวางบนจิ๊ก
Grease application	1	หยิบแผ่นยางวางบนจิ๊ก
QC inspection	1	ตรวจสอบคุณภาพ
Tape	1	ติดเทปข้างกล่อง
Packing	1	บรรจุชิ้นงานลงกล่องเล็ก
Packing	1	บรรจุชิ้นงานลงกล่องใหญ่
Attach Tape	1	ติดเทปด้านข้างทั้ง 2 ด้าน
Move to pallet	1	ยกและจัดเรียงชิ้นงานบนพาเลท
รวม	**18**	

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการดำเนินงานปัจจุบัน

จากการศึกษากระบวนการสามารถอธิบายโดยการจำแนกปัญหาเป็นข้อๆ ดังนี้

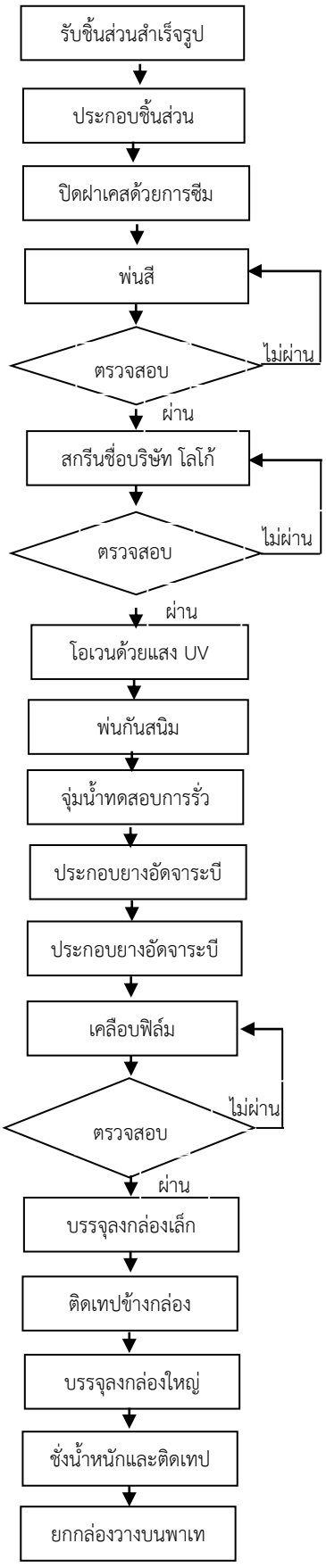
4.2.1 ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตต่ำ สินค้าคงคลังในกระบวนการผลิตมีจำนวนมากเนื่องจากความสมดุลของรอบเวลาในแต่ละขั้นตอนไม่มีความสมดุลกัน

4.2.2 เวลานำของกระบวนการผลิตสูงเนื่องจากการวางผังของเครื่องจักรที่ไม่มีประสิทธิภาพระยะทางในการไหลของชิ้นงานยาวนานเกินไป

สำหรับปัจจุบันขั้นตอนการทำงานของกระบวนการประกอบกรองน้ำมันเครื่องแสดงได้ดังรูปที่ 3 และมีรอบเวลาการทำงานพนักงานในแต่ละขั้นตอนแสดงได้ดังตารางที่ 2

4.3 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองเป็นกระบวนการที่แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนในการทำงานต่าง ๆ โดยสามารถปรับเปลี่ยนโมเดลในแบบต่าง ๆ ได้ เพื่อทดลองใช้ระบบการดำเนินงานใหม่ๆและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับการดำเนินงานจริงเพราะการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองและสร้างทางเลือกเพื่อทดลองหาการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยเราจะสร้างแบบจำลองการทำงานปัจจุบันและทางเลือกโดยใช้โปรแกรม Flexsim ซึ่งจะใช้ข้อมูลอ้างอิงจากการทำงานจริง ซึ่งจากการศึกษากระบวนการดำเนินงานปัจจุบันจากการรันโปรแกรมรันในระบบใช้เวลา 8 ชั่วโมง (ให้เวลาตั้งแต่ 8.00-17.00 น.)



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตกรองน้ำมันเครื่อง

พบว่า 1.) จำนวนพนักงานที่ใช้ในการผลิตในระบบน้อยกว่าใช้ทั้งหมด 17 คน ในขณะที่ผลิตจริงใช้ 18 คนน้อยกว่าจำนวน 1 คน 2.) เกิดปัญหาการรอคอยของชิ้นงานในช่วงของการเช็ดทำความสะอาดน้ำมันก่อนเข้าเครื่องพ่นสี เนื่องจากความสมดุลของรอบเวลาในแต่ละขั้นตอนของแต่ละสถานีมีค่าไม่เท่ากัน (รอบเวลาของเครื่องพ่นสีมากกว่ารอบเวลาของพนักงานเช็ดคราบน้ำมันทำความสะอาดที่เป็นคอขวดขึ้น) ทำให้เกิดชิ้นงานรอคอยเป็นจำนวนมาก ทำให้ปัจจุบันทางโรงงานจะต้องนำงานที่เกิดจากการรอที่อยู่บนสายพานนำไปวางลงในตะกร้าที่ได้จัดเตรียมไว้ทำให้เกิดสินค้าคงคลังในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากดังที่แสดงผลของการรันโปรแกรมดังในรูปที่ 4 และ 5 เป็นการนำชิ้นงานที่เกิดการรอนำไปวางลงในตะกร้าเพื่อลดการคอยเข้าเครื่องพ่นสี



รูปที่ 5 การนำชิ้นงานรอบนสายพานวางวางในตะกร้า

ในรูปที่ 5 พบว่ามีฟิลเตอร์ที่จะต้องหยิบออกจากสายพานการผลิตเนื่องไม่สามารถใส่ฟิลเตอร์วางลงบนจิ๊กของเครื่องพ่นสีได้จากคอขวดในกระบวนการ แล้วผลลัพธ์ของการรันโปรแกรม Flexsim ยังสามารถแสดงจำนวนงานระหว่างทำที่อยู่ในแต่ละขั้นตอนบนสายพาน และ % Utilization ของคนและเครื่องจักรได้ ดังแสดงในตารางที่ 3

เปรียบเทียบรอบการผลิตเทียบกับ Takt time ของลูกค้าโดยสามารถหาค่า Takt time ได้ดังนี้

$$= \frac{\text{เวลาในการผลิตที่มีอยู่ } (\boldsymbol{working\ time})}{\text{ปริมาณสินค้ารวมที่ต้องการต่อวัน } (\boldsymbol{Order\ demand})} \quad (1)$$

Takt time = 28,800 วินาที / 6,379 ชิ้น / กะ
= 4.52 วินาที/ชิ้น/กะ

ตารางที่ 2 รอบการทำงานของเครื่องจักรและพนักงานในแต่ละขั้นตอน

สถานี	จำนวน (คน)	รอบเวลาทำงาน (วินาที)
Liquid gasket	1	3.07
Assembly Filter	1	1.51
Spring &Case	1	2.20
Insert Part to Line Seaming	1	3.58
Seaming	1	2.68
Grease cleaning	1	3.65
Painting	-	3.75
Oven (Air flow)	-	3.75
QC inspection	1	3.91
Cold stage	-	3.27
Print screen	1	3.39
QC inspection	1(2)	3.76
UV oven	-	2.50
Ink Jet Printer	-	2.28
Oil Rust Proof	-	2.50
Water leak test	2	3.97
Grease application	1	3.65
Grease application	1	2.67
Grease application	-	3.61
Tight Cap Film	-	3.62
QC inspection	1	3.45
Small Packing	1	3.72
Big Packing	1	2.82
Attach Tape	1	2.45
Move to pallet	1	3.50
รวม	18	79.46

แสดงว่าสามารถผลิตชิ้นงานได้ทันกับความต้องการของลูกค้า

ในการหาค่า % การทำงานของพนักงานและเครื่องสามารถหาได้จาก

$$\% \text{ การทำงาน} = \frac{\text{เวลาที่มีการทำงาน}}{\text{รอบเวลาในการทำงาน}} x\ 100 \qquad (2)$$

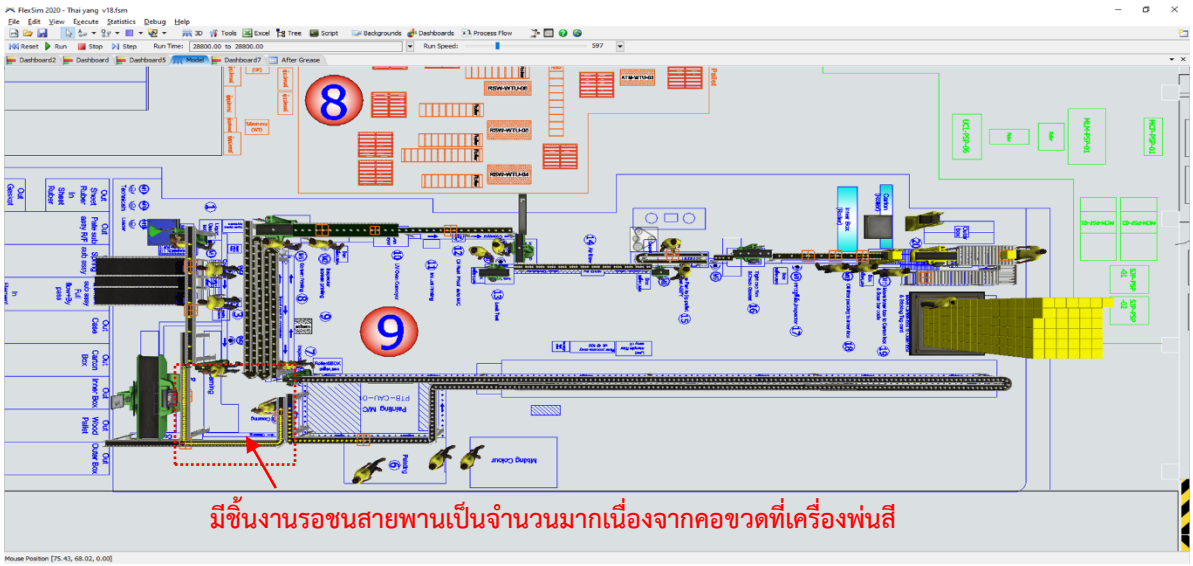
ตารางที่ 3 จำนวนงานระหว่างทำในแต่ละขั้นตอนและ % การทำงานของพนักงานและเครื่องของคนและเครื่องจักร

สถานี	จำนวนงานระหว่างทำ (ชิ้น)	% การทำงานของพนักงานและเครื่อง
Liquid gasket	1	71.00%
Assembly Filter	4	67.59%
Spring &Case	5	67.56%
Insert Part to Line Seaming	1	73.37%
Seaming	95	60.16%
Grease cleaning	1	84.21%
Painting	330	99.32%
QC inspection	1	79.83%
Cold stage	90	-
Print screen	1	72.43%
QC inspection	1	58.92%
UV oven	7	51.00%
Oil Rust Proof	8	50.91%
Water leak test	7	70.39%/51.45%
Air blow conveyor	50	-
Grease application	1	71.33%
Grease application	6	40.73%
Tight Cap Film	14	91.53%
QC inspection	1	77.20%
Small Packing	1	75.09%
Big Packing	10	53.87%
Attach Tape	10	6.07%
Move to pallet	-	10.14%
รวม	645	

นอกจากนี้แล้วผลของการรันโปรแกรมในระบบใช้เวลา 8 ชั่วโมงพบว่าได้ผลิตผลเท่ากับ 5,830 ชิ้นใช้เวลารวมของกระบวนการ (Total process time) ทั้งหมด 2,525.91 วินาที เนื่องจากการผลิตใช้สายพานเป็นตัวขับให้ชิ้นงานไหลมากกว่า 93% และโรงงานมีปัญหาไม่สามารถทราบเวลารวมของกระบวนการได้จึงต้องใช้โปรแกรม Flexsim ในการสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อจัดทำเวลามาตรฐานใหม่ทั้งหมด

4.4 เสนอแนวทางในการปรับปรุง

4.4.1 ปรับปรุงสร้างงานที่เป็นมาตรฐาน (Standard work)



รูปที่ 4 แสดงผลที่ได้จากการรันโปรแกรม Flexsim (ก่อนปรับปรุง)

เน้นการสร้างระบบการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการ ทำการสำรวจและปรับปรุงหน้างานเพื่อสร้างกระบวนการทำงานให้เป็นมาตรฐานในแต่ละรอบการทำงานของพนักงานจะต้องมีการทำงานที่เหมือน ๆ กัน ทุกครั้งและสร้างความสมดุลของการทำงานในแต่ละขั้นตอนของพนักงานในสายการผลิต (Balance line) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด ทำเฉพาะที่สามารถปรับปรุงได้และไม่กระทบกับการผลิตในปัจจุบัน โดยวิเคราะห์ความสมดุลของรอบเวลาในการทำงานของแต่ละคน ในแต่ละกระบวนการก่อนการปรับปรุง ดังรูปที่ 5 เพื่อปรับลดสมดุลความสูญเสีย (Balance loss) ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนที่เกิดการหยุดนิ่งของผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตและขั้นตอนที่รอคอย ให้เกิดความสมดุลของปริมาณงานในแต่ละขั้นตอน (Balance line) มากที่สุด โดยหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสมและให้พนักงานทำงานได้ประสิทธิภาพมากที่สุด โดยหาจำนวนพนักงานที่เหมาะสม กำลังการผลิตสูงที่สุดโดยใช้หลัก การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) และการจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) มาใช้ในการจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการประกอบ

ประสิทธิภาพสายการผลิต (ก่อนการปรับปรุง)

$$= \frac{\text{ผลรวมของเวลาแต่ละขั้นตอนของพนักงาน}}{\text{เวลาขั้นตอนที่เป็นคอขวด} \boldsymbol{x} \text{จำนวนพนักงาน}} \boldsymbol{x100} \qquad (3)$$

$$= \frac{(3.07+1.51+2.2+3.58)}{(3.58x4)} \text{ x100 \% = 73.35\%}$$

ถ้าหักลบประสิทธิภาพการผลิตออกจาก 100 จะได้ Balance loss ratio มีค่าเท่ากับ 26.65%

ดังนั้น Balance loss ratio (%) (ก่อนการปรับปรุง)

= 100-ประสิทธิภาพการผลิต

= 100-73.35% = 26.65%

$$= \frac{\text{กำลังการผลิตรวม (ก่อนการปรับปรุง)}}{\text{รอบเวลาของกระบวนการที่เป็นคอขวด}} = \frac{\text{เวลาในการผลิตที่มีอยู่ } (\boldsymbol{Working\ Time})}{\text{รอบเวลาของกระบวนการที่เป็นคอขวด}} \qquad (4)$$

$$= \frac{(8x60x60 \text{ วินาที})}{(3.97 \text{ วินาที/ชิ้น})} = 7{,}254 \text{ ชิ้น / กะ / 4 คน}$$

หรือ 1,813 ชิ้น / คน

2. นำเวลาการทำงานของพนักงานหลังจากความสมดุลของปริมาณงานในแต่ละขั้นตอนมาจัดสมดุลของปริมาณงานใหม่ ดูระยะเวลาในการทำงานของพนักงานสามารถ โดยสามารถรวมปริมาณงานในแต่ละขั้นตอนและหน้าที่การทำงานของพนักงานจาก 4 คน ให้สามารถใช้พนักงาน 3 คนได้

ประสิทธิภาพการผลิต (หลังการปรับปรุง)

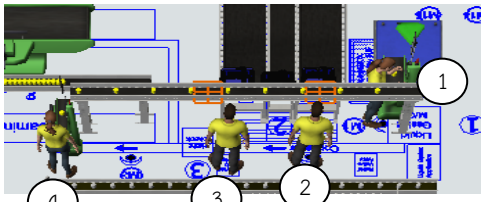
$$\frac{(3.07+2.2+3.58)x\ 100}{(3.58x3)} \text{ \% = 82.40\%}$$

ถ้าหักลบประสิทธิภาพการผลิตออกจาก 100 จะได้ Balance loss ratio มีค่าเท่ากับ 17.60%

ดังนั้น Balance loss ratio (%) (หลังการปรับปรุง)
= 100-ประสิทธิภาพการผลิต (หลังการปรับปรุง)
= 100-82.40% = 17.60%

กำลังการผลิตรวม (หลังการปรับปรุง)
= (8x60x60 วินาที) = 7,254 ชิ้น / กะ / 3 คน
(3.97 วินาที/ชิ้น)
หรือ 2,418 ชิ้น / คน

สามารถเพิ่มผลผลิต (Productivity) ได้
= (2,418-1,813) =33.70%
1,813



เวลาทำงาน	5	Taketime = 4.52 วินาที		
	4.5			
	4			
	3.5			
	3			
	2.5			
	2			
	1.5			
	1			
พนักงาน		1	2	3	4
ชื่อสถานี		Liquid gasket	Assembly Filter	Spring & Case	Insert Part to Line Seaming
เวลา		3.07	1.51	2.4	3.58

รูปที่ 5 ความสมดุลของรอบเวลาในการทำงาน (ก่อนปรับปรุง)

4.4.2 ปรับปรุงการจัดวางผังเครื่องจักรเพื่อลดเวลารวมในกระบวนการลงโดยใช้โปรแกรม Flexsim เพื่อเป็นโมเดลในการนำเสนอให้กับทางโรงงานมีการปรับปรุงจุดต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดในแนวทางการปรับปรุง ดังนี้

1. ปรับปรุงการออกแบบระบบการหยิบจับชิ้นงานเข้าสู่เครื่อง Seaming เนื่องจากปัจจุบันคนที่ 4 มีรอบเวลาในการหยิบและคว่ำชิ้นงานจากสายพานเพื่อเข้าสู่สายพานเข้าเครื่อง Seaming ดังในรูปที่ 7

การปรับปรุงโดยการใช้ระบบหยิบจับที่ใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดการทำงานของพนักงานที่เป็นลักษณะซ้ำ ๆ ลงได้

2. ปรับปรุงระบบกึ่งอัตโนมัติของกระบวนการ Leak test เนื่องจากปัจจุบันกระบวนการทำงานของพนักงานจะใช้การหมุนกรองน้ำมันเครื่องเข้ากับจิ๊กและจากนั้นพนักงานก็จะทำการกดให้จิ๊กลงไปจุ่มในน้ำเพื่อดูว่ากรองน้ำมันเครื่องมีรั่วตามรูเกลียวหรือว่าการ Seaming หรือไม่และเมื่อครบเวลาที่กำหนดจิ๊กก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิมพนักงานก็จะหมุนหมุนกรองน้ำมันเครื่องออกและนำไปวางที่สายพานจะมีลมเป่าให้แห้ง ดังในรูปที่ 8

เวลาทำงาน	5	Taketime = 4.52 วินาที		
	4.5			
	4			
	3.5			
	3			
	2.5			
	2			
	1.5			
	1			
พนักงาน		1	2	3
ชื่อสถานี		Liquid gasket	Ass'y FT SP & Case	Insert Part to Line Seaming
เวลา		3.07	3.71	3.58

รูปที่ 6 ความสมดุลของรอบเวลาในการทำงาน (หลังปรับปรุง)



รูปที่ 7 พนักงานจับชิ้นงานคว่ำลงเข้าสู่สายพานเครื่อง Seaming

จากรูปที่ 7 และ 8 ได้มีการเสนอแนวความคิดในการปรับปรุงโดยใช้ระบบหยิบจับที่เป็นระบบอัตโนมัติ (Automation) เพื่อลดการทำงานของพนักงานที่เป็นลักษณะซ้ำ ๆ ลงได้จากเกิดความเมื่อยล้า ของพนักงาน



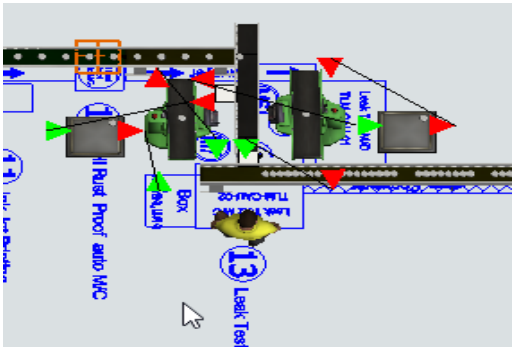
รูปที่ 8 พนักงานหมุนกรองน้ำมันเครื่องเข้ากับจิ๊กทดสอบการรั่ว

3. ปรับผังเครื่องจักรของสถานี Leak test ใหม่ หลังจากที่ได้มีการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติโดยการออกแบบสายพานและวางเครื่อง Leak test โดยให้ใกล้ชิดกันและให้สายพานลำเลียงผ่านเครื่อง Leak test ทั้งสองและใช้ระบบเครื่องจักรอัตโนมัติ หยิบจับชิ้นงานเข้าเครื่องและเมื่อ Leak test เสร็จแล้วก็จะเลื่อนมาวางที่สายพานโดยใช้ลมเป่า เนื่องจากปัจจุบันการวางของสายพานลำเลียงบางครั้งคนที่ 1 จะต้องผลักงานให้คนที่ 2 และคนที่ 2 จะเกิดการรอจากคนที่ 1 เสมอ ทำให้คนที่ 1 ทำงานมากกว่าคนที่ 2 (70.39%) ดังในรูปที่ 9 ก่อนปรับปรุง รูปในที่ 10 เป็นแนวคิดในการปรับปรุงซึ่งใช้โมเดลจากโปรแกรม Flexsim ในการปรับปรุงและดูผลที่ได้

4. ปรับการจัดวางสายพานเป่าลมใหม่โดยขยับเข้ามาใกล้กับเครื่อง Leak test และขยับสายการผลิตเข้ามาเพื่อลดเวลารวมของกระบวนการลงและใช้ระบบหยิบจับที่ใช้ระบบอัตโนมัติแทนพนักงานที่หยิบชิ้นงานเข้าเครื่องอัดจาระบี (Grease application) เนื่องจากการหยิบชิ้นงานเข้าเครื่องเป็นลักษณะงานที่เป็นการทำซ้ำ ๆ ลงได้ ดังในรูปที่ 11 และ 12 และผังการจัดวางเครื่องจักรและตำแหน่งของพนักงานหลังการปรับปรุงสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 15



รูปที่ 9 การจัดวางตำแหน่งคนและเครื่อง Leak test (ปัจจุบัน)



รูปที่ 10 แนวคิดการจัดวางตำแหน่งคนและเครื่อง Leak test (ใหม่)



รูปที่ 11 ขยับสานพานเป่าลม (ก่อนการปรับปรุง)



รูปที่ 12 พนักงานหยิบชิ้นงานเข้าเครื่องอัดจาระบี (ก่อนการปรับปรุง)

4.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.1การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร (Chi-Square Test)

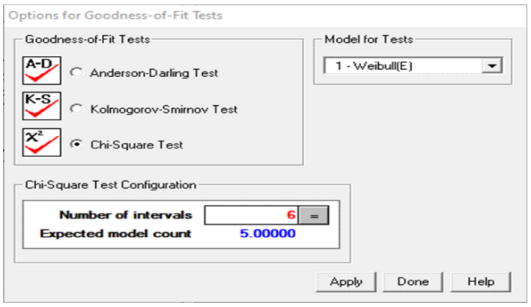
ตารางที่ 4 แสดงจำนวนกรองน้ำมันที่ผลิตได้ (output)

No.	Number of units output from factory	Number of units output from model
1	7,250	7,255
2	7,265	7,253
3	7,255	7,255
4	7,240	7,251
5	7,250	7,248
6	7,230	7,260
7	7,245	7,255
8	7,255	7,251
9	7,250	7,253
10	7,260	7,245
11	7,240	7,255
12	7,235	7,265

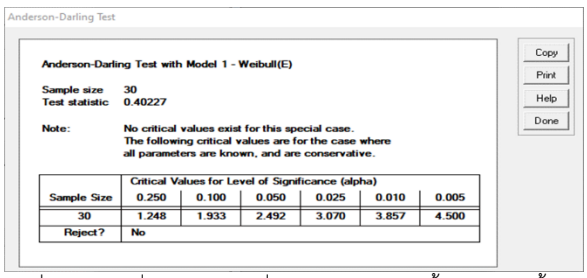
ตารางที่ 4 แสดงจำนวนกรองน้ำมันที่ผลิตได้ (output) (ต่อ)

No.	Number of units output from factory	Number of units output from model
13	7,250	7,250
14	7,245	7,260
15	7,248	7,252
16	7,245	7,253
17	7,235	7,255
18	7,250	7,254
19	7,245	7,259
20	7,260	7,238
21	7,245	7,254
22	7,260	7,250
23	7,245	7,260
24	7,255	7,245
25	7,255	7,250
26	7,253	7,247
27	7,250	7,253
28	7,240	7,265
29	7,245	7,250
30	7,250	7,250

จากตารางที่ 4 แสดงจำนวนกรองน้ำมันที่ผลิตได้(output) จะนำข้อมูลเหล่านี้ไปคำนวณทางสถิติเพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถเป็นแบบจำลองเบื้องต้นได้หรือไม่



รูปที่ 13 ทำการ Validate โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ Expertfit ว่าเลือกวิธี Validate แบบ Chi-Square Test



รูปที่ 14 ข้อมูลที่ได้จากโมเดลเมื่อทำการ run 30 ครั้งและนำผลทั้ง 30 ครั้ง มา Validate แล้วผลที่ได้คือ ไม่ reject

ดังนั้น Model จำลองที่เลียนแบบสถานการณ์จริงนี้ สามารถใช้เป็นตัวแทนในการทำ Simulation ได้ หมายความว่า เมื่อเก็บข้อมูลมาแล้วจากโรงงาน จะต้องเอาข้อมูลนั้นมาสร้างแบบจำลองต้นแบบก่อน แล้วใส่ข้อมูลที่เก็บมา เช่นระยะทาง เวลา จำนวนคนในระบบ จำนวนรถ ระยะเวลาในการทำงานกี่ ชม. มาทำแบบจำลองต้นแบบเสร็จแล้วก็ทำการ Validate ข้อมูล Output จาก Model นั้นจะถูก Reject หรือไม่

5. สรุปผลการดำเนินการ

5.1 สรุปผลการปรับปรุง

1.ปรับปรุงสร้างงานที่เป็นมาตรฐาน สร้างความสมดุลของการทำงานในแต่ละขั้นตอนของพนักงานในสายการผลิตโดยสามารถลดพนักงานคนที่ 2 และ คนที่ 3 เหลือเพียง 1 คน

2. ปรับปรุงการใช้ระบบหยิบจับระบบอัตโนมัติเพื่อลดการทำงานซ้ำ ๆ ของพนักงานและความเมื่อยล้าเข้าเครื่อง Seaming ไม่มีพนักงาน

3. ปรับปรุงการใช้หมุนกรองน้ำมันเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อลดการทำงานซ้ำ ๆ ของพนักงานในการหมุนเข้าและออกเครื่อง Leak test ลดความเมื่อยล้าลงได้

4. ปรับการวางผังเครื่องจักรเครื่อง Leak test ใหม่ ลดพนักงานคนที่ 9 และ คนที่ 10 เหลือเพียง 1 คน

5. ขยับสายพานเป่าลมให้ใกล้ชิดกับเครื่อง Leak test เพื่อลดเวลารวมของกระบวนการลง

6. ปรับปรุงการใช้ระบบหยิบจับระบบอัตโนมัติเพื่อลดการทำงานซ้ำ ๆ เข้าเครื่องอัดจาระบีของพนักงานคนที่ 11

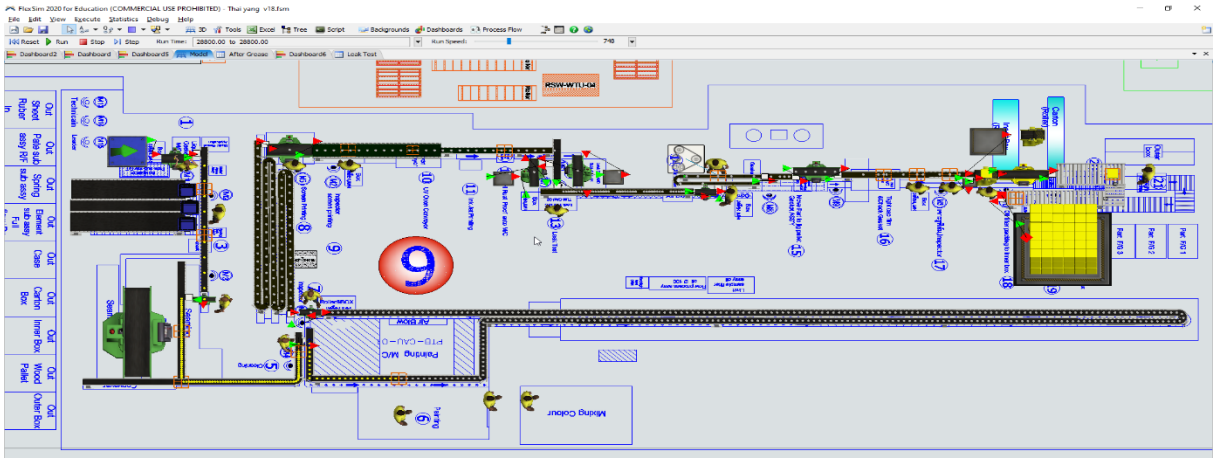
7.รายละเอียดประมาณในการปรับปรุงและค่าใช้จ่ายก่อน-หลังการปรับปรุง สามารถจำแนกได้ดังในตารางที่ 5-7 ดังนี้

ตารางที่ 5 สรุปค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

หัวข้อ	งบประมาณ (บาท)
หยิบหมุนของเครื่อง Leak test	350,000
ปรับผังเครื่องจักรใหม่ (Leak test + Air blow conv.)	250,000
หยิบจับเข้าเครื่องอัดจาระบี	120,000
รวม เครื่องจักร	840,000
คืนทุน (เดือน)	=840,000/80,000
(ไม่รวมจำนวนผลิตที่เพิ่มขึ้น)	10.5 เดือน

ตารางที่ 6 สรุปค่าใช้จ่ายก่อนปรับปรุง

หัวข้อ	งบประมาณ (บาท)
จำนวนพนักงาน	18
เฉลี่ยเงินเดือนรวมสวัสดิการ	20,000
รวมค่าใช้จ่ายของคน/เดือน	360,000



รูปที่ 15 แสดงผลที่ได้จากการรันโปรแกรม Flexsim (หลังปรับปรุง)

ตารางที่ 7 สรุปค่าใช้จ่ายหลังปรับปรุง

หัวข้อ	งบประมาณ (บาท)
จำนวนพนักงาน	14
เฉลี่ยเงินเดือนรวมสวัสดิการ	20,000
รวมค่าใช้จ่ายของคน/เดือน	280,000

สำหรับผลของการปรับปรุงสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8 โดยมีผลที่ได้ตามรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 8 สรุปผลเปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง

หัวข้อ	ก่อน (ผลิตจริง)	หลัง (โมเดลจำลอง)	เปลี่ยนแปลง	เปอร์เซ็นต์
จำนวนพนักงาน (คน)	18	14	-4	↓-27.78
จำนวนงานระหว่างทำ (ชิ้น)	645	625	-20	↓-3.10
รอบเวลาที่เป็นคอขวด (วินาที)	3.97	3.91	-6	↓-1.51
เวลาทำงานปกติ (วินาที)	28,800	28,800	-	-
ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต (ชิ้น)	7,254	7,366	+112	↑1.54
เวลารวมในกระบวนการผลิต (วินาที)	2,525.91	2,502.09	23.82	↓0.94
ค่าใช้จ่ายของพนักงาน (บาท)	360,000	280,000	-22.22	↓0.94

6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

ผลของการศึกษาที่สามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อนำเสนอในเชิงตัวเลขได้แก่ จำนวนพนักงานลดลง 27.78 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานระหว่างทำลดลง 3.10 เปอร์เซ็นต์ รอบเวลาที่เป็นคอขวดลดลง 1.51 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น 1.54 เปอร์เซ็นต์ และ เวลารวมในกระบวนการลดลง 0.94 เปอร์เซ็นต์

6.2 การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตและจัดสรรพนักงานให้เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์พบปัญหาและจุดอ่อน โดยทั่วไปดังนี้

6.2.1 การมีความรู้พื้นฐานในเรื่องโปรแกรมจำลองสถานการณ์เนื่องจากจะต้องนำข้อมูลทั่วไป เช่น รอบเวลาการผลิต การนำผังเครื่องจักรที่เป็นสายการผลิต AutoCAD เข้าสู่โปรแกรม ความเร็วของสายพาน เป็นต้น

6.2.2 การขาดการประสานงานและให้ความร่วมมือระหว่างหน่วยงานของแผนกผลิตกรองน้ำมันเครื่องเนื่องจากการนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์มาใช้เพื่อดูผลลัพธ์ของการผลิตนั้นจะทำให้สะท้อนข้อมูลต่าง ๆที่ทางหน่วยงานได้ทำขึ้นเพื่อปิดบังบางอย่างในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตที่เป็นเป้าหมายของแผนกผลิตตามนโยบายของผู้บริหาร

6.2.3 สภาพเครื่องจักรหลัก มีสภาพเก่า เช่นเครื่องพ่นสี เครื่องพริ้นสกรีน ซึ่งมีผลต่อการวางแผนการซ่อมบำรุง (Plan downtime) และเครื่องจักรหยุด (Unplanned downtime) ทำให้การปรับปรุงเพื่อลดจำนวนของงานในกระบวนการลง (Work-in-process) เพื่อลดเวลารวมในกระบวนลงนั้นเป็นไปได้ยากหรืออาจจะไม่สามารถเข้าใกล้การผลิตแบบไหลต่อเนื่องทีละชิ้นได้

6.3 การเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตและจัดสรรพนักงานให้เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์สำหรับอุตสาหกรรมอื่น

การนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์ปัจจุบันมีการนำไปใช้การอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นทุกอุตสาหกรรม เช่น

การใช้ดิจิทัลทวิลในโรงพยาบาล การพยากรณ์ด้วยการบำรุงรักษาล่วงหน้าในโรงไฟฟ้า หรือแม้กระทั่งในงานก่อสร้างเพื่อจัดสรรพนักงานในแต่ละกิจกรรม เป็นต้น

6.4 ข้อเสนอแนะ

1. การนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์มีการนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตเฉพาะในส่วนของสายการประกอบกรองน้ำมันเครื่องเท่านั้นซึ่งการศึกษาในครั้งต่อไปจะต้องมีการนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตทั่วทั้งองค์กร (Future stage) เพื่อเชื่อมโยงให้เห็นภาพรวมทั้งหมด เช่น กระบวนการผลิตฟิลเตอร์ กระบวนการผลิตวาล์ว และกระบวนการผลิตเคส(ประป๋อง) รวมถึงขั้นตอนการรับวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบเข้าสู่กระบวนการต่าง ๆ ภายในโรงงานซึ่งจะทำให้เห็นภาพของการปรับปรุงทั้งหมด บางครั้งการปรับปรุงเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งอาจจะกระทบกับการทำงานที่เป็นปัจจุบันอยู่และทำให้ส่วนนั้นมีภาระงานที่เพิ่มมากขึ้นก็เป็นได้

2. การศึกษาในครั้งต่อไปควรมีการนำการแบบจำลองสถานการณ์มาใช้ในแบบ Stochastic ในโรงงานด้วย เช่น การวิเคราะห์ระบบสินค้าคงคลังของหน้ากากอนามัยโดยใช้ตัวแบบสินค้าคงคลังเชิงสโตคาสติกเนื่องจากการศึกษาในบทความนี้พิจารณาระบบการผลิตในเชิง Deterministic ซึ่งสามารถคำนวณตัวเลขของการทำ Line balancing ได้ทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

[1] สุพัชมล กลิ่นเล็ก และนรา สมัตถภาพงศ์. 2563. การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของบริษัทผลิตกล่องกระดาษแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา, น.375-380. ในรายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 38 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. โรงแรมพูลแมน พัทยา จี, ชลบุรี.

[2] Wu, G., Yao, L. and Yu, S., 2018, June. Simulation and optimization of production line based on FlexSim. In 2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC) (pp. 3358-3363). IEEE.

[3] Bunterngchit, C., and Leepaitoon, S., 2019, April. Simulation-Based Approach for Reducing Goods Loading Time. In 2019 8th International Conference on Modeling Simulation and Optimization (ICMSAO). IEEE.

[4] จารุพงษ์ บรรเทา และคณะ. 2560. การจำลองสถานการณ์ระบบแถวคอย ณ จุดจ่ายยากรณีศึกษาโรงพยาบาลโชคชัย, น.1124-1129. ในรายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 35 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ID017

การศึกษาแนวทางการจัดการขยะของประเทศที่พัฒนาแล้ว เพื่อการพัฒนาระบบจัดการขยะของประเทศไทย

A Study of Waste Management Guidelines in Developed Countries for Developing Waste Management Systems in Thailand

ดวงพร คำทุ่น[1*] และ นันท์นภัสร อินยิ้ม[2]
[1]นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[*]E-mail: tj.lvern@gmail.com

Duangporn kamthoon[1*] and Nannapasorn Inyim[2]
[1]Graduate student, Inspection and Engineering Law, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University
[2]Assistant Professor, Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University
[*]E-mail: tj.lvern@gmail.com

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการขยะชุมชนและกฎหมายที่เกี่ยวข้องของประเทศไทยและต่างประเทศซึ่งเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว 4 ประเทศ ได้แก่ เยอรมนี สวีเดน ญี่ปุ่นและสิงคโปร์ โดยเป็นการศึกษาค้นคว้าจากการสำรวจบทความ ผลงานวิจัย และเอกสารวิชาการต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นแนวทางการจัดการขยะชุมชนที่มีประสิทธิภาพ ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าประเทศตัวอย่างดังกล่าวมีแนวทางในการจัดการขยะที่ให้ความสำคัญกับการจัดการมูลฝอยตั้งแต่แหล่งกำเนิด มีการกำหนดวันและเวลาจัดเก็บขยะและกำหนดให้มีการคัดแยกขยะที่ชัดเจน คิดค่าธรรมเนียมในการจัดเก็บขยะในอัตราที่เพียงพอต่อการดำเนินการจัดการกับขยะที่เกิดขึ้น สำหรับวิธีกำจัดขยะมูลฝอยในแต่ละประเทศ พบว่ามีทั้งวิธีฝังกลบ การหมุนเวียนวัสดุกลับมาใช้ใหม่ การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ การเผา และการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน ในส่วนของกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะชุมชนพบว่าทั้งประเทศไทยและประเทศที่เป็นประเทศพัฒนาแล้วทั้งสี่ประเทศ มีการกำหนดกฎหมายต่าง ๆ เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย ตัวอย่างของกฎหมายส่งเสริมการจัดการขยะมูลฝอย เช่น กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพที่ระบุถึงความรับผิดชอบผลิตภัณฑ์ของตนเอง มีเนื้อหาของกฎหมายครอบคลุมไปตั้งแต่ขั้นกระบวนการผลิตไปจนถึงกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ เกี่ยวกับขั้นตอนการเก็บรวบรวม การแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ที่สอดคล้องกับลักษณะพิเศษของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และตัวอย่างกฎหมายที่บังคับให้ดำเนินการอย่างเคร่งครัด เช่น กฎหมายควบคุมมลพิษทางสิ่งแวดล้อมซึ่งมีการบัญญัติโทษเพิ่มขึ้นหากพบว่ามีการกระทำผิดซ้ำ

คำหลัก: ขยะชุมชน ขยะมูลฝอย การจัดการขยะ

Abstract

The purpose of this study was to investigate the guidelines for municipal solid waste management of Thailand and four developed countries including Germany, Sweden, Japan and Singapore, and related laws. In this work, the articles, researches and academic papers about the above topics were reviewed and summarized to determine the effective ways of municipal waste management. The findings of the research showed that the waste management approaches of the studied developed countries aimed at controlling their waste at the sources of generation. In these countries, the waste collection schedule and waste collection fee was charged at an appropriate rate to afford the cost of waste manipulation. The methods of waste disposal in each country included landfill, recycling, biological treatment, incineration and waste to energy conversion. For the review of municipal waste management regulation in Thailand and these developed countries, it was found that these countries have several legislations about the waste management. An example of the law promotion the waste management is the law for promotion Effective Utilization of Resources which identified their product responsibility covering the control of waste generation and management in the processes of production, storage and recycling based on the characteristics of each product. An example of the law enforcing strictly action is the Environmental Pollution Control Law which inflicted more severe penalties in case of a repeat offense.

Keywords: Community waste, Rubbish, Waste management

1. บทนำ

ประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาปริมาณขยะมูลฝอยที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นซึ่งทำให้ต้องใช้พื้นที่กำจัดขยะมากขึ้นด้วย แต่การจัดหาพื้นที่ให้เพียงพอสำหรับใช้เป็นสถานที่กำจัดขยะมีข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะด้านผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลในรายงานสรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยในปี พ.ศ.2561 สถานที่กำจัดขยะชุมชนและสถานีขนถ่ายทั่วประเทศไทยมีจำนวน 3,205 แห่ง ในจำนวนนี้ถูกปิดไปแล้ว 419 แห่ง เนื่องจากมีขยะเต็มพื้นที่ [1] ดังนั้นการมีระบบจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพ โดยเริ่มตั้งแต่การควบคุมจัดการที่แหล่งกำเนิดจนกระทั่งถึงปลายทางเพื่อให้มีขยะที่ต้องส่งไปยังหลุมฝังกลบน้อยที่สุดจึงเป็นประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญ ในบทความนี้กล่าวถึงวิธีการจัดการขยะของประเทศตัวอย่างที่เป็นประเทศพัฒนาแล้ว โดยเน้นนำเสนอวิธีจัดการขยะที่ต่างจากการดำเนินการของประเทศไทยเพื่อประโยชน์ในการนำมาพัฒนาระบบจัดการขยะของไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการขยะชุมชนและกฎหมายที่เกี่ยวข้องของต่างประเทศที่เป็นประเทศพัฒนาแล้ว และวิธีจัดการขยะที่ดำเนินการอยู่ของประเทศไทย

3. การดำเนินการศึกษา

แหล่งข้อมูลของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ หนังสือ วารสาร เอกสารวิชาการ และผลงานวิจัย ที่เกี่ยวกับกฎหมายและวิธีการจัดการขยะจากชุมชน ซึ่งผู้ดำเนินการศึกษาได้นำข้อมูลวิธีการจัดการขยะของต่างประเทศที่อยู่ในขอบเขตการศึกษาจำนวน 4 ประเทศ คือ สวีเดน เยอรมนี ญี่ปุ่น และสิงคโปร์ และวิธีจัดการขยะที่ดำเนินการอยู่ของประเทศไทยที่รวบรวมได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษาใน 4 ประเด็นคือ กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะ วิธีการจัดเก็บขยะ วิธีการกำจัดขยะ และวิธีการคัดแยกขยะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4. ผลการศึกษา

4.1 กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะ

ประเทศไทยและประเทศในขอบเขตการศึกษามีกฎหมายสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะ ดังนี้

<u>ประเทศไทย</u>

ประเทศไทยมีพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ที่ใช้ควบคุมมลพิษที่บัญญัติเรื่องการจัดการขยะที่เกิดขึ้นในราชอาณาจักร ได้แก่

- พ.ร.บ.ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535
- พ.ร.บ.การสาธารณสุข พ.ศ. 2535
- พ.ร.บ.รักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535
- พ.ร.บ.กำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542
- พ.ร.บ.องค์การบริหารส่วนจังหวัด พ.ศ. 2540
- พ.ร.บ.สภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537
- พ.ร.บ.เทศบาล พ.ศ. 2496
- พ.ร.บ.ระเบียบบริหารราชการ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2528
- พ.ร.บ.ระเบียบบริหารราชการเมืองพัทยา พ.ศ. 2521

<u>ประเทศสวีเดน</u>

มีกฎหมายหลักที่ใช้จัดการและควบคุมการทิ้งขยะ คือ

- Swedish Environmental Code

<u>ประเทศเยอรมนี</u>

มีกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะที่สำคัญ ได้แก่

- The Waste Management Act
- Closed Substance Cycle Waste Management Act
- Municipal Waste disposal Law

<u>ประเทศญี่ปุ่น</u>

กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะของประเทศญี่ปุ่นมีหลายฉบับด้วยกัน ดังนี้

- Basic Environmental Law
- The fundamental Law for Establishing in a Sound Material-Cycle Society
- Waste Management and Public Cleansing Law
- Law for Promotion Effective Utilization of Resources
- Law for Promotion Effective Utilization of Resources
- Law for the Promotion of Sorted Collection and Recycling of Containers and Packaging

<u>สิงคโปร์</u>

กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะของประเทศสิงคโปร์ ได้แก่

- Environmental Public Health Act
- Endangered Species Import and Export Act
- The Environmental Pollution Control Act

4.2 วิธีการจัดเก็บขยะ

วิธีการจัดเก็บขยะจากแหล่งกำเนิดของประเทศต่าง ๆ ที่รวบรวมได้จากแหล่งข้อมูล สามารถจำแนกได้ 5 หัวข้อย่อย คือ 1. การจัดให้มีภาชนะรองรับขยะ 2. การจัดเก็บตามวันและเวลาที่กำหนด 3. การคิดค่าธรรมเนียมการจัดเก็บขยะ 4. การใช้เอกชนหรือรัฐบาลดำเนินการ และ 5. การจัดให้มียานยนต์เพื่อจัดเก็บขยะ ซึ่งในที่นี้ขอนำเสนอวิธีดำเนินการจัดเก็บที่มีรูปแบบแตกต่างกันของแต่ละประเทศ ดังนี้

<u>สวีเดน</u>

- การตั้งจุดเก็บรวบรวมแทนการรับคืนซากผลิตภัณฑ์ โดยผู้ผลิตรวมตัวกันทำข้อตกลงกับเทศบาล เทศบาลจะจัดพื้นที่เก็บรวบรวมซากผลิตภัณฑ์ให้กับผู้ผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย แต่ผู้ผลิตต้องจัดหาภาชนะสำหรับเก็บรวบรวมและขนส่งซากผลิตภัณฑ์ที่รวบรวมได้ไปยังโรงงานรีไซเคิล [5]

<u>เยอรมนี</u>

- จัดตั้งถังขยะในพื้นที่สาธารณะเพื่อให้ประชาชนนำขยะที่ผ่านการคัดแยกแล้วมาทิ้ง
- หน่วยงานเก็บขยะจัดทำตารางการจัดเก็บขยะและมีรถขยะมาเก็บขยะซึ่งแยกตามประเภทขยะ โดยเจ้าของบ้านจะเตรียมถังขยะให้ตรงกับประเภทของขยะตามตารางที่ทางการได้แจกจ่ายให้ไว้ล่วงหน้า [12]
- การจัดเก็บขยะแตกต่างกันตามฤดูกาล เช่น ในฤดูร้อนจัดเก็บทุกสัปดาห์เนื่องจากมีแบคทีเรียมากกว่าฤดูอื่น

- การคิดค่าธรรมเนียมจัดเก็บขยะแตกต่างกัน เช่น ขยะอินทรีย์มีค่าธรรมเนียมการจัดเก็บถูกกว่าขยะที่ไม่สามารถนำไปรีไซเคิลได้

- ขยะที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้จะต้องบรรจุในถังดำ เมื่อขยะเต็มก็จะเรียกเทศบาลมาจัดเก็บ ถังดำแต่ละขนาดจะมีราคาค่าธรรมเนียมที่แตกต่างกัน ถังขยะที่ลงทะเบียนแล้วจะมีบาร์โค๊ดแสดงว่าได้ชำระค่าธรรมเนียมแล้ว [3]

<u>ญี่ปุ่น</u>

- ไม่คิดค่าธรรมเนียมการจัดเก็บขยะสำหรับบ้านพักอาศัย ยกเว้นกรณีที่มีขยะปริมาณมาก คิดค่าธรรมเนียมจากขยะเฉพาะขยะที่มีขนาดใหญ่และขยะจากภาคธุรกิจ

- มีการกำหนดวันและจุดสำหรับทิ้งขยะซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของขยะ เทศบาลท้องถิ่นเป็นผู้รวบรวมขยะจากบ้านพักอาศัย โดยกำหนดความถี่ในการเก็บรวบรวมแยกตามประเภทขยะ เช่น ขยะที่เผาไหม้ได้ เก็บ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ เก็บ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ขยะที่มีขนาดใหญ่จะทำการเก็บรวบรวมโดยขึ้นอยู่กับความต้องการของประชาชนในการร้องขอให้นำไปกำจัด ขยะรีไซเคิลจัดเก็บ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ส่วนขยะจากสำนักงาน ร้านค้า และอื่น ๆ จะถูกเก็บรวบรวมโดยรถเก็บขนขยะที่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานท้องถิ่นเพื่อนำขยะไปกำจัด ณ สถานที่กำจัดต่อไป [14]

<u>สิงคโปร์</u>

- มีหน่วยงานเอกชนเป็นผู้รับสัมปทานดำเนินการทั้งหมด ห้ามผู้ใดดำเนินการจัดเก็บและขนย้ายขยะมูลฝอยเว้นแต่ได้รับอนุญาต [12]

- ประชาชนทุกคนต้องทิ้งขยะให้เป็นเวลา และมีค่าธรรมเนียมการจัดเก็บขยะขึ้นอยู่กับประเภทของที่พักอาศัยหรือลักษณะของธุรกิจ/กิจกรรม [15]

4.3 วิธีการคัดแยกขยะ

จากการค้นคว้าแหล่งข้อมูลพบว่าวิธีการคัดแยกขยะของประเทศสวีเดน เยอรมนี ญี่ปุ่น และสิงคโปร์ มีการดำเนินการคัดแยกขยะตั้งแต่แหล่งกำเนิดโดยกำหนดสีของภาชนะรองรับขยะมูลฝอย คัดแยกขยะมูลฝอยตามประเภท และมีการทำความสะอาดเบื้องต้นสำหรับขยะที่รีไซเคิลได้ ตัวอย่างวิธีการที่ดำเนินการในประเทศเหล่านี้ [8, 14, 15] มีดังนี้

- การคัดแยกตั้งแต่ระดับครัวเรือน โดยในแต่ละบ้านจะมีถุงหรือถังขยะสำหรับใส่ขยะแต่ละประเภทแยกจากกัน เช่น ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล ขยะทั่วไป เป็นต้น

- การคัดแยกขยะโดยใช้ภาชนะรองรับขยะที่มีสีแตกต่างกันสำหรับขยะแต่ละประเภท ขยะจะถูกคัดแยกไปทิ้งตามจุดทิ้งต่าง ๆ ที่ทางการท้องถิ่นจัดสรรไว้ เพื่อรอหน่วยงานภาครัฐดำเนินการจัดเก็บต่อไป เช่น ในประเทศเยอรมนี

- ครัวเรือนมีการล้างขยะที่รีไซเคิลได้ก่อนนำไปทิ้งในที่รองรับขยะ

สำหรับประเทศไทย พบว่าประชาชนยังทิ้งขยะโดยไม่ได้แบ่งแยกชนิดของขยะ [12] ข้อมูลในเอกสารที่ศึกษาเรื่องการคัดแยกขยะกล่าวถึงสาเหตุที่ประเทศไทยยังไม่บรรลุผลการดำเนินการคัดแยกขยะของครัวเรือนเกิดจากพฤติกรรมส่วนบุคคล การขาดจิตสำนึก และขาดความรู้เกี่ยวกับการนำขยะกลับไปใช้ หน่วยงานภาครัฐและองค์กรท้องถิ่นเองก็ขาดการประชาสัมพันธ์ความรู้เรื่องการจัดการขยะและการสร้างความมีส่วนร่วมของประชาชน[4, 10] นอกจากนี้พฤติกรรมการทิ้งขยะของคนไทยในปัจจุบันมักทิ้งขยะทุกประเภทรวมกันในถุงหรือภาชนะเดียวกันแล้วนำไปทิ้งรวมกันที่จุดรวบรวมขยะ อีกทั้งถังรองรับขยะที่ตั้ง ณ บริเวณรวบรวมขยะก็มีลักษณะเป็นแบบถังเดียวเป็นส่วนใหญ่ [11]

4.4 วิธีการกำจัดขยะ

วิธีการกำจัดขยะจากชุมชนสามารถจำแนกได้เป็น 6 วิธีหลัก ๆ คือ การเทกองบนพื้น การฝังกลบ การเผาทำลาย การหมุนเวียนวัสดุกลับมาใช้ใหม่ การบำบัดด้วยวิธีชีวภาพ และการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน ซึ่งบางวิธีถือเป็นวิธีที่ง่าย ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการไม่สูงนัก แต่มักสร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่บางวิธีมีประสิทธิภาพในการควบคุมมลพิษ หรือสามารถนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ได้ ในที่นี้จะอธิบายถึงวิธีการของแต่ละวิธีโดยสังเขป ดังนี้ [2, 6, 12, 13]

- การเทกองบนพื้นเป็นวิธีกำจัดขยะที่ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่กลับสร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรค เช่น หนู แมลงวัน น้ำเสียจากกองขยะอาจปนเปื้อนลงแหล่งน้ำใกล้เคียงหรือน้ำใต้ดินได้

- การฝังกลบเป็นวิธีกำจัดขยะโดยการทิ้งขยะลงบนพื้นดินเช่นเดียวกับวิธีแรก แต่จะมีลักษณะการดำเนินการที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ซึ่งเมื่อมีการควบคุมจัดการอย่างดีแล้วจะไม่ก่อมลพิษหรือทำให้เกิดเหตุรำคาญต่อชุมชน

- การเผาทำลายเป็นวิธีการที่สะดวกแต่มีผลเสียคือทำให้เกิดมลพิษจากการเผาไหม้ลอยสู่ชั้นบรรยากาศ และเมื่อตกลงสู่พื้นดินหรือแหล่งน้ำก็จะเกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน

- การหมุนเวียนวัสดุกลับมาใช้ใหม่ คือการนำของเสียกลับไปใช้ซ้ำหรือใช้ใหม่ให้มากที่สุดโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการที่นำของเสียไปใช้ซ้ำหรือใช้ประโยชน์

- การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพเป็นการบำบัดขยะที่อาศัยกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุทำให้การย่อยสลายสิ้นสุดลง ณ ที่บำบัด ไม่ก่อให้เกิดมลสารปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม

- การแปรรูปขยะเป็นพลังงานเป็นการอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงความร้อนของขยะย่อยสลายได้และขยะรีไซเคิลบางประเภท เช่น เศษอาหาร ใบไม้ เศษไม้ เศษกระดาษ พลาสติก โดยควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้ และมีระบบควบคุมมลพิษด้านอากาศและการกำจัดกากที่เหลือจากการเผาไหม้เพื่อป้องกันปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม วิธีการนี้จะให้พลังงานออกมาในรูปของก๊าซไอร้อน

จากการสำรวจเอกสารพบว่าแต่ละประเทศที่อยู่ในขอบเขตการศึกษาวิจัยนี้มีวิธีการกำจัดขยะหลัก ๆ ที่เน้นการนำกลับมาใช้ใหม่ การแปรรูปขยะเป็นพลังงาน หรือใช้เป็นแหล่งความร้อน ส่วนขยะที่ไม่สามารถใช้วิธีข้างต้นได้จะนำไปกำจัดขั้นสุดท้ายด้วยวิธีการฝังกลบหรือการเผา ซึ่งสามารถสรุปวิธีกำจัดขยะที่ใช้ในแต่ละประเทศได้ดังนี้

<u>ประเทศสวีเดน</u>

มีการกำจัดขยะโดยการหมุนเวียนวัสดุกลับมาใช้ใหม่ การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ การแปรรูปขยะเป็นพลังงาน และการฝังกลบ [10]

<u>ประเทศเยอรมนี</u>

มีวิธีการกำจัดขยะ คือ การนำกลับมาใช้ใหม่ การหมักการเผา การจัดการทางชีววิทยา และการฝังกลบ [16]

<u>ประเทศญี่ปุ่น</u>

มีวิธีการกำจัดขยะ คือ การเผาในเตาเผาขยะ การสลายด้วยความร้อน การนำกลับมาใช้ใหม่ และการฝังกลบ [7]

<u>สิงคโปร์</u>

มีวิธีการกำจัดขยะที่เน้นการนำกลับมาใช้ใหม่ การเปลี่ยนขยะเป็นพลังงาน หรือโรงงานเผาขยะแบบเถ้าถ่าน [9]

5. สรุป

จากการศึกษาวิธีการจัดการขยะของประเทศในขอบเขตการศึกษาที่เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ได้แก่ สวีเดน เยอรมนี ญี่ปุ่นและสิงคโปร์ พบว่ามีวิธีการแตกต่างจากการดำเนินการของไทย ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนำมาสรุปเป็นแนวทางจัดการขยะเพื่อใช้พัฒนาระบบจัดการขยะของประเทศไทยได้ดังนี้

5.1 แนวทางการจัดการขยะชุมชน

วิธีการจัดการขยะชุมชนที่เป็นแนวทางที่สามารถลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ช่วยให้การจัดการขยะมีประสิทธิภาพและลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ควรมีการดำเนินการดังนี้

- การจัดเก็บขยะที่สามารถสร้างพฤติกรรมการคัดแยกขยะซึ่งควรมีการดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรม ได้แก่ การจัดให้มีภาชนะรองรับขยะตามประเภทของขยะเพื่อให้มีการทิ้งขยะประเภทเดียวกันไว้ด้วยกัน และควรกำหนดวันและเวลาจัดเก็บขยะที่เฉพาะเจาะจงสำหรับขยะแต่ละประเภท ซึ่งการดำเนินการทั้งสองเรื่องนี้จะช่วยลดเวลาหรือขั้นตอนการคัดแยกขยะที่ปลายทางได้

- การส่งเสริมการลดปริมาณขยะที่ประชาชนนำมาทิ้งโดยการคิดค่าธรรมเนียมการจัดเก็บขยะตามประเภทและปริมาณของขยะ

- การส่งเสริมให้มีการคัดแยกขยะโดยความร่วมมือของภาครัฐและเอกชนในการให้บริการรับคืนหรือรับซื้อขยะที่สามารถนำไปแปรรูปหรือนำกลับไปใช้ได้ การเพิ่มมูลค่าของขยะดังกล่าวโดยเฉพาะในกรณีที่มีการทำความสะอาดขยะในเบื้องต้นมาแล้ว

- วิธีการกำจัดขยะที่ปลายทางที่เน้นการนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่หรือการแปรรูปขยะเป็นพลังงานดังเช่นที่มีการดำเนินการอยู่ในประเทศตัวอย่างเป็นแนวทางที่ควรส่งเสริมให้มากขึ้นเพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปทิ้งในหลุมฝังกลบ

5.2 กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะชุมชน

จากการศึกษากฎหมายของประเทศตัวอย่างพบว่ามีข้อบังคับที่น่าสนใจซึ่งเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมการควบคุมและจัดการขยะที่แหล่งกำเนิดโดยมีการระบุถึงการรับผิดชอบผลิตภัณฑ์ของตนเอง เช่น กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Law for Promotion Effective Utilization of Resources) ซึ่งมีเนื้อหาของกฎหมายครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตไปจนถึงกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับขั้นตอนการเก็บ การแปรรูปกลับมาใช้ใหม่ที่สอดคล้องกับลักษณะพิเศษของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด การเพิ่มโทษเมื่อมีการกระทำความผิดซ้ำเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและกฎหมายควบคุมมลพิษทางสิ่งแวดล้อม (The Environmental Pollution Control Act) หากมีการฝ่าฝืนข้อกำหนดในกฎหมายหรือคำสั่งทางปกครองจะมีโทษทางอาญากำกับไว้และหากมีการกระทำความผิดซ้ำก็จะเป็นเหตุให้ถูกเพิ่มโทษได้ทั้งโทษจำคุกและโทษปรับ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมจากการศึกษาครั้งนี้โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ในแง่ต่าง ๆ เช่น อัตราการลดลงของขยะ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการดำเนินการจัดการขยะตามแนวทางของแต่ละประเทศ

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. “ยุทธศาสตร์การจัดการมลพิษ 20 ปี และแผนจัดการมลพิษ พ.ศ. 2560–2564.” ค้นเมื่อ 31 ตุลาคม 2562, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/plan.html,

[2] ปราโมช เชี่ยวชาญ. (2560). “การกำจัดขยะด้วยวิธีการฝังกลบ”. ค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2563, จาก https://sites. google.com/site/s554231003/karwastedl.cfm?FileName=wsthaz_annual55.pdf&BookName=wsthaz_annual55.pdf

[3] _____. (2554). สรุปองค์ความรู้จากโครงการอบรมสัมมนา ดูงานตามยุทธศาสตร์การพัฒนากรุงเทพมหานคร ให้กับสมาชิกสภาเขตและผู้ช่วยดำเนินงานของสมาชิกสภากรุงเทพมหานคร ปีงบประมาณ 2554 หลักสูตร “การเสริมสร้างวิสัยทัศน์ที่ดีสำหรับสมาชิกสภาเขต” ระหว่างวันที่ 12 – 19 กุมภาพันธ์ 2554 ณ สาธารณรัฐอิตาลีสมาพันธรัฐสวิสและสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี.

[4] กระทรวงมหาดไทย (2558). สรุปผลการสำรวจความเห็นของที่ปรึกษาผู้ตรวจราชการภาคประชาชนเรื่อง การดำเนินงานของรัฐบาลในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย.

[5] ดร. สุจิตรา วาสนาดำรงค์ และคณะ. (2555). ชุดความรู้เรื่อง “การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ (E-waste)”.

[6] สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). คู่มือ 3 Rs กับการจัดการของเสียภายในโรงงาน.

[7] สำนักงานเลขาธิการ สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2560). กฤษฎีกาสารปีที่ 12 ฉบับ 4 เมษายน – พฤษภาคม 2560.

[8] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2558). “GO ZERO WASTE ชีวิตใหม่ไร้ขยะ”.

[9] สำนักตรวจราชการ สำนักงานปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี. ประเด็นชี้แจงการศึกษาดูงานโครงการฝึกอบรมหลักสูตรผู้ช่วยผู้ตรวจราชการมืออาชีพ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ณ สาธารณรัฐสิงคโปร์ ระหว่างวันที่ 12 – 15 มกราคม 2560.

[10] สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2562). การจัดการขยะมูลฝอยในประเทศไทย. สำนักการพิมพ์ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. กรุงเทพมหานคร.

[11] กรัณยพร เลขธรากร. (2560). มาตรการทางกฎหมายในการจัดการมูลฝอยในจังหวัดอ่างทอง. การศึกษาตามหลักสูตรนิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขากฎหมายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[12] จันทกร จันดี. (2560). การจัดการขยะในชุมชนชาวลาหู่ กรณีศึกษา : บ้านแม่ปูนล่าง หมู่ที่ 9 ตำบลเวียง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย. การศึกษาตามหลักสูตร

ประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาบัณฑิตอาสาสมัคร วิทยาลัยพัฒนศาสตร์ ป่วย อึ๊งภากรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[13] ชัยวิชิต พลหลา. (2559). แนวทางการบริหารจัดการขยะมูลฝอยชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. สาขาวิชาบริหารรัฐกิจและกิจการสาธารณะสำหรับนักบริหาร, คณะรัฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[14] ดร. รณัน จุลชาต. (2560). แนวทางการจัดการและปลูกจิตสำนึกของคนเมืองในการคัดแยกขยะ. ลักษณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร.

[15] วราภรณ์ ขวัญเรือน. (2556). ปัญหาทางกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะโดยองค์การบริหารส่วนตำบล. การศึกษาตามหลักสูตรปริญญานิติศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[16] ศุภกร ฮั่นตระกูล. (2557). ปัญหาทางกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย. การศึกษาตามหลักสูตรนิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติศาสตร์ คณะนิติศาสตร์ ปรีดี พนมยงค์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ID020

การวิเคราะห์เชิงสมรรถนะเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตด้วยโปรแกรม ALOHA กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนยานยนต์

Performance-Based Analysis for Life Safety using ALOHA Software; Case Study Assembly Auto Parts Manufacturing Plant.

อภิวัฒน์ เขียวอร่าม[1*] และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: aphiwat.khi@ku.th, aphiwat25@gmail.com

Aphiwat Khiawaram[1*] and Supat Patvichaichod[2]
[1]Department of Engineering Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: aphiwat.khi@ku.th, aphiwat25@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ประเมินการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว(LPG) จากการรั่วไหลที่สถานที่ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวภายในโรงงานประกอบชิ้นส่วนยานยนต์อันส่งผลกระทบต่อชีวิต และความปลอดภัยของพนักงาน โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 10 ปี ย้อนหลังนำไปวิเคราะห์ในโปรแกรม ALOHA และแปลผลด้วยแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ (Google Earth) จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้ตัวแปรทิศทางลมที่เกิดขึ้นจริง 5 ทิศทาง แบ่งเป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(NE)ร้อยละ 39.58 ของข้อมูลทิศทางทั้งหมดตลอด 10 ปี ทิศตะวันตก(W)ร้อยละ 25.42 ทิศตะวันออกเฉียงใต้(SE)ร้อยละ 13.33 ทิศตะวันตกเฉียงใต้(SW)ร้อยละ 12.5 และทิศใต้(S)ร้อยละ 6.25 และศึกษาประเภทอันตราย 3 รูปแบบคือ (1) การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีที่ไม่ลุกติดไฟ (Toxic Area of Vapor Cloud) (2) การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud) และ(3) การเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor Cloud Explosion: Overpressure Blast Force) จึงได้สถานการณ์ทั้งสิ้น 15 กรณี จากผลการประเมินพบว่ากระทบกับระยะสัญจรของเส้นทางอพยพหนีไฟของพนักงานในพื้นที่โซน A และโซน B ในส่วนที่ 2 ทำการวิเคราะห์ระยะสัญจรของเส้นทางอพยพหนีไฟที่หลีกเลี่ยงผลกระทบจากการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยสนใจตำแหน่งที่ไกลจุดรวมพล ด้วยการทดสอบจับเวลาอพยพจริง พบว่าต้องเปลี่ยนเส้นทางอพยพหนีไฟ และเพิ่มตำแหน่งจุดรวมพล 2 จุด จึงจะอพยพหนีไฟได้ภายใน 5 นาที และหลีกเลี่ยงความเสี่ยงอันตรายได้

คำหลัก ก๊าซปิโตรเลียมเหลว การรั่วไหล การระเบิด โปรแกรม ALOHA ระยะสัญจร

Abstract

This article is divided into 2 topics. Topic 1: Assess the spread and explosion of Liquefied Petroleum Gas (LPG) from leaks where Liquefied Petroleum Gas is used in automotive assembly plants that effect to life safety. The past 10 years meteorological data has been used to analyze in the program ALOHA and the results was interpret with an electronic map (Google Earth). From the meteorological data, there are 5 wind direction variables divided into North East (NE) 39.58% West (W) 25.42% South East (SE) 13.33% South West (SW) 12.5% and South (S) 6.25%. Also 3 types of hazards has been also studied; (1) Toxic Area of Vapor Cloud (2) Flammable Vapor Cloud and (3) Vapor Cloud Explosion: Overpressure Blast Force. Consequently, there are 15 situations from the assessment which affects the travel distance and Fire escape routes on Zone A and Zone B. Topic 2: analyze the travel distance and Fire escape routes that avoid impact of spread and explosion of Liquefied Petroleum Gas on the remote location with the actual evacuation, it was found that the travel distance and Fire escape routes must be changed and 1 assembly point must be added. So, the fire evacuation can be within 5 minutes and dangerous risks can be avoided.

Keywords: Liquefied Petroleum Gas, Leakage, Explosion, ALOHA Software, Travel distance.

1. บทนำ

สภาพการณ์ปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์มีอัตราการเติมโตอย่างมาก โดยถือเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย และยังเป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบอย่างมากจากเทคโนโลยีสมัยใหม่ การขยายธุรกิจของอุตสาหกรรมยานยนต์นี้ มาพร้อมกับความเสี่ยงที่เกิดจากกระบวนการผลิต ความเสี่ยงที่สำคัญประการหนึ่งคือเรื่องอันตรายจากสารเคมีและวัตถุอันตราย อันก่อให้อัคคีภัย และผลกระทบด้านต่างๆที่เมื่อเกิดขึ้นแล้วสร้างความเสียหายทั้งบุคคล และทรัพย์สินของสถานประกอบการ การป้องกันก่อนเกิดเหตุการณ์จึงถือเป็นมาตรการที่สำคัญเพื่อลดโอกาส และความรุ่นแรงที่อาจเกิดขึ้น

จากกรณีศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์อันตราย วิเคราะห์ เสนอแนะ และปรับปรุงเส้นทางอพยพหนีไฟให้มีสมรรถนะสูงขึ้น โดยทำการศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ มีกระบวนการหลอมอลูมิเนียมโดยใช้ไฟฟ้า การกลึงขึ้นรูปชิ้นงาน และประกอบชิ้นส่วน โดยก๊าซปิโตรเลียมเหลว จัดเป็นวัตถุอันตรายที่ใช้ในกระบวนการผลิต และมีโอกาสทำให้เกิดอันตรายเป็นอันดับต้นๆของโรงงาน งานวิจัยนี้ต้องการจำลองการเกิดอันตรายในรูปแบบต่างๆจากสถานการณ์จุดเสี่ยงจริงในพื้นที่ และวิเคราะห์สมรรถนะเพื่อความปลอดภัยของชีวิต ในการอพยพหนีไฟ และอันตรายจากสารเคมีกรณีต่างๆอันจะนำไปสู่การหาแนวทางการลดความเสี่ยงต่อพนักงานในสถานประกอบการต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยผลกระทบจากการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว จากสถานบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลว และเพื่อจัดทำแนวทางการตอบโต้เหตุฉุกเฉินของโรงงานอย่างเหมาะสม และความปลอดภัยต่อชีวิตของพนักงาน

2.1 คุณสมบัติของก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีส่วนประกอบของคาร์บอน (C) 3 และ 4 อะตอม ใน 1 โมเลกุล ไฮโดรคาร์บอนกลุ่มนี้ประกอบด้วย โพรเพน (Propane) = C_3H_8 ,โพรพิลิน (Porpylene) = C_3H_6 บิวเทน (Butane) = C_4H_{10} ,บิวทิลีน (Butylene) = C_4H_8 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ปรากฏอยู่ในส่วนผสมของก๊าซปิโตรเลียมเหลว อาจแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ พวกไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว (Saturated Hydrocarbon) และไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated Hydrocarbon)

กลุ่มไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว ได้แก่ โพรเพน (Propane) นอร์มัลบิวเทน (n-butane) ไอโซบิวเทน (Iso-butane) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ได้มาจากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติจะประกอบด้วยโพรเพน (Propane) เป็นส่วนใหญ่ สัดส่วนของ C_3 และ C_4 ขึ้นอยู่กับแหล่งของก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่ใช้กันอยู่มี 2 สถานะ คือของเหลวและก๊าซ มีจุดเดือดต่ำมาก โดยโพรเพนมีจุดเดือดเท่ากับ -42 องศาเซลเซียส นอร์มัลบิวเทน เท่ากับ -0.5 องศาเซลเซียส และไอโซบิวเทน เท่ากับ -11.7 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติและความดันบรรยากาศเว้นแต่จะถูกอัดให้เป็นของเหลวอยู่ในถังภายใต้ความดันหรือนำถังไปแช่เย็นไว้ ค่าความดันที่ทำให้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นของเหลว เรียกค่าความดันไอ (Vapor Pressure) โพรเพน ที่อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส ความดันที่ใช้อัดเท่ากับ 41.94 บรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้โพรเพนจะไม่เป็นของเหลว แม้ว่าจะอัดด้วยความดันมากกว่า 41.94 บรรยากาศก็ตาม ดังนั้นสภาวะวิกฤติสำหรับโพรเพน คือ อุณหภูมิ 96.67 องศาเซลเซียส และความดัน 41.94 บรรยากาศ ในสถานะที่เป็นของเหลวจะเบากว่าน้ำหากเกิดก๊าซรั่วในขณะที่อุณหภูมิโดยรอบในขณะนั้นต่ำมาก และก๊าซปิโตรเลียมเหลวไหลลงไปในท่อระบายน้ำ หรือคูคลอง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะลอยไปกับน้ำ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอัคคีภัยในท้องที่ห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วได้ นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อค่าความหนาแน่น คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของสารเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวจะลดลง ณ อุณหภูมิที่กำหนดในขณะที่ก๊าซเหลวกับก๊าซอยู่ในภาวะสมดุลกัน ความดันไอของโพรเพนและบิวเทน วัดที่อุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส เท่ากับ 16 และ 6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิของก๊าซเหลวสูงขึ้น ความดันไอก็จะเพิ่มขึ้นในอัตราสูง ดังนั้นภาชนะที่บรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว จะต้องทำให้แข็งแรงทนต่อความกดดันสูงได้ ความร้อนที่ต้องใช้เมื่อเปลี่ยนภาวะจากก๊าซเหลวเป็นก๊าซเมื่อก๊าซเหลวออกมาอยู่นอกภาชนะบรรจุจะเดือดหรือระเหยเป็นก๊าซทันที ก๊าซเหลวที่กำลังระเหยจะดูดความร้อนแฝงนี้จากตัวเองและจากสิ่งที่อยู่รอบๆ ทำให้อุณหภูมิลดลงโดยรวดเร็วจนกระทั่งก๊าซเหลวระเหยหมดหรือจนกระทั่งอุณหภูมิของตัวมันเองลดลงต่ำกว่าจุดเดือด ซึ่งจะทำให้บริเวณที่ถูกดึงความร้อนไปมีความเย็นจัด เพราะฉะนั้นถ้าก๊าซเหลวรั่วและสัมผัสกับผิวหนังหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายจะทำให้ผิวหนัง หรือส่วนของร่างกายนั้นได้รับความเย็นจัดจนถึงกับไหม้ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ 15 องศาเซลเซียสโพรเพนประมาณ 0.300 องศาเซลเซียส และบิวเทนประมาณ 0.002 องศาเซลเซียส อุณหภูมิยิ่งสูงการขยายตัวยิ่งมาก ตัวเลขนี้จำเป็นอย่างยิ่งใช้ในการคำนวณปริมาตรสูงสุดที่สามารถบรรจุก๊าซลงภาชนะหรือถังเก็บในสภาพอุณหภูมิต่างๆกัน ดังนั้น การบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลว ลงในถังจะต้องเหลือที่ว่างเหนือก๊าซเหลวไว้โดยในส่วนของช่องว่างนี้จะมีไอก๊าซอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความดัน ที่เกิดการขยายตัวของของเหลวในกรณีที่ก๊าซได้รับความร้อนผิดปกติ นอกจากนี้ระบบท่อส่งต่างๆที่ส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวจำเป็น ต้องมีอุปกรณ์นิรภัย แบบระบาย (Hydrostatic Relief Valve) ไว้ในระบบด้วย ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญประเภทหนึ่ง เมื่ออยู่ในสถานะเป็นก๊าซ ค่าความถ่วงจำเพาะของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่อเป็นก๊าซจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซกับอากาศที่อุณหภูมิ และความดันเดียวกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นตัวเลขที่ชี้ให้เห็นว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่อเป็นก๊าซจะหนักเป็นกี่เท่าของอากาศ (เมื่อความหนาแน่นของอากาศ เท่ากับ 1) ดังนั้น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นก๊าซจะหนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลก๊าซจะไปรวมตัวอยู่ในที่ต่ำ และถ้าบริเวณที่ต่ำนั้นเป็นรางระบายน้ำหรือคูคลองก๊าซอาจจะไหลตามน้ำ ทำให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ ณ จุดซึ่งห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซรั่วได้ความหนืดก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะของก๊าซจะมีความหนืดสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก๊าซที่สันดาปได้จะมีช่วงส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้เพราะมีอากาศผสมอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ช่วงการลุกไหม้ได้จะแสดงค่าเป็นอัตราส่วนร้อยละปริมาตรก๊าซต่ออากาศ ค่าทางด้านความเข้มข้นสูงของช่วงการลุกไหม้ เรียกว่าค่าขอบบนส่วนทางด้านต่ำเรียกว่าค่าขอบล่างโดยจะสามารถลุกไหม้หรือติดไฟได้ก็ต่อเมื่อมีก๊าซผสมอยู่ในอากาศร้อยละ 2-9 คือถ้ามีก๊าซปิโตรเลียมเหลวต่ำกว่า 2 ส่วนหรือมากกว่า 9 ส่วนใน

ส่วนผสมของก๊าซกับอากาศ 100 ส่วน ส่วนผสมก็จะไม่ติดไฟ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้ว เชื้อเพลิงก็จะเริ่มลุกไหม้เอง แม้จะไม่มีประกายไฟหรือสาเหตุของการติดไฟ อุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่าอุณหภูมิของจุดติดไฟ (Ignition Temperature) อุณหภูมิจุดติดไฟของโพรเพนคือ 460-580 องศาเซลเซียส และของบิวเทนคือ 410-550 องศาเซลเซียส ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงติดไฟได้ยากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินซึ่งมีจุดติดไฟ 280-430 องศาเซลเซียสและน้ำมันดีเซล 250-340 องศาเซลเซียส การเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลวสูงมากพอที่จะหลอมโลหะต่างๆ ได้ เช่น หลอมเหล็ก ทองเหลือง อลูมิเนียม และแก้ว เป็นต้น โดยโพรเพนมีอุณหภูมิของเปลวไฟในอากาศ 1,930 องศาเซลเซียส และบิวเทน 1,900 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการอบเคลือบดินเผา และอบสี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันตรายที่เกิดจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว อาจเกิดได้ 3 ประการ คือ 1. ไฟไหม้ หรือ ระเบิด ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถติดไฟได้ง่ายเมื่อมีอากาศผสมในอัตราส่วนที่อยู่ในพิกัดของการระเบิด และมีประกายไฟ ในบางกรณีอาจมีการระเบิดเกิดขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามถ้าขาดอากาศ หรือไม่มีประกายไฟอย่างใดอย่างหนึ่ง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวก็จะลุกไหม้ไม่ได้ 2. ขาดอากาศหายใจก๊าซปิโตรเลียมเหลว ไม่เป็นพิษ แต่เนื่องจากก๊าซหนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหล ก๊าซก็จะเข้าไปแทนที่อากาศ ทำให้ขาดอากาศหายใจ จนอาจถึงแก่ความตายได้ 3. ผิวหนังไหม้ เพราะความเย็นจัดก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะอยู่ในภาวะที่เป็นของเหลวได้ก็ต่อเมื่อมีความดันสูง หรืออุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือด เมื่อใดที่ความดันลดลง ก๊าซก็ระเหยและเปลี่ยนภาวะเป็นก๊าซทันทีในขณะเดียวกันก็จะดูดความร้อนจากสิ่งที่อยู่ใกล้ทำให้เย็นลงโดยฉับพลัน เมื่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วจากภาชนะบรรจุ จะมีน้ำแข็งเกาะบริเวณที่รั่ว ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นในอากาศถูกความเย็นจัดเป็นน้ำแข็ง ดังนั้นเมื่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวหยดหรือกระเด็นมาถูกผิวหนัง ความเย็นที่เกิดจากการระเหยของก๊าซปิโตรเลียมเหลวโดยฉับพลัน อาจทำให้ผิดหนังไหม้ได้ทันที [1]

2.2 การรั่วไหล (Release from Source)

การรั่วไหลมีหลายรูปแบบ เช่น การรั่วไหลจากถังเก็บอัดความดันใต้ระดับของเหลวการรั่วไหลจากท่อหรือวาล์วเชื่อมต่อการรั่วไหลออกมาเป็นไอระเหย เป็นต้น ซึ่งรูปแบบการรั่วไหลในงานวิจัยนี้จะพิจารณาการรั่วไหลของก๊าซผ่านรูรั่วบริเวณท่อวัดปริมาณก๊าซ โดยเก็บภายใต้ความดันที่มากกว่าความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิห้องปกติ กลายเป็นไออย่างรวดเร็วและจะเกิดกับของเหลวที่ถูกบรรจุไว้ภายใต้ความดันเหนือจุดเดือดปกติมาก เช่น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวหากเก็บไว้ภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศจะเปลี่ยนเป็นสถานะก๊าซเพียงอย่างเดียว ฉะนั้นการระเหยตัวกลายเป็นไอจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อถังในเก็บหรือท่อเกิดการรั่วไหลโดยมีของเหลวออกมา ของเหลวบางส่วนจะกลายเป็นไอโดยทันที [2]

2.3 กฎการแพร่กระจาย (Dispersion)

การแพร่กระจายของสารเคมี ประกอบด้วยหลายพารามิเตอร์ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ (Ground Conditions: Buildings, Water, Trees) ความเสถียรของบรรยากาศ (Atmospheric Stability) ความเร็วลม (Wind Speed) ระดับความสูงของการรั่วไหล (Height of the Release Above Ground Level) และการเคลื่อนที่ของสารที่หกรั่วไหล (Momentum and Buoyancy of the Initial Material Released) [3]

2.4 แบบจำลองการลุกติดไฟ และการระเบิด (Fire and Explosion Model)

ไฟ (Fire) คือ ผลของปฏิกิริยาลูกโซ่ระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจนที่ให้ความร้อนควัน และแสงสว่าง ไฟที่เกิดจากสารเคมีส่วนมากเกิดขึ้นจากการจุดประกายของแหล่งต่างๆ เช่นประกายไฟ ไฟฟ้าสถิต ความร้อนหรือเปลวไฟจากแหล่งอื่นๆ สารเคมีบางชนิดที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมก็สามารถติดไฟขึ้นมาเองได้โดยไม่ต้องอาศัยประกายไฟจากแหล่งต่างๆ องค์ประกอบของการเกิดลุกติดไฟประกอบด้วย ออกซิเจน เชื้อเพลิง และความร้อนการติดไฟของสารแต่ละชนิดจะพิจารณาจากการระเหยง่าย (Volatility) จุดวาบไฟ (Flash Point) และขีดจำกัดความไวไฟ (Flammability Limits) การระเหยง่ายเป็นคุณสมบัติของสารไวไฟที่กลายเป็นไอได้

เร็ว ยิ่งสารกลายเป็นไอได้เร็วเท่าไหร่ยิ่งติดไฟง่าย ของเหลวไวไฟต้องกลายเป็นไอก่อนจึงจะติดไฟ จุดวาบไฟเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่สารไวไฟจะระเหยและพร้อมที่จะติดไฟได้ จุดวาบไฟยิ่งต่ำยิ่งมีความง่ายต่อการติดไฟ ขีดจำกัดความไวไฟแบ่งได้เป็น ขีดจำกัดการระเบิดล่าง (Lower Explosive Limit: LEL) และขีดจำกัดการระเบิดบน (Upper Explosive Limit: UEL) เป็นช่วงความไวไฟของไอระเหยของสารหนึ่งๆ ช่วงระหว่างขีดจำกัดบนและขีดกำจัดล่างจะเป็นช่วงที่ไอระเหยของสารไวไฟจะสามารถติดไฟในอากาศได้ง่ายที่สุด สารเคมีที่มีคุณสมบัติของการระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายและจุดวาบไฟต่ำมักจะมีขีดจำกัดล่างของการระเบิดต่ำ [3]

2.5 โปรแกรม ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres)

โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้คาดการณ์ การกระจายตัวของสารเคมีในอากาศ ที่นำมาใช้สำหรับประเมินระดับอันตรายของสารเคมีที่กระทบต่อประชาชนในกรณีเกิดการรั่วไหลหรืออุบัติภัยสารเคมีและสามารถตอบสนองความต้องการใช้งานได้มากขึ้นรวมทั้งมีรูปแบบของการแสดงผลที่หลากหลาย เช่น สามารถซ้อนทับผลประเมินลงบนแผนที่ภาพถ่าย แผนที่ภูมิประเทศ หรือแผนผังต่างๆ ซึ่งให้ผลการศึกษาเหมือนจริงมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้น สารเคมีที่โปรแกรม ALOHA รู้จักและมักมีการบันทึกข้อมูลสารเคมีที่มีสถานะเป็นก๊าซหรือของเหลวที่สามารถระเหยเป็นก๊าซได้ [3]

2.6 โปรแกรม Google Earth

เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการดูภาพถ่ายทางอากาศ พร้อมค้นหาเส้นทาง ผังเมืองแผนที่ การคมนาคม ซึ่งโปรแกรมนี้จัดเป็นส่วนหนึ่งในองค์ประกอบงานด้านภูมิสารสนเทศ GIS(Geographic Information System) โดย Google ได้นำเอาภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียมมาผสมผสานกับเทคโนโลยี Streaming และทำการเชื่อมโยงข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Google เพื่อนำเราไปยังจุดต่างๆที่ต้องการบนแผนที่โลกดิจิตอล แผนที่นี้เกิดจากการสะสมภาพถ่ายจากหลายๆ แหล่งข้อมูล จากดาวเทียมหลายดวง เพื่อมาประกอบกันเป็นเสมือนกับว่าเป็นผืนเดียวกันโดยแต่ละจุดจะมีความละเอียดของภาพถ่ายไม่เท่ากัน แต่ด้วยความสามารถในการประมวลผลภาพถ่ายทำให้เราเสมือนกับว่าเป็นพื้นเดียวกัน จากนั้นก็นำเอาข้อมูลอื่นๆ มาซ้อนทับภาพถ่ายเหล่านี้อีกชั้นหนึ่ง ซึ่งแต่ละชั้น (layer) ก็จะแสดงรายละเอียดต่างเช่น ที่ตั้งโรงพยาบาล สถานีตำรวจ สนามบิน และชั้นของข้อมูลอื่นๆ อีกมากมาย [3]

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุกิต หัทยาสมบูรณ์ ได้ใช้โปรแกรม ALOHA เพื่อประเมินความเสี่ยงสำหรับกรณีเหตุการณ์สารคลอรีนรั่วไหลกับกรณีศึกษา 2 แบบ คือ แหล่งอยู่กับที่และแหล่งที่เคลื่อนที่ ลักษณะการรั่วไหลมี 2 ลักษณะทั้งก๊าซระเหยและของเหลว โดยกำหนดความหนาแน่นของจำนวนประชากรภายในบริเวณโดยรอบเท่ากับ 200 คนต่อ 1 ตารางกิโลเมตร เมื่อนำมาแปรผลโดยหลักสถิติจะพบว่าขอบเขตผลกระทบเท่ากับ 10.179 ตารางกิโลเมตร ผู้คนที่อาจได้รับผลกระทบเท่ากับ 2,036 คน เมื่อติดตั้งระบบ safety scrubber จะสามารถลดขอบเขตผลกระทบลงเหลือเท่ากับ 0.19 ตารางกิโลเมตร โดยที่อาจมีประชากรที่ได้รับผลกระทบเท่ากับ 38 คน ซึ่งสามารถลดความรุนแรงของขนาดผลกระทบลงได้มากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแหล่งเคลื่อนที่ ใช้กับกรณีสารคลอรีนรั่วไหลบนทางด่วน โดยสถานการณ์จำลองกำหนดให้รถบรรทุกสารคลอรีน เกิดพลิกคว่ำสารคลอรีนรั่วไหลออกมาในลักษณะเจิ่งนอง บนผิวทางด่วน ช่วงการจราจรหนาแน่น การประเมินด้วยโปรแกรม ALOHA พบว่าอาจมีผู้ได้รับบาดเจ็บถึง 581 คน [4]

ประภาวรินทร์ พุทธจง ศึกษาการประเมินผลกระทบกรณีการระเบิดของสารไนโตรเซลลูโลส ในสถานที่จัดเก็บกรณีศึกษาสถานที่ตั้งจังหวัดสมุทรปราการ โดยการเปรียบเทียบกับการระเบิดของ TNT พบว่าในระยะรัศมีจากจุดเกิดเหตุ 70 เมตร โครงสร้างอาคาร เครื่องจักรหนักองค์ประกอบในโครงสร้างจะถูกทำลายที่ระยะห่าง 150 เมตร ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของระบบโครงสร้างอาคารบ้านเรือนจะถูกทำลาย ในระยะห่าง 700 เมตร ระบบโครงสร้างอาคารบ้านเรือนจะได้รับผลกระทบเล็กน้อย และที่ระดับรัศมี 1,000 เมตรขึ้นไป ถือเป็นระยะที่ปลอดภัยการประเมินผลกระทบจากสารมลพิษที่ได้จากการระเบิดของสารไนโตรเซลลูโลส โดยโปรแกรม ALOHA โดยใช้ก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ การฟุ้งกระจายของสารเคมีในระยะตามแนวระนาบทั้ง 3 ชนิดพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (IDLH) คือ ระดับความเข้มข้นที่ 40,000 ppm อยู่ที่ระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ 13 เมตร ส่วนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ระดับความเข้มข้นที่ 1,200 ppm อยู่ที่ระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ 243 เมตร และก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm อยู่ที่ระยะห่างจากจุดเกิดเหตุ 663 เมตร [5]

ทิพวรรณ อังศิริ ทำการศึกษาการประเมินสถานการณ์รั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยใช้โปรแกรม ALOHA ที่จัดเก็บในถังทรงกระบอกแนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.35 เมตร ยาว 10.96 เมตร ปริมาณบรรจุสูงสุดร้อยละ 85 ของปริมาตรสูงสุด โดยมีอัตราส่วนของโพรเพนต่อบิวเทน 60:40 ติดตั้งบริเวณริมน้ำ มีสภาพแวดล้อมที่วิจัย คือ อุณหภูมิ 35.4 องศาเซลเซียสความเร็วลม 5 นอตทิศทางลมพัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่ถังบรรจุก๊าซ เกิดการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวออกจากถังบรรจุก๊าซบริเวณอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว จากสถานการณ์จำลองดังกล่าว พบว่าผลกระทบจากเหตุการณ์รั่วไหลที่สำคัญ คือ การเกิดเพลิงไหม้และระเบิด ซึ่งเมื่อเกิดการรั่วไหล ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะเกิดการแพร่กระจายในรัศมี 29 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ต้องดำเนินการให้เป็นเขตปลอดประกายไฟ เนื่องจากจะทำให้เกิดการลุกไหม้และเกิดการระเบิด ซึ่งการระเบิดแบบ BLEVE จะทำให้เกิดลูกไฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 208 เมตร แผ่รังสีความร้อนในรัศมี 447 เมตร อันเป็นอันตรายต่อโครงสร้างอาคาร รวมทั้งทำก่อให้เกิดความเสียหายถึงแก่ชีวิตของประชาชน และในระยะรัศมี 630 เมตร ระดับรังสีความร้อนจะทำอันตรายต่อประชาชนถึงขั้นเกิดแผลไหม้ระดับ 2 [6]

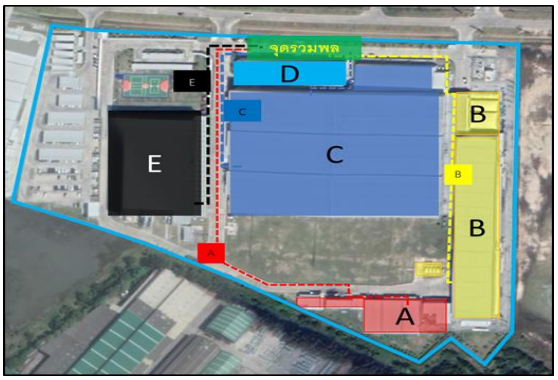
พีระศักดิ์ บุญพามาได้นำโปรแกรม ALOHA มาประยุกต์ใช้ในการประเมินความเสี่ยงจากการรั่วไหลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในโรงงานบรรจุแก๊สโดยนำความเสี่ยงที่รุนแรงที่สุดมาวิเคราะห์หาระยะทางที่ปลอดภัยของการกระจายของสารพิษและการระเบิดของถังบรรจุแก๊ส ผลจากการวิเคราะห์อันตรายแบบ Toxic Area of Vapor Cloud ของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ รัศมี 415 เมตร ที่ค่าความเข้มข้น 100 ppm อาจทำให้มีผู้ที่อยู่อาศัยในรัศมีเสียชีวิตอย่างเฉียบพลันในเวลา 30 นาที และผลการวิเคราะห์อันตรายแบบ Flammable Area of Vapor Cloud ผลกระทบออกมาในรูปของค่าเปอร์เซ็นต์ LEL โดยรัศมี 75 เมตร มีค่าความเข้มข้น 4,300 ppm หรือ 10% LEL ผลการวิเคราะห์อันตรายแบบ Blast Area of Vapor Cloud Explosion ผลกระทบออกมาในรูปของค่าคลื่นความดัน โดยรัศมี 25 เมตร ที่ค่าคลื่นความดัน 3.5 psi อาจส่งผลให้ประชาชนรับบาดเจ็บสาหัสได้และที่รัศมี 35 เมตร ค่าคลื่นความดันที่ 1.0 psi อาจส่งจะผลกระทบให้แก้วแตกกระจายได้ และผลการวิเคราะห์อันตรายแบบ Thermal Radiation from Fire Ball ผลกระทบออกมาในรูปการแผ่รังสีความร้อน โดยรัศมี 27 เมตร มีค่าความร้อน 10 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร มีระดับความรุนแรงประชาชนจนถึงขั้นทำให้ก่อให้เกิดการเสียชีวิตได้ [2]

ชรินทร์ เย็นใจ ศึกษาการจัดการระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์สารเคมีรั่วไหลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ALOHA และ MARPLOT โดยจำลองสถานการณ์การรั่วไหลของสารเบนซีน และสไตรีน จากโรงงานปิโตรเคมีจำนวน 1,728 สถานการณ์ แสดงผลบนแผนที่ดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth ในรูปของพื้นที่การแพร่กระจายของสารเคมี และค่าความเข้มข้นของสารเคมีในแต่ละจุด นอกจากนี้แล้วระบบฐานข้อมูลยังประกอบด้วยข้อมูลความปลอดภัยด้านเคมีภัณฑ์ (SDS) ข้อมูลผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสารเคมี และข้อมูลหน่วยงานที่ต้องรายงาน เมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินจากสารเคมีรั่วไหล ข้อมูลทั้งหมดจะถูกจัดเตรียมเก็บไว้อย่างเป็นระบบพร้อมที่จะเรียกใช้เพื่อเป็นข้อมูลตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉินจากสารเคมีรั่วไหลผ่านโปรแกรม Microsoft Excel ได้อย่างรวดเร็วด้วยคำสั่ง Data Filter โดยเลือกสถานการณ์การรั่วไหลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดจากดัชนีช่วยค้นหาที่จัดทำไว้ได้แก่ชื่อสารเคมีที่รั่วไหล ปริมาณการรั่วไหล ทิศทาง ลม อุณหภูมิ เมฆ และความชื้น ในขณะที่เกิดการรั่วไหลของสารเคมี การ

ทดลองใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลนี้ในกลุ่มเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานจำนวน 30 คน โดยกำหนดโจทย์ให้ค้นหาข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดที่เตรียมไว้ในการตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉินจากสารเคมีรั่วไหล พบว่าใช้เวลาเฉลี่ยสำหรับการจำลองสถานการณ์สารเคมีรั่วเพียง 2.44 นาที (สูงสุด 3.20 นาที ต่ำสุด 1.10 นาที) และมีคะแนนความพึงพอใจโดยรวม 4.81 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน [7]

4. วิธีการศึกษา

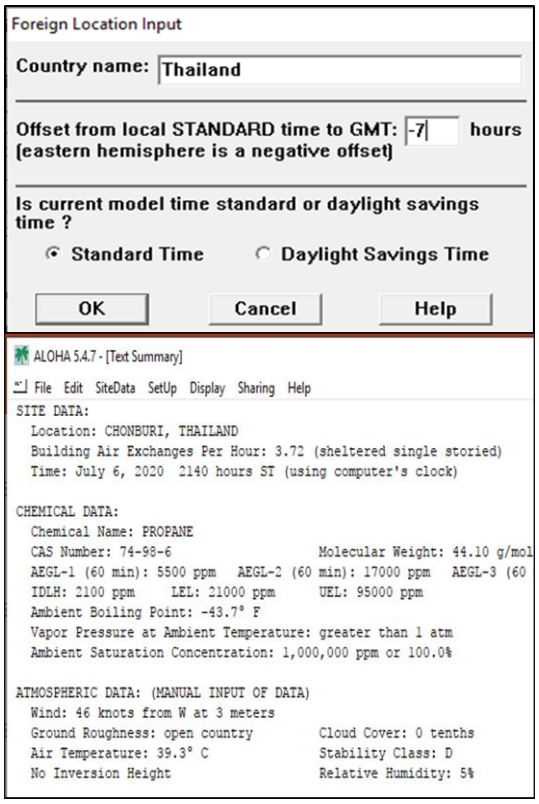
รวบรวมข้อมูลทั่วไปของสถานที่ที่ทำการศึกษาโดยเป็นอาคารโรงงานชั้นเดียว 4 หลัง และอาคารสำนักงาน 2 ชั้น 1 หลัง พื้นที่ประมาณ 93,000 ตารางเมตร โดยแบ่งเป็นโซนทั้งสิ้น 4 โซนดังแสดงในรูปที่ 1 นำข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 10 ปีย้อนหลังแปลผลและกรอกข้อมูลลงในโปรแกรม ALOHA ดังรูปที่ 2 โดยมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 0.86 เมตร ที่อุณหภูมิ 39.3 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 46 knots การจำแนกความเสถียรของบรรยากาศตามแบบของ Pasquill-Gifford [8] และทำการกรอกข้อมูลทิศทางลมทั้ง 5 ชุดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(NE) [9] ร้อยละ 39.58 ทิศตะวันตก(W)ร้อยละ 25.42 ทิศตะวันออกเฉียงใต้(SE)ร้อยละ 13.33 ทิศตะวันตกเฉียงใต้(SW)ร้อยละ 12.50 และทิศใต้(S)ร้อยละ 6.25) [10]



รูปที่ 1 การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 4 โซน และเส้นทางอพยพหนีไฟ

หลังจากนั้นกรอกข้อมูลสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์เลือกโพรเพนเนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) บรรจุในถังแบบนอนปริมาตร 10.4 m^3 สารที่บรรจุสถานะของเหลวร้อยละ 85 ของถัง กำหนดให้ขนาดของจุดรั่วเท่ากับ 10 cm. และสูงจากถัง 20 cm. หลังจากนั้นเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 สถานการณ์ รวมเป็น 15 กรณี โดยที่ต้องศึกษาเพราะเป็นความเสี่ยงอันตรายที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ โดยระบบจะแปลผลออกมาเป็น Footprint ให้นำข้อมูลใสในโปรแกรม Google Earth เพื่อแสดงผลบนภาพถ่ายดาวเทียมต่อไป

นำข้อมูลจากโปรแกรม ALOHA และโปรแกรม Google Earth วิเคราะห์ข้อมูลที่ส่งผลกระทบต่อพนักงานโดยการพิจารณาระยะสัญจรเส้นทางอพยพหนีไฟที่เหมาะสมทั้งเวลา และจุดที่เสี่ยงอันตรายต่อไป



รูปที่ 2 ภาพแสดงการกรอกข้อมูลในโปรแกรม ALOHA

5. ผลและวิเคราะห์การทดลอง

จากการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการแพร่กระจายจากการรั่วไหลของก๊าซโพรเพนทั้ง 15 กรณีมีดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 3 ลมมาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 39.58 พื้นที่

ได้รับผลกระทบ คือพนักงานในพื้นที่โซน A โดยทำให้การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีที่ไม่ลุกติดไฟ (Toxic Area of Vapor Cloud) พบว่ารัศมีการแพร่กระจายออกจากจุดกำเนิดในระดับเสี่ยงสูง มีรัศมี 77 เมตร มีค่าความเข้มข้น 33,000 ppm. ซึ่งระยะดังกล่าวเป็นสีแดงระดับ AEGL-3 คือมีอันตรายอย่างรุนแรงอาจทำให้ผู้สัมผัสเสียชีวิตได้ พื้นที่สีส้มระดับ AEGL-2 ที่ความเข้มข้นมากกว่า 17,000 ppm.เป็นค่าความเข้มข้นที่ส่งกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อยู่ในในรัศมี 111 เมตร จากจุดที่เกิดก๊าซรั่วไหล ส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยมีอาการระคายเคือง ซึ่งหากได้สัมผัสเป็นเวลานานอาจทำให้ระบบกล้ามเนื้อผิดปกติ การหายใจถูกรบกวน อาเจียนและหมดสติได้และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบในรัศมี 214 เมตรจากจุดที่รั่วไหลในทิศทางใต้ลม มีค่าความเข้มข้น 5,500 ppm. ซึ่งระยะดังกล่าวเป็นสีเหลืองระดับ AEGL-1 คือส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนหรือผู้ที่สัมผัสทำให้เกิดอาการไม่สบาย ระคายเคืองผิวหนังได้

กรณีที่ 2 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 3 ลมมาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 39.58 พื้นที่ได้รับผลกระทบ คือพนักงานในพื้นที่โซน A โดยเป็นการรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud) การประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ กล่าวคือเพื่อดูความสามารถในการลุกติดไฟ พบว่า รัศมีการแพร่กระจายสีแดงมีค่าต่ำสุดที่สามารถลุกติดไฟได้ที่รัศมี 152 เมตร มีค่าความเข้มข้น 12,600 ppm หรือ 60% LEL เป็นขีดจำกัดล่างของการลุกติดไฟ ในระยะนี้เป็นช่วงที่ไอระเหยของก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟ รัศมีการแพร่กระจายสีเหลืองระยะ 489 เมตร มีค่าต่ำสุดที่สามารถลุกติดไฟได้ที่ 10% LEL เป็นขีดจำกัดล่างของการลุกติดไฟ ในระยะนี้เป็นช่วงที่ไอระเหยของก๊าซโพรเพนเกิดการลุกติดไฟได้เช่นกัน

กรณีที่ 3 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 3 ลมมาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 39.58 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพนักงานในพื้นที่โซน AและB โดยเป็นการเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor Cloud Explosion: Overpressure Blast Force) และการเกิดเพลิงไหม้จากความดันและมีประกายไฟ จากการประเมินพบว่าในระดับความเสี่ยงสีส้มที่ระยะ 69 เมตร แรงดัน 3.5 psi เป็นอันตรายต่อพนักงานบาดเจ็บร้ายแรง และในระดับสีเหลืองที่ระยะ 125 เมตร จะพบแรงดัน 1.0 psi ผลกระทบอาจทำให้กระจกแตกและพนักงานได้รับอันตราย

กรณีที่ 4 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 4 ลมมาทางทิศตะวันตก โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 25.42 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพนักงานในพื้นที่โซน B และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 1

กรณีที่ 5 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 4 ลมมาทางทิศตะวันตก โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 25.42 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพนักงานในพื้นที่โซน B และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 2

กรณีที่ 6 จากตารางที่ 1 รูปที่ 4 ลมมาทางทิศตะวันตกโดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 25.42 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพนักงานในพื้นที่โซน AและB และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 3

กรณีที่ 7 จากตารางที่ 1 รูปที่ 5 ลมมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 13.33 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือเส้นทางอพยพพื้นที่โซน A และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 1

กรณีที่ 8 จากตารางที่ 1 รูปที่ 5 ลมมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 13.33 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือเส้นทางอพยพพื้นที่โซน A และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 2

กรณีที่ 9 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 5 ลมมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 13.33 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพื้นที่โซน AและB และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 3

กรณีที่ 10 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 6 ลมมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 12.50 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพื้นที่โซน B และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 1

กรณีที่ 11 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 6 ลมมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 12.50 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพื้นที่โซน B และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 2

กรณีที่ 12 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 6 ลมมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 12.50 พื้นที่ได้รับ

ผลกระทบคือพื้นที่โซน AและB และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 3

กรณีที่ 13 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 7 ลมมาทางทิศใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 6.25 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพื้นที่โซน C และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 1

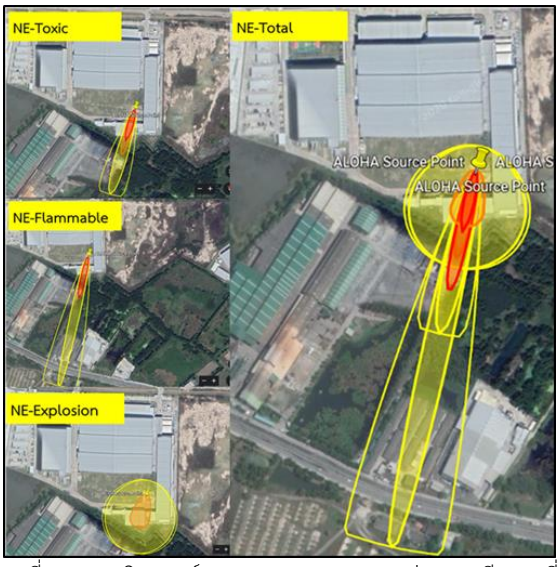
กรณีที่ 14 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 7 ลมมาทางทิศใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 6.25 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพื้นที่โซน C และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 2

กรณีที่ 15 จากตารางที่ 1 และรูปที่ 7 ลมมาทางทิศใต้ โดยมีโอกาศเกิดร้อยละ 6.25 พื้นที่ได้รับผลกระทบคือพื้นที่โซน A,B และC และมีผลกระทบเหมือนกรณีที่ 3

ทั้ง 15 กรณีส่งผลกระทบโซน A,B และ C และเส้นทางอพยพหนีไฟภายนอกอาคาร A และ B ดังรูปที่ 8

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบที่เกิดจาก 15 กรณี จากการทำนายของโปรแกรม ALOHA

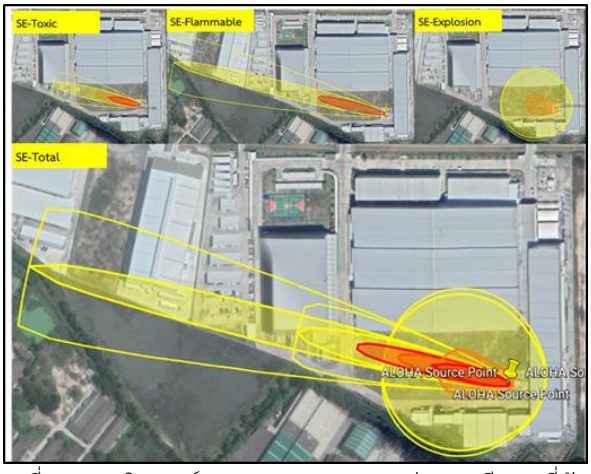
Case	Wind	Scenario	Threat Zone (Meters)		
			Red	Orange	Yellow
1	NE 39.58%	Toxic	77	111	214
2		Flammable	152	-	489
3		Explosion	-	69	125
4	W 25.42%	Toxic	77	111	214
5		Flammable	152	-	489
6		Explosion	-	69	125
7	SE 13.33%	Toxic	77	111	214
8		Flammable	152	-	489
9		Explosion	-	69	125
10	SW 12.50%	Toxic	77	111	214
11		Flammable	152	-	489
12		Explosion	-	69	125
13	S 6.25%	Toxic	77	111	214
14		Flammable	152	-	489
15		Explosion	-	69	125



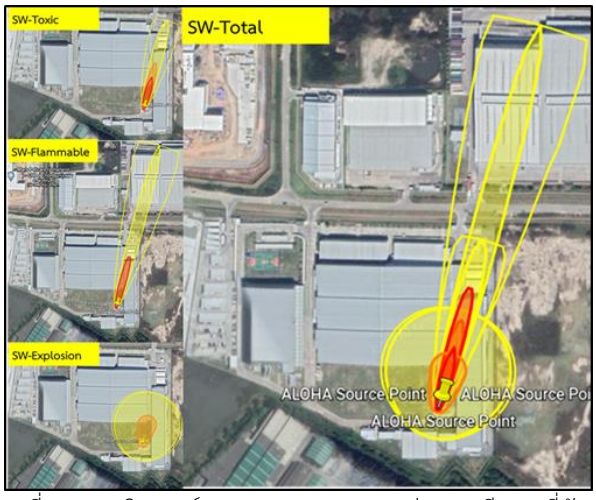
รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์แบบ Footprint บนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือแบบแยกและรวมอันตรายทั้ง 3 กรณี



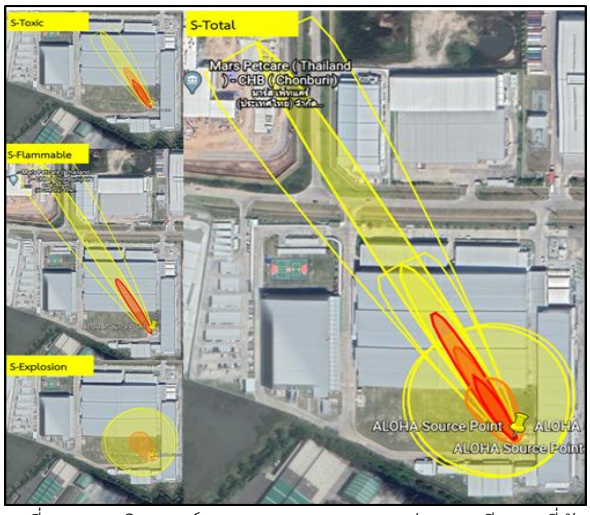
รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์แบบ Footprint บนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศตะวันตกแบบแยกและรวมอันตรายทั้ง 3 กรณี



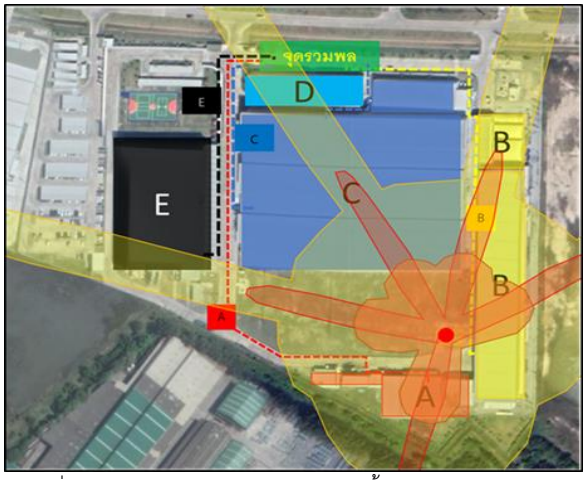
รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์แบบ Footprint บนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงใต้แบบแยกและรวมอันตรายทั้ง 3 กรณี



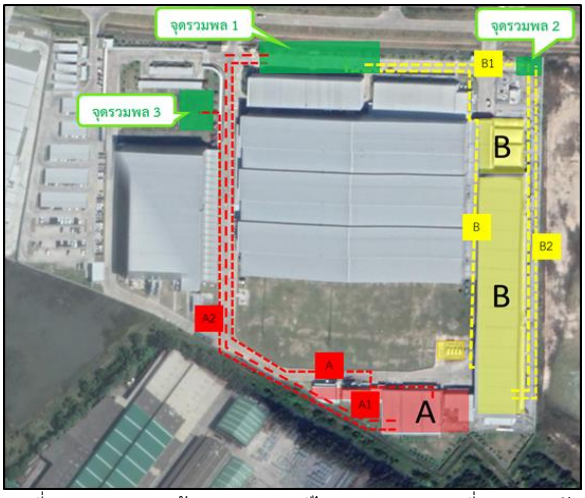
รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์แบบ Footprint บนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้แบบแยกและรวมอันตรายทั้ง 3 กรณี



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์แบบ Footprint บนภาพถ่ายดาวเทียมลมที่พัดจากทิศใต้แบบแยกและรวมอันตรายทั้ง 3 กรณี



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์แบบ Footprint ทั้ง 15 กรณีบนภาพถ่ายดาวเทียมแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทั้งหมดบนพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 9 การทดสอบเส้นทางอพยพหนีไฟ และจุดรวมพลที่เหมาะสมกับเส้นทางเดิม

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบจับเวลาเส้นทางอพยพหนีไฟไปยังจุดรวมพลในกรณีต่างๆ

จุดรวมพล	เส้นทางอพยพ	เวลา(นาที)
1	A	4.28
	A1	4.30
	B	3.47
	B1	4.31
2	B2	2.46
3	A2	4.12

ทำการศึกษาแนวทางแก้ปัญหาจากผลกระทบทั้ง 15 กรณี ต่อพื้นที่อาคาร และเส้นทางอพยพหนีไฟโซน A และ B โดยจากรูปที่ 9 และตารางที่ 2 เป็นการทดสอบเดินอพยพจริงของผู้ศึกษา พบว่าเดิมที่ต้องอพยพจากโซน A และ B (เส้นทางอพยพ A และB) ไปยังจุดรวมผลเดิม(จุดรวมพล1) ใช้เวลา 4.28 นาที และ 3.47 นาที ตามลำดับ แต่ได้รับผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว จึงเปลี่ยนเส้นทางเป็น A1 และ B1 พบว่าใช้เวลาในการอพยพ 4.30 นาที และ 4.31 นาที ตามลำดับ

ด้วยเวลาที่ใกล้เคียงกับ 5 นาทีตามที่กฎหมายกำหนด จึงทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยการเพิ่มจุดรวมพล 2 และ 3 ได้เวลาในการอพยพ B2 เท่ากับ 2.46 นาที และ A2 4.12 นาที

6. สรุป

จากการวิเคราะห์การทำนายด้วยโปรแกรม ALOHA และแปลผลด้วยแผนที่อิเล็กทรอนิกส์(Google Earth) ตัวแปรทิศทางลมที่สนใจ 5 ทิศทาง แบ่งเป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 39.58 ทิศตะวันตก ร้อยละ 25.42 ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ร้อยละ 13.33 ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ร้อยละ 12.5 และทิศใต้ ร้อยละ 6.25 และศึกษาประเภทอันตราย 3 รูปแบบคือ (1) การรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวในกรณีที่ไม่ลุกติดไฟ (Toxic Area of Vapor Cloud) (2) การรั่วไหลแบบกลุ่มหมอกก๊าซไวไฟ (Flammable Vapor Cloud) และ(3) การเกิดระเบิดของกลุ่มหมอกสารไวไฟ (Vapor Cloud Explosion: Overpressure Blast Force) จึงได้สถานการณ์ทั้งสิ้น 15 สถานการณ์ จากผลการประเมินพบว่ากระทบกับระยะสัญจรของเส้นทางอพยพหนีไฟของพนักงานในพื้นที่โซน A และโซน B ในส่วนที่ 2 ทำการวิเคราะห์ระยะสัญจรของเส้นทางอพยพหนีไฟที่หลีกเลี่ยงผลกระทบจากการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ด้วยการทดสอบจับเวลาอพยพจริง พบว่าต้องเปลี่ยนเส้นทางอพยพหนีไฟ และเพิ่มตำแหน่งจุดรวมพล 2 จุด ตามรูปที่ 9

7. ข้อเสนอแนะ

1.หากทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมควรจำลองพฤติกรรมการอพยพด้วยโปรแกรม Pathfinder เพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลในการศึกษาวิจัยให้มากยิ่งขึ้น

2.ข้อจำกัดของโปรแกรม ALOHA ไม่สามารถคำนวณการรั่วไหลในอาคารปิดทึบได้ แสดงผลการแพร่กระจายโดยผ่านทับอาคารสูงที่ในความเป็นจริงก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่หนักกว่าอากาศไม่สอดคล้องกับความสามารถในการลอยตัวข้ามอาคารได้

3.โปรแกรม ALOHA ใช้ไม่ได้กับการรั่วไหลของสารละลายหรือสารผสมที่มีสารเคมีหลายชนิดรวมกัน และยุ่งยากในการกรอกข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานต้นสังกัด และกรมอุตุนิยมวิทยาในการสนับสนุนข้อมูล และสุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่เปิดโอกาส ให้กำลังใจจนทำการศึกษาวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมธุรกิจพลังงาน, บทความเรื่องก๊าซปิโตรเลียมเหลว, ข้อมูลจาก http://www.doeb.go.th/ knowledge/ data/lpg_1/lpg_1.htm.

[2] พีระศักดิ์ บุญพามา. 2552. การประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮาทำนายการแพร่กระจายตัวของไฮโดรเจนซัลไฟล์เพื่อทำนายผลกระทบและออกแบบระยะทางที่ปลอดภัยสำหรับพนักงานกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินจากการรั่วไหล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

[3] วันวิสา เสาศิริ. 2559. การประเมินการแพร่กระจายและการระเบิดของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากการรั่วไหลของสถานีบริการก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในกรุงเทพมหานคร ด้วยโปรแกรม ALOHA, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพ.

[4] สุกิต หัทยาสมบูรณ์. 2548. การประยุกต์ใช้โปรแกรมอโลฮาทำนายการกระจายตัวของสารเคมีเหลว เพื่อทำการประเมินผลกระทบของการฟุ้งกระจายและสร้างแผนงานป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากอุบัติภัยจากการรั่วไหล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

[5] ประภาวรินทร์ พุทธจง. 2549. การศึกษาและการประเมินผลกระทบกรณีการระเบิดของสารไนโตรเซลลูโลสในสถานที่จัดเก็บ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

[6] ทิพวรรณ อังศิริ.2550. การประเมินความรุนแรงการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ภายในคลังเก็บ: กรณีศึกษาถังเก็บทรงกระบอกแนวนอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

[7] ชรินทร์ ใจเย็น. 2558. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน กรณีสารเคมีรั่วไหลด้วยโปรแกรม ALOHA, MARPLOT, Google Earth และ Microsoft Excel., มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ขอนแก่น.

[8] วราวุธ เสือดี. 2551. การจำแนกความเสถียรของบรรยากาศตามแบบของ Pasquill-Gifford, มหาวิทยาลัยธรรมศาสต์, กรุงเทพ.

[9] นพภาพร พานิช. 2548. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

[10] กรมอุตุนิยมวิทยา, ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระหว่างปี พ.ศ. 2553-2562 ของสถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี.

ID028

การศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบไพล็อต และการเผาไหม้ของผ้าชุดดับเพลิง

An Experimentel Study of Piloted Ignition and Burning Behavior of Firefighter Suit

วินิจฉัย วงศ์ตา[1]* และ ณัฐศักดิ์ บุญมี[2]
[1]สาขาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
*E-mail: winit_w@hotmail.com

Winitchai Wongta[1*] and Nathasak Boonmee[2]
[1]Fire Protection EngineeringProgram, Faculty of Engineering at Bangkhen, Kasetsart University
[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Bangkhen, Kasetsart University
*E-mail: winit_w@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองการจุดติดไฟแบบไพล็อต และการตอบสนองทางความร้อนของผ้าชุดดับเพลิงแต่ละชนิดที่ระดับฟลักซ์ความร้อนต่าง ๆ โดยในการทดลองจะใช้เครื่อง Mass Loss Calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E 1354-04a วัสดุทดสอบเป็นตัวอย่างผ้าชุดดับเพลิงของสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร โดยผ้าชุดดับเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วยวัสดุผ้าจำนวน 3 ชั้น ตั้งแต่ชั้นนอกสุดไปจนถึงชั้นในสุดที่อยู่ใกล้ชิดกับผิวหนังของนักดับเพลิง ได้แก่ ผ้า Para Rich , ผ้า Moisture Barrier GFP180E และผ้า Thermal Liner ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ผ้า Thermal Liner ซึ่งเป็นผ้าชั้นในสุดที่อยู่ใกล้ชิดกับผิวหนังของนักดับเพลิงมีระดับฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสูงที่สุดในจำนวนวัสดุผ้าทั้ง 3 ชนิด ในขณะที่ผ้า Para Rich เป็นผ้าที่อยู่ชั้นนอกสุด มีระดับฟลักซ์ความร้อนวิกฤตต่ำที่สุด ในการทดลองชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิระหว่างพื้นผิวผ้าชั้นนอกและผิวผ้าชั้นในสุดของชุดดับเพลิงอุณหภูมิจะลดลงประมาณร้อยละ 58 ถึง 75 จากผลลัพธ์นี้ทำให้มั่นใจได้ว่าชุดดับเพลิงที่ใช้ในการทดสอบสามารถลดอันตรายจากความร้อนภายนอกในสภาพแวดล้อมที่เกิดไฟไหม้ได้ประมาณร้อยละ 50

คำหลัก: การจุดติดไฟแบบไพล็อต ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต ชุดดับเพลิง อุณหภูมิ

Abstract

This paper presents an experimental study of piloted ignition and thermal response of a multi-layer's firefighter suit to various external heat fluxes. The experiments were carried out via the mass loss calorimeter according to ASTM E-1354-04a. The tested firefighter suit is typically used by the Department of Fire and Rescue, Bangkok. The tested firefighter suit composed of 3 layers. The fabric materials of each layer from the outermost to the innermost to a firefighter skin are Para Rich, moisture barrier GFP180E and Thermal Liner, respectively. The experimental results showed that Thermal Liner, the innermost layer closed to a firefighter skin, has the highest critical heat flux among the three fabric materials while Para

Rich, the outermost layer, has the lowest critical heat flux. The experiment suggested that the temperature drop between the outmost and the inner most fabric surfaces of the test firefighter suit was approximately 58 to 75%. This result ensured that the tested firefighter suit can reduce hazard from external heat in a fire environment by approximately 50%.

Keywords: Piloted Ignition, Critical Heat Flux, Firefighter Suit, Temperatures

1. บทนำ

อัคคีภัยหรือเพลิงไหม้เมื่อเกิดขึ้นแล้วก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ประสบภัยเป็นอย่างมาก จากข้อมูลสถิติการเกิดอัคคีภัยในพื้นที่กรุงเทพมหานครย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558 - พ.ศ. 2562 พบว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร จำนวน 3,016 ครั้ง มีผู้ประสบภัยและเจ้าหน้าที่ดับเพลิงได้รับบาดเจ็บ จำนวน 553 คน และเสียชีวิต จำนวน 69 คน [1] ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวทำให้เห็นว่านอกจากผู้ประสบภัยแล้วเจ้าหน้าที่ดับเพลิงก็มีโอกาสสูงที่จะได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากการเข้าระงับเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นซึ่งต้องเผชิญกับความร้อนของเปลวไฟโดยตรง หรือจากการแผ่รังสีความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน รวมทั้งยังต้องพบกับกลุ่มควันพิษที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยไม่เพียงพอสำหรับการหายใจขณะปฏิบัติหน้าที่ ดังนั้น นักดับเพลิงจึงจำเป็นต้องมีชุดที่สามารถป้องกันความร้อนจากเปลวไฟและอันตรายดังกล่าวข้างต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง

แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาข้อมูลสถิติของนักดับเพลิงที่ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตขณะปฏิบัติหน้าที่ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศที่มีการพัฒนาในเรื่องความปลอดภัยด้านการดับเพลิงมาอย่างต่อเนื่องยังพบว่ามีนักดับเพลิงจำนวนไม่น้อยที่ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิต โดยในปี 2018 พบว่า มีนักดับเพลิงที่เสียชีวิต จำนวน 64 คน และได้รับบาดเจ็บ จำนวน 58,250 คน ซึ่งการบาดเจ็บร้อยละ 39 เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงานในพื้นที่เพลิงไหม้ [2] จากข้อมูลดังกล่าวทำให้เห็นว่านักดับเพลิงยังมีความเสี่ยงได้รับบาดเจ็บถึงแม้จะสวมใส่ชุดดับเพลิงป้องกันแล้วก็ตาม เหตุผลหนึ่งที่เพิ่มความเสี่ยงให้กับนักดับเพลิงคือการที่ไม่รู้ถึงข้อจำกัดของชุดดับเพลิงแม้ว่าอยู่ห่างจากต้นเพลิงแล้วก็ยังสามารถได้รับบาดเจ็บจากความร้อนของเปลวไฟในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กานำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน เป็นต้น

ผู้ศึกษาวิจัยเคยปฏิบัติหน้าที่และมีประสบการณ์เป็นนักดับเพลิงและกู้ภัยของสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานครซึ่งมีภารกิจในการป้องกันและระงับเหตุเพลิงไหม้พื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยในแต่ละปีจะมีนักดับเพลิงได้รับบาดเจ็บจากความร้อนขณะเข้าระงับเหตุเพลิงไหม้หรือขณะฝึกทบทวนการดับเพลิงเป็นประจำทุกปี ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำผ้าชุดดับเพลิงของสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยมาศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบไฟล็อต (Piloted Ignition) และการตอบสนองทางความร้อนของผ้าโดยในการทดลองใช้เครื่อง Mass Loss Calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E 1354-04a เพื่อหาระดับฟลักซ์ความร้อนวิกฤตของผ้าแต่ละชนิด และความสามารถในการป้องกันความร้อนของผ้า รวมทั้งหาระยะเวลาการตอบสนองทางความร้อนที่มีผลต่อการบาดเจ็บของผิวหนัง โดยจะนำผลการศึกษาที่ได้ใช้เป็นข้อมูลในการเลือกวัสดุสำหรับออกแบบชุดดับเพลิงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดให้บุคลากรในองค์กรเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักดับเพลิงในการป้องกันตนเองจากอันตรายต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

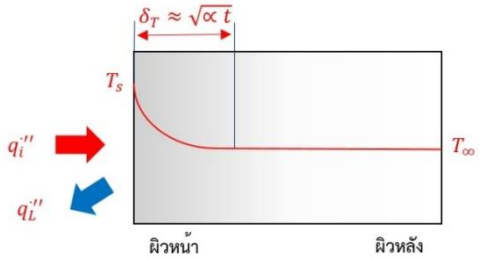
การจุดติดไฟของเชื้อเพลิงของแข็ง

[3] เมื่อของแข็งได้รับฟลักซ์ความร้อน ของแข็งจะมีการแยกสลายกลายเป็นไอเชื้อเพลิงและเถ้าถ่านที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (Residual) กระบวนการที่ของแข็งแยกสลายเนื่องจากความร้อนเรียกว่ากระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis Process) อัตราของการเกิดไพโรไลซิสจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดไพโรไลซิสจะเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเน็นเชียล ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงชนิดนั้น ๆเชื้อเพลิงบางชนิดเมื่อเกิด

ไพโรไลซิสจะมีการแยกสลายกลายเป็นไอเชื้อเพลิงโดยไม่เหลือซากหรือเถ่าถ่านใดๆ ทิ้งไว้ ซึ่งเราเรียกเชื้อเพลิงประเภทนี้ว่า “วัตถุเป็นถ่านไม่ได้” (non-charring material) ในทางตรงกันข้ามเชื้อเพลิงบางประเภทเมื่อเกิดไพโรไลซิสจะมีการเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอเชื้อเพลิงและถ่าน ซึ่งเราเรียกเชื้อเพลิงประเภทนี้ว่า “วัตถุเป็นถ่านได้” (charring material)

ไอเชื้อเพลิงที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิสเมื่อผสมกับอากาศที่อยู่โดยรอบจนมีความเข้มข้นอยู่ภายในขอบเขตการจุดติดไฟได้ การจุดติดไฟก็มีโอกาศเกิดขึ้นได้ ถ้าการจุดติดไฟเกิดขึ้นเนื่องจากการกระตุ้นด้วยแหล่งความร้อนจากภายนอก เช่น ประกายไฟ หรือ เปลวไฟขนาดเล็ก การจุดติดไฟในลักษณะนี้เรียกว่า “การจุดติดไฟแบบไพล็อต”

การจุดติดไฟของวัตถุหนาทางความร้อน



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงพฤติกรรมการจุดติดไฟของวัตถุหนาทางความร้อน

พฤติกรรมการจุดติดไฟของวัตถุจะดำเนินไปในลักษณะของวัตถุหนาทางความร้อนเมื่อเชื้อเพลิงของแข็งได้รับความร้อนจากภายนอกq_i''และมีความร้อนสูญเสียที่ผิวเนื่องจากการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน q_L'' แสดงในภาพที่ 1 ระยะ δ_T(thermal penetration depth) คือระยะที่วัดจากผิวหน้าที่ความร้อนมีการแพร่ (นำความร้อน) เข้าไปภายในเนื้อวัตถุซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ $\sqrt{\propto t}$เมื่อ $\propto$ คือสภาพการแพร่ทางความร้อน และ tคือเวลา สำหรับวัตถุหนาทางความร้อนระยะ δ_Tณ เวลาที่ผิวหน้าของวัตถุจุดติดไฟจะมีค่าน้อยกว่าความหนาของวัตถุ สมการสมดุลความร้อนของวัตถุหนาสามารถเขียนได้โดยใช้สมการการนำความร้อนในลักษณะ semi-infinite ดังนี้

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial^2 x} \quad (1)$$

ค่าขอบและค่าเริ่มต้นของสมการที่ (1) คือ

ค่าขอบ

$$\text{ที่ } x = 0, -k\frac{\partial T}{\partial x} = q_i'' - q_L'' \quad (2a)$$

โดย $\dot{q}_L'' = h(T_s - T_\infty) + \varepsilon\sigma(T_S{}^4 - T_\infty^4) \approx h_t(T_s - T_\infty)$

$$\text{ที่ } x \to \infty, T = T_\infty \quad (2b)$$

ค่าเริ่มต้น

$$t = 0, T = T_\infty \quad (3)$$

เมื่อ h คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน h_tคือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่ผิวหน้า จากสมการที่ (1) ค่าขอบสมการที่ (2) และค่าเริ่มต้นสมการที่ (3) สามารถหาผลเฉลยของอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัตถุที่เวลาใดๆ$T_s = T(0,t)$ ได้เป็น

$$T_s - T_\infty = \frac{q_i''}{h_t}[1 - \exp(\gamma^2)\, erfc(\gamma)] \quad (4)$$

เมื่อ$\gamma = h_t\sqrt{t/(k\rho c)}$

ฟังก์ชั่น $erfc(\gamma)$ในสมการที่ (4) เรียกว่า complementary error function มีความสัมพันธ์กับ$erf(\gamma)$ (error function) โดย

$$erfc(\gamma) = 1 - erf(\gamma) \quad (5)$$

ในกรณีที่ฟลักซ์ความร้อนจากภายนอกตกกระทบวัตถุมีค่าต่ำ วัตถุจะใช้เวลานาน $(t \to \infty)$ ก่อนที่การจุดติดไฟแบบไพล็อตจะสามารถเกิดขึ้นได้ จากสมการที่ (4) เมื่อ $t \to \infty$, ค่า $\gamma \to \infty$, ซึ่งค่า $erfc(\gamma \to \infty) \approx (1/\gamma\sqrt{\pi})(exp(-\gamma^2)$ ตามเอกสารอ้างอิง [4] แทนค่ากลับไปในสมการที่ (4) ได้

$$T_s - T_\infty \approx \frac{\dot{q}_i''}{h_t}\left(1 - \frac{\exp(\gamma^2)\exp(-\gamma^2)}{\gamma\sqrt{\pi}}\right) = \frac{\dot{q}_i''}{h_t}\left(1 - \frac{1}{\gamma\sqrt{\pi}}\right) \quad (6)$$

วัตถุจะจุดติดไฟที่เวลา t_{ig}หรือ$\gamma_{ig} = h_t\sqrt{t_{ig}/(k\rho c)}$ เมื่ออุณหภูมิที่ผิวของวัตถุมีค่าเท่ากับT_{ig} แทนค่ากลับลงไปในสมการที่ (6) จะได้

$$T_{ig} - T_\infty = \frac{q_i''}{h_t}\left(1 - \frac{1}{\gamma_{ig}\sqrt{\pi}}\right) = \frac{q_i''}{h_t}\left(1 - \frac{1}{\left(h_t\sqrt{\frac{t_{ig}}{k\rho c}}\right)\sqrt{\pi}}\right) \quad (7)$$

จัดรูปสมการที่ (7) ใหม่จะได้เวลาในการจุดติดไฟ t_{ig}ในกรณีที่ฟลักซ์ความร้อนจากภายในมีค่าน้อยเท่ากับ

$$t_{ig} = \left(\frac{kpc}{\pi}\right)\frac{(q_i''/h_t)^2}{\left(q_i'' - h_t(T_{ig}-T_\infty)\right)^2} \quad (8)$$

ฟลักซ์ความร้อนภายนอกที่ทำให้เวลาในการจุดติดไฟ $t_{ig} \to \infty$ เรียกว่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟจะเกิดขึ้นเมื่อ $q_i'' - h_t(T_{ig} - T_\infty) = 0$ แทนค่า $q_i'' = q_{cr}''$ จะได้

$$q_{cr}'' = h_t(T_{ig} - T_\infty) = h(T_{ig} - T_\infty) + \sigma(T_{ig}^4 - T_\infty^4) \quad (9)$$

ในกรณีที่ฟลักซ์ความร้อนจากภายนอกมีค่ามากกว่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤต การจุดติดไฟแบบไพล็อตของวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว $(t \to 0)$ เมื่อ $t \to 0$ ค่า $\gamma \to 0$ ทำให้สามารถประมาณ $erfc(\gamma \to 0) \approx 1 - 2\gamma/\sqrt{\pi}$และ$\exp(\gamma^2 \to 0) \approx 1 + \gamma^2$ ตามเอกสารอ้างอิง[4] ได้ แทนค่า $erfc(\gamma \to 0)$และ $\exp(\gamma^2 \to 0)$ กลับไปในสมการที่ (4) จะได้

$$T_s - T_\infty \approx \frac{q_i''}{h_t}\left(1 - (1+\gamma^2)\left(1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}}\right)\right) \quad (10)$$

วัตถุจะจุดติดไฟที่เวลา t_{ig}(หรือ $\gamma_{ig} = h_t\sqrt{t_{ig}/(k\rho c)}$ เมื่อ $T_s = T_{ig}$แทนค่ากลับไปสมการที่ (10) และแก้สมการเพื่อ t_{ig} จะได้เวลาในการจุดติดไฟของวัตถุหนาในกรณีที่ฟลักซ์ความร้อนภายนอกมีค่ามาก โดย

$$t_{ig} \approx \frac{\pi}{4}\, k\rho c \left(\frac{T_{ig}-T_\infty}{q_i''}\right)^2 \quad (11)$$

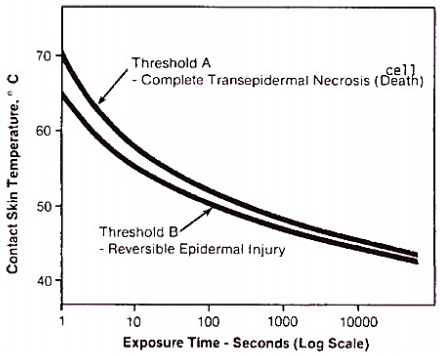
ค่า *kpc* ที่ปรากฏในสมการที่ (11) เรียกว่าความเฉื่อยทางความร้อน (thermal inertia) อธิบายได้ดังนี้คือ วัตถุสองชนิดที่มีความเฉื่อยทางความร้อนต่างกัน เมื่อมีฟลักซ์ความร้อนจากภายนอกมาตกกระทบ วัตถุที่มีความเฉื่อยทางความร้อนต่ำจะนำความร้อนผ่านเนื้อภายในของวัตถุในอัตราที่ต่ำกว่าวัตถุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนสูง ส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของวัตถุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนต่ำมีค่าสูงกว่าเนื่องจากพลังงานความร้อนไม่สามารถส่งผ่านเข้าไปภายในเนื้อของวัตถุได้จึงสะสมอยู่ที่ผิวของวัตถุแทน

ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟ $(\dot{q}_{cr}'')$

ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟในทางทฤษฎีแล้วคือระดับฟลักซ์ความร้อนจากภายนอกที่ทำให้อุณหภูมิผิววัตถุร้อนจนถึงอุณหภูมิติดไฟพอดีที่สภาวะคงตัว เวลาการจุดติดไฟที่ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตจะมีค่าเป็นอนันต์ ในทางปฏิบัติแล้วฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสามารถนิยามได้เป็นฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุด ที่การจุดติดไฟแบบไพล็อต ของวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ การทดสอบหาฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟแบบไพล็อต ของวัตถุ สามารถทำได้โดยใช้เครื่อง Mass Loss Colorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E 1354-04a ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟเป็นดัชนีที่สำคัญตัวหนึ่งในการจัดลำดับความอันตรายทางอัคคีภัยของวัสดุ วัสดุที่มีฟลักซ์ความร้อนวิกฤตต่ำมีโอกาสเกิดการจุดติดไฟได้ง่ายกว่าวัสดุที่มีฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสูงทำให้ความเสี่ยงด้านอัคคีภัยสูงกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการไหม้ของผิวหนัง

[5] การไหม้จากความร้อนที่มีผลทำให้ผิวหนังได้รับบาดเจ็บหรือถูกทำลายจะขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ผิวสัมผัสความร้อนสามารถเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

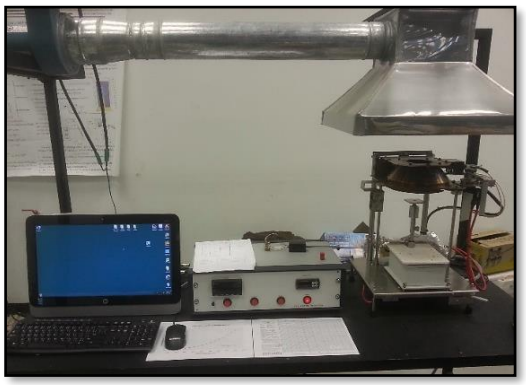


รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการไหม้ของผิวหนัง

จากรูปที่ 2 สามารถอธิบายความสัมพันธ์รหว่างอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการไหม้ของผิวหนัง สำหรับคนปกติได้ดังนี้ เมื่อค่าของอุณหภูมิกับเวลาตัดกันอยู่บนเส้นกราฟ Threshold B หมายถึงจะมีผลทำให้ผิวหนังไหม้ที่ระดับ 1 ผิวหนังจะแดง และหากค่าอยู่บนเส้นกราฟ Threshold A หมายถึงผิวหนังจะไหม้ที่ระดับที่ 2 จะเกิดตุ่มน้ำชั้นผิวหนังกำพร้าแต่ถ้าค่าอยู่เหนือเส้นกราฟ Threshold A หมายถึงผิวหนังจะไหม้ที่ระดับ 3 ส่งผลทำให้เกิดการบาดเจ็บของเซลล์ที่ระดับลึกอย่างถาวร (เกิดเป็นแผลเป็น)

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

[6] งานวิจัยนี้ทำการทดลองการจุดติดไฟแบบ Piloted โดยใช้เครื่อง Mass Loss Calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E 1354-04a



รูปที่ 3 แสดงเครื่อง Mass Loss Calorimeter

เครื่องมือประกอบไปด้วยขดลวดโคนความร้อน(Cone Heater) ฐานรองรับทั้งแนวราบและแนวดิ่งซึ่งรวมไปถึงอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานระบายไอเสียที่สามารถวัดค่าออกซิเจนและอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ได้ ชุดอุปกรณ์จุดระเบิด อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการจัดเก็บค่ามวลที่สูญเสียจากเครื่องชั่งน้ำหนัก (Load Cell)

ชุดขวดลวดให้ความร้อนแบบกรวย (Cone Heater) ส่วนที่ให้ความร้อนของโคนความร้อนเป็นแท่งให้ความร้อน (Heating Element) ด้วยไฟฟ้าที่มีกำลัง 5000 W ที่ความต่างศักย์ 240 V คดเป็นกรวยตามขนาดซึ่งกำหนดและบรรจุในกรวยทำจากสแตนเลส 2 ชั้น คั้นกลางด้วยชนวนความร้อนทำจาก Ceramic fiber ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 100 kg/m^3 สำหรับการควบคุมการแผ่รังสีความร้อนของตัวให้ความร้อน ควบคุมอุณภูมิโดยเทอร์โมคัปเปิลชนิด k (type k thermocouple) จำนวน 3 ตัว

เครื่องควบคุมอุณหภูมิของแผงโคนความร้อน (Cone heater controller) ต้องสามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ไว้ได้ในช่วง ± 2 °C เครื่องควบคุมอุณหภูมิต้องสามารถรับกระแสไฟฟ้าได้ถึง 24 A ที่ต่างศักดิ์ 240 V และต้องสามารถตั้งค่าอุณหภูมิป้อนเข้าในช่วง 0 – 1000 °C ได้โดยมีความละเอียดการป้อนค่า 2 °C หรือละเอียดกว่านั้นและมีการชดเชยจุดต่อเย็น (Cold junction) อย่างอัตโนมัติ

เครื่องชั่งน้ำหนัก (Load Cell) ต้องสามารถชั่งน้ำหนักได้ที่ความละเอียด 0.1 g และมีความสามารถในการชั่งน้ำหนักสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 3.5 kg

หัวจุดระเบิด (spark plug) วงจรการจุดระเบิดสำหรับการจุดติดไฟแบบ Piloted ทำได้โดยการจุดระเบิดจากหัวจุดระเบิด (spark plug) ซึ่งมีระยะห่างระหว่างขั้ว 3 mm แรงดันไฟฟ้าสำหรับการจุดระเบิด 10 kV หัวจุดระเบิดติดตั้งในแนวศูนย์กลางของตัวให้ความร้อน Cone heater เหนือจากชิ้นส่วนทดสอบ 13 mm สำหรับการทดสอบการจุดติดไฟในแนวระดับ แรงดันไฟฟ้าสำหรับหัวจุดระเบิดได้มาจากหม้อแปลง การปล่อยประกายไฟจะทำอย่างต่อเนื่องที่ความถี่ 50 – 60 Hz ระหว่างการทดลองการจุดติดไฟแบบ Piloted จนกระทั่งวัสดุชิ้นทดสอบจุดติดไฟ

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน แบบ paramagnetic มีความสามารถในการวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในช่วง 0 – 25 % โดยปริมาตรมีการตอบสนองเป็นเชิงเส้นค่าที่วัดได้ต้องมีความคาดเคลื่อน ได้ไม่เกิน ± 50 ppm oxygen rms ตลอดช่วงเวลาการบันทึกภาพ 0.5 ชั่วโมง

เครื่องวัดฟลักซ์ความร้อน (Heat flux meter) อาจเป็นแบบ Gardon (Foil) หรือ Schmidt - boelter (thermopile) โดยมีความสามารถในการวัดฟลักซ์ความร้อนได้ถึง 100 kW/m^2 พื้นผิวตัววัดเป็นแบบวงกลมผิวเรียบ เคลือบด้วยวัสดุดำด้านและทดทาน การระบายความร้อนของฟลักซ์ความร้อนทำได้โดยใช้น้ำในการหล่อเย็น

เครื่องบันทึกข้อมูล (Digital data collection) จะต้องสามารถบันทึกผลจาก Oxygen analyzer, orifice meter, thermocouple, load cell และระบบควัน โดยต้องมีความแม้นยำอย่างน้อย ที่ 50 ppm สำหรับออกซิเจน ,0.5 °C สำหรับอุณหภูมิ และ 0.01% ของสแกลของอุปกรณ์อื่น ๆ

ขอบเขตตามมาตรฐาน ASTM E1354

มาตราฐานนี้ใช้สำหรับวัดการตอบสนองของวัสดุในระดับรังสีความร้อนทั้งที่มีและไม่มีการจุดติดไฟจากภายนอก

- การทดสอบนี้ใช้หาเวลาการจุดติดไฟอัตราการปล่อยความร้อน อัตราการสูญเสียมวล ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการเผาไหม้และการเกิดควันของวัสดุ

- อัตราการปล่อยความร้อนหาได้จากการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจน ซึ่งหาจากความเข้มข้นของออกซิเจนและอัตราการไหลในไอเสีย

- ตัวอย่างที่นำมาทำการทดลองจะทำการทดสอบในช่วงฟลักซ์ความร้อน 0 ถึง 100 kW/m² หากมีการจุดระเบิดจากภายนอกจะใช้หัวเทียนช่วยในการจุดระเบิด ค่าของฟลักซ์ความร้อน และการจุดระเบิดจากภายนอกจะเป็นไปตามค่าที่กำหนดตามมาตรฐาน โดยปกติชิ้นทดสอบวางอยู่ในแนวระดับ

- การจุดติดไฟได้จากการจับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นให้ความร้อนจนถึงเวลาการเริ่มไหม้ของไฟ

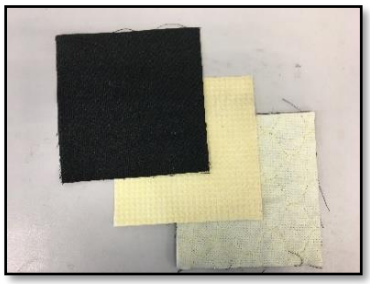
- หน่วยที่ใช้เป็นหน่วย SI

- มาตรฐานนี้ใช้ในการวัดและอธิบายพฤติกรรมของวัสดุ ผลิตภัณฑ์ หรือชิ้นงานกับความร้อนและเปลวไฟภายใต้สภาวะควบคุม

วัสดุทดสอบ

วัสดุทดสอบเป็นตัวอย่างผ้าที่ใช้ในการตัดเย็บชุดดับเพลิงในอาคารของสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร จำนวน 3 ชั้น ดังนี้

- ชั้นนอกสุดใช้ผ้า Para Rich
- ชั้นกั้นความชื้นใช้ผ้า Moisture Barrier GFP180E
- ชั้นตัวกั้นความร้อน ใช้ผ้า Thermal Liner



รูปที่ 4 วัสดุทดสอบผ้าดับเพลิง 3 ชั้น

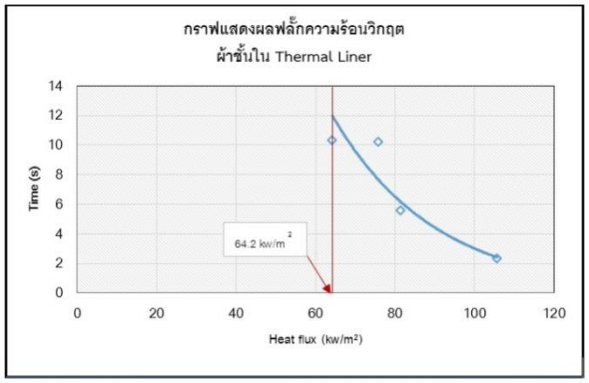
ตารางที่ 1 แสดงขนาด ความหนา น้ำหนักเฉลี่ย ปริมาตร และความหนาแน่นของวัสดุทดสอบ

วัสดุทดสอบ (ชื่อวัสดุ)	ขนาด (m*m)	ความหนา (mm)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ปริมาตร (m^3)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
ผ้า Para Rich	0.15 x 0.15	0.5	5.89	$1.13x10^{-5}$	523.56
ผ้า Moisture Barrier GFP180E	0.15 x 0.15	1.8	3.71	$4.1x10^{-5}$	91.60
ผ้า Thermal Liner	0.15 x 0.15	1.3	5.81	$2.93x10^{-5}$	198.63

4. ผลการทดลอง

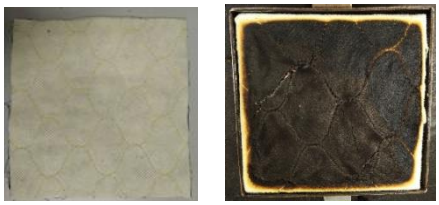
การจุดติดไฟแบบไพล็อต

ในการทดลองได้ทำการทดสอบวัสดุผ้าแต่ละชั้นของชุดดับเพลิง ได้แก่ ผ้า Para Rich ผ้า Moisture Barrier GFP180E และผ้า Thermal Liner เพื่อหาฟลักซ์ความร้อนวิกฤตและเวลาในการจุดติดไฟแบบไพล็อต โดยเวลาการจุดติดไฟ (Ignition time, t_{ig}) เป็นเวลาที่ชิ้นงานทดสอบใช้ในการจุดติดไฟนับตั้งแต่ชิ้นทดสอบได้รับฟลักซ์ความร้อนจนเกิดการจุดติดเป็นเปลวไฟเกิดการลุกไหม้ที่ชิ้นทดสอบ โดยฟลักซ์ความร้อนที่ต่ำสุดของการจุดติดไฟแบบไพล็อตเรียกว่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟ (q''_{cr})



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลฟลักความร้อนวิกฤตของผ้า Thermal Liner

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการจุดติดไฟกับค่าฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบผิวทดสอบจะแปรผกผันกัน โดยที่ค่าฟลักซ์ความร้อนสูงจะใช้เวลาในการจุดติดไฟน้อยในขณะที่ค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำจะใช้เวลาในการจุดติดไฟมากกว่า ซึ่งฟลักซ์ความร้อนวิกฤตของผ้า Thermal Linerมีค่าประมาณ 64.2 kW/m^2 และเวลาในการจุดติดไฟประมาณ 10.33 วินาที

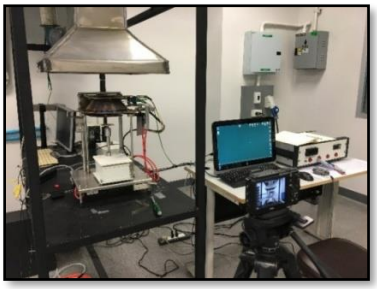


รูปที่ 6 ผ้า Thermal Liner ก่อนและหลังการทดสอบการจุดติดไฟแบบไพล็อต

ตารางที่ 2 ระดับฟลักซ์ความร้อนวิกฤตและเวลาในการจุดติดไฟของผ้าแต่ละชนิดในการทดลอง

วัสดุทดสอบ	ความหนาแน่น $\rho = \frac{m}{v}$ (Kg/m^3)	ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต (kW/m^2) (จากการทดลอง)	เวลาในการจุดติดไฟ t (s) (จากการทดลอง)
ผ้า Para Rich	523.56	51.00	8.07
ผ้า Moisture Barrier GFP180E	91.60	52.30	8.89
ผ้า Thermal Liner	198.63	64.20	10.33

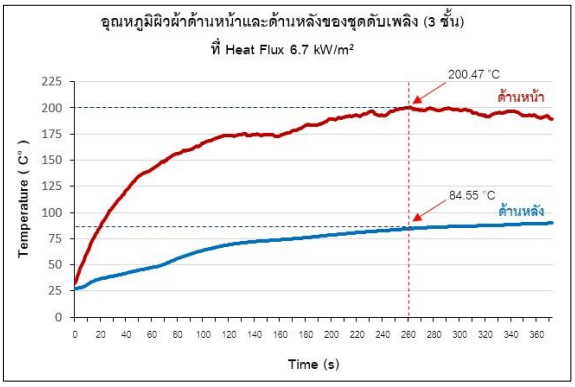
จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าผ้าแต่ละชนิดจะมีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟแบบไพล็อตต่างกัน โดยผ้า Thermal Liner มีระดับฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสูงกว่าผ้า Moisture Barrier GFP180Eและผ้า Para Rich ตามลำดับ



รูปที่ 7แสดงเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการจุดติดไฟแบบไพล็อต

การตอบสนองทางความร้อน

ในการทดลองการตอบสนองทางความร้อนของวัสดุผ้าชุดดับเพลิงเมื่อนำมาเรียงซ้อนกันทั้ง 3 ชั้น ได้แก่ผ้า Para Rich, ผ้า Moisture Barrier GFP180E และผ้า Thermal Liner ตามลำดับ และให้ความร้อนที่ระดับฟลักซ์ความร้อนต่างๆ จากนั้นทำการตรวจวัดอุณภูมิความร้อนบนผิวชั้นนอก (ด้านหน้า) และบนผิวชั้นกั้นความร้อน (ด้านหลัง) เพื่อหาผลต่างของวัดอุณหภูมิความร้อนที่สามารถผ่านชั้นผ้าจากด้านนอกสุดไปจนถึงด้านในสุดของชุดดับเพลิง แสดงผลเป็นกราฟดังนี้



รูปที่ 8กราฟแสดงผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านของผ้าชุดดับเพลิงที่ Heat Flux 6.7 kW/m²

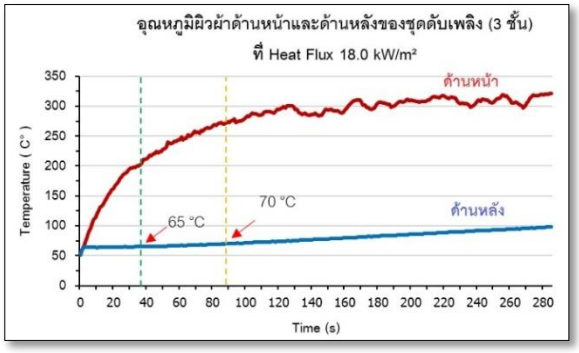
จากรูปที่ 8 ที่ระดับฟลักซ์ความร้อน 6.7kW/m² อุณหภูมิผิวผ้าด้านหน้าสูงสุด 200.47 °C อุณหภูมิผิวผ้าด้านหลังจะลดลง 84.55°C โดยอุณหภูมิต่างกัน 115.92 °C คิดเป็นร้อยละ 58

ตารางที่ 3 ผลต่างของอุณหภูมิผิวด้านหน้าและผิวด้านหลังของผ้าชุดดับเพลิงที่ระดับฟลักซ์ความร้อนต่างๆ

ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	*อุณหภูมิ ผิวด้านหน้า (C°)	อุณหภูมิ ผิวด้านหลัง (C°)	ผลต่าง อุณหภูมิ (C°)	อุณหภูมิลดลง (ร้อยละ)
60.7	535.89	173.93	361.97	68
42.7	574.52	160.50	414.02	72
29.3	398.97	100.25	298.72	75
18.0	321.79	98.01	223.78	70
12.1	280.99	101.81	179.17	64
6.7	200.47	84.55	115.92	58

จากตารางที่ 3 ผลต่างของอุณหภูมิจะต่างกันประมาณ 100 °C - 400 °C หรือคิดเป็นร้อยละ 58 ถึง 75 แสดงว่าอุณหภูมิความร้อนที่สามารถผ่านชั้นผ้าจากด้านนอกสุดไปจนถึงด้านในสุดของชุดดับเพลิงจะลดลงประมาณร้อยละ 58 ถึง 75

โดยเมื่อนำผลการทดลองเทียบกับระดับอุณหภูมิความร้อนและเวลาที่มีผลต่อการไหม้ของผิวหนัง จากรูปที่ 2 สามารถหาความสัมพันธ์ของระยะเวลากับอุณหภูมิผิวผ้าชุดดับเพลิง (ด้านหลัง)ที่มีผลทำให้ผิวหนังไหม้ ระดับ 1 และระดับ 2 ในระดับฟลักซ์ความร้อน 18.0 kW/m^2 ดังนี้



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่อุณหภูมิบนผิวผ้าด้านหลัง ที่ Heat Flux 18.0 kW/m²

จากรูปที่ 9 ที่ระดับฟลักซ์ความร้อน 18.0 kW/m² ซึ่งเป็นระดับฟลักซ์ความร้อนที่อยู่ในช่วงสามารถทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟลุกวาบ (flashover) อุณหภูมิความร้อนบนผิวผ้าด้านหลังของชุดดับเพลิงจะสูง 65 °C ใช้ระยะเวลา 37 วินาทีและอุณหภูมิความร้อนจะสูงอีก 70 °C ใช้ระยะเวลา 89 วินาที แสดงว่าหากผิวหนังได้รับความร้อนที่ระยะเวลา 37 วินาที จะส่งผลทำให้ผิวหนังไหม้ ระดับ 1 และหากผิวหนังได้รับความร้อนที่ระยะเวลา 89 วินาที จะส่งผลทำให้ผิวหนังไหม้ระดับ 2

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ผ้า Thermal Liner ซึ่งเป็นผ้าชั้นในสุดที่อยู่ใกล้ชิดกับผิวหนังของนักดับเพลิงมีระดับฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสูงที่สุดในจำนวนวัสดุผ้าทั้ง 3 ชนิด ในขณะที่ผ้า Para Rich เป็นผ้าที่อยู่ชั้นนอกสุดมีระดับฟลักซ์ความร้อนวิกฤตต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าผ้าชุดดับเพลิงแต่ละชนิดมีพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบไพล็อตแตกต่างกันโดยผ้า Thermal Liner มีความเสี่ยงด้านอัคคีภัยต่ำสามารถทนอุณหภูมิจุดติดไฟแบบไพล็อตได้มากที่สุด

ผลการตอบสนองทางความร้อนของผ้าเมื่อนำมาเย็บติดกันทั้ง 3 ชั้น ตามแบบชุดดับเพลิง ในการทดลองชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิระหว่างพื้นผิวผ้าชั้นนอกและผิวผ้าชั้นในสุดของชุดดับเพลิงอุณหภูมิจะลดลงประมาณร้อยละ 58 ถึง 75 โดยที่ระดับฟลักซ์ความร้อน 18.0 kW/m² สามารถป้องกันการบาดเจ็บจากการไหม้ ระดับ 1 ที่ระยะเวลา 37 วินาที และการไหม้ ระดับ 2 ที่ระยะเวลา 89 วินาที จากผลลัพธ์นี้ทำให้มั่นใจได้ว่าชุดดับเพลิงที่ใช้ในการทดสอบสามารถลดอันตรายจากความร้อนภายนอกในสภาพแวดล้อมที่เกิดไฟไหม้ได้ประมาณร้อยละ 50

เอกสารอ้างอิง

[1] ศูนย์วิทยุพระราม ฝ่ายการสื่อสารและสารสนเทศสำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2562). สรุปสถิติผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตเหตุสาธารณภัยในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2562.

[2] Campbell, R., Ben Evarts, B., Molis, j. L. (2019). United States Firefighter Injury Report, 2018. URL: https://www.nfpa.org/-/media/ Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/ osffinjuries.pdf, access on 24/01/2020.

[3] ณัฐศักดิ์ บุญมี. พลศาสตร์อัคคีภัย. พิมพ์ครั้งที่2 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560.

[4] Quintiere J.G. (2006). Fundametals of Fire Phenomena, Chichester, UK, JonhWijey& Sons.

[5] ASTM C 1055 – 03, Standard Guide for Heated System Surface Conditions That Produce Contact Burn Injuries. In American Society for Testing and Material: West Conshohocken,PA.

[6] ASTM E 1354 - 04a, Standard Test Mathod for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calormeter. In American Society for Testing and Material: West Conshohocken,PA.

ID031

การลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุ กรณีศึกษา หน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต โรงพยาบาลสงขลานครินทร์

Expiration platelet count: Blood Bank and Transfusion Medicine, Songklanagarind Hospital

อิฟฟะห์ มะเกะ[1*] เสกสรร สุธรรมานนท์[2] พรนภัส สุระสมบัติพัฒนา[3] วรากร เพชรเกลี้ยง[4]
จิรัสม์ตชา นิลโมจน์[5] นภิสพร มีมงคล[6]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[2]ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[*]E-mail: iffah.mk15@gmail.com

Iffah Makea[1*] Sakesun Suthummanon[2] Pornapat Surasombatpattana[3] Warakorn Petkliang[4]
jirattacha Ninmote[5] Napisporn Meemongkol[6]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University
[2]Department of Pathology, Faculty of Medicine, Prince of Songkla University
[*]E-mail: iffah.mk15@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุของหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต โรงพยาบาลสงขลานครินทร์โดยเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ได้แก่ IDEF0 (integration definition function modeling) เพื่อแสดงกิจกรรมและทรัพยากรที่ใช้ในรูปแบบของปัจจัยนำเข้า (input) ตัวขับเคลื่อน (mechanisms) ตัวควบคุม (controls) และผลลัพธ์ (outputs) และใช้โปรแกรมในการจัดการระบบฐานข้อมูล (database management system) ในการเก็บข้อมูลการเตรียมเกล็ดเลือด การใช้เกล็ดเลือดและเลือดที่ได้รับจากผู้บริจาคโดยการออกแบบและดึงข้อมูลตามเงื่อนไข จากการเก็บข้อมูลการใช้เกล็ดเลือดย้อนหลัง 3 ปี พบว่า เลือดที่ได้จากผู้บริจาคหรือเลือดเข้าเฉลี่ย 63 ยูนิตต่อวัน และการใช้เกล็ดเลือดเฉลี่ย 47 ยูนิตต่อวัน เพื่อนำไปแสดงแนวคิดการลดของเสียในหน่วยงานคลังเลือด จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะเห็นได้ว่าถ้าหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิตใช้เกล็ดเลือดแบบหลักการการหมุนเวียนเข้าออกใช้หลัก FIFO (first In first out) จะทำให้ภายในสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีเกล็ดเลือดเสียภายในหน่วยงานคลังเลือด และเริ่มมีเกล็ดเลือดเสียเมื่อเข้าสู่กลางสัปดาห์ที่ 3 และจะเข้าสู่ลูปเดิมเหมือนสัปดาห์ที่ 1 และจะมีเกล็ดเลือดเสียเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน สรุปได้ว่าเมื่อในคลังมีเกล็ดเลือดมากกว่า 205 ยูนิต ควรปล่อยเกล็ดเลือดออกทันทีเพื่อไม่ให้เกิดเกล็ดเลือดเสียดังนั้นจึงสามารถลดปริมาณเกล็ดเลือดที่จะหมดอายุได้และปริมาณการสำรองเกล็ดเลือดโดยไม่ให้เกล็ดเลือดขาดควรมีการสำรองในคลังเลือดเพิ่มขึ้น 54 ยูนิต เพื่อความปลอดภัยและไม่ทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนเกล็ดเลือดในกรณีฉุกเฉิน

คำหลัก เกล็ดเลือด ปริมาณเลือดสำรอง คลังเลือด

Abstract

This research studies the expiration platelet count in blood bank and transfusion medicine, songklanagarind hospital. The research tools are IDEF0 (integration definition function modeling) to show activities and resources used in the form of inputs, mechanisms, controls and outputs. And use the program in the database management system to collect platelet preparation data The use of platelets and blood received from donors by designing and extracting information as needed. Collecting data from platelet use in the past 3 years, found that the blood donated or donated blood averaged 63 units per day and the average use of platelets 47 units per day. In order to show the concept of waste reduction in the blood collection unit. From the data analysis, it can be seen that if the blood bank and transfusion medicine uses platelets in circulation, the FIFO (first In first out) principle will result in no week 1 and 2 no platelets in the unit. And begin to lose platelets after entering the middle of week 3 and will enter the same loop as in week 1 and will increase the number of platelets each day. In conclusion, when in the warehouse there are more than 205 platelets, the platelets should be released immediately so as not to cause platelets, therefore it can reduce the number of expired platelets and the amount of reserve platelets without the lack of platelets. Blood reserve increased by 54 units for safety reasons and does not cause emergency platelet shortage.

Keywords: Platelets, Reserve blood volume, Blood blank

1. บทนำ

โรงพยาบาลสงขลานครินทร์เป็นของรัฐบาลระดับตติยภูมิขั้นสูงและเป็นโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งแรกของภาคใต้ ดังนั้นการบริการทางด้านการแพทย์ให้มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง และเลือดถือเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับการรักษาชีวิตผู้ป่วยที่เข้ามารักษาในโรงพยาบาล ปัจจุบันผู้บริจาคเลือดให้กับโรงพยาบาลในแต่ละวันมีจำนวนมากทำให้ในบางช่วงของธนาคารเลือดมีเลือดมากเกินความต้องการใช้ของแพทย์ นั่นคือ เลือดมีปริมาณมากเกินความต้องการใช้เป็นช่วง ๆ บางวันที่มีการผ่าตัดน้อยเลือดที่อยู่ในธนาคารเลือดจะถูกใช้งานน้อย ทำให้เลือดในคลังมีมากเกินความต้องการใช้ ซึ่งการเก็บสำรองเลือดนั้นถือเป็นการเพิ่มต้นทุนอีกด้วย และหากวันใดที่มีการผ่าตัดมากเลือดที่อยู่ในธนาคารเลือดจะถูกใช้งานมาก ทำให้เลือดที่อยู่ในคลังไม่เพียงพอต่อการใช้งานและเป็นปัญหาสำหรับการสำรองเลือดของหน่วยคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต เลือดที่ได้จากผู้บริจาคเลือด 1 คน เมื่อนำไปผ่านกระบวนการตรวจโรค 4 โรค ได้แก่ เชื้อไวรัสตับอักเสบบี เชื้อไวรัสตับอักเสบซี เชื้อเอชไอวีและเชื้อซิฟิลิสแล้วสามารถนำไปปั่นแยกและได้ส่วนประกอบหลัก 3 ชนิดโดยแยกตามผลิตภัณฑ์ที่ได้มากที่สุด ได้แก่ เม็ดเลือดแดง (red cell) เกล็ดเลือด (platelet) และพลาสมา (plasma) [1] กระบวนการปั่นแยกส่วนประกอบเลือดตั้งแต่การลงทะเบียนเลือดเข้าจนได้ผลิตภัณฑ์เกล็ดเลือดใช้เวลาในการปั่นแยกส่วนประกอบเลือด 15 นาที ส่วนประกอบของเลือดมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกันและเกล็ดเลือดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานน้อยที่สุดนั่นคือ 5 วัน โดยในปี 2561 ยอดทิ้งเกล็ดเลือดเฉลี่ย 2,168 ยูนิต คิดเป็นมูลค่าความเสียหาย 2,593,820 บาท/ปี

การศึกษานี้เพื่อลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุสำหรับหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โดยการเก็บข้อมูลการเตรียมเกล็ดเลือด การใช้เกล็ดเลือดและเลือดที่ได้รับจากผู้บริจาคย้อนหลัง 3 ปี ทำการวิเคราะห์เพื่อลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุและกำหนดปริมาณเกล็ดเลือดสำรองให้เพียงพอและปลอดภัยโดยไม่ทำให้เกิดเลือดเสีย

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุและบริหารจัดการเกล็ดเลือดให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ซึ่งเมื่อผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจะทำให้หน่วยคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ทราบข้อมูลเกี่ยวกับการสำรองปริมาณเกล็ดเลือดที่เหมาะสมเพียงพอและปลอดภัยโดยไม่ทำให้เกิดเลือดเสีย

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 เกล็ดเลือด (platelet)

เลือดที่ได้จากผู้บริจาคเลือด 1 คน เมื่อนำไปผ่านกระบวนการตรวจโรค 4 โรค ได้แก่ เชื้อไวรัสตับอักเสบบี เชื้อไวรัสตับอักเสบซี เชื้อเอชไอวีและเชื้อซิฟิลิสแล้วสามารถนำไปปั่นแยกและได้ส่วนประกอบหลัก 3 ชนิดโดยแยกตามผลิตภัณฑ์ที่ได้มากที่สุด ได้แก่ เม็ดเลือดแดง (red cell) เกล็ดเลือด (platelet) และพลาสมา (plasma) และเกล็ดเลือดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานน้อยที่สุดหลังจากปั่นแยกส่วนประกอบเลือด เกล็ดเลือดจะมีอายุการใช้งาน 5 วัน เนื่องจากการเก็บเกล็ดเลือดนานขึ้นจะมีความเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนทำให้ผู้ป่วยอาจได้รับการติดเชื้อและเกิดภาวะ septicemia ได้ [2] ดังนั้นการเก็บเกล็ดเลือดต้องเก็บในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 20-24 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่าตลอดเวลา [3]

3.2 IDEF0 (integration definition function modeling)

เครื่องมือที่ใช้ในการทำแผนผังในกระบวนการโดยจะแสดงกิจกรรมหรือวัสดุในโซ่อุปทานในรูปแบบของข้อมูลนำเข้า (input) ตัวขับเคลื่อน (mechanisms) ตัวควบคุม (controls) และผลลัพธ์ (outputs) โดยการเขียน IDEF0 (integration definition function modeling) นั้นเป็นการจำลองกิจกรรมที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง โดยแสดงการไหลของข้อมูลสารสนเทศและวัสดุในโซ่อุปทานของระบบ

3.3 Microsoft Access

โปรแกรมที่ใช้ในการจัดการระบบฐานข้อมูล (database management system) ขนาดใหญ่และมีจำนวนข้อมูลมากสามารถจัดเก็บข้อมูลโดยการออกแบบเพื่อรองรับกับระบบการทำงานและเพื่อสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลที่มีมากมายมหาศาล

3.4 การจัดการสินค้าคงคลัง (inventory management)

การจัดการสินค้าคงคลัง คือ การเก็บทรัพยากรไว้ใช้ในปัจจุบันหรือในอนาคตเพื่อให้การดำเนินงานของกิจการดำเนินไปอย่างราบรื่นโดยผ่านกระบวนการวางแผนและการกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม ความสำคัญของการจัดการสินค้าคงคลังเมื่อผลิตเป็นสินค้าแล้วจำเป็นต้องจัดการให้จำนวนสินค้ากระจายออกไปก่อนที่สินค้าจะถึงมือผู้บริโภคคนสุดท้ายจะมีคลังสินค้าเป็นเสมือนหน่วยกลางระหว่างหน่วยผลิตและหน่วยบริโภค ในยุคสมัยนี้สินค้าควรมีการหมุนเวียนอยู่สม่ำเสมอเพื่อความสดใหม่โดยใช้หลักการการหมุนเวียนเข้าออกใช้หลัก FIFO (first In first out) นั่นคือสินค้าใดที่เข้าคลังสินค้าก่อนก็หมุนเวียนออกไปก่อนเพื่อลดความเสื่อมจากการจัดเก็บเป็นเวลานาน

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจงานวิจัยการศึกษาหาปริมาณโลหิตสำรองของโรงพยาบาลตำรวจและการปรับปรุงการจัดการคลังเลือดในโรงพยาบาลราชวิถีเพื่อสำรองเลือดที่เหมาะสม ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาหลักคือการบริหารจัดการคลังเลือดที่ดี ดังนั้นเพื่อต้องการทราบปริมาณเลือดสำรองที่เหมาะสมจึงต้องทำการเก็บรวมรวมข้อมูลในอดีตย้อนหลังเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้เลือดของแต่ละชนิดและแต่ละหมู่เลือดเพื่อให้ทราบถึงปัญหาการสำรองเลือดที่มากเกินความจำเป็นที่ทำให้เกิดเลือดเสียและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุภายในหน่วยงานคลังเลือดสามารถแบ่งออกได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

3.5.1 ปัจจัยที่มีผลที่ทำให้เกิดเลือดเสีย

ในการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับปริมาณเลือดสำรองที่เหมาะสมของโรงพยาบาลตำรวจและการปรับปรุงการจัดการคลังเลือดในโรงพยาบาลราชวิถีปัจจัยที่มีผลที่ทำให้เกิดเลือดเสียคือหลังจากเลือดผ่านกระบวนการปั่นแยกส่วนส่วนประกอบแล้วเลือดที่พร้อมนำไปใช้งานมีอายุการใช้งานแต่ละตัวที่แตกต่างกัน โดยเม็ดเลือดแดงมีอายุการใช้งาน 42 วัน ขึ้นอยู่กับน้ำยาที่โรงพยาบาลนั้น ๆ ใช้ภายในถุงเลือด [4]

เกล็ดเลือดมีอายุการใช้งาน 5 วัน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานที่สั้นที่สุดและพลาสมามีอายุการใช้งาน 1 ปี

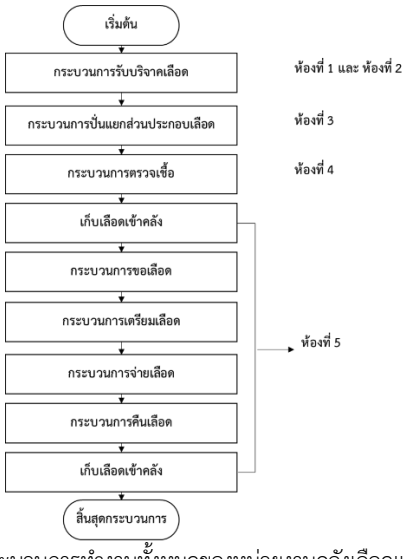
3.5.2 ชนิดผลิตภัณฑ์

ชนิดผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัยคือเม็ดเลือดแดงโดยจำแนกตามชนิดส่วนประกอบของเลือดระบบเอบีโอและ A-B-O-AB+ ศึกษาปริมาณเลือดสำรองที่เหมาะสมของโรงพยาบาลตำรวจและการปรับปรุงการจัดการคลังเลือดในโรงพยาบาลราชวิถีตามลำดับ โดยวิธีการวิจัยศึกษาโดยรวบรวมข้อมูลการใช้เลือดของผู้ป่วยในโรงพยาบาลตำรวจย้อนหลัง 6 เดือนและรวบรวมข้อมูลจากสมุดบันทึกของธนาคารเลือดและใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยจากผลการวิจัยพบว่าเม็ดเลือดแดงแยกตามหมู่เลือด (O-A-B-AB) เฉลี่ยต่อวัน 63-39-54-15 ยูนิตตามลำดับและเฉลี่ยต่อสัปดาห์ 62-36-53-12 ยูนิตตามลำดับพลาสมาสดแช่แข็ง (O-A-B-AB) เฉลี่ยต่อวัน 31-23-23-8 ยูนิตตามลำดับและต่อสัปดาห์ 27-19-24-5 ยูนิตตามลำดับและCryoprecipitate สูงสุดต่อวัน 60 ยูนิต และสูงสุดต่อสัปดาห์ 168 ยูนิต และการตรวจความเข้ากันได้ระหว่างวันเท่ากับ 50 ยูนิต/วัน การใช้เลือดจริงของแพทย์ในแต่ละวัน 22 ยูนิต/วัน และการจ่ายเลือดออกจากคลังเลือดทั้งหมด 24 ยูนิต/วัน [5], [6], [7]

4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

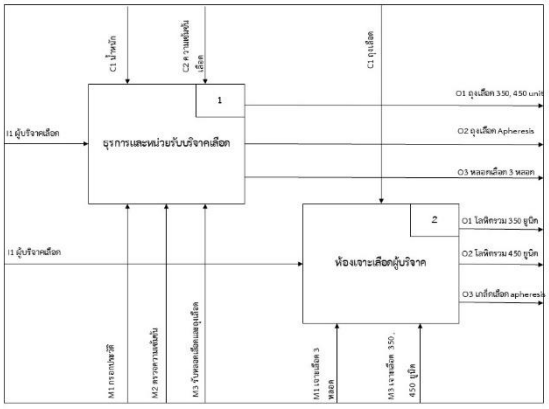
4.1 การสำรวจสภาพปัญหา

จากการศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบันของหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ งานรับบริจาคเลือดและห้องปฏิบัติการ ในส่วนของงานรับบริจาคเลือดจะทำหน้าที่รับบริจาคเลือดผู้ที่เข้ามาบริจาคเลือดให้กับโรงพยาบาลและออกไปรับบริจาคเลือดภายนอกโรงพยาบาล และห้องปฏิบัติการจะทำหน้าที่ในการปั่นแยกส่วนประกอบเลือด ตรวจเชื้อโรค ตรวจกรุ๊ปเลือดตรวจความเข้ากันได้และจ่ายเลือดให้กับผู้ป่วย ซึ่งลักษณะการทำงานทั้ง 2 ส่วนจะดำเนินงานในแต่ละวันพร้อมกัน จะเห็นได้ว่าหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิตมีเพียง 5 ห้องเท่านั้นที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง ได้แก่ ห้องธุรการคลังเลือดและลงทะเบียน ห้องเจาะเลือดผู้บริจาค ห้องปั่นแยกส่วนประกอบ ห้องตรวจเชื้อ และห้องปฏิบัติการคลังเลือด จาก 5 ห้องที่กล่าวมานั้นสามารถเขียนแผนผังกระบวนการทำงานทั้งหมดของหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิตได้แสดงดังรูปที่ 1



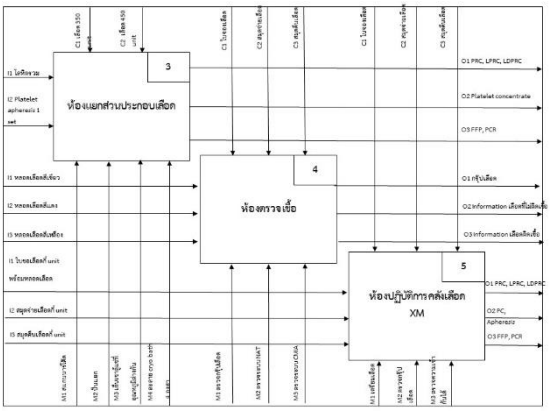
รูปที่ 1 กระบวนการทำงานทั้งหมดของหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต

แสดงกิจกรรมและทรัพยากรที่ใช้ในรูปแบบของปัจจัยนำเข้า (input) ตัวขับเคลื่อน (mechanisms) ตัวควบคุม (controls) และผลลัพธ์ (outputs) ซึ่งลักษณะการทำการของหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิตจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ งานรับบริจาค ลักษณะการทำงานจะครอบคลุมสองห้องได้แก่ ห้องธุรการและหน่วยบริจาคเลือด และห้องเจาะเลือดผู้บริจาค (ห้องที่ 1 และห้องที่ 2) ซึ่งสามารถเขียนแผนผังในกระบวนการโดยแสดงกิจกรรมหรือวัสดุในโซ่อุปทานแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การไหลของข้อมูลสารสนเทศและวัสดุในโซ่อุปทานงานรับบริจาคเลือด

และในส่วนที่ 2 ได้แก่ ห้องแยกส่วนประกอบเลือด ห้องตรวจเชื้อและห้องปฏิบัติการคลังลือด (ห้องที่3 ห้องที่ 4 และห้องที่ 5) ซึ่งสามารถเขียนแผนผังในกระบวนการโดยแสดงกิจกรรมหรือวัสดุในโซ่อุปทานแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การไหลของข้อมูลสารสนเทศและวัสดุในโซ่อุปทานของห้องปฏิบัติการ

4.2 เก็บข้อมูลจากระบบการจัดการฐานข้อมูลของโรงพยาบาล

ใช้โปรแกรม Microsoft Access ในการจัดการระบบฐานข้อมูล (database management system) โดยการดึงข้อมูล (query design) การเตรียมเกล็ดเลือด (XM) และการใช้เกล็ดเลือด (XM-use) ตามเงื่อนไข (condition) ที่ต้องการ ได้แก่ ชนิดผลิตภัณฑ์ วันที่และกรุ๊ปเลือดระบบเอบีโอในการเก็บข้อมูลการเตรียมเกล็ดเลือด การใช้เกล็ดเลือดและเลือดที่ได้รับจากผู้บริจาค โดยมีขั้นตอนการดึงข้อมูล (query design) 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.2.1 เปิดหน้าต่างโปรแกรม Microsoft Access

เปิดหน้าต่างโปรแกรม Microsoft Access โดยใช้ฐานข้อมูลปี 2559 ถึง ปี 2561 ในแถบ Tables จะเป็นข้อมูลจากระบบการจัดการฐานข้อมูลของโรงพยาบาลซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการเชื่อมโยงการจัดการระบบฐานข้อมูล (database management system) การขอเลือด (BbRequ) การตรวจเลือด (Bbtest) การเตรียมเลือด (BbXmat) และการใช้เลือด (BbXmat use) เพื่อนำไปใช้ในการดึงข้อมูล (query design) การเตรียมเกล็ดเลือดและการใช้เกล็ดเลือดภายในหน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต

4.2.2 ดึงข้อมูล (query design)

ดึงข้อมูล (query design) จากฐานข้อมูลของโรงพยาบาลโดยในแถบของ Create จะมีฟังชัน Query design ให้เลือกเมื่อทำการเลือก Query design เรียบร้อยแล้วจะปรากฏหน้าต่างฐานข้อมูลของโรงพยาบาล ได้แก่ การขอเลือด (BbRequ) การตรวจเลือด (Bbtest) การเตรียมเลือด (BbXmat) และการใช้เลือด (BbXmat use) และทำการเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการเพื่อเก็บข้อมูล

4.2.3 กำหนดเงื่อนไข

เมื่อเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการแล้วทำการเลือกข้อมูลที่ต้องการ ได้แก่ labID, RqID, PrepDate, Bgrp ของข้อมูลการเตรียมเลือดและการใช้เลือด โดยการใส่เงื่อนไข (condition) ให้กับข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการ เช่น การเตรียมเกล็ดเลือดเดือนมกราคมปี 2559 ทั้งหมด ได้แก่ BB006-Platelet Concentrate, BB009-Platelet Apherisis, BB068-LDPlt. BB072-Leukocyte Depleted Platelet Concentrate และกรุ๊ปเลือดระบบเอบีโอสามารถเขียนเงื่อนไข (condition) และแสดงการดึงข้อมูล (query design) โดยการใส่เงื่อนไข (condition) ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการเขียนเงื่อนไข (condition)

ฐานข้อมูล	เงื่อนไข
RqID	“BB006” or “BB009” or “BB068” or “BB072”
PrepDate	Like “2016-01*”
Bgrp	Like”A” or “B” or”AB” or “O”

4.2.4 รันข้อมูล

เมื่อใส่ข้อมูลที่ต้องการและกำหนดเงื่อนไข (condition) เรียบร้อยแล้วให้ทำการรันข้อมูลและนับจำนวนข้อมูลที่ปรากฏในแถบข้อมูลของฐานข้อมูลนั้น ๆ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บข้อมูลการเตรียมเกล็ดเลือดการใช้เกล็ดเลือดและเลือดที่ได้รับจากผู้บริจาคเลือดย้อนหลัง 3 ปีตั้งแต่ปี 2559 ถึง 2561 จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการทวนสอบข้อมูลของการใช้เกล็ดเลือดและเลือดที่เข้าของกลุ่มตัวอย่างมีค่า Validation น้อยดังนั้นจึงใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยของเลือดที่เข้ามาในแต่ละวันและค่าเฉลี่ยของเกล็ดเลือดที่ใช้

ต่อวันโดยไม่ได้พิจารณาความไม่แน่นอนของผู้ที่เข้ามาบริจาคเลือด เพื่อนำข้อมูลไปหาแนวคิดและวิเคราะห์การลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุจากอัตราการใช้เฉลี่ยต่อวันเพื่อไม่ให้มีเลือดมากเกินความต้องการใช้ และทำการปล่อยเกล็ดเลือดที่มากเกินความต้องการใช้ที่เสี่ยงต่อการหมดอายุการใช้งานโดยการปล่อยเกล็ดเลือดไปยังโรงพยาบาลต่าง ๆที่ขาดแคลนเกล็ดเลือด

4.4 เสนอแนวทางในการลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุ

ในขั้นตอนการเสนอแนวทางนี้จะนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลมากำหนดปริมาณเกล็ดเลือดที่ควรมีในคลังเลือดและการปล่อยเกล็ดเลือดออกจากคลังเลือดก่อนที่เกล็ดเลือดจะหมดอายุการใช้งาน โดยการปล่อยเกล็ดเลือดไปยังโรงพยาบาลต่าง ๆ

5. ผลการวิจัย

5.1 การเตรียมเกล็ดเลือดการใช้เกล็ดและเลือดที่ได้จากผู้บริจาคเลือดตั้งแต่ปี 2559 ถึง 2561 (หน่วยเป็นยูนิต)

ผลการศึกษาการใช้เกล็ดเลือดย้อนหลังตั้งแต่ปี 2559 ถึง 2561 พบว่าอัตราการใช้เกล็ดเลือดเฉลี่ย 47 ยูนิตต่อวัน และเลือดที่ได้รับจากผู้บริจาคหรือเลือดที่เข้ามาในแต่ละวันเฉลี่ย 63 ยูนิตต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ปี	2559			2560			2561		
เดือน	เลือดเข้า	การเตรียม	การใช้	เลือดเข้า	การเตรียม	การใช้	เลือดเข้า	การเตรียม	การใช้
มกราคม	2,084	1,402	1,336	2,134	1,587	1,518	2,034	1,479	1,409
กุมภาพันธ์	1,749	1,624	1,607	1,936	1,600	1,556	1,563	1,375	1,360
มีนาคม	2,030	1,788	1,720	2,209	1,704	1,692	1,851	1,385	1,359
เมษายน	1,960	1,451	1,397	1,673	1,104	1,082	1,816	1,306	1,300
พฤษภาคม	1,895	1,358	1,315	1,967	1,310	1,270	1,595	1,420	1,388
มิถุนายน	1,903	1,570	1,536	1,925	1,515	1,432	1,526	1,347	1,311
กรกฎาคม	1,927	1,566	1,531	1,964	1,629	1,595	1,564	1,370	1,358
สิงหาคม	2,230	1,569	1,536	2,000	1,466	1,442	1,866	1,591	1,529
กันยายน	1,974	1,501	1,481	1,894	1,429	1,412	1,942	1,311	1,279
ตุลาคม	2,017	1,461	1,419	2,202	1,321	1,271	1,731	1,603	1,580
พฤศจิกายน	2,111	1,904	1,884	1,820	1,365	1,337	1,838	2062	710
ธันวาคม	2,270	1,950	1,897	2,068	1,517	1,479	1,924	1,500	1,421
รวม	24,150	19,144	18,659	23,792	17,547	17,086	21,250	17,749	16,004
เฉลี่ย/วัน	66	52	51	65	48	47	58	49	44

ตารางที่ 2 แสดงการเตรียมและการใช้เกล็ดเลือดปี พ.ศ.2559 ถึง 2561

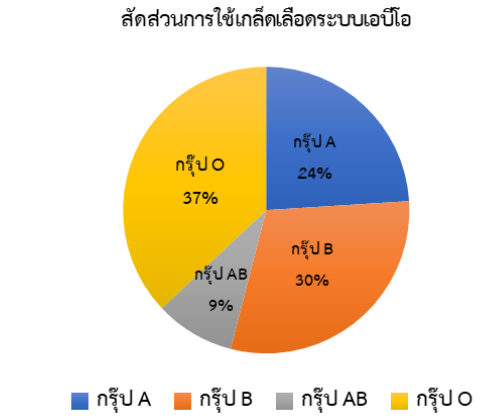
จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการทวนสอบข้อมูลของการใช้เกล็ดเลือดและเลือดที่เข้าของกลุ่มตัวอย่างมีค่า Validation น้อย ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้เกล็ดเลือดและเลือดที่เข้ามาเพื่อนำไปทำการแสดงแนวคิดการลดของเสียในหน่วยคลังเลือดเพื่อใช้ในการคำนวนและกำหนดเงื่อนไขการสำรองเกล็ดเลือดที่เหมาะสมโดยไม่ทำให้เกิดเลือดเสีย

การใช้เกล็ดเลือดย้อนหลังตั้งแต่ปี 2559 ถึง 2561 พบว่าอัตราการใช้เกล็ดเลือดเฉลี่ย 47 ยูนิตต่อวัน และเลือดที่ได้รับจากผู้บริจาคหรือเลือดที่เข้ามาในแต่ละวันเฉลี่ย 63 ยูนิตต่อวัน เนื่องจากทั้ง 3 ปีที่ผ่านมามีอัตราการใช้เกล็ดเลือดเฉลี่ย 47 ยูนิตต่อวัน ดังนั้นควรมีเกล็ดเลือดอยู่ในคลังเลือดอย่างน้อย 47 ยูนิต โดยกำหนดให้แนวตั้งเป็นเลือดที่เข้ามาในแต่ละวันและแนวนอนเป็นเกล็ดเลือดที่ใช้ในแต่ละวันซึ่งเกล็ดเลือดมีอายุการใช้งาน 5 วัน เมื่อเกล็ดเลือดเดินทางเข้าสู่วันที่ 6 จะกลายเป็นเกล็ดเลือดเสียใช้งานไม่ได้ทันทีดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าถ้าใช้เกล็ดเลือดแบบ FIFO คือเลือดเข้าก่อนออกก่อน จะทำให้ภายในสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีเกล็ดเลือดเสียเลย (1 เดือน มี 4 สัปดาห์) และจะเริ่มมีเกล็ดเลือดเสียเมื่อเข้ากลางสัปดาห์ของสัปดาห์ที่ 3 และจะเข้าสู่ลูปเดิมเหมือนสัปดาห์ที่ 1 และจะมีเลือดเสียเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อในคลังมีเกล็ดเลือดมากกว่า 205 ยูนิต ควรปล่อยเกล็ดเลือดออกทันทีเพื่อไม่ให้เกิดเกล็ดเลือดเสีย โดยการปล่อยเกล็ดเลือดไปยังโรงพยาบาลต่าง ๆ ที่ขาดแคลน ดังนั้นการปล่อยเกล็ดเลือดไม่ถือเป็นการสูญเสียเนื่องจากการปล่อยเกล็ดเลือดไปยังโรงพยาบาลต่าง ๆ นั้นทำให้หน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิตสามารถได้ทุนคืนที่ได้จากกระบวนการรับบริจาคเลือดและปั่นแยกส่วนประกอบเลือดซึ่งเป็นกระบวนการที่มีต้นทุน และความแตกต่างของเกล็ดเลือดหมดอายุที่ใช้งานไม่ได้ถือเป็นการสูญเสียเพราะรอการทำลายล้างเพียงอย่างเดียว

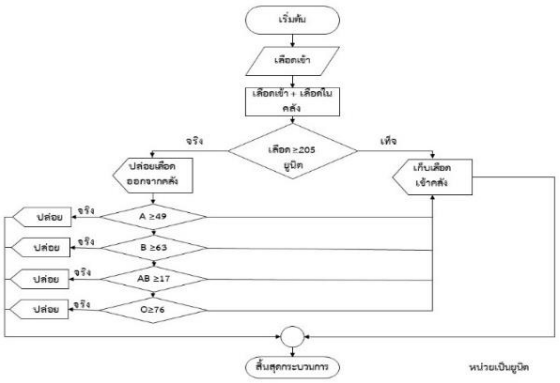
ตารางที่ 3 แนวคิดการลดของเสียในหน่วยคลังเลือด

	เลือดที่ได้จากผู้บริจาค	เลือดที่ใช้ในแต่ละวัน						คงเหลือ
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	
	47	0	0	0	0			
อาทิตย์	63	110(47)						63
จันทร์	63	63	63(47)					79
อังคาร	63	63	63(31)	16(16)				95
พุธ	63	63	63(15)	32(32)				111
พฤหัสบดี	63	63	63	48(47)				127
ศุกร์	63	63	63	63(46)	1(1)			143
เสาร์	0	0	63	63(30)	17(17)			96
อาทิตย์	63	63	0	63(14)	33(33)			112
จันทร์	63	63	63	0	49(47)			128
อังคาร	63	63	63	63(45)	0	2(2)		144
พุธ	63	63	63	63(29)	18(18)	0		160
พฤหัสบดี	63	63	63	63(13)	34(34)			176
ศุกร์	63	63	63	63	50(47)			192
เสาร์	0	0	63	63	63(44)	3(3)		145
อาทิตย์	63	63	0	63	63(28)	19(19)		161
จันทร์	63	63	63	0	63(12)	35(35)		177
อังคาร	63	63	63	63	0	51(47)		189
พุธ	63	63	63	63	63(47)	0	4(เสีย)	205
พฤหัสบดี	63	63	63	63	63(31)	16(16)	0	221
ศุกร์	63	63	63	63	63(15)	32(32)		237
เสาร์	0	0	63	63	63	48(47)		
อาทิตย์	63	63	0	63	63	63(47)	1(เสีย)	205
จันทร์	63	63	63	0	63	63(47)	16(เสีย)	205
อังคาร	63	63	63	63	0	63(47)	16(เสีย)	205
พุธ	63	63	63	63	63(47)	0	16(เสีย)	205
พฤหัสบดี	63	63	63	63	63(31)	16(16)	0	221
ศุกร์	63	63	63	63	63(15)	32(32)		237
เสาร์	0	0	63	63	63	48(47)		190

เมื่อในคลังมีเกล็ดเลือดมากกว่า 205 ยูนิต ควรปล่อยเกล็ดเลือดออกทันทีเพื่อไม่ให้เกิดเลือดเสีย โดยแต่ละกรุ๊ปเลือดระบบเอบีโอคำนวณได้จากสัดส่วนการใช้เกล็ดเลือดของแต่ละกรุ๊ปเลือดดังแสดงในรูปที่ 4 โดยกรุ๊ปเอพบร้อยละ 24 กรุ๊ปบีพบร้อยละ 30 กรุ๊ปเอบีพบร้อยละ 9 และกรุ๊ปโอพบร้อยละ 37 และควรปล่อยเกล็ดเลือดออกทันทีเพื่อไม่ให้เกิดเกล็ดเลือดเสีย โดยสามารถแบ่งออกเป็นกรุ๊ปเอเท่ากับ 49 ยูนิต กรุ๊ปบีเท่ากับ 63 ยูนิต กรุ๊ปเอบีเท่ากับ 17 ยูนิตและกรุ๊ปโอเท่ากับ 76 ยูนิต ตามเงื่อนไขของสัดส่วนการใช้เกล็ดเลือดแต่ละกรุ๊ปเลือดระบบเอบีโอของผังงานแบบสองทางเลือกของเกล็ดเลือดดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 สัดส่วนการใช้เกล็ดเลือดของแต่กรุ๊ปเลือดระบบเอบีโอ



รูปที่ 5 ผังงานแบบสองทางเลือกของเกล็ดเลือด

5.2 ปริมาณการสำรองไม่ให้เกล็ดเลือดขาด

การสำรองเกล็ดเลือดภายในหน่วยงานคลังเลือดโดยไม่ให้เกล็ดเลือดขาดสามารถคำนวณได้จากปริมาณการเตรียมเกล็ดเลือด 5 วัน การสำรองเกล็ดเลือดเผื่อภาวะฉุกเฉินร้อยละ 10 แยกตามกรุ๊ปเลือดระบบเอบีโอ โดยคำนวณจากการกระจายตัวของกรุ๊ปเลือดระบบเอบีโอที่พบในคนไทย ได้แก่ กรุ๊ปเอพบร้อยละ 21.7 กรุ๊ปบีพบร้อยละ 33.4 กรุ๊ปเอบีพบร้อยละ 7.4 กรุ๊ปโอพบร้อยละ 37.5 และปริมาณการสำรองเกล็ดเลือดลดลงจากปี 2561 ดังแสดงในตารางที่ 4

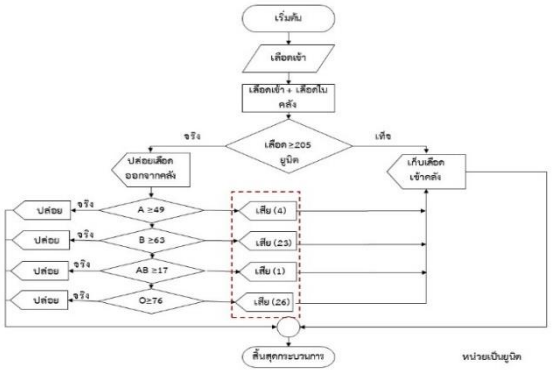
ตารางที่ 4 ปริมาณการสำรองเกล็ดเลือดโดยไม่ให้เกล็ดเลือดขาดแคลน

ปริมาณการสำรองเกล็ดเลือด	จำนวนรวม	กรุ๊ป A	กรุ๊ป B	กรุ๊ป AB	กรุ๊ป O
ปริมาณการเตรียมเกล็ดเลือด 5 วัน	250				
การสำรองเลือดเผื่อภาวะฉุกเฉินร้อยละ 10	25				
ปริมาณเกล็ดเลือดที่ต้องมีสำรองเพื่อใช้งาน 5 วัน	275				
แยกตามกรุ๊ปเลือดระบบ ABO	275	60	92	20	103
ปริมาณการสำรองลดลงจากปี 2561	16	7	6	2	1
ควรสำรองเกล็ดเลือดสำหรับ 5 วัน โดยไม่ให้เลือดขาด	259	53	86	18	102

ดังนั้นการสำรองเกล็ดเลือดภายในหน่วยงานคลังเลือดจะมีเกล็ดเลือดระบบเอบีโอเพิ่มขึ้น 54 ยูนิต โดยแบ่งเป็นกรุ๊ปเอเท่ากับ 4 ยูนิต กรุ๊ปบีเท่ากับ 23 ยูนิต กรุ๊ปเอบีเท่ากับ 1 ยูนิตและกรุ๊ปโอเท่ากับ 26 ยูนิต ดังแสดงในตารางที่ 5 และผังงานแบบสองทางเลือกการสำรองเกล็ดเลือดระบบเอบีโอดังแสดงในรูปที่ 6

ตารางที่ 5 ตารางการลดของเสียและการสำรองเกล็ดเลือด

กรุ๊ปเลือด	การสำรอง (ไม่ให้ขาด)	ปล่อยเลือด (ก่อนเลือดเสีย)	เลือดเสีย
A	53	49	4
B	86	63	23
AB	18	17	1
O	102	76	26
			54



รูปที่ 6 ผังงานแบบสองทางเลือกการสำรองเกล็ดเลือดระบบเอบีโอ

6. สรุป

จากการศึกษาการลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุ กรณีศึกษา หน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โดยตัวแปรที่สำคัญสำหรับงานวิจัยนี้คือการลดปริมาณเกล็ดเลือดที่มากเกินความต้องการใช้ที่เสี่ยงต่อการหมดอายุ โดยการส่งเกล็ดเลือดออกไปยังโรงพยาบาลต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าถ้าหน่วยงานคลังเลือดใช้หลักการใช้เกล็ดเลือดแบบการหมุนเวียนเข้าออกใช้หลัก FIFO (first In first out) จะทำให้ภายในสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีเกล็ดเลือดหมดอายุและจะเริ่มมีเกล็ดเลือดหมดอายุเมื่อเข้ากลางสัปดาห์ของสัปดาห์ที่ 3 และจะเข้าสู่ลูปเดิมเหมือนสัปดาห์ที่ 1 และจะเริ่มมีเกล็ดเลือดเสียเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อในคลังมีเกล็ดเลือดมากกว่า 205 ยูนิตต่อเวลา 5 วัน โดยแยกกรุ๊ปเอ 49 ยูนิต กรุ๊ปบี 63 ยูนิต กรุ๊ปเอบี 17 ยูนิตและกรุ๊ปโอ 76 ยูนิต ตามสัดส่วนการใช้เกล็ดเลือดกรุ๊ปเอร้อยละ 24 กรุ๊ปบีร้อยละ 30 กรุ๊ปเอบีร้อยละ 9 และกรุ๊ปโอร้อยละ 37 และภายในหน่วยคลังเลือดควรมีการสำรองเกล็ดเลือดสำหรับ 5 วันเพื่อให้เพียงพอต่อกระบวนการเตรียมเลือดเพิ่มขึ้น 54 ยูนิต โดยแยกเป็นกรุ๊ปเอ 4 ยูนิต กรุ๊ปบี 23 ยูนิต กรุ๊ปเอบี 1 ยูนิตและกรุ๊ปโอ 26 ยูนิต เพื่อความปลอดภัยและไม่ทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนเกล็ดเลือดกรณีฉุกเฉิน โดยผลที่ได้จากการวิจัยนี้ทำให้หน่วยคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ทราบข้อมูลเกี่ยวกับการสำรองปริมาณเกล็ดเลือดที่เหมาะสมเพียงพอและปลอดภัยโดยไม่ทำให้เกิดเลือดเสียเพื่อใช้ในการบริหารจัดการคลังเลือดต่อไป โดยในปี 2561 เกล็ดเลือดมีมูลค่าความเสียหาย 2,593,820 บาท/ปี ถ้าเราสามารถกำหนดการส่งออกเกล็ดเลือดก่อนที่เกล็ดเลือดเสียสามารถลดต้นทุนได้ จากที่เมื่อก่อนเลือดเสีย 2,593,820 บาท/ปี โดยที่ไม่ทันส่งออกแต่หลังการปรับปรุงสามารถส่งเกล็ดเลือดออกก่อนที่เกล็ดเลือดจะหมดอายุทำให้สามารถลดความสูญเสียจากเดิมได้ 4,290,080 บาท/ปี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และขอขอบพระคุณ อ.นพ.วิระชัย สมัย หัวหน้าภาควิชาพยาธิวิทยา และเจ้าหน้าที่หน่วยงานคลังเลือดและเวชศาสตร์บริการโลหิต โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ สำหรับการสนับสนุนและเอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับงานวิจัยการลดปริมาณเกล็ดเลือดหมดอายุ

เอกสารอ้างอิง

1 งานธนาคารเลือด โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่.[สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2562]; Available from :http:www.med.cmu.ac.th/hospital/blbank/2011/index.php?option=com_content&view=article&id=191:blood-and-blood-components&catid.:

2 สภากาชาติไทย.[สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2562]; Available from: https://www.redcross.or.th/.

3 สาคร. พรประเสริฐ, โลหิตวิทยา, กรุงเทพ, 2557.

4 องค์การผลิตภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ.[สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2562]; Available from: http://www.nsm.or.th/other-service/664-online-science/knowless-inventory/sci-article/sci-article-science-museum/2692-%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0% %B8%A1%E0%B8%B2-plasma.html.

5 กัลยานี.แสงสุข, "การศึกษาปริมาณโลหิตสำรองในโรงพยาบาลตำรวจ," *วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต,*no. 3, 2553.

6 รัตนา. เทพสิริ, "การประเมินประสิทธิภาพการสำรองโลหิตของธนาคารเลือดโรงพยาบาลตำรวจ," *วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่,*no. 3, 2553.

7 รพิพรรณ. ศรีพุฒินิพนธ์, "การปรับปรุงการจัดการคลังเลือดในโรงพยาบาลราชวิถี," กรุงเทพมหานคร, 2554

ID038

การศึกษาวิธีการควบคุมเอสอาร์จีโดยใช้ตัวควบคุม dSPACE

A study of the SRG control method using dSPACE controller

พิริยะ สาราเอก[1*] และ ไพโรจน์ ทองประศรี[2]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
E-mail: top_piriya@hotmail.com

Piriya Saraake[1*] and Pairote Thongprasri [2]
[1]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha,
Kasetsart University Sriracha Campus
[*]E-mail: top_piriya@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาวิธีการควบคุมเอสอาร์จี 4 เฟส 8 ขั้วสเตเตอร์ 6 ขั้วโรเตอร์ โดยใช้ตัวควบคุม dSPACE DS1202 เอสอาร์จีเป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนที่มีคุณลักษณะเด่นที่โรเตอร์ไม่มีขดลวดหรือติดตั้งแม่เหล็กถาวร ทำให้สามารถทำงานที่ความเร็วสูงได้ดี และมีความทนทานต่ออุณหภูมิที่สูง แต่ข้อด้อยคือการควบคุมให้เอสอาร์จีทำงานต้องทราบตำแหน่งการหมุนของโรเตอร์ ตัวควบคุม dSPACE DS1202 มีฟังก์ชันรีโซลเวอร์สามารถต่อใช้งานได้โดยตรง คำสั่งที่ใช้ควบคุมถูกสร้างมาจากโปรแกรม MATLAB/Simulink การเปลี่ยนแปลงมุมกระตุ้นหรือพารามิเตอร์เป็นแบบทันเวลา ผลที่ได้คือสามารถศึกษาการผลิตกำลังไฟฟ้าได้ทุกย่านความเร็วของเอสอาร์จี

คำหลัก: เอสอาร์จี ตัวควบคุม dSPACE DS1202 โปรแกรม MATLAB/Simulink

Abstract

This paper presents the study of the control method of 4-phase SRG with 8 stator poles and 6 rotor poles using dSPACE DS1202 controller. The SRG is a rotating electric machine with a distinctive feature in which the rotor does not have the winding or is installed the permanent magnet. And it is resistant to high temperatures. Disadvantage, the SRG control must to know the rotor position. The dSPACE DS1202 controller has a resolver function that can be connected directly. The control commands are generated from the MATLAB/Simulink program. The change of the excitation angles or parameters is in real time. The result is able to study the power generation at all speeds of the SRG.

Keywords: SRG, dSPACE DS1202 controller, MATLAB/Simulink program

1. บทนำ

เครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนชนิดสวิตช์รีลัคแตนซ์ทำงานในโหมดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Switched Reluctance Genererator : SRG) ข้อดีคือมีประสิทธิภาพสูง มีอายุการใช้งานนาน ทนต่อการใช้งาน มีโครงสร้างที่เรียบง่ายและไม่ซับซ้อน โครงสร้างประกอบไปด้วยสเตเตอร์และโรเตอร์ โดยโรเตอร์เป็นแบบขั้วยื่น (Silent poles) ไม่มีขดลวดที่โรเตอร์และแม่เหล็กถาวรทำให้เอสอาร์จีทำงานที่ความเร็วสูงและใน

ที่มีอุณหภูมิสูงได้ [1] เครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนชนิดสวิตช์รีลัคแตนซ์สามารถทำงานในโหมดมอเตอร์และโหมดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ ค่ากำลังไฟฟ้าด้านออก (P_{out}) ของเอสอาร์จีจะขึ้นอยู่กับ ค่าความเร็วรอบโรเตอร์ (ω) แรงดันดีซีบัส (v) มุมนำกระแส (θ_{on}) และมุมหยุดนำกระแส (θ_{off}) ข้อเสียของเอสอาร์จีคือการควบคุมมีความซับซ้อน การที่จะให้เอสอาร์จีทำงานนั้นจำเป็นต้องทราบตำแหน่งของโรเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมให้หมุนไปตามทิศที่ต้องการ

dSPACE เป็นแพลตฟอร์มที่ซอฟต์แวร์สามารถควบคุมฮาร์ดแวร์แบบทันเวลาได้ โดยจะใช้งานร่วมกับโปรแกรม MATLAB/Simulink dSPACE มีข้อได้เปรียบกว่าบอร์ดคอนโทรลเลอร์แบบเก่า โดยเฉพาะการใช้งานแบบทันเวลา มีความยืดหยุ่น ความน่าเชื่อถือสูง การควบคุมพารามิเตอร์ ทำได้ง่าย [2] และสะดวกต่อการวิเคราะห์และออกแบบ โดยสามารถใช้ส่วนประกอบมาตรฐานในการสร้างแบบจำลองระบบควบคุมที่หลากหลายเพื่อตอบสนองความต้องการของสภาพแวดล้อมการทดสอบและสภาพการทำงานที่แตกต่างกัน ในปัจจุบัน dSPACE ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการควบคุมอุตสาหกรรมต่างๆ รวมไปถึงการบินและอวกาศ รถยนต์ เครื่องยนต์ และหัวจักรไฟฟ้าอีกด้วย [3]

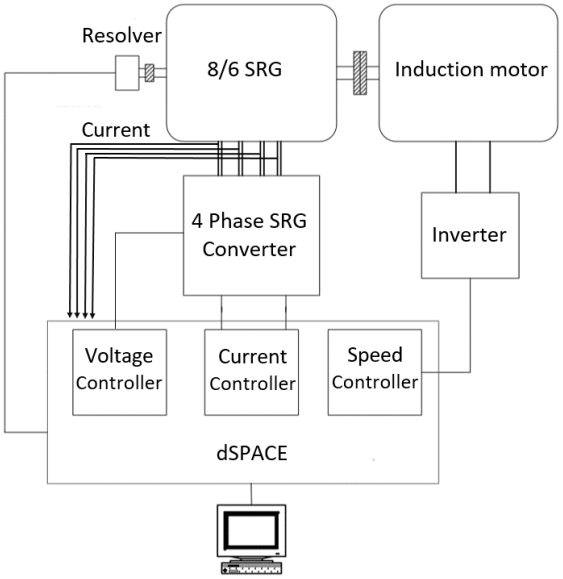
บทความนี้ใช้ตัวควบคุม dSPACE DS1202 ควบคุมให้เอสอาร์จีทำงาน โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมให้ทำงานที่ความเร็วต่างๆแบบทันเวลาเพื่อศึกษาการผลิตกำลังไฟฟ้า

2. ชุดทดลองเอสอาร์จี

ชุดทดลองเอสอาร์จี ประกอบด้วยเครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนชนิดสวิตช์รีลัคแตนซ์ 4 เฟส 8 ขั้วสเตเตอร์ 6 ขั้วโรเตอร์ ตัวควบคุม dSPACE DS1202 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ Half Bridge ในส่วนของตัวต้นขับกำลังจะใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำปรับความเร็วด้วยอินเวอร์เตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 1 อุปกรณ์รีโซลเวอร์ถูกติดตั้งที่เครื่องจักรกลหมุนเพื่อใช้ตรวจวัดตำแหน่งมุมของโรเตอร์ ตัวตรวจวัดกระแส (current sensor) ถูกนำมาใช้วัดกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเพื่อส่งสัญญาณให้กับตัวควบคุม dSPACE DS1202 เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมสวิตช์ของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ Half Bridge บล็อกไดอะแกรมของระบบเอสอาร์จีดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ชุดทดลองเครื่องกำเนิดเอสอาร์จี



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของระบบเอสอาร์จี

2.1 พื้นฐานเอสอาร์จี

เครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนชนิดสวิตช์รีลัคแตนซ์ สามารถสร้างกี่เฟสก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบจำนวนขั้วของสเตเตอร์และขั้วของโรเตอร์

สมการหาแรงดันไฟฟ้าสำหรับแต่ละเฟสของเอสอาร์จีสามารถหาได้จากสมการที่ 1

$$U_{ph} = R_{ph} i_{ph} + L(i_{ph}, \theta) \frac{di_{ph}}{dt} + e_{ph} \qquad (1)$$

โดย U_{ph} คือแรงดันเฟส R_{ph} คือความต้านทานเฟส i_{ph} คือกระแสเฟส L คือความเหนี่ยวนำเฟส e_{ph} คือ

แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ โดย e_{ph} สามารถหาได้จากสมการที่ 2

$$e_{ph} = i_{ph}\,\omega\,\frac{dL(i_{ph},\theta)}{d\theta} \qquad (2)$$

จำนวนจังหวะในการกระตุ้นสามารถหาได้ดังสมการที่ 3

$$\text{Exciting angle} = \frac{360}{N_{rotor}} \qquad (3)$$

โดย N_{rotor} คือจำนวนขั้วโรเตอร์

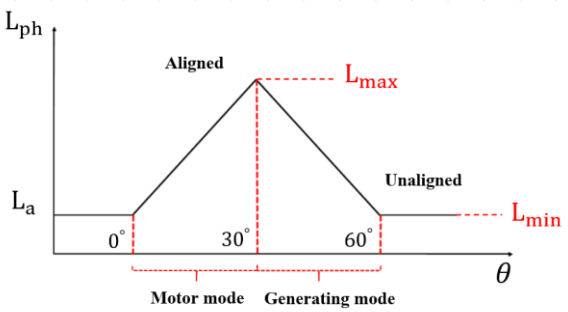
จากสมการที่ 3 จะทำให้ทราบช่วงการทำงานของเอสอาร์จี 8 ขั้วสเตเตอร์ 6 ขั้วโรเตอร์อยู่ในช่วง 0 ถึง 60 องศา ทางปฏิบัติทราบจากรีโซลเวอร์ซึ่งการเปลี่ยนแปลงมุมของโรเตอร์จะสอดคล้องกับรูปร่างของความเหนี่ยวนำเฟสดังแสดงในรูปที่ 2 โดยกำหนดให้เครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนทำงานในโหมดมอเตอร์ต้องควบคุมการทำงานอยู่ในช่วง 0 ถึง 30 องศา และถ้าควบคุมเครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนทำงานในช่วง 30 ถึง 60 องศา จะทำงานในโหมดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ข้อกำหนดการควบคุมมุมกระตุ้นต้องสอดคล้องกับสมการที่ 4

$$\theta_e = 2\theta_{off} - \theta_{on} \qquad (4)$$

โดย θ_{on} คือมุมนำกระแส θ_{off} คือมุมหยุดนำกระแส θ_e คือมุมที่กระแสเฟสลดลงเป็นศูนย์ โดยค่าผลลัพธ์ของ $2\theta_{off} - \theta_{on}$ ต้องไม่เกิน 60องศา

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำเฟสกับตำแหน่งของโรเตอร์

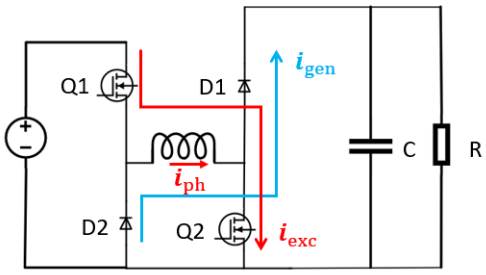
เมื่อโรเตอร์หมุนทำให้ขั้วโรเตอร์ตรงกับขั้วสเตเตอร์ ตำแหน่งนั้นจะเรียกว่าตำแหน่งตรงขั้ว (Aligned position) ค่าความเหนี่ยวนำจะมีค่าสูงที่สุดในทางกลับกันถ้าตำแหน่งขั้วของโรเตอร์อยู่ระหว่างขั้วสเตเตอร์ตำแหน่งนี้จะเรียกว่าตำแหน่งไม่ตรงขั้ว (Unaligned position) ค่าความเหนี่ยวนำจะมีค่าต่ำที่สุด [4] ดังรูปที่ 3 การทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนชนิดสวิตช์รีลัคแตนซ์ในโหมดเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น จะต้องจ่ายแรงดันดีซีบัสที่มุมกระตุ้นอยู่ในช่วง30 ถึง 60 องศา



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเหนี่ยวนำกับตำแหน่งของโรเตอร์

2.3 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ Half Bridge

วงจรชนิดนี้เป็นวงจรที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากสามารถที่จะควบคุมแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดเฟสได้ทั้งค่าบวก ค่าลบ และค่าศูนย์ นั่นหมายถึงวงจรคอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้มีความสามารถที่จะควบคุมรูปร่างของกระแสเฟสได้อย่างมีประสิทธิภาพ [5] วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ Half Bridge ดังแสดงรูปที่ 4 เป็นชนิด 1 เฟส ซึ่งวงจรจะประกอบไปด้วยสวิตช์ 2 ตัวต่อ 1 เฟส คือ Q1 และ Q2 และไดโอด 2 ตัวคือ D1 และ D2 สำหรับรูปที่ 5 แสดงวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ Half Bridge ชนิด 4 เฟส โดยค่ากระแสที่เกิดระหว่างมุมกระตุ้นและกระแสที่เกิดในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการที่ 4 และ 5 ตามลำดับ [6]

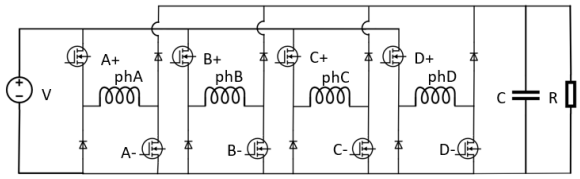


รูปที่ 4 วงจร Half Bridge คอนเวอร์เตอร์ชนิด 1 เฟส

$$i_{ext} = \int_{\theta_{on}}^{\theta_{off}} i_{ph}\,d\theta \qquad (4)$$

$$i_{gen} = \int_{\theta_{off}}^{\theta_{ext}} i_{ph}\,d\theta \qquad (5)$$

โดยที่ i_{ext} คือกระแสกระตุ้น i_{gen} คือกระแสที่ผลิตได้ i_{ph} คือกระแสเฟส θ_{on} คือมุมนำกระแส θ_{off} คือมุมหยุดนำกระแส



รูปที่ 5 วงจร Half Bridge คอนเวอร์เตอร์ชนิด 4 เฟส

โดยวงจรในรูปที่ 5 จะถูกใช้ในการควบคุมแรงดันดีซีบัสเข้าที่ขดลวดเฟสของเอสอาร์จี ทำได้โดยตัวควบคุม dSPACE DS1202 ควบคุมการทำงานของสวิตช์ทั้ง 2 ตัวผ่านโปรแกรม MATLAB/Simulink

3. ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้า

ค่าของกำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยจะแบ่งเป็น 4 กรณีด้วยกันคือ [7]

กรณีแรก; $P_{out} = f(\theta_{on}, \theta_{off}), \omega, V_s = const, L = L(\mathrm{I}, \theta)$ ความเร็วรอบ แรงดันดีซีบัส เป็นค่าคงที่ ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าของเอสอาร์จีจะขึ้นอยู่กับมุมนำกระแส และมุมหยุดนำกระแส

กรณีที่สอง ; $P_{out} = f(\omega, \theta_{on}, \theta_{off}), V_s = const, L = L(\mathrm{i}, \theta)$ แรงดันดีซีบัสเป็นค่าคงที่ ค่ากำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ มุมนำกระแส และมุมหยุดนำกระแส

กรณีที่สาม ; $P_{out} = f(\omega, V_s, \theta_{on}, \theta_{off}), L = L(\mathrm{i}, \theta)$ ค่ากำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันดีซีบัส ค่าความเร็วรอบ ค่าความเหนี่ยวนำเฟส มุมนำกระแส และมุมหยุดนำกระแส

กรณีที่สี่ ; $P_{out} = f(L, \theta_{on}, \theta_{off}), V_s, \omega = const$ ความเร็วรอบแรงดันดีซีบัสเป็นค่าคงที่ ค่ากำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำเฟสมุมนำกระแส และมุมหยุดนำกระแส

ในบทความนี้จะพิจารณาเมื่อกำลังไฟฟ้าขึ้นอยู่กับมุมนำกระแสและมุมหยุดนำกระแส โดยจะทำการคงค่าแรงดันดีซีบัสและความเร็วรอบ

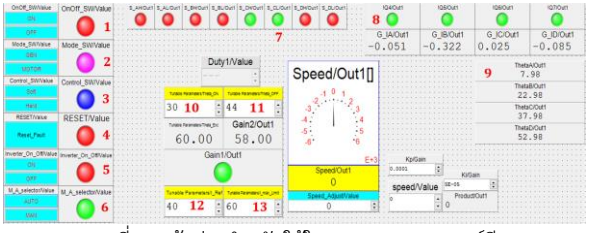
เนื่องจากลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นของเอสอาร์จีทำให้การวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าทำได้ยาก จึงใช้การวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย โดยค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสามารถหาได้จากสมการที่ 6

$$\mathrm{P} = \frac{N_s N_r V_s^2}{\omega}\left(\int_{\theta_{on}}^{\theta_{off}} \frac{(\theta-\theta_{on})}{L(\theta)}d\theta - \int_{\theta_{off}}^{\theta_e} \frac{(\theta_{off}-\theta_{on}-\theta)}{L(\theta)}d\theta\right) \quad (6)$$

โดยที่ N_s คือจำนวนสเตเตอร์ N_r คือจำนวนโรเตอร์ V_s คือกระแสกระตุ้น i_{gen} คือกระแสที่ผลิตได้ i_{ph} คือกระแสเฟส θ_{on} คือมุมนำกระแส θ_{off} คือมุมหยุดนำกระแส

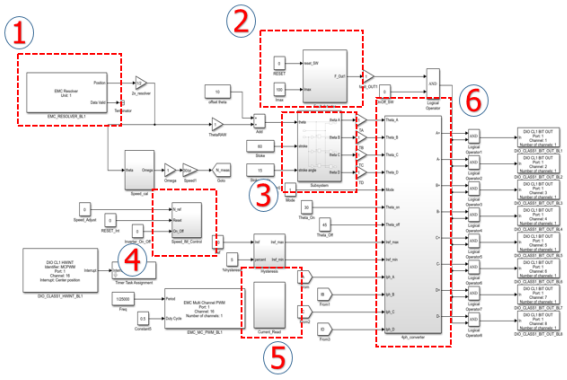
4. การออกแบบหน้าจอสำหรับควบคุมแบบทันเวลา

การออกแบบหน้าต่างควบคุม โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมสร้างมาจากโปรแกรม ControlDesk โดยจะประกอบไปด้วย 13 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าต่างสำหรับใช้ในการควบคุมเอสอาร์จี

จากรูปที่6 ส่วนแรกใช้สำหรับเปิดปิดสัญญาณจาก dSPACE ที่ส่งไปกระตุ้นสวิตช์ ส่วนที่ 2 จะใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานว่าจะทำงานในโหมดเครื่องกำเนิดหรือในโหมดมอเตอร์ ส่วนที่ 3 ใช้สำหรับเลือกวิธีการสวิตช์ ส่วนที่ 4 ใช้สำหรับรีเซ็ตเมื่อมีสัญญาณ fault เกิดขึ้น ส่วนที่ 5 จะใช้สำหรับเปิดปิดการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ส่วนที่ 6 ใช้สำหรับปรับความเร็วของมอเตอร์ ส่วนที่ 7 และ 8 จะเป็นไฟแสดงสถานะการทำงาน ส่วนที่ 9 จะเป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงตำแหน่งของโรเตอร์ ส่วนที่ 10 และ 11 จะเป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดมุมนำกระแสและมุมหยุดนำกระแส ส่วนที่ 12 จะเป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดกระแสอ้างอิง และส่วนที่ 13 จะเป็นตัวกำหนดกระแสพิกัดที่สามารถทำงานได้



รูปที่ 7 หน้าต่างสำหรับใช้ในการควบคุมเอสอาร์จี

จากรูปที่ 7 แสดง Simulink ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเอสอาร์จี โดยจะประกอบไปด้วย 6 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่ใช้ในการอ่านค่าตำแหน่งของโรเตอร์ ส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับการป้องกันไม่ให้กระแสเกิดพิกัดที่ตั้งไว้ โดยจะมีการกำหนดค่ากระแสค่าสูงสุดที่โปรแกรมสามารถทำงานได้ เมื่อถึงค่าที่ตั้งไว้ระบบจะหยุดทำงาน ส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่ใช้สำหรับกำหนดความห่างของมุมในแต่ละเฟส โดยในบทความนี้แต่ละเฟสจะห่างกัน 15 องศา ส่วนที่ 4 ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ส่วนที่ 5 ใช้สำหรับอ่านค่ากระแสจากตัวตรวจวัดกระแส เพื่อใช้สำหรับควบคุมการไหลของกระแส ส่วนที่ 6 เป็นส่วนที่ใช้สำหรับสร้างสัญญาณกระตุ้นสวิตช์ เพื่อให้เอสอาร์จีสามาถทำงานตามที่ต้องการ

โดยค่าพิกัดของเครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนชนิดสวิตช์รีลัคแตนซ์และพิกัดของ IGBT Module ที่ใช้ในบทความนี้แสดงดังตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 พิกัดของเครื่องจักรกลไฟฟ้าหมุนชนิดสวิตช์รีลัคแตนซ์

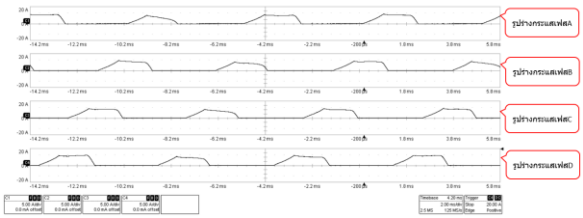
model	SR165M
Rated output	2.238 kW
Rated Speed	6000 rpm
Rated voltage	48 VDC
Number of stator/phase	8/6

ตารางที่ 2 พิกัดพิกัดของ IGBT Module

model	MG100Q2YS42
V_{CES}	1200V
I_C	100 A
I_{CP}	200 A

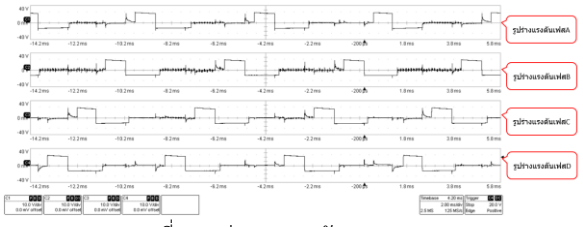
4. ผลการทดลอง

การทดลองในบทความนี้จะใช้การปรับมุมนำกระแสและมุมหยุดนำกระแส ในกรณีที่เอสอาร์จีทำงานในทุกย่านความเร็วแล้วทำการวัดค่ากำลังไฟฟ้า แต่ถ้าทำงานที่ความเร็วต่ำกว่าพิกัดจะมีการควบคุมกระแสเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย



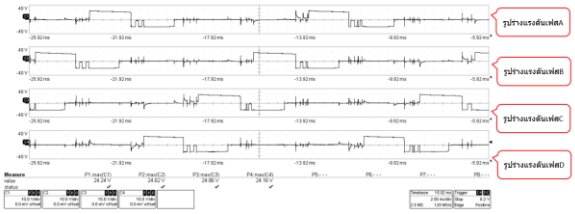
รูปที่ 8 รูปร่างของกระแสเฟส A,B,C,D

รูปที่ 8 แสดงรูปร่างกระแสแต่ละเฟสของเอสอาร์จีทำงานในโหมดชิงเกิลพัลส์เมื่อควบคุมมุมนำกระแส 30 องศา และมุมหยุดนำกระแส 40 องศา แรงดันดีซีบัส 24 โวลต์ ความเร็ว 2000 รอบ



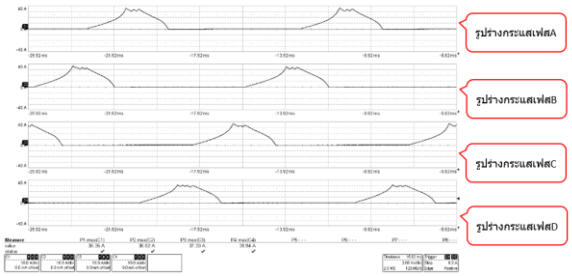
รูปที่ 9 รูปร่างของแรงดันเฟส A,B,C,D

รูปที่ 9 แสดงรูปร่างแรงดันเฟสแต่ละเฟสของเอสอาร์จีทำงานในโหมดชิงเกิลพัลส์เมื่อควบคุมมุมนำกระแส 30องศา และมุมหยุดนำกระแส 40 องศา แรงดันดีซีบัส 24 โวลต์ ความเร็ว 2000 รอบ



รูปที่ 10 รูปร่างของแรงดันที่มีการจำกัดกระแส A,B,C,D

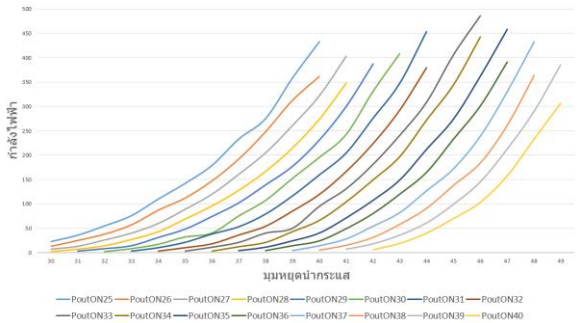
รูปที่ 10 แสดงรูปร่างแรงดันแต่ละเฟสของเอสอาร์จี ทำงานในโหมด Chopping เมื่อควบคุมมุมนำกระแส 30 องศา และมุมหยุดนำกระแส 45 องศา แรงดันดีซีบัส 24 โวลต์ความเร็ว 1000 รอบ



รูปที่ 11 รูปร่างของกระแสที่มีการจำกัดกระแส A,B,C,D

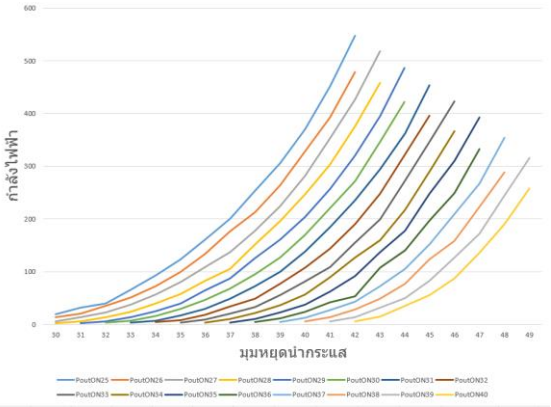
รูปที่ 11 แสดงรูปร่างกระแสแต่ละเฟสของเอสอาร์จี ทำงานในโหมด Chopping เมื่อควบคุมมุมนำกระแส 30 องศา และมุมหยุดนำกระแส 45 องศา แรงดันดีซีบัส 24 โวลต์ความเร็ว 1000 รอบ

ผลการทดลองพบว่าค่าของกำลังไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับมุมนำกระแสและมุมหยุดนำกระแส และค่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการขยับมุมหยุดนำกระแสให้ออกห่างจากมุมนำกระแส ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ความเร็ว 3000 รอบ แรงดัน 36 V

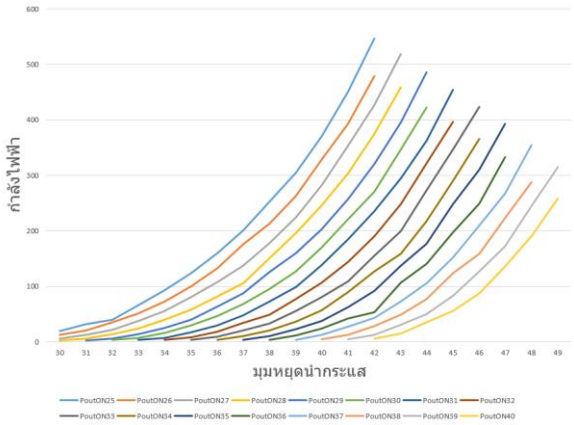
รูปที่ 12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับมุมนำกระแสและมุมหยุดนำกระแสที่ความเร็ว 3000 รอบ จะเห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้ามากสุดที่ 432 วัตต์ที่มุมนำกระแส 25 องศา และมุมนำกระแส 42 องศา



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ความเร็ว 4000 รอบ แรงดัน 36 V

รูปที่ 13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับมุมนำกระแสและมุมหยุดนำกระแสที่ความเร็ว 4000 รอบ จะเห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้ามากสุดที่ 498 วัตต์ที่มุมนำกระแส 25 องศา และมุมนำกระแส 42 องศา

รูปที่ 14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับมุมนำกระแสและมุมหยุดนำกระแสที่ความเร็ว 5000 รอบ จะเห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้ามากสุดที่ 547 วัตต์ที่มุมนำกระแส 25 องศา และมุมนำกระแส 42 องศา



รูปที่ 14 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ความเร็ว 5000 รอบ แรงดัน 36 V

5. สรุป

ตัวควบคุม dSPACE DS1202 ถูกนำมาใช้ควบคุมเอสอาร์จี โดยโปรแกรมที่ใช้ควบคุม dSPACE DS1202 สร้างจากโปรแกรม MATLAB/Simulink ข้อเด่นของ dSPACE DS1202 คือสามารถตรวจสอบและปรับพารามิเตอร์ควบคุมแบบทันเวลาผ่านทางซอฟต์แวร์ ControlDesk ผลการทดลองเมื่อคงแรงดันดีซีบัสให้คงที่ ที่ความเร็ว 3000 รอบค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่ามากที่สุดเมื่อมุมนำกระแส 25 องศา มุมหยุดนำกระแส 42 องศา โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้คือ 432 วัตต์ เมื่อเพิ่มความเร็วขึ้นเป็น 4000 รอบ จะเห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 498 วัตต์ และที่ 5000 รอบค่ากำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 547 วัตต์ เมื่อทำการคงค่ามุมหยุดนำกระแสไว้แล้วเพิ่มมุมนำกระแสขึ้นจะส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้มีค่าลดลง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับมุมกระตุ้น โดยเมื่อปรับความเร็วให้เพิ่มขึ้นกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะสูงขึ้นตาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยการประยุกต์ใช้งานอิเล็กทรอนิกส์กำลังและการจัดการพลังงานที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] Ling. L, Dong. L, & Liao. X. (2017). “Comparison of Two Control Methods of Switched” Reluctance Generator Paper presented at the 2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Siem Reap, Cambodia

[2] Xuejuan.S, Jinggang. Z, zhicheng. Z “The Position Servo System Based on dSPACE” 24th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 2012

[3] Ning. W ,Jing .W ,Pengfei. Z ,Siyu. W ,Jin. G “Real-time Simulation of No-load Grid-connection Based on dSPACE Doubly-Fed Wind Power Generation System” 2019 IEEE 4th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC 2019)

[4] Cardenas.R,Pena.R, Perez.M,Clare J, Asher.G, Wheeler.P “Control of a Switched Reluctance Generator for Variable-Speed Wind Energy Applications”IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 20, NO. 4, DECEMBER 2005

[5] Hrabovcová. V, Lipták.M., Szabó.L, & Rafajdus.P. “(2013). PERFORMANCE OF CONVERTERS SUITABLE FOR SWITCHED RELUCTANCE GENERATOR (SRG) OPERATION.” Journal of ELECTRICAL ENGINEERING, 64, 201-211.

[6] P.Kerdtuad , S.Kittiratsatcha “Study of Maximum Power Conversion of a Switched-Reluctance Generator” The 8th Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) Association of Thailand - Conference 2011

[7] Asadi.P, Ehsani.M, Fahimi.B “Design and Control Characterization of Switched Reluctance Generator for Maximum Output Power” Twenty-First Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2006.

ID041

การลดมาตราส่วนทางสถิติสำหรับฝนรายเดือนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

Statistical Downscaling Method for Monthly Rainfall under Climate Change in the Eastern Economic Corridor

พลเพชร สมานมิตร[1] จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์[1*] เกศวรา สิทธิโชค[1] และ บัญชา ขวัญยืน[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: fengjtv@ku.ac.th

Polpech Samanmit[1], Jutithep Vongphet[1*], Ketvara Sittichok[1] and Bancha Kwanyuen[1]
[1]Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng saen, Kasetsart University
[*]E-mail: fengjtv@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับลดมาตราส่วนทางสถิติจากการคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์ต่อข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (**E**astern **E**conomic **C**orridor; **EEC**) ด้วยวิธีคัดเลือกตัวแปรแบบขั้นตอน จากผลการศึกษาพบว่าตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณฝนตรวจวัดทุกสถานี 3 ตัวแปร คือ 1) ความสัมพันธ์ของความเร็วลมที่ระดับความสูง 500 hPa (nceps500gl) 2) ความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับความสูง 500 hPa (ncepp5_zgl) และ 3) ปริมาณน้ำฝน (ncepprcpgl) จากการประเมินด้วยดัชนีทางสถิติ พบว่า ค่า R^2 ช่วงสอบเทียบมีความสัมพันธ์ของการลดมาตราส่วนกับฝนตรวจวัดสูงทุกสถานี โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.61 – 0.81 ส่วนค่า R^2 ช่วงทวนสอบมีความสัมพันธ์ของการลดมาตราส่วนกับฝนตรวจวัดสูง 4 สถานี โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.57 – 0.62 และค่า RMSE ทุกสถานีทั้งช่วงสอบเทียบและทวนสอบมีความคลาดเคลื่อนน้อย ดังนั้น ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปใช้สำหรับการฉายภาพอนาคตของปริมาณฝนในพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกเพื่อพัฒนาแนวทางในการปรับตัวภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อไป

คำหลัก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การลดมาตราส่วนทางสถิติ ฝน โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

Abstract

The objective of this research is to develop the model of Statistic downscaling method (SDSM) for monthly rainfall at the local stations which were located around the **E**astern **E**conomic **C**orridor (EEC) area by using the stepwise method. As the results, there are 3 variable, namely “Wind velocity at 500 hPa height (nceps500gl), Specific humidity at 500 hPa height (nceps500gl) and Precipitation (ncepprcpgl)”, which were related to observed rainfall for whole observed stations. Moreover, the statistical index included R^2 confirmed high relationship all station with the results of 0.61 - 0.81 during calibration and R^2 confirmed high relationship results 4 stations with the results of 0.57 - 0.62 during validation process and RMSE confirmed little discrepancy all station during calibration and validation process. The results of this research will be used to develop adaptation plan under changing of climate in the EEC area.

Keywords: Climate change, Statistical downscaling, Rainfall, Eastern Economic Corridor

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) มีผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมซึ่งกำลังเกิดขึ้นในปัจจุบันและต่อเนื่องไปในอนาคตสำหรับพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย โดยมีการให้คำนิยามในรายงาน IPCC ฉบับที่ 5 คือ อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 ℃ ภายในปี ค.ศ.2100 ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยโลกเพิ่มขึ้น 0.19 m แก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้น 40 % เทียบกับช่วงก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม มีคลื่นความร้อน แห้งแล้งยาวนานขึ้น ฝนตกหนักมากขึ้น [1] รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของฝนในลักษณะของความถี่ การกระจายตัว และความผันแปรของปริมาณฝน [2] จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาถึงปริมาณ ความถี่ การกระจายตัว และความผันแปรของฝนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อการเตรียมรับมืออย่างเหมาะสม [3] แบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs) เป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์ปริมาณฝนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [4], [5] ซึ่งการศึกษาที่เกี่ยวกับฝนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้มีการศึกษาวิจัยในพื้นที่ต่างๆ เช่น เขื่อนศรีนครินทร์ ซึ่งเป็นเขื่อนที่มีความจุมากที่สุดในประเทศไทย [6] แต่เนื่องจากแบบจำลอง GCMs มีข้อจำกัดด้านรายละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) และเชิงเวลา (Temporal resolution) โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 200 – 500 km [2] เพื่อสะดวกต่อการศึกษาในระดับพื้นที่ท้องถิ่นหรือพื้นที่การศึกษาจึงจำเป็นจะต้องประยุกต์ใช้เทคนิคการย่อส่วน (Downscaling Technique) [7] ซึ่งการย่อส่วนแบ่งเป็น 2 แบบ คือ วิธีการทางพลวัตร (Dynamical downscaling method) และ วิธีการทางสถิติ (Statistical downscaling method) โดยวิธีการทางสถิตินั้นเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลที่ได้จากแบบจำลอง GCMs กับข้อมูลการตรวจวัดในพื้นที่ ในการวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก CanESM2 (Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis) ภายใต้โครงการ Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) ย่อส่วนด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical downscaling method) เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลของงานวิจัย [2]

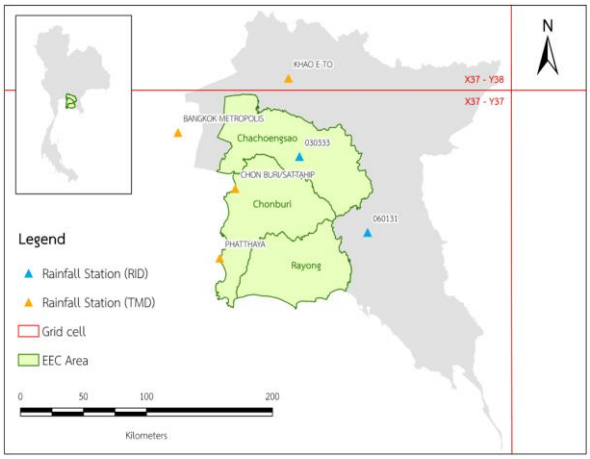
พื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor; EEC) เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยทรัพยากรน้ำถือเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งและเป็นหลักประกันความมั่นคงสำหรับการพัฒนาของโครงการดังกล่าว ซึ่งปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ประกอบการประเมินความต้องการน้ำและสมดุลน้ำ [1]

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับลดมาตราส่วนทางสถิติจากการคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์ต่อข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (**E**astern **E**conomic **C**orridor; **EEC**) ซึ่งผลของงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคนิคการลดมาตราส่วนทางสถิติของแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs) สำหรับการสร้างภาพฉายอนาคตของปริมาณฝนและการพัฒนาแผนการปรับตัวภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อไป

2. พื้นที่การศึกษาและข้อมูลที่ใช้ประกอบการวิจัย

2.1 พื้นที่การศึกษาของงานวิจัย

พื้นที่การศึกษาของงานวิจัยนี้ครอบคลุมโครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor; EEC) ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ประกอบด้วย จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งอยู่ในกริดเซลล์ X37 – Y37 ปัจจุบันพื้นที่ทั้ง 3 จังหวัดกำลังอยู่ในช่วงการเตรียมการพัฒนาเพื่อรองรับโครงการ EEC โดยเลือกสถานีอุตุนิยมวิทยา 4 สถานี และ สถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน 2 สถานี ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างกริดเซลล์ X37 – Y37 และ X37 – Y38 ที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาดังกล่าวโดยแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่การศึกษา

2.2 ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ข้อมูลฝนตรวจวัด

ปริมาณฝนตรวจวัดรวบรวมมาจากกรมอุตุนิยมวิทยาในเว็บไซต์ National Climatic Data Center (NCDC) แสดงรายละเอียดของแต่ละสถานี**ดังตารางที่ 1** โดยตรวจสอบความกลมกลืนของข้อมูลด้วยวิธี Double Mass Curve รายปีและวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลฝนแต่ละสถานีซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.66 – 0.76 โดยมีปริมาณฝนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,050 – 1,800 mm/year สูงสุดอยู่ระหว่าง 1,400 – 2,500 mm/year ต่ำสุดอยู่ระหว่าง 500 – 1,400 mm/year ซึ่งมีค่าแตกต่างกันในแต่ละสถานี สำหรับข้อมูลฝนตรวจวัดรายวันจะมีการขาดหายของข้อมูลจากการไม่ได้รายงานผล ทั้งนี้ต้องมีการระบุวันที่ขาดหายและไม่นำมาพิจารณาในกระบวนการวิจัย

2.2.2 แบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs)

แบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models, GCMs) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินและคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศโลกซึ่งเป็นตัวแปรภูมิอากาศโลกที่รวบรวมจาก CanESM2 predictors: CMIP5 experiments เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่นิยมใช้งานทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศและมีผลการวิจัยที่น่าเชื่อถือ [2], [5], [7] แสดงรายละเอียดดัง**ตารางที่ 2** ซึ่งเป็นชุดข้อมูล Reanalysis แบบ gridded ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก โดยเป็นข้อมูลช่วงปี ค.ศ.1961 – 2005 ซึ่งแสดงสถานะของชั้นบรรยากาศทั่วโลก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีกระบวนการวิจัยดังแสดงใน**รูปที่ 2** โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การลดมาตราส่วนทางสถิติ

1) รวบรวมข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดโดยจัดรูปข้อมูลแบ่งเป็น ช่วงสอบเทียบและทวนสอบ ตามความยาวนานของการเก็บข้อมูลซึ่งไม่เท่ากันแต่ละสถานี และระบุวันที่ไม่ได้รายงานผลข้อมูลฝน

2) รวบรวมข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศโลกจาก CanESM2 ตามกริดที่สถานีอุตุนิยมวิทยาตั้งอยู่แล้วนำไปจัดรูปข้อมูลร่วมกับข้อมูลฝนตรวจวัดเพื่อเตรียมนำเข้าสู่โปรแกรม IBM SPSS และ SDSM

ตารางที่ 1 ปริมาณฝนตรวจวัดของสถานีอุตุนิยมวิทยาและสถานีวัดน้ำฝนที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษา (หน่วย mm/year)

Station	Latitude	Longitude	Altitude	Duration	Average	Maximum	Minimum
Sta.1	13.57	101.46	4.00	1989 – 2005	1,274.91	1,690.70 (1991)	1,061.60 (2004)
Sta.2	13.07	101.95	4.00	1987 – 2005	1,818.02	2,487.90 (1999)	1,407.80 (1989)
Sta.3	13.73	100.56	4.00	1980 – 2005	1,555.11	2,336.61 (1998)	817.59 (1999)
Sta.4	13.37	100.98	2.00	1980 – 2005	1,206.64	1,598.10 (1981)	632.39 (1999)
Sta.5	14.08	101.38	24.38	1980 – 2005	1,696.18	2,326.57 (1988)	737.71 (1999)
Sta.6	12.92	100.87	61.00	1981 – 2005	1,048.49	1,408.43 (1996)	486.62 (1999)

หมายเหตุ : **Sta.1** คือ 030333, **Sta.2** คือ 060131, **Sta.3** คือ Bangkok Metropolis, **Sta.4** คือ Chonburi-Sattahip, **Sta.5** คือ Khao-E-To และ **Sta.6** คือ Phatthaya

3) นำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม IBM SPSS เพื่อคัดเลือกความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยวิธีคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) ซึ่งกำหนดให้ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 จะเป็นการคัดเลือกด้วยวิธีนำเข้า (Forward selection procedure) และเมื่อ p-value มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.10 จะเป็นการคัดเลือกแบบถอยหลัง (Backward elimination procedure) จนไม่มีตัวแปรภูมิอากาศโลกถูกนำเข้าและถอยหลังเป็นอันว่าสิ้นสุดกระบวนการดังกล่าว [5]

4) นำข้อมูลตัวแปรที่มีความสัมพันธ์จากโปรแกรม IBM SPSS เข้าสู่โปรแกรม SDSM เพื่อเข้าสู่กระบวนการลดมาตราส่วนทางสถิติจากนั้นทำการสอบเทียบและทวนสอบข้อมูลแล้วประเมินความแม่นยำโดยใช้ดัชนีทางสถิติ

3.2 การประเมินความแม่นยำของการลดมาตราส่วนทางสถิติ

งานวิจัยนี้มีการประเมินความแม่นยำด้วยดัชนีทางสถิติแบ่งเป็น ช่วงสอบเทียบ และ ช่วงทวนสอบ โดยระบุความยาวนานของข้อมูลในกราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฝนตรวจวัดกับปริมาณฝนจากการลดมาตราส่วนทางสถิติของสถานีต่างๆ โดยแสดงผลในหัวข้อที่ 4 ซึ่งงานวิจัยนี้มีการใช้ดัชนีทางสถิติ ประกอบด้วย

1) ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination; R^2) เป็นดัชนีที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Liner Regression) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากเข้าใกล้ 0 คือ ตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ตามกันน้อย แต่ถ้าเข้าใกล้ 1 คือ ตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามมีความสัมพันธ์ตามกันมาก แสดงสูตรคำนวณดังสมการที่ (1)

$$R^2 = \left(\frac{COV\ (O,M)}{\sqrt{VAR\ (O) VAR\ (M)}}\right)^2 \quad (1)$$

2) Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เป็นดัชนีแสดงความสัมพันธ์ของความแปรปรวนระหว่างค่าฝนจากโปรแกรม SDSM กับ ค่าฝนตรวจวัด เมื่อเทียบกับความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเฉลี่ย ใช้คาดคะเนความแม่นยำของการคาดคะเน แสดงสูตรคำนวณดังสมการที่ (2)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O_i})^2} \quad (2)$$

3) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Square Error; RMSE) เป็นดัชนีแสดงความคลาดเคลื่อนของข้อมูลตรวจวัดกับข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม SDSM แสดงสูตรคำนวณดังสมการที่ (3)

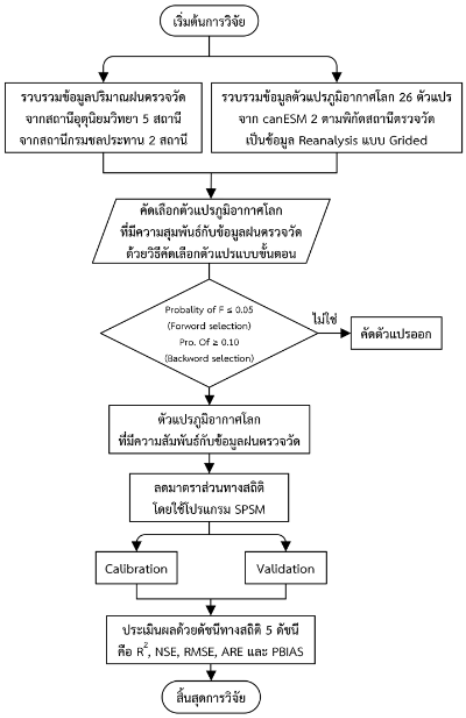
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(M_i - O_i)^2} \quad (3)$$

4) ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์เฉลี่ย (Average Relative Error, ARE) เป็นค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างฝนตรวจวัดกับฝนที่ได้จากโปรแกรม SDSM หากมีค่าเข้าใกล้ 0 คือ ฝนที่ได้จากโปรแกรม SDSM มีความคลาดเคลื่อนน้อย แสดงสูตรคำนวณดังสมการที่ (4)

$$ARE = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{O_i - M_i}{O_i}\right| \quad (4)$$

5) ร้อยละความเอนเอียงของการประมาณ (Percent Bias, PBIAS) เป็นร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่าฝนตรวจวัดกับฝนที่ได้จากโปรแกรม SDSM หากค่าเข้าใกล้ 0 คือ ค่าฝนที่ได้จากโปรแกรม SDSM มีความน่าเชื่อถือ ถ้ามีค่าบวกแสดงว่าค่าฝนจากโปรแกรม SDSM ต่ำกว่าค่าฝนตรวจวัด แสดงสูตรคำนวณดังสมการที่ (5)

$$PBIAS = 100\ \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - M_i)}{\sum_{i=1}^{n} O_i} \quad (5)$$



รูปที่ 2 การดำเนินกระบวนการวิจัย

โดยที่ $COV\ (O, M)$ คือ ความแปรปรวนรวมระหว่างค่าฝนตรวจวัดและค่าฝนที่ได้จากโปรแกรม SDSM , VAR คือ ความแปรปรวนของข้อมูล , n คือ จำนวนข้อมูล , M_i คือ ฝนที่ได้จากโปรแกรม SDSM และ O_i คือ ฝนที่ได้จากการตรวจวัด

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์ต่อการพยากรณ์ฝนภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ผลจากการคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลฝนตรวจวัดด้วยวิธีคัดเลือกตัวแปร

ตารางที่ 2 ตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดของสถานีต่างๆ [7]

PREDICTORS	Meaning	Sta.1	Sta.2	Sta.3	Sta.4	Sta.5	Sta.6
ncepmslpgl	ความดันที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง				●	●	●
ncepp1_fgl	ความเร็วลมที่ระดับความสูง 1,000 hPa			●	●	●	●
ncepp1_ugl	ทิศทางลมในแนวละติจูดที่ระดับความสูง 1,000 hPa						
ncepp1_vgl	ทิศทางลมในแนวลองจิจูดที่ระดับความสูง 1,000 hPa			●		●	
ncepp1_zgl	ความสัมพันธ์ของความเร็วลมจริงที่ระดับความสูง 1,000 hPa	●		●	●	●	●
ncepp1thgl	ทิศทางของลมที่ระดับความสูง 1,000 hPa	●	●	●			
ncepp1zhgl	ความแตกต่างของลมที่ระดับความสูง 1,000 hPa	●	●	●			●
ncepp5_fgl	ความเร็วลมที่ระดับความสูง 500 hPa			●		●	
ncepp5_ugl	ทิศทางของลมในแนวละติจูดที่ระดับความสูง 500 hPa	●				●	
ncepp5_vgl	ทิศทางของลมในแนวลองจิจูดที่ระดับความสูง 500 hPa	●	●				
ncepp5_zgl	ความสัมพันธ์ของความเร็วลมที่ระดับความสูง 500 hPa	●	●	●	●	●	●
ncepp5thgl	ทิศทางของลมที่ระดับความสูง 500 hPa						
ncepp5zhgl	ความแตกต่างของลมจริงที่ระดับความสูง 500 hPa		●				
ncepp8_fgl	ความเร็วลมที่ระดับความสูง 850 hPa	●		●			
ncepp8_ugl	ทิศทางลมในแนวละติจูดที่ระดับความสูง 850 hPa						
ncepp8_vgl	ทิศทางลมตามแนวลองจิจูดที่ระดับความสูง 850 hPa	●	●	●	●		●
ncepp8_zgl	ความสัมพันธ์ของความเร็วลมจริงที่ระดับความสูง 850 hPa			●	●	●	●
ncepp8thgl	ทิศทางของลมที่ระดับความสูง 850 hPa	●		●	●	●	●
ncepp8zhgl	ความแตกต่างของลมจริงที่ระดับความสูง 850 hPa	●	●			●	
ncepp500gl	ศักยภาพแรงโน้มถ่วงของโลกที่ระดับความสูง 500 hPa		●		●		
ncepp850gl	ศักยภาพแรงโน้มถ่วงของโลกที่ระดับความสูง 850 hPa		●	●			
ncepprcpgl	ปริมาณน้ำฝน	●	●	●	●	●	●
nceps500gl	ความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับความสูง 500 hPa	●	●	●	●	●	●
nceps850gl	ความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับความสูง 850 hPa			●	●	●	●
ncepshumgl	ความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับความสูง 1,000 hPa	●				●	
nceptempgl	อุณหภูมิเฉลี่ยที่ระดับความสูง 2 m			●	●		

หมายเหตุ : **Sta.1** คือ 030333, **Sta.2** คือ 060131, **Sta.3** คือ Bangkok Metropolis, **Sta.4** คือ Chonburi-Sattahip, **Sta.5** คือ Khao-E-To และ **Sta.6** คือ Phatthaya

แบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) ของแต่ละสถานีมีจำนวนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้ สถานี 030333 เท่ากับ 13 ตัวแปร, สถานี 060131 เท่ากับ 11 ตัวแปร, สถานี Bangkok Metropolis เท่ากับ 16 ตัวแปร, สถานี Chonburi-Sattahip เท่ากับ 12 ตัวแปร, สถานี Khao-E-To เท่ากับ 14 ตัวแปร และสถานี Phatthaya เท่ากับ 11 ตัวแปร โดยพบว่า ตัวแปรภูมิอากาศโลก nceps500gl ซึ่งเป็นตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับความสูง 500 hPa, ncepp5_zgl ซึ่งเป็นตัวแปรความสัมพันธ์ของความเร็วลมที่ระดับความสูง 500 hPa และ ncepprcpgl ซึ่งเป็นตัวแปรปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดทุกสถานี โดยแสดงผลดัง**ตารางที่ 2**

4.2 การประเมินความแม่นยำของการลดมาตราส่วนทางสถิติ

การประเมินความแม่นยำของผลการสอบเทียบและทวนสอบจากการลดมาตราส่วนทางสถิติด้วยดัชนีทางสถิติต่างๆ แสดงผลการประเมินดัง**ตารางที่ 4** และแสดงกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าปริมาณฝนตรวจวัดกับค่าปริมาณฝนจากการลดมาตราส่วนทางสถิติ แสดงดัง**รูปที่ 3**

ผลการสอบเทียบของข้อมูลปริมาณฝนจากการลดมาตราส่วนทางสถิติ พบว่า ช่วงสอบเทียบค่า R^2 ทุกสถานีมีความสัมพันธ์ของการลดมาตราส่วนกับฝนตรวจวัดสูง [7] โดยมีค่าระหว่าง 0.61 – 0.81 ส่วนค่า NSE มีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์แม่นยำดี [10] จำนวน 5 สถานี คือ 060131, Bangkok Metropolis, Chonburi-Sattahip, Khao-E-To และ Phatthaya และมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [10] 1 สถานี คือ

ตารางที่ 3 ช่วงเวลาการสอบเทียบและทวนสอบของการลดมาตราส่วนทางสถิติของข้อมูลปริมาณฝนแต่ละสถานี

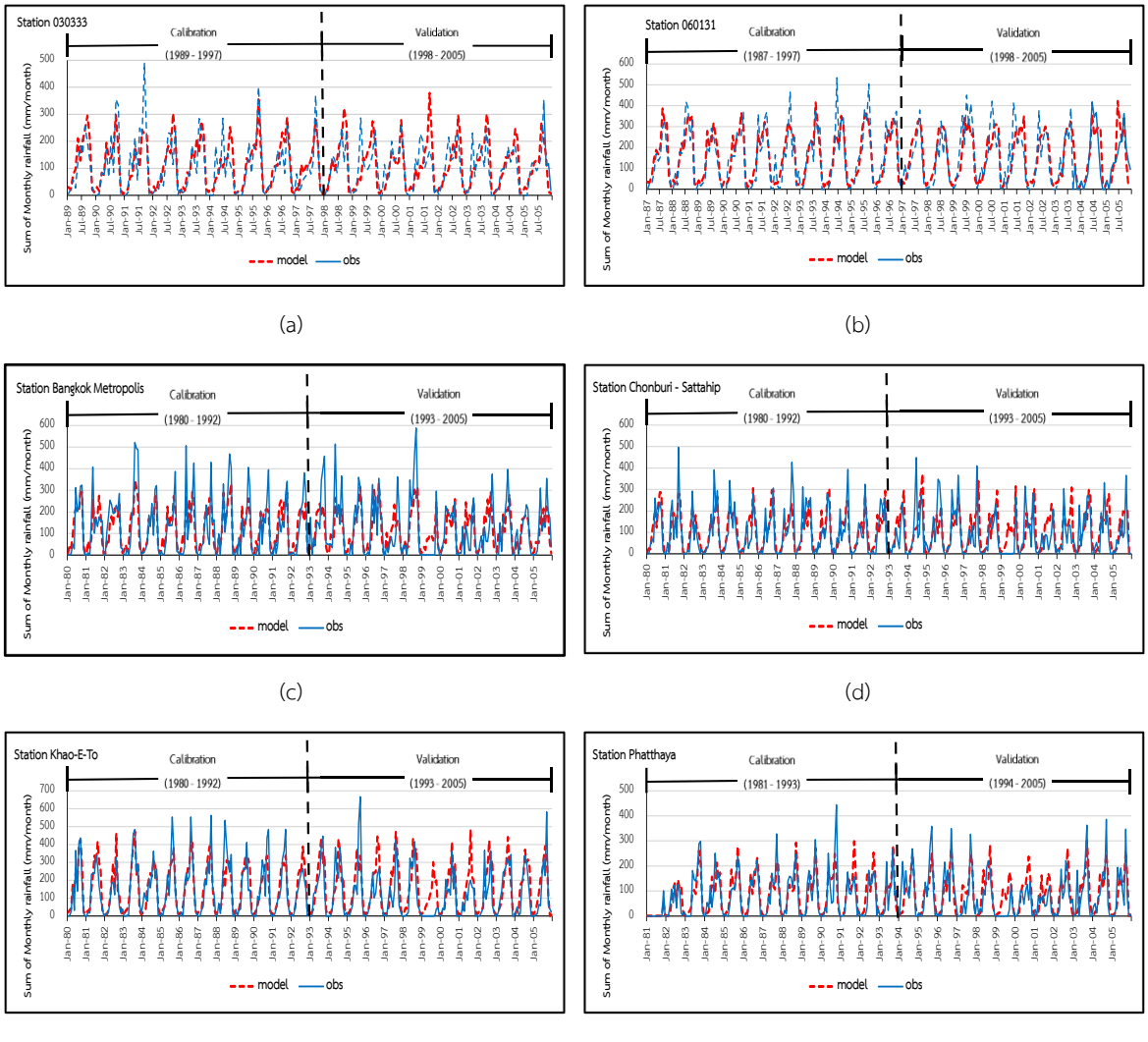
Station	Calibration	Validation
030333	1989 - 1997	1998 - 2005
060131	1987 - 1997	1998 - 2005
Bangkok Metropolis	1980 - 1992	1993 - 2005
Chonburi-Sattahip	1980 - 1992	1993 - 2005
Khao-E-To	1980 - 1992	1993 - 2005
Phatthaya	1981 - 1993	1994 - 2005

ตารางที่ 4 ผลการสอบเทียบและทวนสอบจากการลดมาตราส่วนทางสถิติของข้อมูลปริมาณฝนแต่ละสถานี

Station	Calibration					Validation				
	R^2	NSE	RMSE	ARE	PBIAS	R^2	NSE	RMSE	ARE	PBIAS
030333	0.61	0.60	64.90	0.40	-5.55	0.47	0.30	66.80	0.47	-4.37
060131	0.77	0.77	65.39	0.27	-3.54	0.62	0.59	81.87	0.35	-3.89
Bangkok Metropolis	0.81	0.80	47.60	0.15	-5.77	0.60	0.60	81.65	0.18	5.25
Chonburi-Sattahip	0.70	0.70	58.21	0.26	-4.20	0.35	0.24	88.47	0.43	-13.55
Khao-E-To	0.74	0.73	75.81	0.21	-3.43	0.57	0.47	100.54	0.37	-22.30
Phatthaya	0.71	0.70	47.67	0.25	-3.71	0.57	0.56	60.02	0.38	-0.71

030333 สำหรับผลของค่า RMSE, ARE ทุกสถานีมีความคลาดเคลื่อนน้อยและ PBIAS ช่วงสอบเทียบทุกสถานีมีค่าเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลการลดมาตราส่วนมีค่าที่สูงกว่าค่าตรวจวัด

ผลการทวนสอบของข้อมูลปริมาณฝนจากการลดมาตราส่วนทางสถิติ โดยช่วงดังกล่าวคาบเกี่ยวกับข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดปี 1999 ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการไม่ได้รายงานผลข้อมูลฝนตรวจวัดรายวันจำนวนมากร้อยละ 30 – 40 [9] แต่ไม่เกิดปัญหาดังกล่าวสำหรับสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน ดังนั้น จึงไม่นำข้อมูลปี 1999 มาประเมินความแม่นยำเพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ โดยผลการประเมินด้วยดัชนีทางสถิติ พบว่า ค่า R^2 ของ 4 สถานีมีความสัมพันธ์ของการลดมาตราส่วนกับฝนตรวจวัดสูง [7] คือ 060131, Bangkok Metropolis, Khao-E-To และ Phatthaya โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.57 – 0.62 และมีความสัมพันธ์ของการลดมาตราส่วนกับฝนตรวจวัดค่อนข้างดี [7] 2 สถานี คือ 030333 และ Chonburi-Sattahip โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.35 – 0.47 ส่วนค่า NSE มีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ 4 สถานี [10] คือ 060131, Bangkok Metropolis, Khao-E-To และPhatthaya สำหรับผลของค่า RMSE, ARE ทุกสถานีมีความคลาดเคลื่อนน้อย และค่า PBIAS ของสถานีส่วนใหญ่มีค่าเป็นลบ มีเพียง 2 สถานีที่มีค่าเข้าใกล้ 0 ไม่มากนัก คือ Chonburi-Sattahip และ Khao-E-To แสดงให้เห็นว่าผลการลดมาตราส่วนมีค่าที่สูงกว่าค่าตรวจวัด



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าปริมาณฝนตรวจวัดกับค่าปริมาณฝนจากการลดมาตราส่วนทางสถิติของสถานีต่างๆ

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกทำให้มีผลกระทบต่อพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงพื้นที่การศึกษา คือ พื้นที่โครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก ซึ่งต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมากถึงปริมาณน้ำต้นทุนเพื่อรองรับโครงการดังกล่าว โดยปริมาณน้ำต้นทุนจากธรรมชาติ คือ น้ำฝน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับการลดมาตราส่วนทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในอนาคต งานวิจัยนี้ได้ทำการลดมาตราส่วนทางสถิติของข้อมูลฝนตรวจวัดจากสถานีวัดน้ำฝนที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาจำนวน 6 สถานี และประเมินความแม่นยำด้วยดัชนีทางสถิติ โดยพบว่า ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่ดีในช่วงสอบเทียบแต่ช่วงทวนสอบมีผลที่ด้อยกว่าแต่ยังสามารถยอมรับได้จากผลของสถานีส่วนใหญ่ ดังนั้น ผลการศึกษาดังกล่าวจึงสามารถนำไปใช้ในการฉายภาพอนาคตของปริมาณฝนในพื้นที่ EEC เพื่อพัฒนาแนวทางในการปรับตัวภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อไป

จากกระบวนวิจัยมีข้อเสนอแนะถึงตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุด คือ ข้อมูลฝนตรวจวัด หากข้อมูลดังกล่าวมีความสมบูรณ์จะส่งผลให้กระบวนการสอบเทียบและทวนสอบรวมถึงผลการลดมาตราส่วนมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูลมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์และให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้าด้วยดีมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

[1] พลเพชร สมานมิตร, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์, ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย และ บัญชา ขวัญยืน. 2562. การลดมาตราส่วนทางสถิติสำหรับฝนรายวันภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาสถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี-สัตหีบ, น. 373-382. ในรายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

[2] เกศวรา สิทธิโชค, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์, นิธิรัชต์ สงวนเดือน และ ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์. 2561. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

[3] อภินันท์ พัชโรภาสวัฒนกุล, ขนิษฐา เสถียรพีระกุล, เกศสุดา สิทธิสันติกุล และ นิโรจน์ สินณรงค์. 2560. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, Veridian E-Journal Silpakorn University, ปีที่ 10 ฉบับที่ 3, หน้า 2528-2540.

[4] วิรัญจ์ จุลไกวัลสุจริต และ อุมา สีบุญเรือง. 2559. การเปรียบเทียบแบบจำลองภูมิอากาศโลกจากการลดขนาดด้วยโครงข่ายประสาทเทียมในการประเมินน้ำฝน, วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, ปีที่ 30 ฉบับที่ 2, หน้า 19-27.

[5] Barrie R. Bonsal and Terry D. Prowse. 2005. Regional Assessment of GCM-Simulated Current Climate over Northern Canada, The Arctic Institute of North America, Vol. 59 No. 2, P. 115-128.

[6] ศุภชัย กฤตสุทธาชีวะ, อภิรัฐ ปิ่นทอง และ ธีระพงษ์ ควรคำนวณ. 2561. ผลกระทบจากความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำไหลลงเขื่อนศรีนครินทร์, Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University, ปีที่ 5 ฉบับที่ 1, หน้า 103-118.

[7] พัลลภ สุวรรณมาลัย, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์, และ เกศวรา สิทธิโชค. 2562. การคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นที่มีอิทธิพลต่อความต้องการน้ำของพืชในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง, น. 179-185. ในรายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ. พัทยา, ชลบุรี.

[8] Shakeel Asharaf and Bodo Ahrens. 2014. Indian Summer Monsoon Rainfall Processes in Climate Change Scenarios, American Meteorological Society, Volume 28, P. 5414-5429.

[9] พลเพชร สมานมิตร, อภิสิทธิ์ มุคุระ และ จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์. 2561. การพัฒนาฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนในประเทศไทย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

[10] D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel and T. L. Veith. 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Volume 50(3), P. 885-900.

ID051

การสร้างแบบจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ในลักษณะสามมิติ ด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคณนา เพื่อกำหนดระยะปลอดภัย

Modeling for Liquefied Petroleum Gas Leaks in Three Dimensions by Computational Fluid Dynamics Software to Determine the Safety Distance

ธนวัฒน์ เทียมทะนงค์[1] และ สุนทรี ขุนทอง[2*]
[1]สาขาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: srcstk@ku.ac.th

Thanawat Tiamtanong and Soontree Khuntong*
[1]Safety Engineer and Environmental Management, Faculty of Engineer at Sriracha,
[2]Department of Resources and Environment, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University
Kasetsart University
[*]E-mail: srcstk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การสร้างแบบจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังเก็บขนาด 8,949 ลิตร โดยมุ่งเน้นศึกษาลักษณะของกลุ่มก๊าซที่รั่วไหลในลักษณะแบบจำลองสามมิติ โดยใช้โปรแกรม In:Flux ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคณนา หรือ Computational Fluid Dynamics (CFD) โดยได้ผนวกปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งกีดขวางและสิ่งปลูกสร้างโดยรอบมาร่วมในการคำนวณ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดระยะปลอดภัยต่อผลกระทบทางด้านสุขภาพ และกำหนดเขตควบคุมประกายไฟเพื่อป้องกันการติดไฟและการระเบิด โดยการสร้างแบบจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากหน้าแปลนท่อส่งใต้ถังเก็บก๊าซ ที่ขนาดรั่วไหล 38.1 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) และ 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) จำลองทิศทางการรั่วไหลใน 8 ทิศทางรอบหน้าแปลนในสภาวะลมสงบ และลมพัดต่างกัน 4 ทิศ (ที่ความเร็วเฉลี่ย และความเร็วลมสูงสุด) โดยสร้างแบบจำลองทั้งสิ้น 144 แบบจำลอง และใช้การซ้อนภาพแบบจำลอง เพื่อแสดงขอบเขตการรั่วไหลที่เป็นไปได้ ผลการวิจัยสามารถแสดงภาพลักษณะสามมิติของกลุ่มก๊าซที่รั่วไหล ตามระดับอันตรายของการได้รับสัมผัสสารเคมีแบบเฉียบพลัน (Acute Exposure Guideline Levels: AEGLs) ที่ระดับความเข้มข้น AEGL-1 : 5,500 ppm ,AEGL-2 : 21,000 ppm และ AEGL-3 : 33,000 ppm โดยมีระยะห่างสูงสุดจากจุดรั่วไหล 125.8 เมตร ,61.6 เมตร และ 28.8 เมตรตามลำดับ และแสดงภาพความเข้มข้นของกลุ่มก๊าซที่ ระดับ 4,200 ppm และ 21,000 ppm (ร้อยละ 20 และ 100 ของค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซที่อาจการลุกติดไฟ) โดยมีระยะห่างจากจุดรั่วไหล 125.8 เมตร และ 61.6 เมตร ตามลำดับ

คำหลัก แบบจำลองการรั่วไหล, ก๊าซปิโตรเลียมเหลว, โปรแกรมทางด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคณนา

Abstract

The liquefied petroleum gas (LPG) leak modeling form 8,949-liter storage tank by focusing to study the characteristic of gas leak in a three-dimensional model. The software used was in:Flux software which was the computational fluid dynamic (CFD) software. uses combined to determine the Influence of leakage. Additionally, the surrounding obstruction and building condition factors. The objectives the modeling was prediction of the distribution of the leakage, prevention of ignition and explosion and finally preventing the health effects. This modelling scenario was LPG leak from flange of gas pipeline under the storage tank with

the leak sizes 38.1 millimeters (1.5 inches) and 50.8 millimeters (2 inches). The simulation of leak direction within 8 directions and 4 wind directions (average and maximum wind speed). The total of scenario was 144, the overlapping picture of modelling was then proceeded to show the maximum possible gas leakage extent. The three-dimension gas leakage according to Acute Exposure Guideline Levels: AEGLs at the concentration of AEGL-1: 5,500 ppm, AEGL-2 : 21,000 ppm and AEGL-3 : 33,000 ppm. The distance from the leak point was 128.8, 61.6 and 28.8 meters and individual gas concentration was 4,200, 21,000 ppm (20% and 100 % of lower exploration limit: LEL) and have distance from leak point was 125.8 meter and 61.6 meter, respectively.

Keyword Leak modelling, Liquefied Petroleum Gas, Computational Fluid Dynamics Software

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการนำก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied petroleum gas: LPG) มาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างหลากหลาย โดยมีวัตถุประสงค์ในการใช้ที่แตกต่างกัน เช่น นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีต่างๆ หรือนำมาใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง เช่น เชื้อเพลิงหม้อไอน้ำ เชื้อเพลิงสำหรับเตาอบชิ้นงานขนาดใหญ่ เชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ ข้อดีของก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีอยู่หลายประการ อาทิการให้พลังงานความร้อนสูง การจัดหาสามารถทำได้ง่าย ด้วยเหตุนี้เองก๊าซปิโตรเลียมเหลว จึงมีความนิยมอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่ใช้ในประเทศไทย ประกอบด้วย โพรเพน และ บิวเทน เป็นส่วนประกอบหลัก ก๊าซทั้งสองชนิดมีความไวไฟสูง ในโรงงานอุตสาหกรรมจะเก็บในรูปถังเก็บและจ่าย หากขาดการดูแลรักษาที่ดี ทำให้เกิดการรั่วไหลและเมื่อสัมผัสกับประกายไฟภายนอก อาจทำให้เกิดอัคคีภัยและการระเบิด นำไปสู่ผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน ของผู้ที่อยู่ใกล้เคียง จึงทำให้มีการศึกษาผลกระทบการรั่วไหลของก๊าซอย่างแพร่หลาย โดยใช้วิธีต่างกันออกไป
ซึ่งวิธีการที่ใช้ศึกษาที่พบได้ เช่นการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมินในการประเมินการรั่วไหล

สมโชค (2559) ศึกษาผลกระทบการรั่วไหลจากถังก๊าซปิโตรเลียมเหลวขนาด 8,949 ลิตร โดยใช้โปรแกรม ALOHA (Ariel Location of Hazardous Atmosphere) ร่วมกับโปรแกรม MARPLOT สร้างแผนภาพการกระจายตัวของก๊าซจากการรั่วไหล เพื่อวิเคราะห์ถึงรัศมีและทิศทางการรั่วไหล (Footprint) จากนั้นจึงนำไปแสดงผลบนภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับโปรแกรม MARPLOT พบว่าจะเกิดกลุ่มหมอกที่มีความเข้มข้นของสารที่อยู่ในช่วงที่สามารถทำให้เกิดการระเบิดได้ในรัศมี 232 เมตร หากมีแหล่งกำเนิดประกายไฟและที่ระยะ รัศมี 482 เมตรจะมีความเข้มข้นของก๊าซร้อยละ 10 ของค่าขีดจำกัดล่างของการระเบิด [1]

กุลกัลยา (2551) ศึกษาผลกระทบการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยใช้โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Breeze Haz ในการสร้างแบบจำลองการรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวขนาด 5,208 กิโลกรัม โดยสมมุติเหตุการณ์คือให้มีรูรั่วจากถัง 1 นิ้วเป็นเวลา 10 นาทีทำการประเมินอัตราการไหลของสารเคมี พบการรั่วไหลมีรูปแบบการรั่วไหลสองสถานะ (Two-Phase) อัตราการรั่วไหลเท่ากับ 13.28 กิโลกรัมต่อวินาทีปริมาณก๊าซที่รั่วไหลเท่ากับ 6.54 นาที [2]

ทั้งสองวิธีเป็นการประเมินการรั่วไหลที่ดี แต่ยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องการไม่คำนึงถึงสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร หรือกำแพงโดยรอบ ซึ่งจะส่งผลให้ลักษณะการแพร่กระจายของก๊าซแตกต่างออกไปจากที่คำนวณได้ ซึ่งในสภาพปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ให้คุ้มค่า เป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการโรงงานคำนึงถึง ทำให้การติดตั้งถังก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะถูกล้อมรอบด้วยอาคาร หรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ

ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้โปรแกรม in:Flux ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคณนา หรือ Computational Fluid Dynamics (CFD) พัฒนาโดยบริษัท Insight Numerics โดยเน้นศึกษาลักษณะของกลุ่มก๊าซที่รั่วไหลในลักษณะแบบจำลองสามมิติ ซึ่งจะมีการนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องอันได้แก่สิ่งกีดขวาง หรือสิ่งปลูกสร้างโดยรอบมาร่วมคำนวณ ซึ่งเป็นจุดเด่นของโปรแกรมนี้ ร่วมกับการใช้ข้อมูลทิศทางการรั่วไหลจากถังเก็บก๊าซ สภาพภูมิอากาศ ทิศทางลมมาเป็นปัจจัยร่วมให้เกิดแบบจำลองที่หลากหลาย และโปรแกรมนี้ผู้ใช้งานสามารถปรับตั้งค่าการแสดงผลลัพท์ลักษณะกลุ่มก๊าซที่รั่วไหลที่ความเข้มข้นต่างๆตามที่สนใจศึกษาได้อย่างอิสระ

โดยผู้วิจัยใช้กรณีศึกษาจากการจัดเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวใน5y'บรรจุทรงกระบอกแนวนอน ที่ใช่ในโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรีเป็นกรณีศึกษา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

สร้างแบบจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวจากถังเก็บเพื่อทราบถึงขอบเขตการรั่วไหลที่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนอพยพและทราบถึงขอบเขตการรั่วไหลของก๊าซที่อยู่ในช่วงที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถลุกติดไฟได้ หรือ lower explosive limit (LEL) เพื่อใช้กำหนดระยะปลอดภัยในการควบคุมแหล่งเกิดประกายไฟเพื่อป้องกันการติดไฟและการระเบิด

3. วิธีการวิจัย

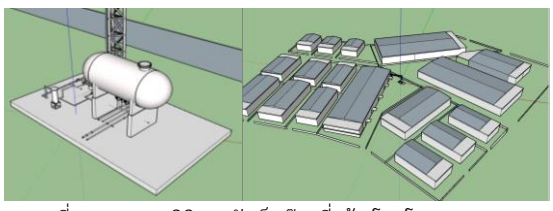
โรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์แห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ชลบุรี จังหวัดชลบุรี โดยมีที่ตั้งโรงงานทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก เป็นโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ ทิศใต้ติดกับถนนของการนิคมอมตะซิตี้ชลบุรีและเป็นทางเข้า-ออก หลักของโรงงาน ถังก๊าซปิโตรเลียมเหลวตั้งอยู่ทิศเหนือของโรงงาน โดยห่างจากอาคารโรงงาน 12 เมตร ห่างจากรั้วโรงงานทางทิศเหนือ 8 เมตรโดยมีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเพื่อเป็นพลังงานให้เตาอบ โดยถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นถังแนวนอน ขนาด 8,949 ลิตร



รูปที่ 1 แผนผังโรงงานที่ศึกษาและตำแหน่งถังก๊าซปิโตรเลียมเหลว

3.1 การสร้างแบบสามมิติของถังเก็บก๊าซและสิ่งก่อสร้าง

โดยผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Sketup ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท Last Software มาสร้างแบบสามมิติของถังเก็บก๊าซและตัวอาคารโดยรอบ โดยใช้ขนาดจากแบบแปลนสถานีก๊าซและแบบแปลนโรงงาน



รูปที่ 2 แบบสามมิติของถังเก็บก๊าซที่สร้างโดยโปรแกรม Sketup

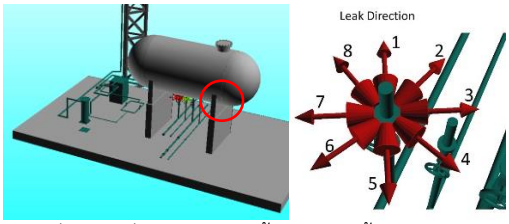
3.2 นำแบบสามมิติเข้าสู่โปรแกรม In:Flux และระบุค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องการรั่วไหล

โดยประกอบไปด้วย ขนาดการรั่วไหล ตำแหน่งที่รั่วไหล และทิศทางการรั่วไหลและตัวแปรอื่นๆ โดยใช้การป้อนข้อมูลในโปรแกรมดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์การรั่วไหลที่กำหนดในโปรแกรม In:Flux

ตัวแปร	ค่าที่ระบุ
ขนาดการรั่วไหล	50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) และ 38.1 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)
จุดที่รั่วไหล	บริเวณหน้าแปลนท่อส่งก๊าซใต้ถังเก็บก๊าซ สูงจากพื้น 1.4เมตร
ทิศทางการรั่วไหล	8 ทิศทางรอบหน้าแปลนท่อ
ชนิดของก๊าซ	ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (โพรเพรนและบิวเทนอัตราส่วน 6:4)
ขนาดบรรจุถังก๊าซ	8,949 ลิตรโดยบรรจุก๊าซที่ร้อยละ 85 ของความจุถัง
ความดันภายในถัง	7 บาร์
อุณหภูมิก๊าซภายในถัง	21 องศาเซลเซียส
ขีดขำกัดการติดไฟของก๊าซ	ร้อยละ 2.1 – 9.5 ในอากาศ

ขนาดการรั่วไหลกำหนดให้มีขนาดรูรั่ว 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) และ 38.1 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) ซึ่งเป็นขนาดเท่ากับขนาดของท่อส่งก๊าซที่มีอยู่ โดยท่อส่งก๊าซมีการเชื่อมต่อโดยใช้หน้าแปลน ซึ่งมีโอกาสที่ชำรุดและเกิดการรั่วไหลได้ เช่น จากการคลายตัวของโบลต์และนัตที่ยึด หรือการชนกระแทก จึงกำหนดให้มีการรั่วไหลที่จุดดังกล่าว ส่วนทิศทางการรั่วไหล เนื่องจากทุกทิศทางรอบถังเก็บก๊าซนั้นมีอาคารต่างๆ ที่อาจจะได้รับผลกระทบอยู่โดยรอบ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้สถานการณ์จำลองมีการรั่วไหล 8 ทิศทางรอบหน้าแปลนเป็นตัวแทนทิศทางการรั่วไหลที่อาจเกิดขึ้น

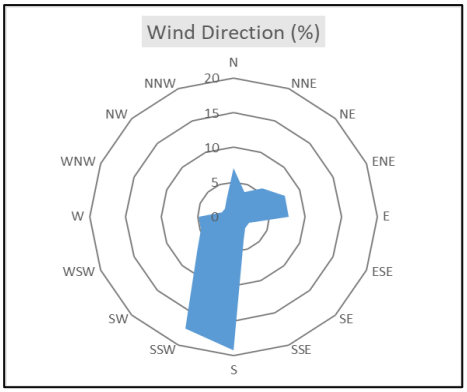


รูปที่ 3 จุดที่รั่วไหลขนาด 2 นิ้วและ 1.5 นิ้วและทิศทางการรั่วไหลใน 8 ทิศทางรอบหน้าแปลน

3.3 กำหนดตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ

การกำหนดสภาพภูมิอากาศจะใช้สถิติย้อนหลังจากสถานีตรวจวัดอากาศชลบุรี [3] ซึ่งเป็นสถานีที่ใกล้ถังเก็บก๊าซมากที่สุด ตั้งอยู่ในพิกัด ละติจูด 13° 22' 0.0" N ลองจิจูด 100° 59' 0.0" E ห่างจากจุดที่ตั้งถังเก็บก๊าซ 13.26 กิโลเมตร

ตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรมจะใช้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2553-2562 และใช้ข้อมูลทิศทางลมทุกสามชั่วโมงมาจัดทำเป็นแผนภาพการกระจายทิศทางลม



รูปที่ 4 การกระจายทิศทางลม ปี พ.ศ.2553-2562 สถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี

แต่เนื่องจากทิศทางลม และความเร็วลม มีความแปรปรวน ผู้วิจัยจึงได้เลือกสถานการณ์จำลองที่ ก๊าซรั่วไหลขณะที่ลมสงบ และในขณะที่มีลมพัดมาจากทิศใต้ (S) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางใต้ (SSW) ทิศตะวันออก (E) และ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือค่อนไปทางตะวันออก (ENE) ซึ่งเป็นทิศทางลมที่มีความถี่การพัดสูงสุด 4 ลำดับแรกจากสถิติย้อนหลัง 10 ปี โดยมีอัตราส่วนของทิศทางลมอยู่ที่ร้อยละ 19.2, 17.4, 7.8 และ 7.7 ตามลำดับส่วนความเร็วลมที่ใช้จะใช้ความเร็วลมสูงสุด ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละทิศทาง

ตารางที่ 2 ทิศทางลมและความเร็วปี พ.ศ.2553 - 2562 สถานีอุตุนิยมวิทยาชลบุรี

ทิศทางลม	ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที)	ความเร็วลมสูงสุด (เมตร/วินาที)
S	4.21	11.32
SSE	3.74	14.92
E	3.11	14.4
ENE	3.53	16.46

3.4 สร้างแบบจำลองการรั่วไหลและการแปรผล

จากตัวแปรด้านการรั่วไหลและตัวแปรสภาพอากาศ สามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองทั้งสิ้นจำนวน 168 แบบจำลอง จากนั้นตั้งค่าการแสดงผลลัพท์ และประมวลผลในโปรแกรม โดยกำหนดให้แสดงผลลัพท์แบ่งออกเป็นสองกรณี

กรณีผลกระทบต่อสุขภาพ จะแบ่งระดับความเข้มข้นก๊าซที่รั่วไหล ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ตามระดับอันตรายของการได้รับสัมผัสสารเคมีแบบเฉียบพลัน (Acute Exposure Guideline Levels: AEGLs) [4] ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ (แสดงเป็น ppm หรือ mg/m^3)

1) ระดับ AEGL-1 คือความเข้มข้นของสารในอากาศซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความไม่สบาย การระคายเคือง หรือผลกระทบที่ไม่แสดงอาการ อย่างไรก็ตาม ผลกระทบจะไม่ก่อให้เกิดการพิการและเกิดเพียงชั่วคราวรวมทั้งกลับเป็นปกติได้หากหยุดการรับสัมผัส

2) ระดับ AEGL-2 คือความเข้มข้นของสารในอากาศซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่สามารถกลับเป็นปกติได้หรือความรุนแรงเกิดเป็นระยะเวลานาน หรือทำให้ไม่สามารถหนีออกจากที่เกิดเหตุได้

3) ระดับ AEGL-3 คือความเข้มข้นของสารในอากาศซึ่งคาดว่าประชาชนทั่วไปรวมทั้งผู้ที่ได้รับผลกระทบจะเกิดความไม่สบาย การระคายเคือง หรือผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือทำให้เสียชีวิตได้

โดยสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกาได้ระบุข้อมูลระดับ AEGLs ที่ 60 นาที [5] ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (บิวเทน และ โพรเพน) ที่ระดับ AEGL-1, AEGL-2 และ AEGL-3 ที่ 5,500 ppm,17000 ppm และ 33,000 ppm ตามลำดับ

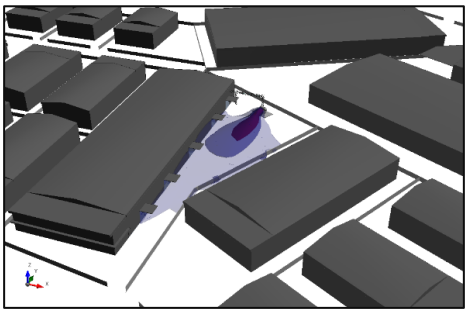
กรณีความเสี่ยงต่อการลุกติดไฟและการระเบิด ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะมีค่าขีดจำกัดการติดไฟที่ Lower Explosive Limit (LEL) อยู่ที่ 21,000 ppm และมีค่า Upper Explosive Limit (UEL) อยู่ที่ 95,000 ppm ซึ่งก็คือปริมาณร้อยละของก๊าซหรือไอระเหยที่ผสมกับอากาศจนเกิดเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการระเบิดหรือติดไฟได้ โดยผู้วิจัยกำหนดให้โปรแกรมแสดงผลที่ร้อยละ 20 ของค่า LEL หรือ 4,200 ppm ซึ่งเป็นค่าที่เครื่องตรวจจับก๊าซของถังเก็บก๊าซในกรณีศึกษาเริ่มส่งสัญญาณเตือนครั้งที่หนึ่งเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบและดำเนินการตามมาตรการฉุกเฉิน และกำหนดให้มีการแสดงผลที่ร้อยละ 100 ของค่า LEL หรือ 21,000 ppm เพื่อใช้ในการควบคุมประกายไฟอย่างเคร่งครัด เช่นการไม่ติดตั้งเครื่องจักรหรือมีกระบวนการผลิตที่ก่อให้ เกิดประกายไฟในบริเวณดังกล่าว

4.ผลการศึกษา

4.1 ขอบเขตการรั่วไหลที่อาจผลกระทบต่อสุขภาพ

จากการประมวลผลโดยโปรแกรม in:Flux จะได้แบบจำลองทั้งสิ้น 168 แบบจำลองโดยแต่ละแบบจำลองจะแสดงถึงขอบเขตการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวแตกต่างกัน ดังในรูปที่ 5 จะแสดงขอบเขตการรั่วไหลของก๊าซ

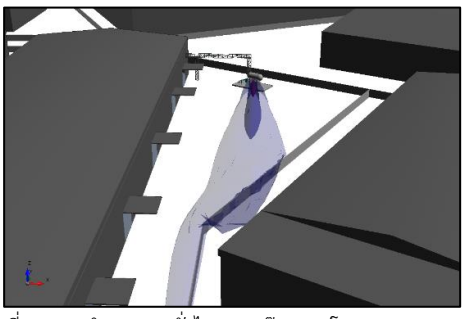
ปิโตรเลียมเหลวจากรูรั่วขนาด 50.8 มิลลิเมตร โดยแสดงภาพขอบเขตการรั่วซ้อนทับกัน 3 ชั้น โดยชั้นในสุดจะแสดงความเข้มข้นก๊าซที่ AEGL-1 และชั้นต่อมาเป็นระดับ AEGL-2 และ AEGL-3 โดยมีระยะขอบเขตการรั่วไหลห่างจากถังเก็บก๊าซสูงสุดอยู่ที่ 14.7 เมตร, 62.8เมตร และ 99.5 เมตร ตามลำดับ และมีอัตราการรั่วไหล 3.696 กิโลกรัมต่อวินาที ซึ่งหากต้องการหลีกเลี่ยงผลกระทบด้านสุขภาพต่อก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะต้องอยู่นอกขอบเขตการรั่วไหลนี้ โดยที่แบบจำลองนี้เป็นเพียงหนึ่งในแบบจำลองจากทั้งหมด



รูปที่ 5 แบบจำลองการรั่วไหลของก๊าซจากโปรแกรม in:Flux ขนาดการรั่วไหล 50.8 มิลลิเมตร รั่วในทิศทางที่ 7

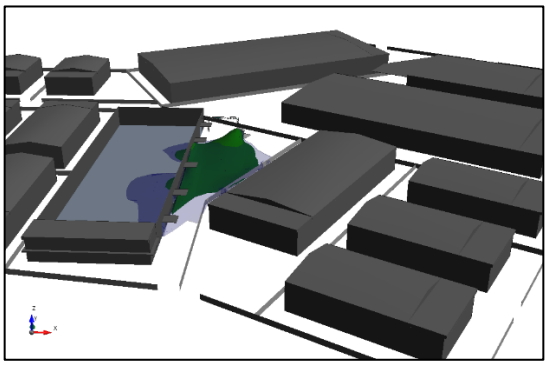
และเมื่อนำแบบจำลองแต่ละแบบจำลองมาพิจารณา ผู้วิจัยมีข้อสังเกตจากลักษณะกลุ่มก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่รั่วไหลออกมาจากถังเก็บก๊าซปิโตรเลียมเหลวดังนี้

1.สิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งกีดขวางโดยรอบมีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มก๊าซที่รั่วไหล เช่นสิ่งกีดขวาง กำแพง หรือตัวอาคารโรงงานสามารถทำให้เมื่อกลุ่มก๊าซที่รั่วไหลที่เคลื่อนไปกระทบ จะเบนตามแนวของสิ่งปลูกสร้าง



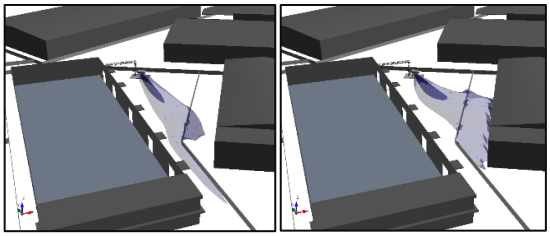
รูปที่ 6 แบบจำลองการรั่วไหลของก๊าซจากโปรแกรม in:Flux ขนาดการรั่วไหล 50.8 มิลลิเมตร รั่วในทิศทางที่ 5

2.ขนาดการรั่วไหลที่ต่างกันมีผลต่อขอบเขตความเข้มข้นของก๊าซ เช่นขนาดรูรั่ว ที่ 50.8 มิลลิเมตร จะมีมีขอบเขตการรั่วไหลที่กว้างกว่าขนาดรูรั่วที่ 38.1 มิลลิเมตร ดังในรูปที่ 6 ขอบเขตด้านนอกแสดงความเข้มข้นของการรั่วไหลที่ 5500 ppm จากขนาดรูรั่วขนาด 50.8 มิลลิเมตร โดยมีระยะห่างจากถังก๊าซสูงสุด 93 เมตร ส่วนขอบเขตด้านในแสดงความเข้มข้นของการรั่วไหลที่ 5500 ppm เท่ากัน แต่รั่วจากขนาดรูรั่วขนาด 38.1 มิลลิเมตร พบว่ามีระยะห่างจากถังก๊าซสูงสุด 72 เมตร



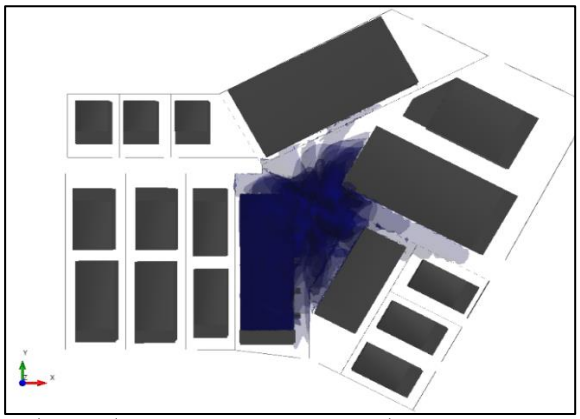
รูปที่ 7 แบบจำลองการรั่วไหลของก๊าซจากโปรแกรม in:Flux เปรียบเทียบขนาดการรั่วไหล 50.8 และ 38.1 มิลลิเมตร

3.ทิศทางลมมีผลทำให้แนวการกระจายของกลุ่มก๊าซเปลี่ยนแปลงไปโดยจากรูปที่ 7 พบว่าเมื่อมีลมพัดกลุ่มก๊าซจะเบนออกจากตามการพัดของลม ไปสัมผัสยังอาคารข้างเคียง



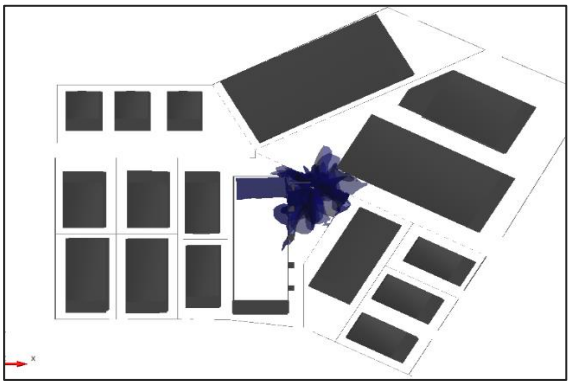
รูปที่ 8 เปรียบเทียบแบบจำลองการรั่วไหล ขนาดการรั่วไหล 50.8 มิลลิเมตร ในสภาวะลมสงบ (ซ้าย) และในขณะที่มีลมพัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือค่อนไปทางตะวันออก ENE (ขวา)

เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะขอบเขตการรั่วไหลของก๊าซที่เปลี่ยนไปตามแต่ละแบบจำลอง และเกิดความรวดเร็วในการจัดการเมื่อเกิดการรั่วไหล ผู้วิจัยจึงได้นำแบบจำลองทั้งหมดมาซ้อนทับกันในภาพเดียว จะทำให้มองเห็นขอบเขตความเข้มข้นของก๊าซที่รั่วไหลที่คลอบคลุมทุกกรณีที่เกิดขึ้น โดยที่การรั่วไหลที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซ 5500 ppm หรือระดับ AEGL-1 ซึ่งเป็นระดับที่มีผลกระทบต่อคนทั่วไป จะแสดงดังรูปที่ 8 โดยระยะห่างสูงสุดจากจุดที่รั่วไหลคือระยะ 125.8 เมตร บุคคลทั่วไปควรหลีกเลี่ยงการอยู่ในบริเวณดังกล่าว เพื่อลดผลผลกระทบ และการจัดตั้งจุดรวมพล ควรจัดตั้งจุดรวมพลที่ไกลกว่าระยะนี้



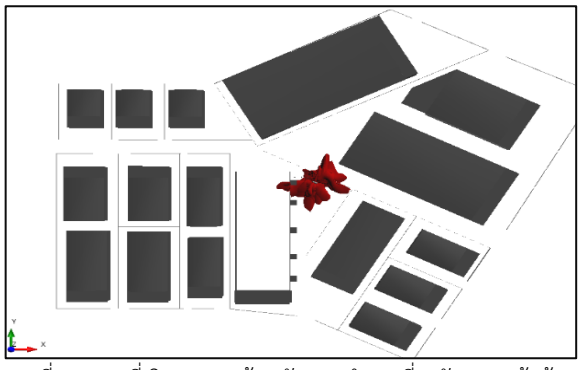
รูปที่ 9 ภาพที่เกิดจากการซ้อนทับแบบจำลองที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซที่รั่วไหล 5500 ppm หรือ ระดับ AEGL-1

ต่อมาจะเป็นขอบเขตระดับความเข้มข้นของก๊าซที่รั่วไหล 17,000 ppm หรือ ระดับ AEGL-2 ซึ่งผู้ที่สัมผัสจะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่ความรุนแรงและเกิดเป็นระยะเวลานานหรือทำให้ ไม่สามารถหนีออกจากที่เกิดเหตุได้ดังในรูปที่ 9 โดยระยะที่สูงสุดจากจุดที่รั่วไหลคือระยะ 61.6 เมตร ซึ่งระยะดังกล่าวเป็นระยะที่ผู้มีหน้าที่ระงับเหตุฉุกเฉินไม่ควรเข้าไปปฏิบัติงานในขอบเขตนี้โดยปราศจากครื่องป้องกันที่เหมาะสม



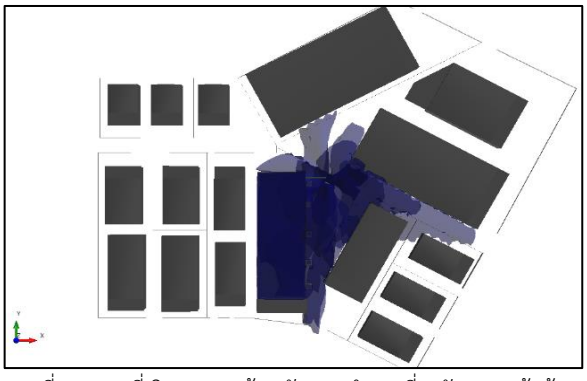
รูปที่ 10 ภาพที่เกิดจากการซ้อนทับแบบจำลองที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซที่รั่วไหล 17,000 ppm หรือ ระดับ AEGL-1

ระยะสุดท้ายจะเป็นระยะที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซ 33,000 ppm หรือ ระดับ AEGL-3 ซึ่งผู้ที่สัมผัสจะเกิดผลกระทบรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตจึงไม่ควรเข้าไปเขตดังกล่าว ไม่ว่ากรณีใดๆ จนกว่าความเข้มข้นของก๊าซจะลดต่ำลงกว่า โดยระยะที่สูงสุดจากจุดที่รั่วไหลอยู่ที่ระยะ 28.83 เมตรห่างจากจุดรั่วไหล



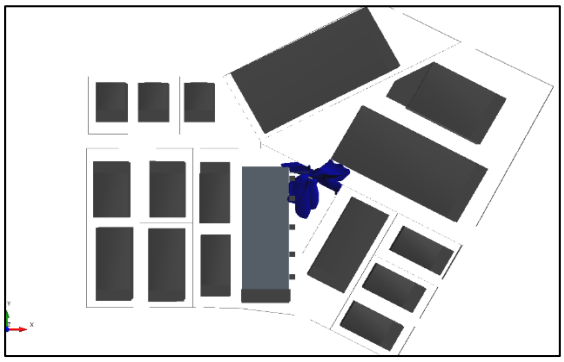
รูปที่ 11 ภาพที่เกิดจากการซ้อนทับแบบจำลองที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซที่รั่วไหล 33,000 ppm หรือ ระดับ AEGL-3

4.2 ขอบเขตการรั่วไหลที่มีความเสี่ยงต่อการลุกติดไฟและการระเบิด ผลการศึกษาโดยใช้การซ้อนทับแบบจำลองการรั่วไหลโดยกำหนดขอบเขตความเข้มขันของก๊าซที่ร้อยละ 20 ของค่า LEL หรือ 4,200 ppm ซึ่งขอบเขตดังกล่าวจะถูกนำมากำหนดเป็นขอบเขตที่ใช้ในการควบคุมประกายไฟเมื่อเกิดเหตุโดยจะต้องกำหนดมาตรการในขณะเกิดเหตุ เช่น ห้ามสตาร์ทรถที่จอดในบริเวณดังกล่าว หยุดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดประกายไฟเช่นการเชื่อม โดยระยะสูงสุดจากจุดที่รั่วไหลอยู่ที่ระยะ 134.2 เมตร



รูปที่ 12 ภาพที่เกิดจากการซ้อนทับแบบจำลองที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซที่รั่วไหล 4,200 ppm หรือ ร้อยละ 20 ของค่า LEL

และผลการศึกษาใช้การซ้อนทับแบบจำลองการรั่วไหลโดยใช้ขอบเขตความเข้มขันของก๊าซที่ร้อยละ 100 ของค่า LEL หรือ 21,000 ppm พบว่า โดยมีระยะสูงสุดจากจุดที่รั่วไหลอยู่ที่ระยะ 32.2 เมตร ซึ่งขอบเขตดังกล่าวจะถูกนำมากำหนดเป็นขอบเขตที่ใช้ในการควบคุมประกายไฟอย่างเคร่งครัดตั้งแต่การวางแผนผังโรงงาน เพื่อไม่ให้มีกิจกรรมใดที่ก่อให้เกิดประกายไฟในบริเวณขอบเขตนี้ รวมถึงมาตรการควบคุมอื่นๆเช่นการห้ามสูบบุหรี่หรือกำหนดพื้นที่ห้ามจอดยานพาหนะ



รูปที่ 12 ภาพที่เกิดจากการซ้อนทับแบบจำลองที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซที่รั่วไหล 21,000 ppm หรือ ร้อยละ 100 ของค่า LEL

5. สรุป

การสร้างแบบจำลองการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในลักษณะสามมิติด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคณนา โดยการใช้โปรแกรม in:Flux สามารถแสดงภาพลักษณะสามมิติของกลุ่มก๊าซที่รั่วไหล ตามระดับอันตรายของการได้รับสัมผัสสารเคมีแบบเฉียบพลัน (Acute Exposure Guideline Levels: AEGLs) ที่ระดับความเข้มข้น AEGL-1 : 5,500 ppm ,AEGL-2 : 21,000 ppm และ AEGL-3 : 33,000 ppm โดยมีระยะห่างจากจุดรั่วไหล 125.8 เมตร 61.6 เมตร และ 28.8 เมตรตามลำดับ โดยสามารถนำระยะทางที่ได้ไปกำหนดระยะปลอดภัยต่อผลกระทบทางด้านสุขภาพได้ และสามรถแสดงความเข้มข้นของก๊าซที่ ระดับ 4,200 ppm และ 21,000 ppm (ร้อยละ 20 และ 100 ของค่าความเข้มข้นต่ำสุดของก๊าซที่อาจการลุกติดไฟ) โดยมีระยะห่างจากจุดรั่วไหล 134.2 เมตร และ 32.2 เมตร ตามลำดับเพื่อใช้ในการกำหนดเขตควบคุมการเกิดประกายเพื่อป้องกันการลุกติดไปและการระเบิดที่รั่วไหล

วิธีนี้เป็นทางเลือกหนึ่งในการประยุกต์หาขอบเขตและทิศทางของก๊าซปิโตรเลียมเหลวของก๊าซเกิดการรั่วไหลของก๊าซได้ และจากการวิจัยพบข้อดีของการใช้วิธีดังกล่าวดังนี้

1. การแสดงแบบจำลองในรูปแบบสามมิติ ช่วยให้ง่ายต่อการตัดสินใจวางแผนเช่นการวางผังโรงงาน การวางแผนเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินได้
2. แบบจำลองคำนึงถึงสภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น สิ่งกีดขวาง กำแพง ตัวอาคาร ซึ่งเป็นอีกหนึ่งคุณสมบัติที่ช่วยให้แบบจำลองการรั่วไหลมีความสมจริงมากขึ้น
3. การซ้อนภาพแบบจำลองเข้าด้วยกันจะทำให้เห็นภาพรวมของก๊าซที่รั่วไหลได้ดีกว่าการใช้แบบจำลองใดแบบจำลองหนึ่ง

สำหรับข้อจำกัดและข้อด้อยของการใช้วิธีนี้คือ

1. จำเป็นจะต้องสร้างแบบสามมิติของถังเก็บก๊าซและสิ่งปลูกสร้างโดยรอบ หากแบบที่สร้างมีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ละเอียดเพียงพอผลลัพท์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมจะมีความคลาดเคลื่อนตามไปด้วย
2. การประมวลผลใช้ทรัพยากรและพลังประมวลผลคอมพิวเตอร์สูง โดยในหนึ่งแบบจำลองจะใช้เวลาประมาณผลประมาณ 30-45 นาทีทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการสร้างแบบจำลอง ในกรณีที่แบบจำลองมีจำนวนมาก

เอกสารอ้างอิง

[1] สมโชค สุยะสา. 2559. การประเมินผลกระทบจากการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลวในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์,น.672-678. ในรายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่13 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

[2] กุลกัลยา ลุลิตา. 2551. การประเมินความเสี่ยงและจัดการอุบัติเหตุการรั่วไหลของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas : LPG) จากถังกังเก็บโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ BREEZE HAZ Version 1.1 กรณีศึกษาบริษัท เชิ่งไท่ (ประเทศไทย) จำกัด. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[3] กรมอุตุนิยมวิทยา, สถิติอุณหภูมิ และทิศทางลม ระหว่าง พ.ศ. 2553 – 2562,ข้อมูลจาก ระบบสารสนเทศอุตุนิยมวิทยา สำนักบริการดิจิทัลอุตุนิยมวิทยา https://www.tmd.go.th/cis/main.php (วันที่สืบค้นข้อมูล 2 เมษายน 2563).

[4] กรมควบคุมมลพิษ, คู่มือการระงับอุบัติภัยเบื้องต้นจากวัตถุอันตราย, ข้อมูลจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/hotline/ERG2008/ERG2008v4.htm (วันที่สืบค้นข้อมูล 7 เมษายน 2563).

[5] สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา, Acute Exposure Guideline Levels, ข้อมูลจาก https://www.epa.gov/aegl/propane-results-aegl-program (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 พฤษภาคม 2563).

ID055

Modeling Aromatics Production from Mixtures of Butanes and Butenes with Chemical Equilibria

Hataipat Sangwattanakul [1*]

[1]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering at Chulalongkorn University

[*]E-mail: kloyhataipat@gmail.com

Abstract

Aromatics production from C4 hydrocarbons is an interesting way to increase economic values and mixed C4 usage alternatives. This study was to model aromatics production from mixtures of butanes and butenes, enabling industrial work to be more developed and actualized by reducing laboratory cost and experimental time. The model was regarded as an equilibrium state in which the forward reaction rate and the reverse reaction rate are equivalent, and a catalyst would be Zn loaded on ZSM-5/ZSM-11 under 0.4 MPa and 480 ^{0}C. The reactions in the models were from the Aspen Plus V9 simulation. The reactions included main reactions and side reactions, which the catalyst performed to select and unselect certain reactions. Moreover, the reactions were grouped by splitting reactors, so the reactors were connected in series to classify a procedure. It has been found that butanes and butenes would be converted to ethylcyclohexane before ethylbenzene. Then, it produced BTX which was formed by hydrocracking, isomerization, and thermal cracking.

Keywords: Aromatics; butane; butene; model; BTX

1. Introduction

There are many advantages of mixed C4s which would be used to produce various useful components. Initially, they are extracted to receive butadiene after that the rest of mixed C4s that includes butenes, butane and residual butadiene, also known as raffinate 1, is manufactured methyl tertiary butyl ether (MTBE) and diisobutylene (DIB). Then, the residual mixed C4s would be a mixture of n-butenes, butane and some a small amount of butadiene, and they were called raffinate 2, which is used to form secondary butyl alcohol (SBA), methyl ethyl ketone (MEK) and liquefied petroleum gas (LPG).[1, 2] The chemicals has a plenty of benefits. To illustrate, MTBE was added in petroleum for reducing emission and DIB is an intermediate in process of alcohol and solvent manufacturing. Likewise, SBN and MEK are an intermediate for industrial cleaning agents.[2] Besides, the majority of saturated C4 produces LPG which is consumed as fuel for household cooking, cars and heating in agriculture and industry.[3]

According to several journals and studies with different periods of time, they are not distinct

utilizations of mixed C4s, so it is worth considering the researches which were emphasized catalyst development in the productions of benzene, toluene and xylene (BTX) instead. Mixtures of benzene, toluene and xylene are aromatic hydrocarbons and are also upstream petrochemicals which are used for further production processes.[3] At the present time, there are many researches demonstrating the experiments converting mixed C4 to aromatics including benzene, toluene and xylene with different conditions, e.g., catalyst, temperature, pressure and reactant components. It is obvious that aromatics production from mixtures of butanes and butenes is value enhancement because not only economic values of the aromatics but also mixed C4 which can be more usage alternatives. Therefore, the objective is to develop the model of benzene, toluene and xylene productions from butanes and butenes mixtures with chemical equilibria over the catalyst. This research is sincerely expected finding optimized models would explain and more clarify the several reactions. Furthermore, it would be beneficial to develop and actualize in commercial part and predict reaction results with other conditions to save laboratory cost. The models would originate from Aspen Plus simulation to fit with research results.

2. Theory and Methodology

Since by-products of mixed butanes and butenes included plenty of components, there were several reactions occurring for aromatization, for example thermal cracking and hydrogenation. Moreover, the catalyst affected selectivity, enabling not only few unselective reactions to occur but also some selective reactions to disappear. Generally, there are various the support materials for different purposes. To illustrate, a catalyst of aromatics production is ZSM-5, which is a type of a zeolite and perhaps loads metal particles to enhance the catalytic efficiency. The zeolites contain acid sites, involving hydrogenolysis (cracking), isomerization and oligomerization (polymerization)[4]. In addition, the active phase or the active site is typically dispersed in pores of a support or a carrier in the form of nanocrystallites of 1 nanometer to a few nanometers, leading catalytic efficiency to be the best while adding promoter is to improve physical or chemical properties of the catalyst. The active phase is the site where surface reaction occurs and is ordinarily metal forms.[5] Therefore, all possible reactions that would appear will be calculated in the model, and remarkable reactions will be selected for Zn loaded on ZSM-5/ZSM-11 zeolite for 2 wt% under 0.4 MPa and 480 ^{o}C by comparing with the experiment in researches as shown in table 1.

Table 1 Effluent mass fractions of the experiment Zn loaded on ZSM-5/ZSM-11 zeolite for 2 wt% under 0.4 MPa and 480 ^{o}C at a TOS of 3-6 hours [6]

component	Experiment
C4	0.045
hydrogen	0.016
methane	0.112
ethane	0.167
propane	0.423
ethylene	0.007
propylene	0.005
benzene	0.0261
toluene	0.0886
xylene	0.0579
ethylbenzene	0.0065

A summation of all fractions is less than 1 since certain components could not be defined, then the experimental result was neutralized before calculation.

The reactions were from Aspen Plus V9 simulation for more accuracy and approaching actual value as possible as. The reactions would be divided into main reactions and side reactions. The main reactions were reaction producing benzene toluene and xylene directly while the side reactions were unexpected reactions, particularly thermal cracking, dehydrogenation and hydrocracking. Then, all possible chemical reactions were proposed.

Dehydrogenation

n-C4H10->C4H8+H2

Hydrocracking

C4H10 + H2 -> C3H8 + CH4

C4H10 + H2 -> 2C2H6

C8H10(ethylbenzene (e)) + H2 -> C7H8 + CH4

C7H8 + H2 -> C6H6 + CH4

Dimerization

2C4H8 -> C8H16(ethylcyclohexane (ECH))

Aromatization

C8H16(ECH) -> C8H10(e) + 3H2

Thermal cracking

C8H10(e) -> C6H6 + C2H4

C8H10(p-xylene(p)) -> C6H6 + C2H4

C8H10(o-xylene(o)) -> C6H6 + C2H4

C8H10(m-xylene(m)) -> C6H6 + C2H4

2C7H8 -> 2C6H6 + C2H4

2C8H10(m)-> 2C7H8 + C2H4

2C8H10(o) -> 2C7H8 + C2H4

2C8H10(p)-> 2C7H8 + C2H4

C8H10(p) + C8H10 (o) -> 2C7H8 + C2H4

C8H10(p) + C8H10 (m) -> 2C7H8 + C2H4

C8H10(o) + C8H10 (m) -> 2C7H8 + C2H4

Isomerization

C8H10(e) -> C8H10(p)

C8H10(e) -> C8H10(o)

C8H10(e) -> C8H10(m)

The proposed reactions were simulated in the Aspen plus V9, which Peng-Robinson method was preferred and equilibrium reactors were operated under 0.4 MPa and 480 ^{0}C since the models were regarded as equilibrium state which the forward reaction rate and the reverse reaction rate are equivalent. Moreover, the results would be shown in terms of mass fraction graphs at the equilibrium state. However, the reactions in the model were grouped by splitting reactors, so there was more than one reactor connected in series to classify which reactions occurred before and after.

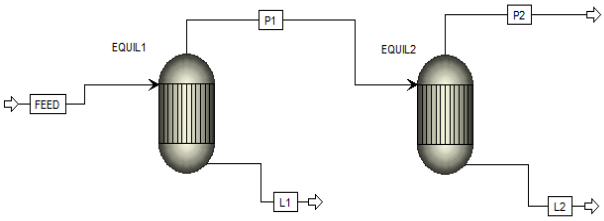


Figure 1 Example of connected reactors in series

RSS Residua Sum Square (RSS) is the value of deviations calculated from summation of square difference between effluent mass fraction of each component from the experiment ($Mexp$) and chemical equilibrium model ($Mmodel$). The lowest RSS value indicated appropriate model of all components.[7]

$$RSS = \sum_{i=1}^{N}\left[\frac{Mexp-Mmodel}{Mexp}\right]^2 \quad (1)$$

3. Result and Discussion

3.1 Aspen simulation

Model 1

Reactor 1

n-C4H10->C4H8+H2	Keq = 0.016288
2C4H8->C8H16(ECH)	Keq = 0.4984786
C8H16(ECH)->C8H10(e)+3H2	Keq = 989636.96

Reactor 2

C8H10(e)+H2->C7H8+CH4	Keq = 19780.697
C7H8+H2->C6H6+CH4	Keq = 735.7598
C4H10+H2->C3H8+CH4	Keq = 16827.71
C4H10+H2->2C2H6	Keq = 2871.3163

Reactor 3

C8H10(e)->C8H10(p)	Keq = 2.0964756
C8H10(e)->C8H10(o)	Keq = 2.548487
C8H10(e)->C8H10(m)	Keq = 5.170998

Model 1 shows three reactors connected in series. Firstly, butane was dehydrogenated to butene before dimerization to ethylcyclohexane in order to aromatize to be ethylbenzene. Likewise, the first aromatic was formed is ethylbenzene in the reactor 1. Secondly, toluene and benzene were produced from hydrocracking of ethylbenzene and toluene in reactor 2, respectively. In addition, butane also was cracked by hydrogen to be propane, ethane and methane. Finally, ethylbenzene remaining converted to the three isomers of xylene, including para-xylene, ortho-xylene and meta-xylene.

Since aromatics production from mixture butanes and butenes is an interesting model, there are dehydrogenation of butane in the reactor 1 in order to find equilibrium between them before converting to ethylcyclohexane and ethylbenzene, sequentially. In the reactor 2, by-product of both toluene and benzene production reactions was methane because different by-product strongly influenced reaction equilibrium shifting and aromatics production, especially toluene and benzene fractions.

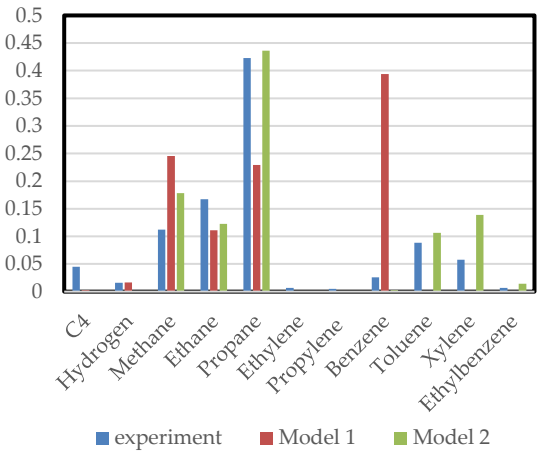


Figure 2 Effluent mass fractions of the experiment, models 1 and 2

Model 2

Reactor 1

n-C4H10->C4H8+H2	Keq = 0.016288
2C4H8->C8H16(ECH)	Keq = 0.4984786
C8H16(ECH)->C8H10(e)+3H2	Keq = 989636.96
C4H10+H2->C3H8+CH4	Keq = 16827.71
C4H10+H2->2C2H6	Keq = 2871.3163

Reactor 2

C8H10(e)+H2->C7H8+CH4	Keq = 19780.697
C7H8+H2->C6H6+CH4	Keq = 735.7598

Reactor 3

C8H10(e)->C8H10(p)	Keq = 2.0964756
C8H10(e)->C8H10(o)	Keq = 2.548487
C8H10(e)->C8H10(m)	Keq = 5.170998

Hydrocracking of butane in the reactor 2 were moved to the reactor 1 in model 2, and it has seen that aromatics fractions are more similar to the experimental result as shown in figure 2 since ethylbenzene production which would be

converted to other aromatics halved approximately. The butane hydrocracking is competitive reaction, which Zn loaded on ZSM-5/ZSM-11 catalyst could not wholly eliminate, the experimental products were lower. Therefore, the desired product will be higher if another catalyst has functional elimination of the reactions from the reactor 1; however, the reactions are proper in the reactor 1 for the catalyst. Moreover, ethylcyclohexane from all models were close to zero, it could be as an intermediate of the mechanism.

Significantly different xylene amounts of model 1 and 2 depend on remaining hydrogen from the reactor 1 because of xylene production from existing ethylbenzene in the reactor 2, which certain part was converted to toluene by the remaining hydrogen. Therefore, hydrocracking reactions of butane are necessary in the reactor 1 to reduce the hydrogen, reacting with ethylbenzene and toluene in the reactor 2 in order to continue to produce greater xylene amount in the reactor 3

However, although the amounts of toluene and xylene were similar to the experimental values, quantity of benzene was extremely lower. Then, the next model would be created to improve and more accuracy.

Model 3

Reactor 1

n-C4H10->C4H8+H2	Keq = 0.016288
2C4H8->C8H16(ECH)	Keq = 0.4984786
C8H16(ECH)->C8H10(e)+3H2	Keq = 989636.96
C4H10+H2->C3H8+CH4	Keq = 16827.71
C4H10+H2->2C2H6	Keq = 2871.3163

Reactor 2

C8H10(e)+H2->C7H8+CH4	Keq = 19780.697
C7H8+H2->C6H6+CH4	Keq = 735.7598

Reactor 3

C8H10(e)->C8H10(p)	Keq = 2.0964756
C8H10(e)->C8H10(o)	Keq = 2.548487
C8H10(e)->C8H10(m)	Keq = 5.170998

Reactor 4

C8H10(p)->C6H6+C2H4	Keq = 0.0948918
C8H10(o)->C6H6+C2H4	Keq = 0.0780614
C8H10(m)->C6H6+C2H4	Keq = 0.038472
2C7H8->2C6H6+C2H4	Keq = 0.0073997

The reactor 4, represented thermal cracking, was added in model 3 in order to adjust aromatic proportions to the experimental result, especially increasing benzene. Besides, there was no hydrogen in the reactor 4 because it had been extremely depleted since reactor 2, then hydrocracking disappeared. Likewise, ethylbenzene, xylene and toluene in model 3 is the same production method as the reactor 2, excepting benzene because of adding the reactor 4. Xylene and toluene were cracked by heat to be benzene, so it was found a larger deal of benzene in the reactor 4.

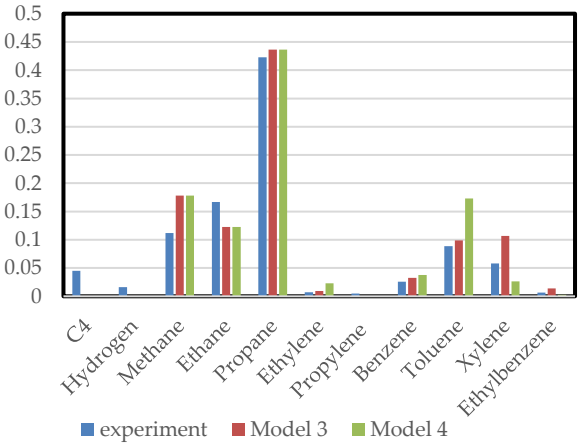


Figure 3 Effluent mass fractions of the experiment, models 3 and model 4

Model 4

Reactor 1

n-C4H10->C4H8+H2 Keq = 0.016288
2C4H8->C8H16(ECH) Keq = 0.4984786
C8H16(ECH)->C8H10(e)+3H2 Keq = 989636.96
C4H10+H2->C3H8+CH4 Keq = 16827.71
C4H10+H2->2C2H6 Keq = 2871.3163

Reactor 2

C8H10(e)+H2->C7H8+CH4 Keq = 19780.697
C7H8+H2->C6H6+CH4 Keq = 735.7598

Reactor 3

C8H10(e)->C6H6+C2H4 Keq = 0.1989384
2C7H8->2C6H6+C2H4 Keq = 0.0073997

Reactor 4

C8H10(e)->C8H10(p) Keq = 2.0964756
C8H10(e)->C8H10(o) Keq = 2.548487
C8H10(e)->C8H10(m) Keq = 5.170998

Model 4 was designed to visualize how thermal cracking had occurred before isomerization happened. Then, the reactors 3 and 4 would be switched from model 3. Ethylbenzene and xylene in model 4 is the same production method as the reactor 2 while the majority of benzene was from thermal cracking of ethylbenzene in the reactor 3. Since benzene was risen dramatically by ethylbenzene, enabling toluene to be increased noticeably for reaching equilibrium state. In the same way, the reaction was reversible, which it is observable from significant rising of toluene.

Model 5

Reactor 1

n-C4H10->C4H8+H2 Keq = 0.016288
2C4H8->C8H16(ECH) Keq = 0.4984786
C8H16(ECH)->C8H10(e)+3H2 Keq = 989636.96
C4H10+H2->C3H8+CH4 Keq = 16827.71
C4H10+H2->2C2H6 Keq = 2871.3163

Reactor 2

C8H10(e)+H2->C7H8+CH4 Keq = 19780.697
C7H8+H2->C6H6+CH4 Keq = 735.7598

Reactor 3

C8H10(e)->C8H10(p) Keq = 2.0964756
C8H10(e)->C8H10(o) Keq = 2.548487
C8H10(e)->C8H10(m) Keq = 5.170998

Reactor 4

2C8H10(m)->2C7H8+C2H4 Keq = 0.2000209
2C8H10(o)->2C7H8+C2H4 Keq = 0.8234916
2C8H10(p)->2C7H8+C2H4 Keq = 1.216871
C8H10(p)+C8H10(o)->2C7H8+C2H4 Keq = 1.001041
C8H10(p)+C8H10(m)->2C7H8+C2H4 Keq = 0.493355
C8H10(o)+C8H10(m)->2C7H8+C2H4 Keq = 0.40585
2C7H8->2C6H6+C2H4 Keq = 0.0073997

Model 5 explains how possible thermal cracking ways of the aromatics could be performed thoroughly in the reactor 4 since all effluent compositions of model 5 are exactly equal to model 3. Then, it illustrates that xylenes would be cracked by high heat to be toluene before it would be also cracked to be benzene.

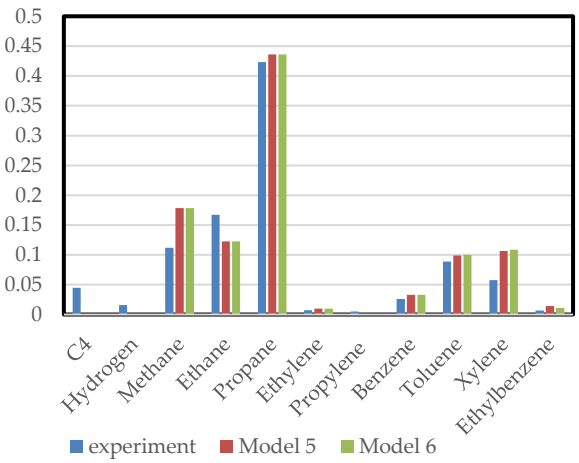


Figure 4 Effluent mass fractions of the experiment, models 5 and 6

Model 6

Reactor 1

n-C4H10->C4H8+H2 Keq = 0.016288

2C4H8->C8H16(ECH) Keq = 0.4984786
C8H16(ECH)->C8H10(e)+3H2 Keq = 989636.96
C4H10+H2->C3H8+CH4 Keq = 16827.71
C4H10+H2->2C2H6 Keq = 2871.3163

Reactor 2

C8H10(e)+H2->C7H8+CH4 Keq = 19780.697
C7H8+H2->C6H6+CH4 Keq = 735.7598

Reactor 3

C8H10(e)->C8H10(p) Keq = 2.0964756
C8H10(e)->C8H10(o) Keq = 2.548487
C8H10(e)->C8H10(m) Keq = 5.170998
2C8H10(m)->2C7H8+C2H4 Keq = 0.2000209
2C8H10(o)->2C7H8+C2H4 Keq = 0.8234916
2C8H10(p)->2C7H8+C2H4 Keq = 1.216871
C8H10(p)+C8H10(o)->2C7H8+C2H4 Keq = 1.001041
C8H10(p)+C8H10(m)->2C7H8+C2H4 Keq = 0.493355
C8H10(o)+C8H10(m)->2C7H8+C2H4 Keq = 0.40585
2C7H8->2C6H6+C2H4 Keq = 0.0073997

On the other hand, the reactors 3 and 4 or isomerization and thermal cracking grouped together in model 6. Although the effluents are not quite different, and the almost models are closer to the experimental result than model 1 as shown in the figures, so an exact model should be defined. Hence, Residua Sum Square (RSS) was applied to indicate the most suitable model as shown in the tables 2 and 3.

3.2 Residua Sum Square (RSS)

The tables 2 and 3 present effluent differences of mass fraction between the experiment and the model results, where the negative sign represents greater model outlet than the experiment while the positive sign represents smaller model outlet. Furthermore, the smallest RSS value signified the appropriate model, which would be models 6 because it had the smallest differences between the model and the experiment results. In addition, the majority product of a catalyst which has functional as in model 1 would be benzene, and hydrocracking will be prevented from appearing in the reactor 1, so aromatization remarkably increases.

Table 2 Effluent differences between the experiment and the model results of each component and RSS of models 1, 2 and 3

component	Model1	Model2	Model3
C4	0.95	0.99	0.99
hydrogen	0.02	1.00	1.00
methane	-1.09	-0.52	-0.52
ethane	0.37	0.30	0.30
propane	0.48	0.02	0.02
ethylene	1.00	1.00	-0.32
propylene	1.00	1.00	1.00
benzene	-13.41	0.90	-0.20
toluene	0.99	-0.15	-0.07
xylene	1.00	-1.29	-0.76
ethylbenzene	1.00	-1.08	-1.08
RSS	187.18	8.01	5.23

Table 3 Effluent differences between the experiment and the model results of each component and RSS of models 4, 5 and 6

4. Conclusion

component	Model4	Model5	Model 6
C4	0.99	0.99	0.99
hydrogen	1.00	1.00	1.00
methane	-0.52	-0.52	-0.52
ethane	0.30	0.30	0.30
propane	0.02	0.02	0.02
ethylene	-2.10	-0.32	-0.34
propylene	1.00	1.00	1.00
benzene	-0.38	-0.20	-0.20
toluene	-0.86	-0.07	-0.08
xylene	0.57	-0.76	-0.79
ethylbenzene	0.61	-1.08	-0.62
RSS	9.32	5.23	4.52

To conclude, the appropriate model is model 6 from RSS calculation since the lowest RSS represents the smallest differences between the model and the experimental results. It has three connected reactors in series to explain sequentially equilibrium steps. To begin, butane was dehydrogenated to butene before dimerization to ethylcyclohexane. Then, ethylbenzene was formed by ethylcyclohexane as aromatization in the reactor 1. Next, there was hydrocracking of ethylbenzene to toluene which was also cracked by hydrogen to benzene afterward in the reactor 2. For the last one, the left ethylbenzene from the reactor 2 was isomerized to three xylene isomers, and then they were cracked by heat to toluene and benzene in the process.

Acknowledgement

The author gratefully acknowledges the adviser, Assoc. Prof. Deacha Chatsiriwech, Ph.D., and department of chemical engineering laboratory at Chulalongkorn University.

Reference

[1] Stacia M Edwards, Stephen J Stanley, and M.M. Shreehan, *Relative economics of mixed C4 processing routes*, in *Digital Refining*. 1998, PTQ Magazine: UK.

[2] *Mixed C4s Product Stewardship Summary*. 2017, Shell Chemicals.

[3] Covavisaruch, S., et al., *What are petroleum chemicals?*, in *Petrochemical Encyclopedia*, K. Bunyakiat, Editor. 2011, WPS(Thailand)Co..Ltd.: Bangkok. p. 14-67.

[4] *ZSM-5*, in *Molecular sieve used for the removal of VOCs*. 2018, Dalian Haixin Chemical Industrial

[5] Suresh, A., *Metallic Nanocrystallites and their Interaction with Microbial Systems*. 2012.

[6] Song, C., et al., *Influence of reaction conditions on the aromatization of cofeeding n-butane with methanol over the Zn loaded ZSM-5/ZSM-11 zeolite catalyst.* Fuel Processing Technology, 2014. **126**: p. 60-65.

[7] Wongwailikhit, K., *Modeling of Oxidative Coupling of Methane to Ethylene with Chemical Equilibria*, in *Chemical Engineering*. 2013, Chulalongkorn University.

Appendix

Hataipat Sangwattanakul [1*]
[1]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering at Chulalongkorn University
[*]E-mail: kloyhataipat@gmail.com

Appendix A: Equilibrium Model Results

Table 1 Mass fractions of each compositions of model 1 and model 2

model	Model1			Model2		
component	Reactor1	Reactor2	Reactor3	Reactor1	Reactor2	Reactor3
n-butane	0.409495	3.36E-05	3.36E-05	0.000276	0.000276	0.000276
1-butene	0.002413	0.002413	0.002413	2.50E-05	2.50E-05	2.50E-05
hydrogen	0.051070	0.016502	0.016502	0.002466	9.06E-07	9.06E-07
methane	0	0.245539	0.245539	0.158708	0.178324	0.178324
ethane	0	0.110829	0.110829	0.122879	0.122879	0.122879
propane	0	0.229382	0.229382	0.436239	0.436239	0.436239
ethylene	0	0	0	0	0	0
propylene	0	0	0	0	0	0
benzene	0	0.394109	0.394109	0	0.002681	0.002681
toluene	0	0.001181	0.001181	0	0.106337	0.106337
o-xylene	0	0	3.18E-08	0	0	0.036106
m-xylene	0	0	6.46E-08	0	0	0.073261
p-xylene	0	0	2.62E-08	0	0	0.029702
ethylbenzene	0.537011	1.29E-07	1.25E-08	0.279407	0.153237	0.014168
ethylcyclohexane	1.09E-05	1.09E-05	1.09E-05	1.58E-09	1.58E-09	1.58E-09

Table 2 Mass fractions of each compositions of model 3 and model 4

model	Model 3				Model 4	
component	Reactor1	Reactor2	Reactor3	Reactor4	Reactor3	Reactor4
n-butane	0.000276	0.000276	0.000276	0.000276	0.000276	0.000276
1-butene	2.50E-05	2.50E-05	2.50E-05	2.50E-05	2.50E-05	2.50E-05
hydrogen	0.002466	9.06E-07	9.06E-07	9.06E-07	9.06E-07	9.06E-07
methane	0.158708	0.178324	0.178324	0.178324	0.178324	0.178324
ethane	0.122879	0.122879	0.122879	0.122879	0.122879	0.122879
propane	0.436239	0.436239	0.436239	0.436239	0.436239	0.436239
ethylene	0	0	0	0.009685	0.022722	0.022722
propylene	0	0	0	0	0	0
benzene	0	0.002681	0.002681	0.032765	0.037693	0.037693
toluene	0	0.106337	0.106337	0.098985	0.172994	0.172994
o-xylene	0	0	0.036106	0.02769	0	0.006797
m-xylene	0	0	0.073261	0.056185	0	0.013792
p-xylene	0	0	0.029702	0.022779	0	0.005592
ethylbenzene	0.279407	0.153237	0.014168	0.014168	0.028848	0.002667
ethylcyclohexane	1.58E-09	1.58E-09	1.58E-09	1.58E-09	1.58E-09	1.58E-09

Table 3 Mass fractions of each compositions of model 5 and model 6

model	Model 5				Model 6
component	Reactor1	Reactor2	Reactor3	Reactor4	Reactor3
n-butane	0.000276	0.000276	0.000276	0.000276	0.000276
1-butene	2.50E-05	2.50E-05	2.50E-05	2.50E-05	2.50E-05
hydrogen	0.002466	9.06E-07	9.06E-07	9.06E-07	9.06E-07
methane	0.158708	0.178324	0.178324	0.178324	0.178324
ethane	0.122879	0.122879	0.122879	0.122879	0.122879
propane	0.436239	0.436239	0.436239	0.436239	0.436239
ethylene	0	0	0	0.009685	0.009848
propylene	0	0	0	0	0
benzene	0	0.002681	0.002681	0.032765	0.032811
toluene	0	0.106337	0.106337	0.098985	0.099948
o-xylene	0	0	0.036106	0.02769	0.028192
m-xylene	0	0	0.073261	0.056185	0.057202
p-xylene	0	0	0.029702	0.022779	0.023192
ethylbenzene	0.279407	0.153237	0.014168	0.014168	0.011062
ethylcyclohexane	1.58E-09	1.58E-09	1.58E-09	1.58E-09	01.58E-09

ID059

อัตราการไหลของน้ำเชิงมวลที่ฉีดพ่นสเปรย์ส่งผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นระบบปิด

The Effect of the Water Flow Rate Spraying on Heat Transfer Efficiency for Closed Cooling Tower

พรชัย เศรษฐพงษ์[1] , ศิริพล ทองอ่อน[1] และ จันทิมา ริ้วลายเงิน[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
*E-mail: chantima.r@rmutp.ac.th

Pornchai Satthapong[1], Siripol Tongorn[1] and Chantima Rewlay-ngoen[1]
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
*E-mail: chantima.r@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการไหลของน้ำเชิงมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในหอทำความเย็นระบบปิดขนาด 200 ตัน ซึ่งประสิทธิภาพของระบบไม่เพียงพอต่อการแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้นจึงออกแบบระบบโดยการฉีดพ่นสเปรย์น้ำไปยังแผงคอนเดนเซอร์ เพื่อลดอุณหภูมิของบรรยากาศ โดยติดตั้งชุดสเปรย์น้ำห่างจากแผงคอนเดนเซอร์ 30 เซนติเมตร ขนาดหัวฉีด 0.5 มิลลิเมตร โดยเปลี่ยนอัตราการไหลที่น้ำสเปรย์ ทำการทดสอบคือ 8, 10, 12 และ 14 ลิตรต่อนาที ทดสอบช่วงเดือน เมษายน-พฤษภาคม 2563 เวลาประมาณ 13.00 – 16.00 น. สถานที่ทำการทดสอบตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 14° เหนือ ลองติจูด 100° ตะวันออก อุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ย 38.30°C หากพิจารณาการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ประสิทธิภาพ 80% หอทำความเย็นจะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ประมาณ 360 kW พบว่าการถ่ายเทความร้อนที่ 0 ลิตรต่อนาที (ไม่มีการฉีดพ่นสเปรย์น้ำ) และ 8 ลิตรต่อนาที มีค่าการถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 143 และ 192 กิโลวัตต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่เพียงพอต่อการถ่ายเทความร้อนของระบบ ส่วนการฉีดพ่นสเปรย์น้ำที่ 10, 12 และ 14 ลิตรต่อนาที มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเท่ากับ 497, 501 และ 533 กิโลวัตต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการฉีดพ่นสเปรย์น้ำที่ 10, 12 และ 14 ลิตรต่อนาที สามารถลดภาระการทำความเย็นได้ประมาณ 121, 143 และ 175 กิโลวัตต์ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาด้านประสิทธิภาพพบว่าที่การฉีดพ่นสเปรย์น้ำที่ 8, 10, 12 และ 14 ลิตรต่อนาที เท่ากับ 0.59, 0.77, 0.79 และ 0.81 ตามลำดับ จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าที่การฉีดพ่นสเปรย์น้ำที่ 10 ลิตรต่อนาที สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้ แต่ทั้งนี้ควรพิจารณาเรื่องต้นทุนและระยะเวลาคืนทุนเพิ่มเติม

คำหลัก: หอทำความเย็นแบบระบบปิด การเพิ่มประสิทธิภาพ การถ่ายเทความร้อน

Abstract

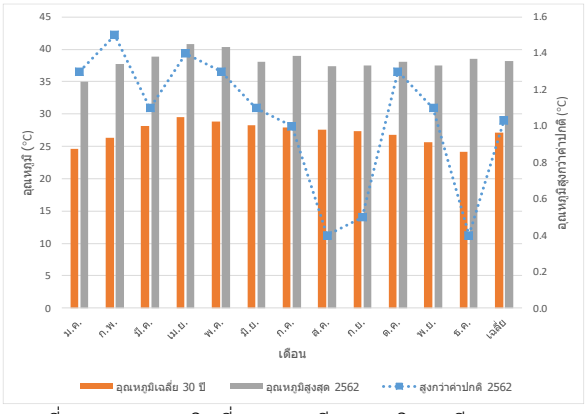
The objective of this research is to study the water mass flow rate that affects the heat transfer efficiency in a 200-ton closed cooling tower, which the efficiency of the system is not sufficient for the heat exchange. In addition, the system was designed by spraying water to condenser panels in order to reduce the temperature of the atmosphere. The procedure was done by installing a water spray set with the distance 30 cm away from the condenser panel with the nozzle size 0.5 mm by changing the flow rates at the water spray testings which were at 8, 10, 12, and 14 liters per minute. The tests were conducted during April - May 2020, approximately 13.00 - 16.00 hrs. The test place is located between the latitude 14° north and longitude 100° east. Average atmospheric temperature was 38.30 ° C. If considering the heat transfer of the machine, the heat exchanger was at 80% efficiency. The cooling tower could exchange heat about 360 kW

which was found that the heat transfer at 0 liters per minute (no spray of water spray) and at 8 liters per minute, there was the heat transfer value which is equal to 143 and 192 kilowatts respectively. However, the values were not enough to heat the system, with cooling by spraying water at 10, 12 and 14 liters per minute with a total heat transfer value of 497, 501, and 533 kilowatts respectively. Spraying water at 10, 12 and 14 liters per minute could reduce the cooling load by approximately 121, 143, and 175 kilowatts respectively. Also, when considering the efficiency, it was found that spraying water at 8, 10, 12, and 14 liters per minute are equal to 0.59, 0.77, 0.79, and 0.81, respectively. From the results, it can be seen that spraying water at 10 liters per minute can increase the efficiency of the system. However, the cost and the payback period should be considered.

Keywords: Closed cooling tower, Increase in efficiency, Heat transfer

1. บทนำ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในกระบวนการผลิต ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจะถูกทิ้งสู่บรรยากาศ โดยมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นตัวกลางในการรับความร้อนและระบายทิ้ง ซึ่งหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้มีด้วยกัน 2 แบบ การถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัส (Sensible heat) คือการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิสูงสู่อุณหภูมิต่ำ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ ส่วนการถ่ายเทความร้อนแบบที่สองคือ การถ่ายเทความร้อนแฝง (Latent heat) คือปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงโดยอุณหภูมิคงที่ การทำงานหอทำความเย็นระบบปิดถูกพัฒนาขึ้นจากหอทำความเย็นเดิมที่นำน้ำสัมผัสกับอากาศโดยตรง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำสัมผัสกับอากาศโดยตรงและป้องกันฝุ่นละอองที่จะเข้าไปในน้ำได้ เทคโนโลยีการผลิตหลายอุตสาหกรรมในประเทศไทย นิยมนำเข้าระบบหอทำความเย็นจากต่างประเทศ เมื่อนำมาใช้ในประเทศไทยจะมีข้อจำกัดเรื่องประสิทธิภาพของทำความเย็น กล่าวคือหอทำความเย็นไม่สามารถลดอุณภูมิได้ตามวิศวกรที่ออกแบบระบบไว้ สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากอุณหภูมิภายนอก [1,2] จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา [3] ดังแสดงในรูปที่ 1 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในคาบ 30 ปี ประมาณน้อยกว่า 30 °C และพบว่าอุณหภูมิสูงสุดปี 2562 ของประเทศไทยต่ำสุดประมาณ 35 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิคาบเฉลี่ยของประเทศไทย 30 ปี

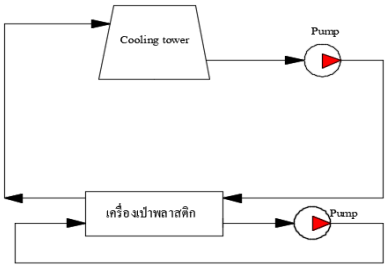


รูปที่ 1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยคาบ 30 ปี อุณหภูมิสูงสุดปี 2562 และอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติปี 2562

ดวงฤดีและคณะ [1] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนหอความเย็นระบบปิดแบบไหลตัดผ่านโดยการแทรกแผงกระจายระหว่างชั้นคอยล์แลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับคอยล์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไม่มีแผงกระจายพบว่าการแทรกแผงกระจายละอองน้ำสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของหอทำความเย็นระบบปิดได้ Eidan *et al* [4] ศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศด้วยเทคนิคการทำความเย็นแบบระเหยในประเทศอิหร่าน ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 45 °C ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity: RH) 10% พบว่าเมื่อนำอากาศร้อนไปลดอุณหภูมิด้วยการทำความเย็นแบบระเหย ก่อนนำไประบายความร้อนที่คอยย์ร้อน พบว่าค่า COP เพิ่มขึ้น ธีรพงศ์ และพงษ์สวัสดิ์ [5] ใช้แผ่น PVC filling ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าคอยย์ร้อน พบว่า COP เพิ่มขึ้นและการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง พรชัยและคณะ [6] ศึกษาและออกแบบการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นแบบปิดโดยลดอุณหภูมิของบรรยากาศ โดยการพ่นละอองน้ำขนาด 20-70 ไมครอน ด้วยอัตราการไหลของน้ำ 10 ลิตรต่อนาที ระยะห่างระหว่างท่อน้ำที่ฉีดพ่นกันแผงคอนเดนเซอร์ที่ 20, 30, 40,

50 และ 60 เซนติเมตรตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าที่ระยะห่างการพ่นละอองน้ำที่ 30 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดที่ประมาณ 2.68 °C Oliverira and Facao [7] ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์การถ่ายเทมวลและความร้อนสำหรับการออกแบบหอทำความเย็นขนาดเล็กแบบระบบปิด (Closed wet cooling tower) ในการทดลองใช้หอทำความเย็นขนาด 10 kW ได้หาความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีต ที่รูปแบบคอล์ยแลกเปลี่ยนความร้อนแตกต่างกัน และได้ทำนายประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่อัตราการไหลของอากาศ ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวจะใช้ได้กับหอทำความเย็นขนาดเล็ก เชาวลิตรและกิติพงษ์ [8] การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการพ่นละอองน้ำที่คอยล์ร้อน ศึกษาความสามารถระบายความร้อนเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศโดยวิธีการพ่นละอองน้ำ สามารถลดการใช้พลังงานได้ 0.5 kW เท่ากับ 14.37% ค่า ERR เพิ่มขึ้น 26.7% จากเดิม ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 540 บาท สามารถคืนทุน ได้ภายใน 7 เดือน ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์ [9] ศึกษาการลดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบชิลเลอร์:กรณีศึกษากระบวนการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ศึกษาการลดพลังงานไฟฟ้าโดยทดสอบ 2 กรณี คือพ่นละอองน้ำตลอดเวลาช่วงที่เครื่องปรับอากาศทำงานและพ่นละอองน้ำตามอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์พ่นละอองน้ำตลอดสามารถสามารถลดอุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ 1.6 °C พลังงานไฟฟ้าลดลง 13% ส่วนพ่นละอองน้ำตามอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์สามารถลดอุณหภูมิได้น้อยกว่าพ่นละอองน้ำตลอดเวลา เจษฎา วิเศษมณี [10] รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ศึกษารูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำ 3 รูปแบบ คือ แบบพ่นฉีด แบบหยด และแบบใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนการระบายความร้อนโดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถเพิ่มสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (COP) และอัตราส่วนประสิทธิภาพเชิงพลังงาน (EER) ได้สูงสุด รองลงมาคือแบบพ่นฉีดและแบบหยดน้ำ ตามลำดับ ธเนศและคณะ [11] แผงลดอุณหภูมิในการระบายความร้อนสำหรับเครื่องปรับอากาศรวมศูนย์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศในอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิกส์ ในประเทศไทยศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศรวมศูนย์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศศูนย์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศรวมศูนย์ชนิดระบายความร้อนด้วย อากาศ Cooling Pad สามารถลดอุณหภูมิต่ำสุด 1.98 °C – สูงสุด 9.63 °C ระยะเวลาคืนทุน 1.63 ปี

จะเห็นได้ว่าหลายงานวิจัยลดอุณหภูมิของบรรยากาศเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของหอทำความเย็น มีการเปลี่ยนระยะการฉีดพ่นสเปรย์น้ำ ระบายความร้อนของหอทำความเย็น ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาอุณหภูมิของน้ำในระบบเพื่อแก้ไขการถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นโดยเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำของหอทำความเย็นแบบปิดดังรูปที่2 โดยการทำงานของหอทำความเย็นคือหอทำความเย็นจะจ่ายน้ำเย็นขาเข้าไประบายความร้อนให้กับน้ำมันไฮดรอลิกส์ของเครื่องเป่าพลาสติกให้อุณหภูมิน้ำมันลดลงส่วนน้ำร้อนขาออกจะส่งไปยังหอทำความเย็นเพื่อระบายความร้อนต่อไป



รูปที่ 2 แผงผังการทำงานของหอทำความเย็น

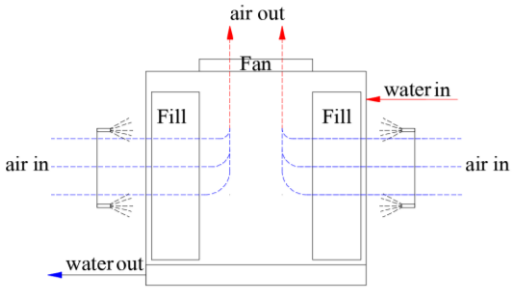
วัตถุประสงค์

ศึกษาอัตราการไหลของน้ำเชิงมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นแบบปิด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครื่องแลกเปลี่ยนหากจำแนกตามประเภทประกอบด้วย 3 ประเภทได้แก่ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกัน และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ ซึ่งแต่ละแบบจะมีลักษณะการไหลของของไหลในท่อจำแนกได้ 2 ประเภทหลักคือ ไหลแบบขนานกันหรือสวนทางกัน และไหลแบบตั้งฉากกัน ซึ่งข้อดีของการไหลแบบตั้งฉากกันคือเกิดความต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศน้อยกว่าและใช้แรงม้าของพัดลมน้อยกว่า โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาอัตราการไหลของน้ำเชิงมวลที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของหอทำความเย็นแบบปิด โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ของไหลมีทิศทางตั้งฉากกันเป็นการทำงานโดยมีน้ำเข้าที่อุณหภูมิสูงผ่านแผงคอนเดนเซอร์(Fill) โดยมีพัดลมดูด

อากาศเข้าจากด้านข้างทำให้น้ำและอากาศไหลตั้งฉากกัน เพื่อระบายความร้อนให้กับน้ำโดยน้ำทางออกจะลดอุณหภูมิลงเพื่อจ่ายน้ำเข้าระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นที่ไหลมีทิศทางตั้งฉากกัน

การคำนวณหาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำในท่อ/น้ำสเปรย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การคำนวณประสิทธิภาพของหอทำความเย็น

การคำนวณประสิทธิภาพของหอทำความเย็นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_{a,wet}} \qquad (1)$$

เมื่อ

t_1 คืออุณหภูมิน้ำร้อนเข้า ($^{\circ}$C); t_2 คืออุณหภูมิน้ำเย็นออก ($^{\circ}$C); $t_{a,wet}$ คืออุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้า ($^{\circ}$C)

2.2 การคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลระหว่างผิวสัมผัสระหว่างน้ำสเปรย์และอากาศสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\alpha_m = \frac{m_{air}(h_{air,out} - h_{air,in})}{A\Delta h_{LM}} \qquad (2)$$

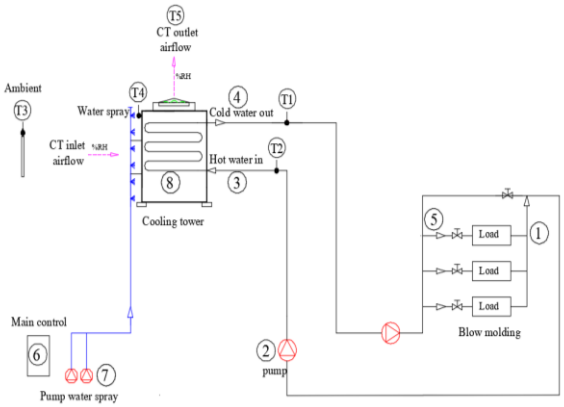
เมื่อ m_{air} คืออัตราการถ่ายเทมวล (kg/s); $h_{air,out}$ คือเอนทาลปีจำเพาะของอากาศทางออก (J/kg); $h_{air,in}$ คือเอนทาลปีจำเพาะของอากาศทางเข้า (J/kg)); A คือพื้นที่ (m^2); Δh_{LM} คือความแตกต่างของเอนทาลปี (J/kg)

2.3 การคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวน้ำในท่อระหว่างน้ำสเปรย์และผิวสัมผัสของอากาศสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$K = \frac{m_w c_{pw}(T_{w,in} - T_{w,out})}{A\Delta T_{LM}} \qquad (3)$$

เมื่อ m_w คืออัตราการถ่ายความร้อนของน้ำ (kg/s); c_{pw} คือความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kg.K); $T_{w,in}$ คืออุณหภูมิน้ำทางเข้า ($^{\circ}$C); $T_{w,out}$ คืออุณหภูมิน้ำทางออก ($^{\circ}$C); A คือพื้นที่ (m^2); ΔT_{LM} คือความแตกต่างของอุณหภูมิ($^{\circ}$C)

3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง



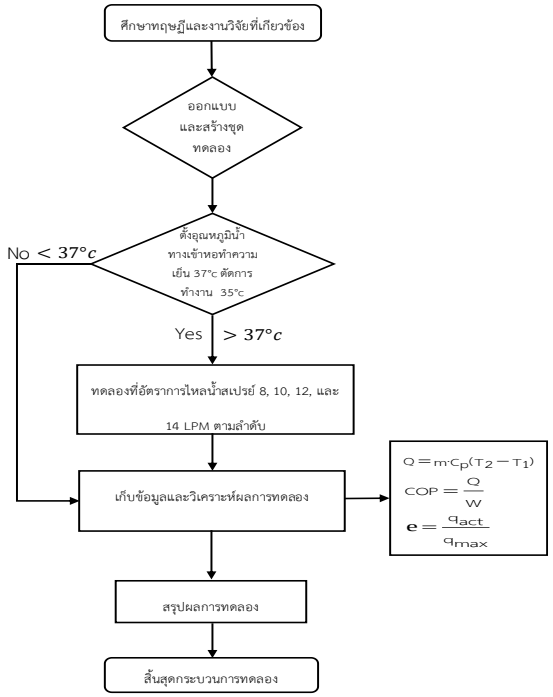
รูปที่ 4 ตำแหน่งของอุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

การออกแบบระบบพ่นละอองน้ำ จากรูปที่ 4 เส้นทางการไหลของน้ำที่ต้องการระบายความร้อน โดยที่น้ำร้อนออกจากเครื่องจักรหมายเลข ❶ เข้าไปหาปั๊มน้ำหอทำความเย็นหมายเลข ❷ หลังจากนั้นน้ำในระบบจะเข้าสู่หอทำความเย็นหมายเลข ❸ น้ำหลังจากมีการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วน้ำจะไหลออกไปหมายเลข ❹ และจะไปเข้าเครื่องหมายเลข ❺ ในกรณีที่อุณหภูมิน้ำ T_1 สูงมากกว่า 37 °C ระบบสเปรย์จะทำงานโดยชุดควบคุมที่ระบบคอนโทรลเลอร์ในการวัดค่าหมายเลข ❻ จะสั่งให้ปั๊มน้ำสเปรย์หมายเลข ❼ ทำงาน น้ำสเปรย์จะพ่นไปในคอนเดนเซอร์หมายเลข ❽ ทั้ง 2 ด้าน หลังจากอุณหภูมิน้ำเข้า T_1 ในระบบต่ำกว่า 35 °C ระบบสเปรย์จะหยุดทำงาน

3.2 เงื่อนไขการทดสอบ

จากการจำลองการทำงานและติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 5 มีการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไขการทดสอบดังนี้ คือหอทำความเย็นที่มีขนาด 200 ตันความเย็น อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 54 m^3/s และช่วงเวลาที่ทำการศึกษาคือ 13.00-16.00 น. ในช่วงประมาณเดือนเมษายน-พฤษภาคม โดยอุณหภูมิบรรยากาศของ สถานที่ที่ทำการทดลองเฉลี่ย 38.30°C โดยเปลี่ยนอัตราการไหลที่น้ำสเปรย์ ทำการทดสอบคือ 8, 10, 12 และ 14 ลิตรต่อนาที และระยะห่างที่พ่นละอองน้ำจากแผงคอนเดนเซอร์ 30 เซนติเมตร ขนาดของหัวฉีดที่สเปรย์น้ำ 0.5 มิลลิเมตร จากขอบเขตและ

เงื่อนไขที่กำหนด สามารถคำนวณหาการเพิ่มประสิทธิภาพ COP และประสิทธิภาพของหอทำความเย็น ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งแสดงขั้นตอนการศึกษาการทดลอง

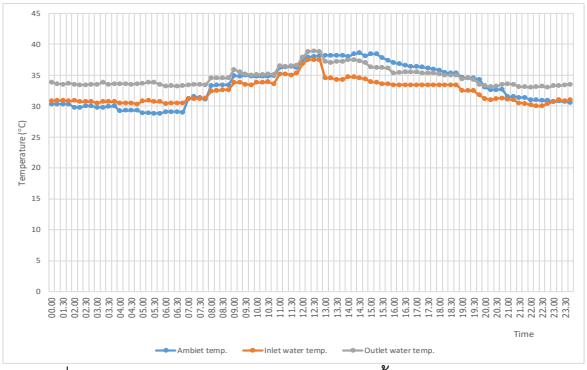


รูปที่ 5 วิธีการศึกษาและขั้นตอนการศึกษาการทดลอง

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน 2563

จากรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของน้ำขาเข้า – ขาออก และอุณหภูมิภายนอกก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จะพบว่าช่วงเวลาก่อน 08.00 น. ต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำขาเข้าและขาออก ส่งผลให้อุณหภูมิน้ำขาเข้าและน้ำขาออกมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างสูง หลังจากนั้นจะพบว่าอุณหภูมิบรรยากาศมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจนถึงเวลาประมาณ 13.00 น. อุณหภูมิบรรยากาศสูงกว่าอุณหภูมิน้ำขาเข้า – ขาออก และอุณหภูมิเริ่มลดลงจนกระทั่งเวลา 17.00 น. อุณหภูมิน้ำขาออกเริ่มสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ แสดงว่าระบบมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนได้ดี ซึ่งจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่หอทำความเย็นถ่ายเทความร้อนไม่เพียงพอคือเวลา 13.00 – 16.00 น. ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มการระบายความร้อน โดยการลดอุณหภูมิของบรรยากาศลดลง



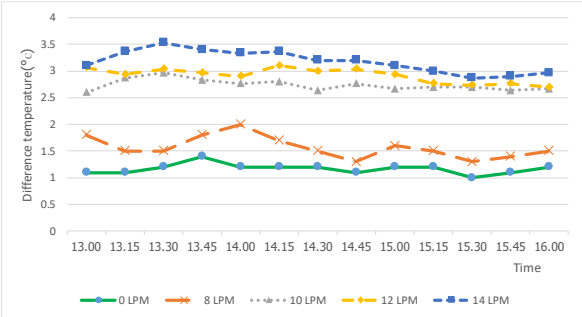
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำขาเข้า–ขาออกและอุณหภูมิภายนอกก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

4.2 การถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็น

เครื่องทำความเย็นขนาด 200 ตันทำความเย็นสามารถถ่ายเทความร้อนได้ประมาณ 450 kW ผ่านน้ำและอากาศ โดยอากาศสามารถถ่ายเทความร้อนจากพัดลมระบายอากาศที่ความเร็ว 3.2 m/s ดังนั้นจะสามารถระบายความร้อนได้ประมาณ 145 kW

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำและความแตกต่างของอุณหภูมิ

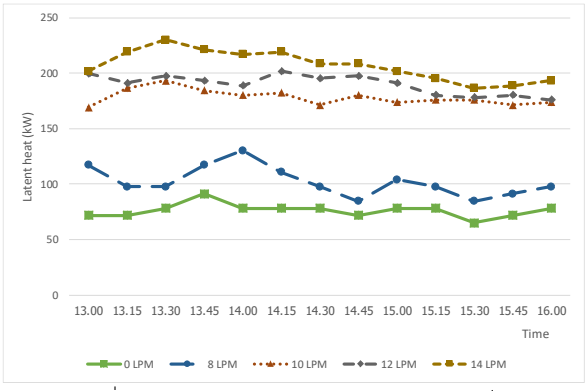
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลที่ 8 LPM, 10 LPM, 12 LPM และ 14 LPM จากรูปที่ 7 พบว่าที่ 0 LPM มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิของน้ำขาเข้าและขาออกประมาณ 1.2 °C และเมื่อมีการประมาณการฉีดพ่นน้ำที่ 8 LPM พบว่าค่าความแตกแตกของอุณหภูมิน้ำขาเข้า – ขาออก เพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1.57 °C เวลาประมาณ 14.00 น. มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1.9°C และที่ 10 LPM, 12 LPM และ 14 LPM ค่าความแตกต่างอุณหภูมิมากกว่า 2.5 °C ที่ 10 LPM เวลา 13.30 น. มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 2.97°C และที่เวลา 14.30 น. มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิน้อยที่สุดประมาณ 2.63°C โดยค่าเฉลี่ยความแตกต่างอุณหภูมิเท่ากับ 2.73°C ที่ 12 LPM เวลา 13.00 น. น. มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 3.10°C และที่เวลา13.00 น. มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิน้อยที่สุดประมาณ 2.7°C โดยค่าเฉลี่ยความแตกต่างอุณหภูมิเท่ากับ 2.92°C ส่วนที่ 14 LPM เวลา13.30 น. มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ3.53°C และที่เวลา 15.30 น. มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิน้อยที่สุดประมาณ 2.87°C โดยค่าเฉลี่ยความแตกต่างอุณหภูมิเท่ากับ 3.18°C



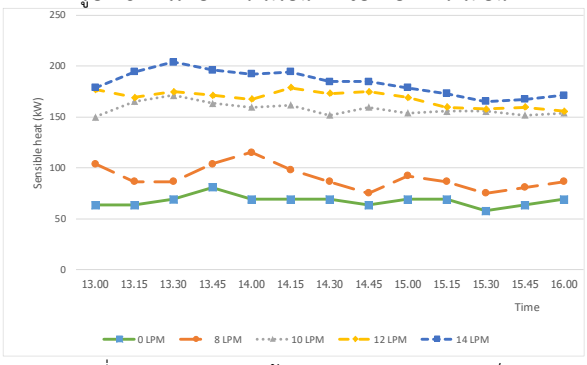
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำและความแตกต่างของอุณหภูมิ

4.4 การถ่ายเทความร้อน

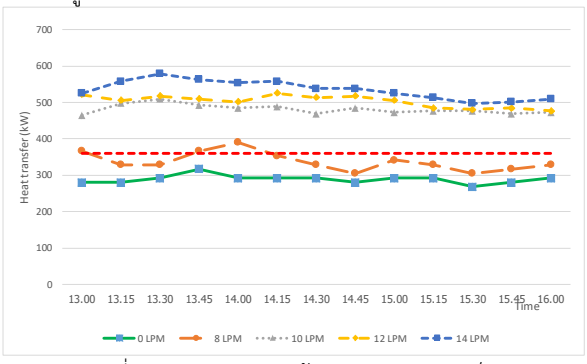
ปริมาณความร้อนที่สามารถถ่ายเทคความร้อนได้มี 2 รูปแบบ คือความร้อนแฝง และความร้อนสัมผัส จากรูปที่ 8 เป็นการถ่ายเทความร้อนแฝงพบว่าหากไม่มีการฉีดพ่นน้ำ (0 LPM) ค่าความร้อนแฝงสูงสุดอยู่ที่เวลา 13.45 น. เท่ากับ 91.19 kW และต่ำสุดเวลา 15.30 น. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 65.14 kW โดยค่าเฉลี่ยความร้อนแฝงอยู่ที่ 76.16 kW ที่การฉีดพ่น 8 LPM ค่าความร้อนแฝงสูงสุดอยู่ที่เวลา 14.00 น. เท่ากับ 130.27 kW และต่ำสุดเวลา 14.45 น. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 84.14 kW โดยค่าเฉลี่ยความร้อนแฝงอยู่ที่ 102.21 kW โดยที่ 10 LPM และ 12 LPM มีค่าความร้อนแฝงใกล้เคียง โดยค่าเฉลี่ยความร้อนแฝงของ 8 LPM และ 10 LPM เท่ากับ178.37 kW, 190.06 kW ตามลำดับ และที่ 14 LPM ค่าความร้อนแฝงสูงสุดอยู่ที่เวลา 13.30 น. เท่ากับ 230.15 kW และต่ำสุดเวลา 15.30 น. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 186.72 kW รูปที่ 9 และรูปที่ 10 แสดงการถ่ายเทความร้อนสัมผัสจะเห็นได้ว่ากราฟมีลักษณะแนวโน้มคล้ายกับความร้อนแฝง และเมื่อพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของน้ำและอากาศพบว่าค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนรวมที่ 0 LPM, 8 LPM, 10 LPM, 12 LPM และ 14 LPM มีค่าเท่ากับ286.56 kW, 335.68 kW, 497.24 kW, 501.28 kW, 533.39 kW ตามลำดับ หากพิจารณาการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ประสิทธิภาพ 80% พบว่าหอทำความเย็นจะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ประมาณ 360 kW ดังนั้นหากพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อน (ผลรวมความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส) รวมกับการถ่ายเทความร้อนของอากาศ (145 kW) จะพบว่า ที่ 0 LPM ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้เพียงพอ จำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อช่วยในการระบายความร้อนของบรรยากาศ ที่ 8 LPM เวลา 13.45 น. ถึงเวลาประมาณ 14.30 น. สามารถถ่ายเทความร้อนได้เพียงพอ 14.45 น. และ 15.30 น. การถ่ายเทความร้อนไม่เพียงพอ ส่วนที่การฉีดพ่นน้ำที่อัตราการไหล 10 LPM, 12 LPM และ 14 LPM สามารถถ่ายเทความร้อนมากกว่าประมาณ 320 kW ขึ้นไป เมื่อรวมกับการถ่ายเทความร้อนของอากาศพบว่าเครื่องทำความเย็นสามารถทำงานในระบบได้ตามปกติ โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมที่ 10 LPM, 12 LPM และ 14 LPM มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเท่ากับ 497.24 kW, 501.28 kW, 533.39 kW ตามลำดับ



รูปที่ 8 การถ่ายเทความร้อนแฝงของหอทำความเย็น



รูปที่ 9 การถ่ายเทความร้อนสัมผัสของหอทำความเย็น

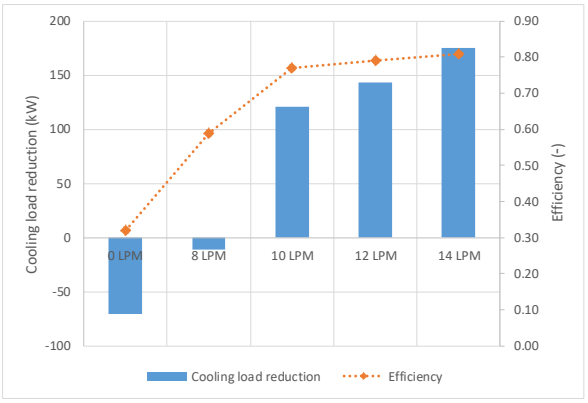


รูปที่ 10 การถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็น

4.5 การลดภาระความเย็นและค่าประสิทธิภาพของหอทำความเย็น

จากการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นโดยอ้างอิงประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น 80% หรือสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ประมาณ 360 kW จากการศึกษาพบว่าหากไม่มีการฉีดพ่นสเปรย์น้ำ (0 LPM) ระบบจะไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากอุณหภูมิบรรยากาศมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการฉีดพ่นน้ำเพื่อลดอุณหภูมิ

บรรยากาศ และอุณหภูมิของน้ำจากการศึกษาพบว่า ดังรูปที่ 11 ที่ 8 LPM ระบบจะไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากการฉีดพ่นน้ำเพื่อลดอุณหภูมิบรรยากาศ และอุณหภูมิของน้ำยังไม่เพียงพอต่อการทำงานได้ ขณะที่ 10 LPM สามารถลดภาระการทำความเย็นได้ประมาณ 121 kW ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็น 0.77 และขณะที่ 12 LPM สามารถลดภาระการทำความเย็นได้เท่ากับ 143 kW ประสิทธิภาพการทำความเย็น 0.79 และที่ 14 LPM สามารถลดภาระการทำความเย็นเท่ากับ 175 kW ประสิทธิภาพ 0.81



รูปที่ 11 การลดภาระความเย็นและค่าประสิทธิภาพของหอทำความเย็น

5. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการไหลของน้ำเชิงมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในหอทำความเย็นแบบปิดโดยแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฉีดพ่นละอองน้ำผลทดสอบพบว่า หากพิจารณาการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ประสิทธิภาพ 80% พบว่าหอทำความเย็นจะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ประมาณ 360 kW การถ่ายเทความร้อนที่ 0 LPM ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นได้ จำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อช่วยในการระบายความร้อนของบรรยากาศ ที่ 8 LPM สามารถถ่ายเทความร้อนประมาณ 192.77 kW ส่วนที่การฉีดพ่นน้ำที่อัตราการไหล 10 LPM, 12 LPM และ 14 LPM สามารถถ่ายเทความร้อนประมาณ 320 kW ขึ้นไป เมื่อรวมกับการถ่ายเทความร้อนของอากาศพบว่าเครื่องทำความเย็นสามารถทำงานในระบบได้ตามปกติ โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมที่ 10 LPM, 12 LPM และ 14 LPM มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเท่ากับ 497.24 kW, 501.28 kW และ 533.39 kW ตามลำดับ

ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้ควรพิจารณาความเร็วของอากาศและเพิ่มเติม ซึ่งถือเป็นหนึ่งปัจจัยในการระบายความร้อน เนื่องจากระบบดังกล่าวมีการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยอากาศ [1] ได้สรุปข้อมูลไว้ว่าที่ความเร็วของอากาศส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการระบายความร้อนด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ต้องขอขอบพระคุณสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้อำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ และขอบคุณบริษัท พรีเมียลูบริแค้นท์ ที่ให้ใช้สถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] ดวงฤดี ชูตระกูล, พิชัย อัษฎมงคล และอโณทัย สุขแสง พนม. (2553). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอทำน้ำเย็นระบบปิดแบบไหลขวางกั้น. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), ปีที่ 2 ฉบับพิเศษที่ 1, หน้า 47-58.

[2] วิชชาการ เกตุวงษ์ และธรณิศวร์ ดีทายาท. (2563). การลดอุณหภูมิอากาศโดยเทคนิคการทำความเย็นแบบระเหยและศักยภาพในการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ. ประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 19, วันที่ 12-13 มีนาคม 2563 ณ หาดเจ้าหลาว คาบาน่า รีสอร์ท จ.จันทบุรี ,หน้า 369-377.

[3] กรมอุตุวิทยา (2560). แผนภูมิข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลจาก https://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=7, (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2563).

[4] Eidan, A.A., Alwan, J., Alsahlani, A., Alfahham, M., (2017). Enhancement of the performance characteristics for air-conditioning system by using direct evaporative cooling in hot climates. Energy Procedia, 142, 3938 – 4003.

[5] ธีรพงศ์ บริรักษ์ และพงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ. (2555). การลดอุณหภูมิก่อนเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนด้วยการใช้ PVC Filling. วารสาร EAU HERITAGE, 6, number 14-12, pp.147 – 155.

[6] พรชัย เศรษฐพงษ์ ศิริพล ทองอ่อน และ จันทิมา ริ้ว ลายเงิน. (2563)การศึกษาและออกแบบการเพิ่ม

ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของหอทำความเย็นแบบปิด. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติ, ครั้งที่ 10 วันที่ 25-26 มิถุนายน 2563 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร,หน้า 243-253.

[7] Armando Oliverira and Jorge Facao, Heat and mass transfer correlation for the design of small indirect contact cooling tower s, Applied thermal engineering, Vol 24. issues 14-15,2004, p1969-1978.

[8] เชาวลิตร ดีฉ่ำ กิติพงษ์ เจาจารึก.(2557). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศโดยการพ่นละอองน้ำที่คอยล์ร้อน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 28 15/17 ตุลาคม 2557 จ. ขอนแก่น.

[9] ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์. (2559). การลดค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบชิลเลอร์: กรณีศึกษากระบวนการลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 152 – 154.

[10] เจษฎา วิเศษมณี. (2559). รูปแบบการระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, ปีที่10 ฉบับที่2 กันยายน 2559.

[11] ธเนศ เดชโหมด วรรัตน์ ปัตรประกร พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร. (2551). แผงลดอุณหภูมิในการระบายความร้อนสำหรับเครื่องปรับอากาศรวมศูนย์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลประเทศครั้งที่ 22, 15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

ID062

การศึกษาการตรวจสอบรอยเชื่อมรางรถไฟด้วยอคูสติกอิมิชชั่น

A Study of Rail Weld Inspection Using Acoustic Emission

วรินทร แก้วเนียม* และ ประพจน์ ขุนทอง
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
*E-mail: warinthorn.kae@ku.th

Warinthorn Kaewniam* and Prapot Kunthong
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
*E-mail: warinthorn.kae@ku.th

บทคัดย่อ

จุดบกพร่องในรอยเชื่อมของรางรถไฟสามารถนำไปสู่การเกิดความเสียหายของรางและอุบัติเหตุทางรถไฟได้ คุณภาพของรอยเชื่อมจึงมีความสำคัญที่ต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อความปลอดภัยในการเดินรถ อคูสติกอิมิชชั่นเป็นวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย ซึ่งทำการตรวจจับพลังงานในรูปแบบคลื่นยืดหยุ่นชั่วขณะที่ปล่อยจากความไม่ต่อเนื่องของวัสดุ เช่น รอยแตกร้าว ในการศึกษานี้จะทำการศึกษาและวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจสอบและจำแนกรางรถไฟเชื่อมไฟฟ้าสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ของรางรถไฟ 54E1 ด้วยวิธีอคูสติกอิมิชชั่น โดยรางรถไฟจะได้รับแรงจากการกดแบบสามจุดเพื่อให้เกิดรอยแตกภายใน และวิเคราะห์อคูสติกพารามิเตอร์อันได้แก่ ฮิต แอมพลิจูต เคาท์ พลังงาน และ RMS ในเชิงลักษณะแบบทางสถิติ ผลจากการทดลองพบว่า ฮิต แอมพลิจูต เคาท์ พลังงาน และ RMS เป็นพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในการจำแนกรางรถไฟที่เชื่อมสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าตัวแปรทุกตัวและลักษณะการเกิดสัญญาณ Acoustic Emission (AE) สูงสุดของรางรถไฟที่เชื่อมไม่สมบูรณ์มีความสอดคล้องกันในเชิงของเวลา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีอคูสติกอิมิชชั่นสามารถตรวจสอบรอยเชื่อมรางรถไฟได้ และแนวคิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ตรวจสอบรอยเชื่อมรางรถไฟขณะใช้งานจริงต่อไป

คำหลัก: จุดบกพร่อง รางรถไฟ การเชื่อมไฟฟ้า อคูสติกอิมิชชั่น อคูสติกพารามิเตอร์

Abstract

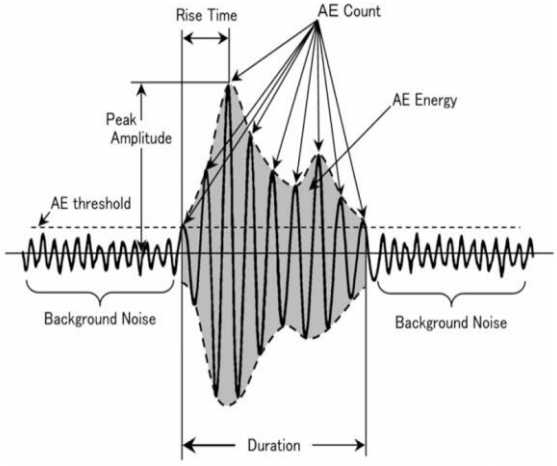
Defects in rail welds can lead to rail breaks and derailments. Quality of rail welding is a significant issue needed verification for transportation safety. Acoustic emission is a non-destructive technique that detects releasing energy in terms of transient elastic waves from discontinuity of material such as crack propagation. This work is to study and analyze capability in detection and classification defect-free state and defect-induced state of 54E1 flash-butt welded rail specimens by acoustic emission technique. The welded rail specimens are applied force by three-point bending to induce crack initiation. Then, acoustic emission namely hit, amplitude, count, energy and RMS are analyzed as statistical characteristic parameters. The experimental results have shown that hit, amplitude, count, energy and RMS are significant parameters to distinguish between defect-free state and defect-induced state of welded rail because the increment of all parametric values and AE peak signal characteristics for defect-induced rail

specimens are coherent based on time period. Therefore, acoustic emission method can be employed in rail-welding inspection and can be applied to design the equipment for onsite inspection further.

Keywords: Defect, Rail, Flash-butt welding, Acoustic Emission, Acoustic parameters

1. บทนำ

การก่อสร้างทางรถไฟนั้นจำเป็นที่จะต้อง มีการเชื่อมต่อราง เนื่องจากทางรถไฟแต่ละเส้นทาง มีระยะทางยาวนับร้อยกิโลเมตร วิธีการเชื่อมรางรถไฟ ที่นิยมในประเทศไทย มีอยู่สองวิธีหลักๆ ได้แก่ การเชื่อมเธอร์มิต (Thermite welding) และการเชื่อมไฟฟ้า (Flash butt welding) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะนิยมใช้การเชื่อมไฟฟ้าเนื่องจากคุณภาพรางหลังการเชื่อมดีกว่า คุณภาพการเชื่อมรางรถไฟนั้นจึงมีความสำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องตระหนักและเฝ้าระวังก่อนนำ รางรถไฟไปใช้จริง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการเดินรถที่อาจจะเกิดขึ้นได้ วิธีตรวจสอบคุณภาพรอยเชื่อมรางรถไฟแบบไม่ทำลายที่นิยมใช้ ในประเทศไทยคือการทดสอบคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic testing) เนื่องจากสามารถบ่งบอกถึงความลึกและขนาดของรอยตำหนิจากการสะท้อนของคลื่นเสียงเมื่อพบรอยความไม่ต่อเนื่อง [1] อคูสติกอิมิชชั่นก็เป็นหนึ่งในวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย โดยหลักการของวิธีอคูสติกอิมิชชั่นจะตรวจจับพลังงานซึ่งอยู่ในรูปของคลื่นยืดหยุ่นแบบชั่วครู่ที่ปลดปล่อยจากรอยความไม่ต่อเนื่องของวัสดุ หัวตรวจสอบจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานในรูปแบบของคลื่นเสียงเป็นคลื่นไฟฟ้า และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าจะถูกขยายสัญญาณด้วยอุปกรณ์ขยายสัญญาณเบื้องต้นและส่งผ่านไปยังตัวกรองความถี่ เพื่อกรองความถี่บางช่วงออกและส่งผ่านสัญญาณไปวิเคราะห์เทียบกับขนาดหรือความรุนแรงของรอย ความไม่ต่อเนื่องของแหล่งกำเนิดคลื่นอคูสติกในรูปแบบต่างๆ เช่น การเกิดรอยร้าวภายในเนื้อวัสดุหรือการเสียรูปของชิ้นงานในรูปแบบอคูสติกพารามิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 อคูสติกพารามิเตอร์ [2]

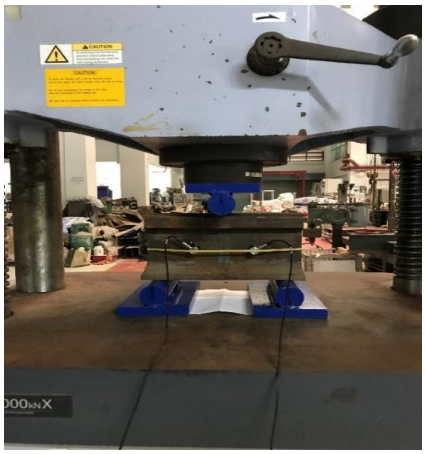
ปัจจุบันได้มีการใช้วิธีอคูสติกอิมิชชั่นในการศึกษาการตรวจสอบและจำแนกรอยบกพร่องจากการเชื่อม แต่ยังไม่พบว่ามีการใช้วิธีนี้ในการตรวจสอบและจำแนกรอยบกพร่องสำหรับรอยเชื่อมรางรถไฟ เช่น การศึกษาการตรวจสอบรอยบกพร่องของรอยเชื่อมแผ่นเหล็กแสตนเลสด้วยวิธีเชื่อมทิกระหว่างการขึมลึก ไม่สมบูรณ์และเชื่อมไม่สมบูรณ์จากการจำลองแหล่งกำเนิดโดยกดแบบสามจุด ซึ่งอคูสติกพารามิเตอร์สำคัญในการจำแนกรอยบกพร่องแต่ละประเภท ในงานวิจัยดังกล่าวคือเคาท์และแอมพลิจูต [3] อีกหนึ่งงานวิจัยได้ทำการศึกษาการตรวจสอบจำแนก รอยบกพร่องการเชื่อมชนของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน ได้แก่ โพรง สารมลทินฝังใน และเชื่อมไม่สมบูรณ์ ซึ่งคลื่นอคูสติกอิมิชชั่นที่นำมาวิเคราะห์เกิดจากการจำลองคลื่นด้วยการกดไส้ดินสอ ผลลัพธ์ที่ได้ แอมพลิจูตและพลังงานมีนัยสำคัญในการจำแนกรอยบกพร่อง [4] และยังพบงานวิจัยในลักษณะเดียวกันทำการวิเคราะห์ อคูสติกพารามิเตอร์ในรูปแบบโดเมนเวลา โดเมนความถี่ และโดเมนเวลา-ความถี่ ระหว่างรอยเชื่อมสมบูรณ์และ รอยเชื่อมไม่สมบูรณ์ เช่น รอยแตก โพรง และมลทินฝังใน ผลลัพธ์อคูสติกพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในการจำแนกรอยบกพร่องคือ แอมพลิจูต พลังงาน และ RMS ในโดเมนเวลา สำหรับโดเมนความถี่และโดเมน เวลา-ความถี่ สามารถบ่งบอกความเข้มข้นของพลังงานและช่วงความถี่ของรอยบกพร่องแต่ละประเภทในลักษณะที่แตกต่างกัน [5]

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือทำการศึกษาและวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจสอบและจำแนกรางรถไฟเชื่อมไฟฟ้าสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในเชิงลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์แบบทางสถิติด้วยวิธีอคูสติกอิมิชชั่น ซึ่งอคูสติกพารามิเตอร์ที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ ฮิต แอมพลิจูต เคาท์ พลังงาน และ Root Mean Square (RMS)

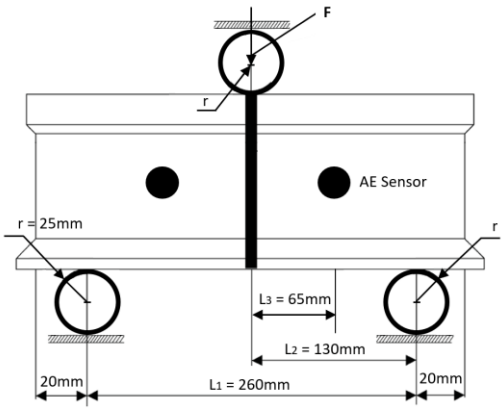
2. อุปกรณ์และวิธีการ

รางรถไฟเชื่อมไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการศึกษา เป็นราง 54E1 [6] ซึ่งผ่านการเชื่อมตามมาตรฐาน BS EN 14587-2 [7] ความยาวรางรถไฟขนาด 300 มิลลิเมตร และความกว้างของรอยเชื่อมขนาด20 ± 2 มิลลิเมตร โดยแบ่งรางรถไฟที่ผ่านการเชื่อมเป็นสองประเภท คือการเชื่อมสมบูรณ์และการเชื่อมไม่สมบูรณ์

การศึกษาการตรวจสอบรอยเชื่อมรางรถไฟด้วยวิธีอคูสติกอิมิชชั่นนั้น จะทำการวางชิ้นงานรางบนแท่นเหล็กเพื่อทำการจำลองแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงจากการให้แรง (AE source) บริเวณรอยเชื่อมในลักษณะกดดัดงอแบบสามจุด และทำการติดตั้งตัวตรวจสอบ (AE sensor) ตรงกลางรางระหว่างตำแหน่งที่กดแรงและแท่นรองฐานรางทั้งสองฝั่ง โดยทาจารบีบนผิวหัวตรวจสอบ เพื่อป้องกันไม่ให้มีช่องว่างของอากาศและทำการตรวจสอบการรับสัญญาณของหัวตรวจสอบทั้งสองตามมาตรฐาน ASTM F914 [8] ก่อนทำการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 2 (ก) และรูปที่ 2 (ข) อุปกรณ์รับและประมวลสัญญาณอคูสติกพารามิเตอร์จะใช้รุ่น PCI-2 (PAC) [9] หัวตรวจสอบจะต่อกับตัวขยายสัญญาณเบื้องต้น (pre-amplifier) จำนวนสองแชนแนล ตั้งค่าสัญญาณขยายที่ 40 dB การเก็บข้อมูลสัญญาณจะทำการเก็บข้อมูลทุกๆ หนึ่งไมโครวินาที และทำการแสดงผลในหน่วยวินาที ข้อมูลสัญญาณที่นำมาประมวลนั้นจะอยู่ในช่วง 100 – 400 kHz สำหรับการให้แรงบริเวณรอยเชื่อมรางอยู่ที่แรงกดสูงสุด 800 kN ด้วยความเร็วในการกด 1 มิลลิเมตร/ นาที



(ก)



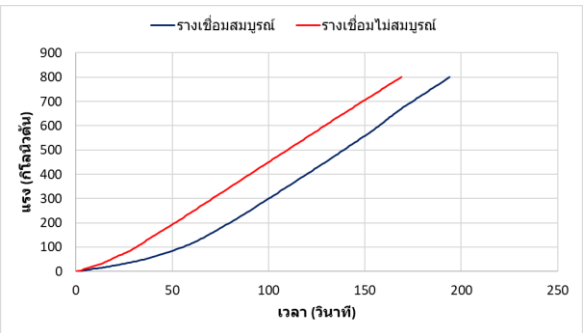
(ข)

รูปที่ 2 การติดตั้งรางรถไฟสำหรับการทดสอบ
(ก) การวางชิ้นงานรางรถไฟ (ข) ระยะการวางชิ้นงานรางรถไฟ

3. ผลการวิจัย

3.1 การเปรียบเทียบการกดแบบ 3 จุด

การกดให้แรงแบบ 3 จุด ที่แรงกดสูงสุด 800 kNตรงบริเวณรอยเชื่อม เพื่อจำลองการเกิดคลื่น AE สำหรับทำการวิเคราะห์ผลอคูสติกพารามิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3

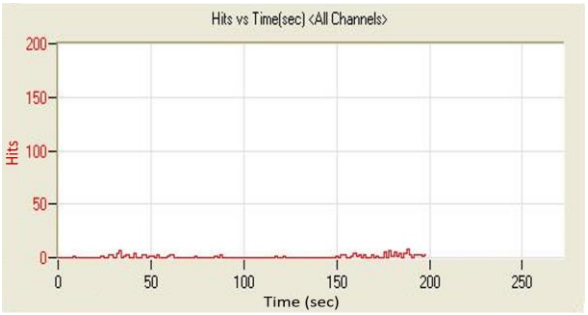


รูปที่ 3 กราฟแสดงผลแรงกดต่อเวลาระหว่างชิ้นงานเชื่อมสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์

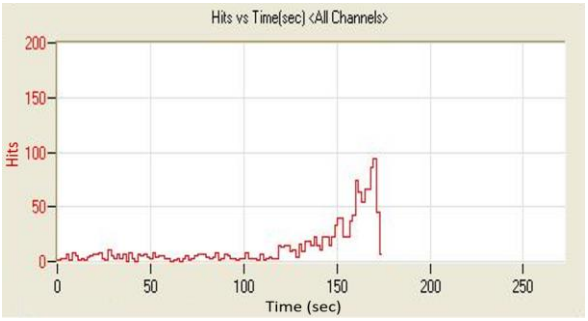
จากรูปที่ 3 แสดงถึงพฤติกรรม ระยะเวลาในการกดถึงแรงสูงสุด 800 kN ระหว่างรางเชื่อมสมบูรณ์และ ไม่สมบูรณ์ โดยเวลาที่ใช้ในการกด คือ 194 และ 169 วินาที ตามลำดับ

3.2 การเปรียบเทียบลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์ ของฮิต

ฮิตคือผลสัญญาณ AE ที่ตรวจจับและวัดผลสัญญาณจากสองแชนแนลที่ต่อกับหัวตรวจสอบ การเกิดฮิตของรางเชื่อมสมบูรณ์ มีการเกิดขึ้นของฮิตเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในช่วงค่าฮิตที่ 1-8 ตลอดการกดชิ้นงาน ในขณะ รางเชื่อมไม่สมบูรณ์มีลักษณะการเกิดฮิตเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 119 วินาที (แรงกด 548 kN) และฮิตมีค่าเพิ่มขึ้นจนค่าฮิตสูงสุดที่ 94 ที่เวลา 168 วินาที (แรงกด 795 kN) แสดงดังรูปที่ 4 (ก) และรูปที่ 4 (ข)



(ก)



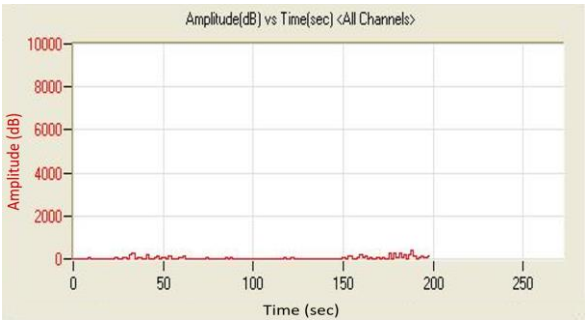
(ข)

รูปที่ 4 กราฟแสดงผลฮิตต่อเวลา
(ก) รางเชื่อมสมบูรณ์ (ข) รางเชื่อมไม่สมบูรณ์

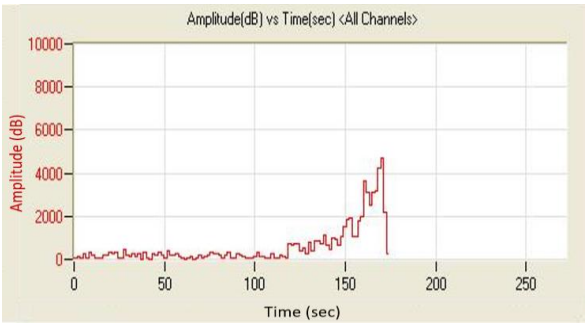
3.3 การเปรียบเทียบลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์ ของแอมพลิจูต

ผลของลักษณะการเกิดแอมพลิจูตของรางเชื่อมสมบูรณ์และรางเชื่อมไม่สมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 5 (ก) และรูปที่ 5 (ข)

จากรูปที่ 5 (ก) ลักษณะการเกิดแอมพลิจูตของรางเชื่อมสมบูรณ์ พบค่าแอมพลิจูตเพียงเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในช่วง 40-373 dB ตลอดการกดชิ้นงาน ในขณะที่รางเชื่อมไม่สมบูรณ์พบลักษณะแอมพลิจูตเพิ่มขึ้น ตั้งแต่เวลา 119 วินาที (แรงกด 548 kN) จนค่าแอมพลิจูตสูงสุดที่ 4715 dB ที่เวลา 168 วินาที (แรงกด 795 kN) แสดงดังรูปที่ 5 (ข) จากผลของแอมพลิจูตสูงสุดของรางเชื่อมไม่สมบูรณ์มีลักษณะเกิดขึ้นแบบเดียวกันกับฮิตซึ่งช่วงแอมพลิจูตที่เพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด สันนิษฐานได้ว่าการเกิดรอยแตกร้าวภายในเพิ่มขึ้นจากการเชื่อมไม่สมบูรณ์ ซึ่งมีแนวโน้มในลักษณะเช่นเดียวกันกับงานวิจัย [5], [10]



(ก)



(ข)

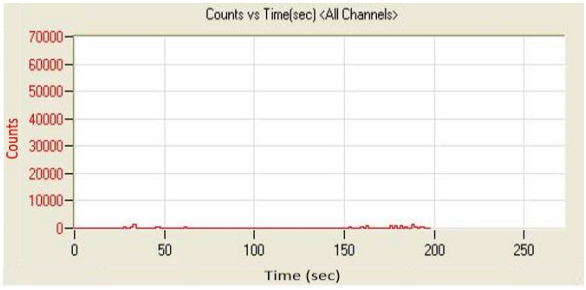
รูปที่ 5 กราฟแสดงผลแอมพลิจูตต่อเวลา
(ก) รางเชื่อมสมบูรณ์ (ข) รางเชื่อมไม่สมบูรณ์

3.4 การเปรียบเทียบลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์ ของเคาท์

เคาท์ คือ จำนวนครั้งที่สัญญาณ AE มีขนาดแอมพลิจูตสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) การเกิดเคาท์ของรางเชื่อมสมบูรณ์และรางเชื่อมไม่สมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 6 (ก) และรูปที่ 6 (ข)

จากรูปที่ 6 (ก) การเกิดเคาท์ของรางเชื่อมสมบูรณ์ มี

ค่าในช่วง 32-1200 ซึ่งมีการพบเคาท์เล็กน้อย ตลอดการกดชิ้นงาน ซึ่งต่างจากรางเชื่อมไม่สมบูรณ์ที่มีค่าเคาท์เพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 119 วินาที (แรงกด 548 kN) และพบค่าเคาท์สูงสุดที่ 29000 ที่เวลา 168 วินาที (แรงกด 795 kN) แสดงดังรูปที่ 6 (ข) การเกิดเคาท์ที่เพิ่มขึ้นของรางเชื่อมไม่สมบูรณ์สืบเนื่องมาจากความเข้นข้นของสัญญาณ AE จากการเกิดรอยแตกร้าวภายในของชิ้นงาน ซึ่งมีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันกับงานวิจัยของ [10]



(ก)



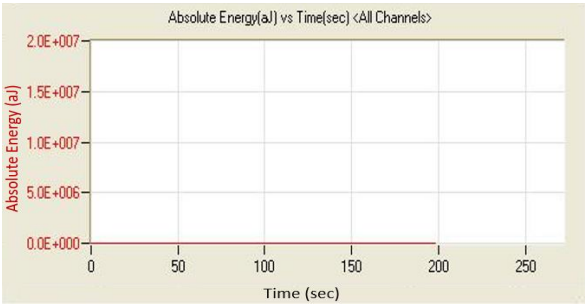
(ข)

รูปที่ 6 กราฟแสดงผลเคาท์ต่อเวลา
(ก) รางเชื่อมสมบูรณ์ (ข) รางเชื่อมไม่สมบูรณ์

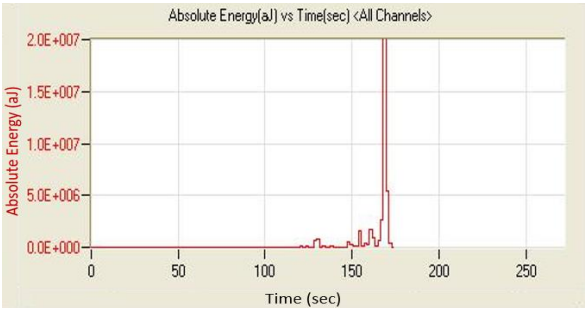
3.5 การเปรียบเทียบลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์ ของพลังงาน

ลักษณะค่าพลังงานที่เกิดขึ้นของรางเชื่อมสมบูรณ์และรางเชื่อมไม่สมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 7 (ก) และรูปที่ 7 (ข)

จากรูปที่ 7 (ก) ลักษณะค่าพลังงานที่เกิดขึ้นของรางเชื่อมสมบูรณ์พบค่าพลังงานที่น้อยมาก ซึ่งอยู่ในช่วง 6.5E+03 - 1.3E+04 aJ ตลอดการกดชิ้นงาน ในขณะ รางเชื่อมไม่สมบูรณ์ พบว่ามีลักษณะการเกิดค่าพลังงานสูงสุดมากกว่า 2.0E+07 aJ ที่เวลา 168 วินาที(แรงกด 795 kN) ซึ่งเกิดในช่วงเดียวกันกับฮิตสูงสุดและแอมพลิจูตสูงสุด แสดงดังรูปที่ 7 (ข)



(ก)

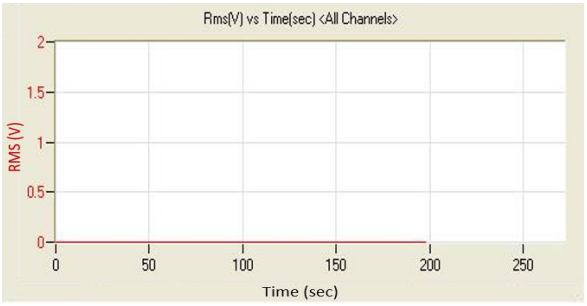


(ข)

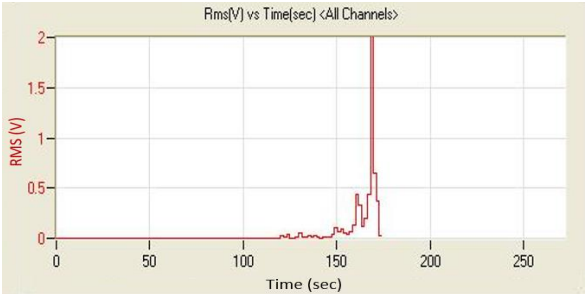
รูปที่ 7 กราฟแสดงผลพลังงานต่อเวลา
(ก) รางเชื่อมสมบูรณ์ (ข) รางเชื่อมไม่สมบูรณ์

3.6 การเปรียบเทียบลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์ ของ RMS

ลักษณะค่า RMS ของรางเชื่อมสมบูรณ์และรางเชื่อมไม่สมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 8 (ก) และรูปที่ 8 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 กราฟแสดงผล RMS ต่อเวลา

(ก) รางเชื่อมสมบูรณ์ (ข) รางเชื่อมไม่สมบูรณ์

ตารางที่ 1 ลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์ทางสถิติ

ประเภทราง	ฮิต	แอมพลิจูด (dB)	เคาท์	พลังงาน (aJ)	RMS (V)
เชื่อมสมบูรณ์	1-8 (ตลอดการกดชิ้นงาน)	40-373 (ตลอดการกดชิ้นงาน)	32-1200 (ตลอดการกดชิ้นงาน)	6.5E+03 – 1.3E+04 (ตลอดการกดชิ้นงาน)	0.0025-0.004 (ตลอดการกดชิ้นงาน)
เชื่อมไม่สมบูรณ์	94 (สูงสุดที่ 168 วินาที)	4715 (สูงสุดที่ 168 วินาที)	29000 (สูงสุดที่ 168 วินาที)	มากกว่า 2.0E+07 (สูงสุดที่ 168 วินาที)	มากกว่า 2.0 (สูงสุดที่ 168 วินาที)

จากรูปที่ 8 (ก) ลักษณะค่า RMS ที่เกิดขึ้นของ รางเชื่อมสมบูรณ์ พบค่า RMS ที่น้อยมาก ซึ่งอยู่ในช่วง 0.0025-0.004 V ตลอดการกดชิ้นงาน ซึ่งแตกต่างจากรางเชื่อมไม่สมบูรณ์ที่พบค่า RMS สูงสุดมากกว่า 2 V ที่เวลา 168 วินาที (แรงกด 795 kN) แสดงดังรูป 8 (ข)

จากการศึกษาการตรวจสอบรอยเชื่อมรางรถไฟระหว่างรอยเชื่อมสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ด้วยวิธีอคูสติกอิมิชชั่นได้สรุปลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์ทางสถิติตามตารางที่ 1 ซึ่งผลของรางเชื่อมสมบูรณ์พบว่าค่าของฮิต แอมพลิจูด เคาท์ พลังงาน และ RMS อยู่ในช่วงต่ำ ตลอดการกดชิ้นงาน ในขณะที่รางเชื่อมไม่สมบูรณ์ ผลของค่าฮิต แอมพลิจูด เคาท์ พลังงาน และ RMS มีค่าเพิ่มขึ้นและพบลักษณะการเกิดค่าสูงสุดในเวลาเดียวกันที่ 168 วินาที ซึ่งสันนิษฐานได้ว่า มีการเริ่มต้นการเกิดรอยแตกร้าวภายในชิ้นงานที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับรางเชื่อมสมบูรณ์

4. สรุป

จากการศึกษาและวิเคราะห์ความสามารถของวิธีอคูสติกอิมิชชั่นในการจำแนกรางรถไฟเชื่อมไฟฟ้าสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในเชิงลักษณะอคูสติกพารามิเตอร์แบบทางสถิติ พบว่า ฮิต แอมพลิจูด เคาท์ พลังงาน และ RMS เป็นพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญในการจำแนกรางเชื่อมสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าตัวแปรทุกตัวและลักษณะการเกิดสัญญาณ AE สูงสุดของรางรถไฟเชื่อมไม่สมบูรณ์มีความสอดคล้องกันในเชิงของเวลา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีอคูสติกอิมิชชั่นสามารถตรวจสอบรอยเชื่อมรางรถไฟได้ และแนวคิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ตรวจสอบรอยเชื่อมรางรถไฟขณะใช้งานจริงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร. ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษา ขอขอบคุณ ผศ. ดร. พิพล บุญจันต๊ะ ที่ให้คำปรึกษาและสนับสนุนในการศึกษา และขอขอบคุณ บริษัท ยูนิค เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) ผู้สนับสนุนรางรถไฟที่ใช้ในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] Gholami, A., Saharkhiz, S., Samadi, M., Honarvar, F. (2016). Ultrasonic Flaw Detection Systems for Testing Rails in Iran Railways. The Third International Iranian NDT Conference, 2016.

[2] Member, J. (2016). Practice Acoustic Emission Testing.

[3] Venkata Ranganayakulu, S., J, S., Kucheludu, A., & Buddu, R. (2014). Acoustic Emission Studies on Weld Bead Defects in Nuclear Grade SS 316L Materials. Open Journal of Acoustics, 4, 115-130.

[4] Aboali, A., El-Shaib, M., Sharara, A., & Shehadeh, M. (2014). Screening for Welding Defects Using Acoustic Emission Technique. Advanced Materials Research, 1025-1026, 7-12.

[5] Droubi, M. G., Faisal, N. H., Orr, F., Steel, J. A., & El-Shaib, M. (2017). Acoustic Emission Method for Defect Detection and Identification in Carbon Steel Welded Joints. Journal of Constructional Steel Research, 134, 28-37.

[6] BS EN 13674-1: Railway Applications - Track - Vignole Railway Rails 46 kg/ m and Above, British-Adopted European Standard, 2002.

[7] BS EN 14587-2: Railway Applications - Track - Flash Butt Welding of Rails - Part 2: New R220, R260, R260Mn and R350HT Grade Rails by Mobile Welding Machines at Sites Other Than a Fixed Plant, British-Adopted European Standard, 2009.

[8] ASTM F914-03. 2003. American Standard Test Method for Acoustic Emission for Insulated and Non-Insulated Aerial Personnel Devices Without Supplemental Load Handling Attachments, Annual Book of ASTM Standards, Volume 03.03.

[9] PCI-2 Based AE System User's Manual, Physical Acoustics Corporation.

[10] Halim, Z., Jamaludin, N., Syarif, J., & Yahya, S. (2015) . Vibration impact acoustic emission technique for identification and analysis of defects in carbon steel tubes: Part A Statistical analysis. *Journal of Mechanical Science and Technology, 29*, 1547-1557.

ID064

พาหนะอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบวิทัศน์
An Autonomous Vehicle Controlled using Vision-Based Approach

ภัคพงษ์ แนมขุนทด และ จิตติ พัทธวณิช*
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยบูรพา
*E-mail: jitti@eng.buu.ac.th

Pakkapong Naemkuntod and Jitti Pattavanitch*
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Burapha University
*E-mail: jitti@eng.buu.ac.th

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาพาหนะเคลื่อนที่อัตโนมัติที่ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ พาหนะถูกปับแต่งจากรถบังคับวิทยุที่มีขนาด 320 x 450 mm ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ 5 km/hr ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่แบบพวงมาลัย พาหนะติดตั้งกล้องความละอียด 5 M pixel และไมโครคอมพิวเตอร์ อย่างละ 2 ชุด เพื่อใช้สำหรับการตรวจจับช่องจราจร และป้ายสัญญาณจราจรตามลำดับ ในการตรวจจับช่องจราจรได้ประยุกต์ใช้วิธีการประมวลผลภาพถ่ายด้วยวิธีการแปลงภาพทัศนมิติ (perspective) ร่วมกับการวิเคราะห์ฮีสโต - แกรม เพื่อคำนวณตำแหน่งพาหนะในช่องจราจร ในการตรวจจับป้ายสัญญาณจราจรจะใช้วิธีเครื่อข่ายประสาทเทียมแบบคอน-โวลูชั่น เพื่อทำการสร้างแบบจำลองการจดจำ พาหนะถูกทดสอบให้เคลื่อนที่ภายในช่องจรารจรที่ประกอบไปด้วยทางตรงและทางโค้ง และป้ายจราจร ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าพาหนะสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ตามการตรวจจับช่องจราจรและป้ายจราจรได้ที่ความเร็วที่ในการเคลื่อนที่มีค่าไม่เกิน 2.5 km/hr
คำหลัก พาหนะอัตโนมัติ, คอมพิวเตอร์วิทัศน์, เครื่อข่ายประสาทเทียม

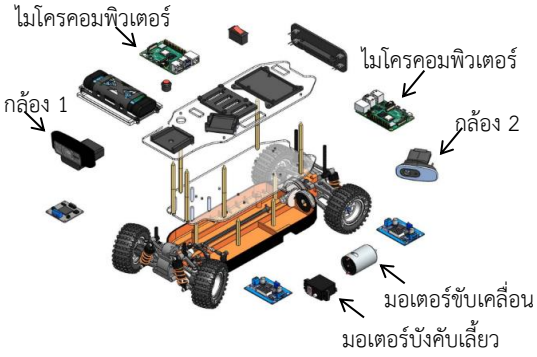
Abstract
The main aim of this paper is to develop a vision-based automated vehicle. The vehicle is modified from an RC car, the dimensions of which are 320 x 450 mm. The car is equipped with a dc-motor which is able to drive with the top speed of 5 km/hr. The direction of driving is controlled using mechanical steering. Two sets of 5 M pixel camera and single-board micro-computer (SBC) are installed on the vehicle in order to detect the traffic lane and traffic signs respectively. In lane detection, an algorithm using computer vision techniques based on perspective transformations and histogram analysis is proposed to determine the location of the vehicle with respect to the lane. Convolutional Neural Network (CNN) is employed to create models for traffic sign recognition. The vehicle is tested on a track consisting of both straight and curve paths and traffic signs. The experimental results show the effectiveness of the vehicle to automatically adjust the speed and direction as detecting the lane and traffic signs at the maximum speed of 2.5 km/hr.
Keywords: automated vehicle, computer vision, neural network

1. บทนำ

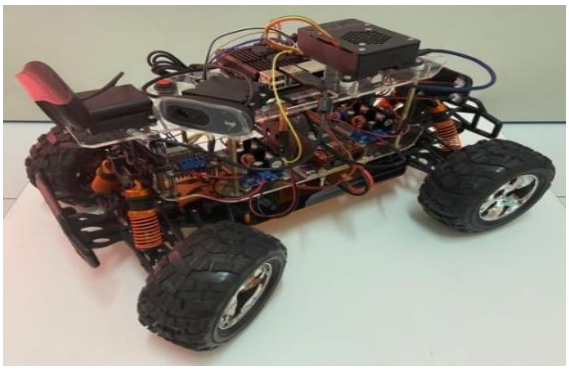
พาหนะขับเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Autonomous vehicle) เป็นพาหนะที่สามารถรับรู้สภาพแวดล้อมรอบพาหนะและสามารถควบคุมการทำงานและตัดสินใจแทนมนุษย์ได้ ซึ่งทำให้สามารถลดอุบัติเหตุและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พาหนะ ในหลายปีที่ผ่านมาพาหนะอัตโนมัติได้ถูกสร้างและทดสอบเพื่อนำไปใช้ในหลายด้าน เช่น รถยนต์ไร้คนขับ[1] พาหนะขนส่งสินค้า/วัสดุภายในโรงงานอุตสาหกรรม[2] หรือแม้กระทั่งรถเข็นสำหรับผู้พิการ[3] โดยทั่วไปพาหนะอัตโนมัติประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ[4] ได้แก่

การรับรู้สภาพแวดล้อมรอบพาหนะ (perception) การวางแผนการเคลื่อนที่ (planning) และการควบคุมการเคลื่อนที่ (control) การทำงานของพาหนะเริ่มจากการสร้างข้อมูลของวัตถุที่อยู่รอบพาหนะ ด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ เช่น เลเซอร์ (Lidar) [5] คลื่นไมโครเวฟ (Radar) [6] หรือ กล้องถ่ายภาพ (Camera) [7] ที่ติดตั้งที่พาหนะ ข้อมูลจากเซนเซอร์จะถูกนำไปประมวลผลเพื่อสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของพาหนะ จากนั้นพาหนะจะถูกควบคุมให้เคลื่อนที่ในทิศทางและความเร็วที่เหมาะสมเพื่อให้ถึงจุดหมายตามเส้นทางที่สร้างขึ้น

ในการพัฒนาพาหนะอัตโนมัติจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผลและควบคุมซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ดังกล่าวยังมีราคาสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (single board computer: SBC) ที่มีราคาไม่สูง เพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับประมวลผลและควบคุมพาหนะ โดยใช้กล้องเวปแคมเป็นอุปกรณ์รับรู้สภาพแวดล้อมรอบพาหนะ โดยที่กล้องจะถูกใช้ในการตรวจจับช่องจราจรและตรวจจับป้ายสัญญาณจราจร และข้อมูลภาพจากกล้องจะถูกนำมาประมวลผลด้วยวิธีทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision)และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของพาหนะ



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) ส่วนประกอบของพาหนะ (ข) พาหนะที่พัฒนาขึ้น

2. พาหนะอัตโนมัติ

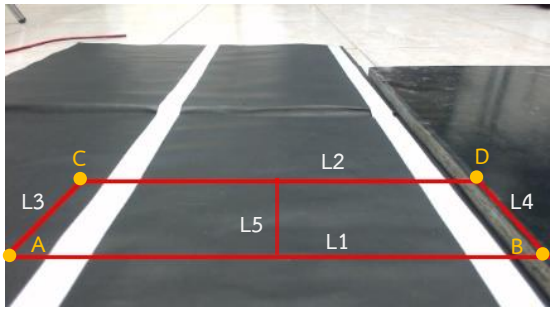
พาหนะอัตโนมัติที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นพาหนะที่ดัดแปลงมาจากรถบังคับวิทยุที่มีขนาดความกว้าง 320 mm ความยาว 450 mm ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 W สามารถทำความเร็วสูงสุดได้ 4.7 km/hr ใช้มอเตอร์เซอร์โวในระบบบังคับเลี้ยวแบบพวงมาลัย มีองศาการเลี้ยวสูงสุด 25 องศา ใช้กล้องเวปแคม 2 ตัวสำหรับการตรวจจับช่องจราจรและป้ายสัญญาณจราจร ใช้ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก 2 ตัว ซึ่งมีหน่วยประมวลผลแบบ 16 บิต ความถี่การประมวลผล 1.2 GHz มีหน่วยความจำภายใน 4 GB ในการประมวลผลข้อมูลภาพ และควบคุมการเคลื่อนที่พาหนะ ลักษณะของพาหนะที่ทำการดัดแปลงแสดงได้ดังรูปที่ 1

3. การตรวจจับช่องจราจร

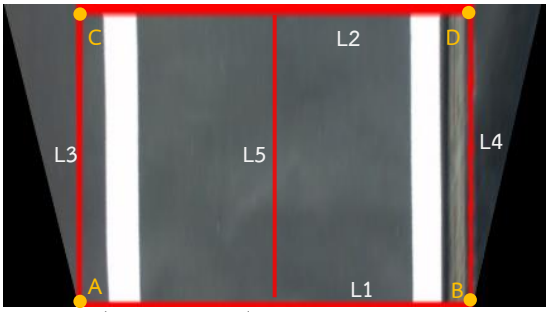
ในการตรวจจับช่องทางจราจรจะกระทำโดยการส่งภาพในแต่ละเฟรมจากกล้องตัวที่ 1 เข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ตัวแรก เพื่อทำการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อหาขอบของช่องจราจรและเส้นกึ่งกลางช่องจราจร เนื่องจากได้ทำการติดตั้งกล้องตัวที่ 1 ที่ด้านหน้าของพาหนะ ส่งผลให้ภาพจากกล้องจะมีลักษณะเป็นภาพทัศนมิติ (perspective) ดังรูปที่ 2 จากนั้นทำการกำหนดบริเวณที่จะทำการประมวลผลภาพ (Region-of-interest :ROI) ซึ่งเป็นบริเวณที่ครอบคลุมช่องจราจรซึ่งมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (บริเวณกรอบสีแดงรูปที่ 3)



รูปที่ 2 ภาพจากกล้องตัวที่ 1



รูปที่ 3 บริเวณที่จะทำการประมวลผลภาพ



รูปที่ 4 ภาพทัศนมิติที่ถูกแปลงเป็นภาพฉาย 2 มิติ

โดยในการสร้าง ROI จะทำการสร้างเส้นขอบล่าง (เส้น L1ในรูปที่ 3) ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและจุดปลายอยู่ที่ขอบทางด้านซ้ายสุดและขวาสุดของภาพตามลำดับ (จุด A และ จุด B) และต้องอยู่ภายนอกของเส้นขอบจราจร จากนั้นทำการวัดระยะจริงจากจุด A ถึงจุด B บนช่องจราจรซึ่งจะสามารถคำนวณสัดส่วนระยะความยาวจริงต่อระยะห่างใน 1 พิกเซล (PD) ตามแนวนอนดังสมการ 1

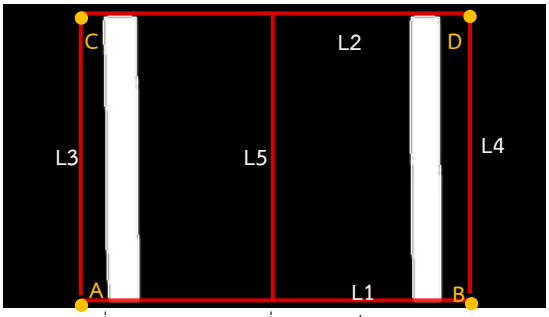
$$PD = \frac{Actual\ length_{A-B}}{Pixel_B - Pixel_A} \quad (1)$$

สร้างเส้นขอบด้านข้าง (เส้น L3 และ L4 รูปที่3) ซึ่งเส้นทั้งสองจะต้องขนานไปกับขอบเส้นจราจรโดยมีจุดเริ่มที่ปลายของเส้นขอบล่าง (L1) ไปจรดปลายของเส้นขอบบน (L2) จะได้จุด C และ D ตามลำดับ ระยะห่างระหว่างเส้นขอบล่างและขอบบน จะต้องเลือกให้เหมาะสม หากมีค่ามากเกินไปจะส่งผลให้จำนวนพิกเซลภายใน ROI มีมากทำให้ต้องใช้เวลาในการประมาลผลภาพสูงแต่ก็จะมีความถูกต้องในการตรวจจับเส้นจราจรสูง ในทางตรงกันข้ามหากความสูงของ ROI มีค่าน้อยเกินไปจะส่งผลให้การตรวจจับเส้นจราจรไม่แม่นยำถึงแม้ว่าใช้เวลาในการประมวลผลภาพน้อยกว่า จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าความสูงของ ROI ที่เหมาะสมกับตัวควบคุมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีค่าเท่ากับ 200 พิกเซล เมื่อสร้าง ROI แล้วจะทำการสร้างเส้นแบ่งกึ่งกลางช่องจราจร (L5) เพื่อใช้เป็นเส้นอ้างอิงตำแหน่งกึ่งกลางของกล้องรับภาพกับตำแหน่งกึ่งกลางของช่องจราจรที่ตรวจจับได้

เมื่อกล้องส่งข้อมูลภาพถ่ายของช่องจราจรเข้าสู่หน่วยประมวลผล ภาพบริเวณ ROI ซึ่งมีลักษณะเป็นภาพทัศนมิติจะถูกแปลงเป็นภาพฉาย 2 มิติ ที่มีมุมมองเสมือนถูกฉายภาพจากด้านบน (Bird's eye view) แสดงได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งกระทำโดยการแปลงตำแหน่งพิกเซลภายใน ROI ด้วยเมทริกซ์เปลี่ยนรูป (Transformation matrix: Tr [8]) ดังสมการ 2

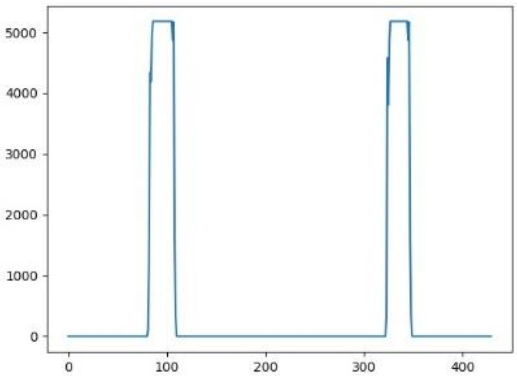
$$[Pixel]_{new} = [Tr][Pixel]_{original} \quad (2)$$

จากนั้นทำการแปลงสีของภาพให้เป็นสีเทา (grey scale color) และแปลงเป็นภาพขาว-ดำ ด้วยวิธี Threshold Binary [8] (รูปที่5) เพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างเส้นขอบช่องจราจร (สีขาว) และช่องจราจร (สีดำ) ได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 5 ภาพช่องจราจรที่ถูกแปลงเป็นภาพขาว-ดำ

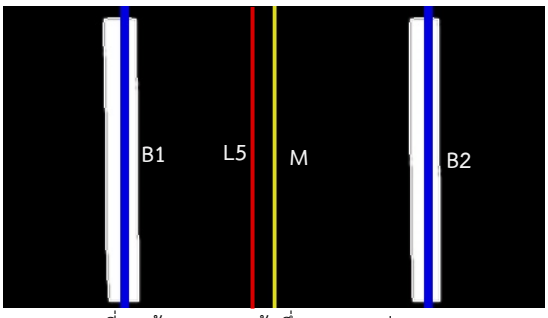
ทำการตรวจจับช่องทางจราจรโดยจะนำภาพขาว-ดำมาสร้างฮีสโตแกรม (Histogram) ดังรูปที่ 6 เพื่อแสดงตำแหน่งพิกเซลของสีขาวบนภาพ



รูปที่ 6 ภาพฮีสโตแกรม (Histogram) ของช่องจราจร

หาตำแหน่งพิกเซลที่มีค่าแสงขาวที่มากสุดบนฮีสโตแกรมจำนวน 2 ตำแหน่ง โดยเริ่มจากซ้ายสุดไปจนถึงตรงกลางของภาพ 1 ตำแหน่งซึ่งจะเป็นตำแหน่งพิกเซลของเส้นขอบจราจรด้านซ้าย (เส้น B1) และจากตรงกลางของภาพไป

จนถึงขวาสุด 1 ตำแหน่งซึ่งจะเป็นตำแหน่งพิกเซลของเส้นขอบจราจรด้านขวา (เส้น B2) เมื่อได้เส้นขอบทั้งสองด้านจึงสามารถหาตำแหน่งกึ่งกลางของช่องทางจราจรได้จากตำแหน่งเฉลี่ยของพิกเซลทางด้านซ้ายและขวา (เส้น M)



รูปที่ 7 เส้นขอบและเส้นกึ่งกลางของช่องจราจร

ในการคำนวณหาตำแหน่งของพาหนะเทียบกับช่องจราจรกระทำโดยการวัดระยะห่างของพิกเซลของเส้นกึ่งกลางช่องจราจร(เส้น M) กับพิกเซลกึ่งกลางของกล้อง (เส้น L5) โดยหากเส้นกึ่งกลางภาพอยู่ทางซ้ายของเส้นกึ่งกลางช่องทางจราจรแสดงว่าพาหนะกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้ายของช่องจราจร หากเส้นกึ่งกลางของภาพอยู่ทางขวาของเส้นกึ่งกลางช่องทางจราจรแสดงว่าพาหนะกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาของช่องจราจร โดยระยะห่างจากกึ่งกลางช่องจราจร (Dist) สามารถคำนวณได้จากสมการ (3)

$$Dist = (Pixel_{L5} - Pixel_{M}) \times PD \quad (3)$$

4 การจดจำลัญลักษณ์สัญญาณจราจร

สัญลักษณ์ป้ายจราจรที่ใช้ในงานนี้มี 3 แบบได้แก่ สัญลักษณ์หยุด ทางแยก และชลอความเร็ว ดังรูปที่ 8

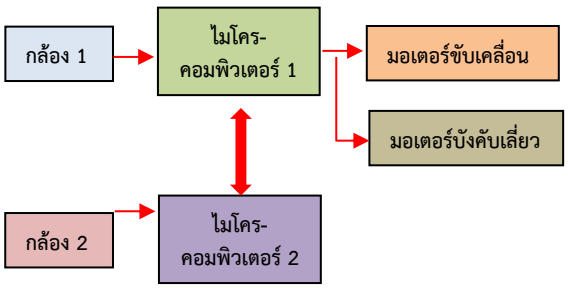


รูปที่ 8 สัญลักษณ์ป้ายจราจร

ในการสร้างโมเดลเพื่อจดจำสัญลักษณ์จราจรแต่ละชนิดจะกระทำด้วยวิธีโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) [9] ในการสร้างโมเดลจดจำลัญลักษณ์แต่ละแบบ จะใช้ข้อมูลรูปภาพจำนวน 200 รูปแต่ละรูปมีขนาด 100 x100 พิกเซล

5. การควบคุมการเคลื่อนที่

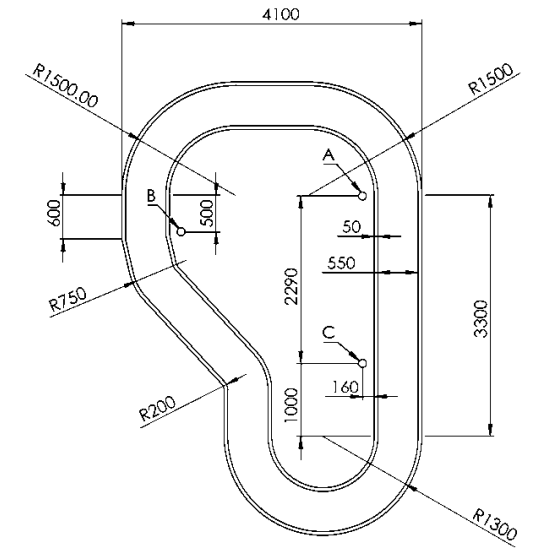
แผนภาพอุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่แสดงได้ดังรูปที่ 9 ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ 1 ทำงานร่วมกับกล้องตัวที่ 1 เซอร์โวมอเตอร์ และมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยที่ตัวควบคุมนี้จะรับภาพจากกล้องตัวที่ 1 เพื่อทำการประมวลผลภาพในการควบคุมพาหนะให้เคลื่อนที่อยู่บริเวณกึ่งกลางช่องจราจร ตามขั้นตอนที่ได้กล่าวในข้างต้น โดยงานวิจัยนี้จะกำหนดให้ องศาการบังคับเลี้ยวจะแปรผันตรงแบบเชิงเส้นกับระยะคลาดเคลื่อนจากกึ่งกลางช่องจราจร (ค่า Dist สมการ (3)) และความเร็วของพาหนะจะแปรผกผันแบบเชิงเส้นกับระยะคลาดเคลื่อนจากกึ่งกลางช่องจราจร กล่าวคือเมื่อพาหนะเคลื่อนที่ออกจากกึ่งกลางช่องจราจร องศาการเลี้ยวจะมีค่าเพิ่มตามระยะห่างจากกึ่งกลางช่องจราจร แต่ความเร็วของพาหนะจะลดลง ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ 2 ทำงานร่วมกับกล้องตัวที่ 2 และตัวควบคุมที่ 1 โดยมีหน้าที่ควบคุมความเร็วของพาหนะจากป้ายจราจรที่ตรวจพบ โดยที่หากตรวจพบป้ายทางแยกจะทำการหยุดการเคลื่อนที่เป็นเวลา 5s เมื่อตรวจพบป้ายชะลอความเร็วจะทำการลดความเร็วในการเคลื่อนที่ลง 50% จากความเร็วก่อนหน้า จนกระทั่งเคลื่อนที่ผ่านป้ายชะลอความเร็ว และพาหนะจะหยุดการเคลื่อนที่เมื่อตรวจพบป้ายสัญญาณหยุด โดยที่ค่าความเร็วของพาหนะจะถูกส่งจากตัวควบคุมที่ 2 ไปยังตัวควบคุมที่ 1 ผ่านการเชื่อต่อแบบอนุกรม



รูปที่ 9 ไดอะแกรมของอุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่พาหนะ

6. การทดสอบการทำงาน

เส้นทางการทดสอบการเคลื่อนที่ของพาหนะมีระยะทางประมาณ 16 เมตร ประกอบด้วยโค้งเลี้ยวซ้ายจำนวน 4 โค้ง และโค้งเลี้ยวขวา จำนวน 1 โค้ง ดังรูปที่ 10 มีการติดตั้งสัญลักษณ์ป้ายทางแยกไว้ที่ตำแหน่ง A ป้ายชะลอความเร็วไว้ที่ตำแหน่ง B และป้ายหยุดไว้ที่ตำแหน่ง C





รูปที่ 10 เส้นทางการทดสอบการเคลื่อนที่

ในการทดสอบพาหนะจะกระทำโดยการให้พาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2 ถึง 4 km/hr. แล้วทำการนับจำนวนครั้งที่พาหนะเคลื่อนที่ออกจากช่องจราจรและจำนวนครั้งที่พาหนะไม่สามารถตรวจจับป้ายสัญญาณจราจร โดยจะทำการทดสอบเป็นจำนวน 5 ครั้งในแต่ละความเร็ว ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบพาหนะ

ความเร็ว (km/hr)	จำนวนครั้งเฉลี่ยที่พาหนะเคลื่อนที่ออกจากช่องจราจร (ครั้ง)	จำนวนครั้งเฉลี่ยที่พาหนะสามารถตรวจจับป้ายสัญญาณจราจร (ครั้ง)		
		ป้ายชลอความเร็ว	ป้ายทางแยก	ป้ายให้หยุด
2.0	0	5	5	5
2.5	0	5	5	5
3.0	2	4	3	4
3.5	10	2	2	2
4	21	0	0	0

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อกำหนดให้พาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น พาหนะจะมีแนวโน้มที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ให้อยู่บริเวณภายในช่องจราจรได้ และไม่สามารถตรวจจับป้ายสัญญาณจราจรได้ จากตารางที่ 1 เมื่อพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2.5 km/hr. จะพบว่าพาหนะสามารถเคลื่อนที่อยู่ภายในช่องจราจรตลอดการเคลื่อนที่และยังสามารถตรวจจับป้ายสัญญาณจราจรได้อย่างถูกต้อง แต่เมื่อกำหนดให้พาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 4 km/hr. พบว่าจำนวนครั้งที่พาหนะเคลื่อนที่ออกจากช่องจราจรเพิ่มขึ้นเป็น 21 ครั้ง และไม่สามารถตรวจจับป้ายสัญญาณจราจร โดยเหตุผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากในงานวิจัยนี้ได้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กในการประมวลผลภาพ ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านความเร็วในการประมวลผล ส่งผลให้ไมโครคอมพิวเตอร์ไม่สามารถประมวลผลภาพถ่ายได้ทันเวลาเทียบกับระยะเวลาที่พาหนะเปลี่ยนตำแหน่งขณะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น

7. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการดัดแปลงรถบังคับวิทยุเพื่อใช้เป็นพาหนะอัตโนมัติ กล้องเวปแคมถูกใช้เป็นเซนเซอร์ในการสร้างชุดข้อมูลภาพของสิ่งแวดล้อมรอบพาหนะ ไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กถูกใช้ในการประมวลผลภาพถ่ายและการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของพาหนะ จากการทดสอบพบว่าพาหนะสามารถเคลื่อนที่ภายในช่องจราจรและสามารถจดจำป้ายสัญญาณจราจรได้ เมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 2.5 km/hr.

เอกสารอ้างอิง

[1] Sebastian Thrun, Google's Driverless Car, ข้อมูลจากhttps://www.ted.com/talks/sebastian_thrun_google_s_driverless_car (วันที่สืบค้นข้อมูล 29 กรกฎาคม 2563).

[2] Marius, W. Sebastian, K. and Achim, K. 2020. Self-driving chassis for low-invest and highly flexible electric vehicle assembly, Procedia Manufacturing, Volume 43, p. 576-582.

[3] Rafael, B. Wouter, R. Maarten, W., Simon, S. and Willy L. 2012. Autonomous Wheelchair: Concept and Exploration, p. 38-44. The Second International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies.

[4] Abraham, H. Reimer, B. Mehler, B. 2017. Advanced Driver Assistance Systems (ADAS): a consideration of driver perceptions on training, usage & implementation. p.1954-1958. In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting 2017.

[5] Domínguez, R. Onieva, E. Alonso, J. Villagra, J. González, C. 2011. LIDAR based perception solution for autonomous vehicles. P790-795. In: Proceedings of the eleventh international conference on intelligent systems design and applications 2011.

[6] Rasshofer, H. Gresser, K. 2005. Automotive radar and lidar systems for next generation driver assistance functions. p.205-209. Adv Radio Sci.

[7] Truong-Dong Do, Minh-Thien Duong, Quoc-Vu Dang and My-Ha Le. 2018. Real-Time Self-Driving Car Navigation Using Deep Neural Network. p.7-12. In International Conference on Green Technology and Sustainable Development 2018.

[8] Jan Erik Solem. 2012. Programming Computer Vision with Python: Tools and Algorithms for Analyzing Images 1st Edition, O'Reilly Media, Inc., USA

[9] E. R. Davies. 2017. Computer Vision: Principles, Algorithms, Applications, Learning 5th Edition, Academic Press, London, UK

ID070

การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแท่นยึดเครื่องยนต์ กรณีศึกษาบริษัทหล่อหลอมโลหะ

DEFECTS REDUCTION IN ENGINE BRACKET STEERING PARTS PRODUCTION PROCESS: A CASE STUDY OF METAL CASTING COMPANY

วัชรุตม์ ชีววิริยะนนท์[1*] และ ระพี กาญจนะ[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[*]E-mail: vatcharoot_c@mail.rmutt.ac.th

Vatcharoot Chevaviriyanon[1*] and Rapee Kanchana[1]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi
[*]E-mail: vatcharoot_c@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแท่นยึดเครื่องยนต์ของบริษัทกรณีศึกษาที่ทำการผลิตชิ้นงานเหล็กหล่อและอลูมิเนียมหล่อโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ Steering LH โดยเป้าหมายของบริษัทที่จะลดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจากทำการศึกษาข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเป็นเวลา 6 เดือน ตามด้วยการจำแนกและคัดเลือกประเภทของเสียที่จะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยหลักการของพาเรโต จากนั้นประยุกต์ใช้เทคนิค Why-Why analysis ร่วมกับเทคนิค 3 GEN เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาหลักและดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามต้นเหตุของปัญหาด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการ ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าอัตราส่วนของของเสียในกลุ่มผลิตภัณฑ์ Steering LH ลดลงจากร้อยละ 41.42 เหลือร้อยละ 30.93 เท่ากับมีอัตราการลดลงที่ร้อยละ 25.33
คำหลัก ลดของเสีย แท่นยึดเครื่องยนต์ หล่อหลอมโลหะ

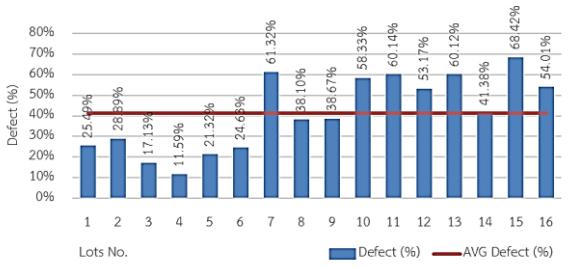
Abstract
This research aims to reduce the defects in engine bracket steering parts process of a case company as producing steel and aluminum casting parts, particularly, for a group product of Steering LH with the company's target at least 10% reduction rate. The research methodology began with studying a historical data of defects in production process for 6 months, then classifying and selecting the type of defects to be solved based on Pareto principle. After that the integration of Why-Why analysis and 3 GEN techniques were applied to investigate the root causes of main problem and IE techniques were also consequently used to improve the production process. As a result of process improvement, it illustrated that the defect rate of a group product of Steering LH was decreased from 41.42% to 30.93% equals to 25.33% reduction rate.
Keywords: defects reduction, bracket steering parts, steel casting

1. บทนำ

บริษัทกรณีศึกษาประกอบธุรกิจผลิตชิ้นงานเหล็กหล่อ (Steel Casting Parts) และอลูมิเนียมหล่อ (Aluminum Casting Parts) ให้กับหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็น อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมชิ้นส่วนงานเหล็กหล่อและอลูมิเนียมหล่อ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ กระบวนการผลิตของบริษัทประกอบด้วย

5 ส่วนงานหลักคือ แผนกวิศวกรรม (Engineering) ทำหน้าที่ออกแบบแม่พิมพ์ ออกแบบไส้แบบ และกำหนดขั้นตอนการผลิตให้กับแผนกผลิต แผนกแม่พิมพ์ (Molding) ทำหน้าที่ผลิตแบบทรายสำหรับสร้างแม่พิมพ์ แผนกไส้แบบ (Core Marking) ทำหน้าที่ผลิตไส้แบบของแม่พิมพ์ แผนกหลอมโลหะ (Melting) ทำหน้าที่หลอมเหล็กหรืออลูมิเนียมให้เป็นน้ำเหล็กหรืออลูมิเนียม และแผนกตกแต่งชิ้นงาน (Finishing) ทำหน้าที่เจียรตกแต่งชิ้นงานและเก็บชิ้นงานหลังจากการหล่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาปัญหาในกระบวนการผลิตที่ส่งผลทำให้เกิดของเสียต่อผลิตภัณฑ์ Steering LH และหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ Steering LH เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์หลักที่บริษัทผลิตให้กับลูกค้ากลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นชิ้นส่วนแท่นยึดเครื่องยนต์ทำหน้าที่ยึดจับระหว่างเครื่องยนต์กับตัวถังรถยนต์ ผลิตจากเหล็กหล่อเทาเกรด FCD450 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแผนการผลิตระยะยาวแบบต่อเนื่อง และเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของบริษัทที่อยู่ในช่วงการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตก่อนเข้าสู่ระดับการผลิตปริมาณมาก เมื่อทำการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ Steering LH ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2563 พบว่าผลิตภัณฑ์ Steering LH ทำการผลิตจำนวน 3,404 ชิ้น จาก 16 ล็อตการผลิต และตรวจพบของเสียจากกระบวนการผลิตจำนวน 1,411 ชิ้น หรือคิดเป็นสัดส่วนของเสียเฉลี่ยที่ร้อยละ 41.42 ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สัดส่วนของเสียผลิตภัณฑ์ Steering LH

2. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุพัฒตรา เกษราพงศ์, ประภาพรรณ เกษราพงศ์ และอวยชัย สลัดทุกข์ [1] นำเสนอวิธีการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนท่อไอเสียรถจักรยานยนต์ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ (IE Techniques) โดยทำการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาและเลือก 3 ปัญหาหลักตามหลักการของพาเรโต และวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียโดยใช้ Why-Why Analysis และปรับปรุงแก้ไขตามสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย

ณิชกุล ไชยศร, มาโนช ทองเจือ, บรรรหาญ ลิลา และ ฤภูวัลย์ จันทรสา [2] นำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แบบอัตโนมัติ โดยการประยุกต์แนวคิด 3 GEN ได้แก่ Genba, Genbutsu, Genjitsu และเทคนิค ECRS งานวิจัยนี้ได้ออกแบบถ้วยจับชิ้นงานแม่เหล็กเพื่อใช้ในการจับยึดชิ้นงานขนาดเล็ก ผลจากการประยุกต์ใช้งานพบว่าถ้วยจับชิ้นงานแม่เหล็กที่พัฒนาขึ้นสามารถจับชิ้นงานขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 313 ชิ้นต่อชั่วโมง เป็น 418 ชิ้นต่อชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 33.55 และสามารถลดพนักงานในขั้นตอนนี้ลงจาก 6 คน เหลือ 3 คน

มงคล แก้วนพรัตน์ [3] ทำการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดข้อบกพร่องในงานหล่อโลหะผสมอะลูมิเนียม ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องจากแผนภูมิก้างปลา และตรวจสอบชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และการใช้โปรแกรมจำลองกระบวนการหล่อขึ้นรูปชิ้นงาน พบว่าปัจจัยหลักที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดรูพรุนได้แก่ อุณหภูมิแม่พิมพ์โลหะ อุณหภูมิเทน้ำโลหะ และการออกแบบแม่พิมพ์โลหะ ผลการทดลองด้วยโปรแกรมพบว่าเมื่อทางเดินน้ำโลหะมีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณรูพรุนในชิ้นงานลดลง

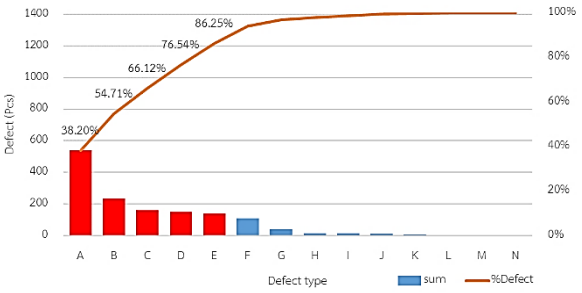
เสริมศักดิ์ เวียงวิเศษ และชาญณรงค์ สายแก้ว [4] ทำการศึกษาหาอัตราส่วนผสมแบบหล่อทรายที่เหมาะสมที่สุดในการนำทรายที่ผ่านการใช้งานแล้ว และวัสดุประสานอื่นๆ มาเป็นส่วนผสม เพื่อให้สมบัติของแบบหล่อทรายตรงตามความต้องการที่กำหนด และสมบัติเชิงกลของเหล็กหล่อตรงตามความต้องการของลูกค้า โดยกำหนดปัจจัย 3 ปัจจัย คือ ทรายที่ผ่านการใช้งานแล้วครั้งที่ 1 เบนโทไนต์ และน้ำ ว่าส่งผลต่อความแข็งแรงอัดในสภาพเปียกความสามารถในการปล่อยซึมอากาศและต้นทุนวัตถุดิบ โดยวิธีออกแบบการทดลองแบบส่วนผสมและวิธีพื้นผิวผลตอบสนอง

การทบทวนงานวิจัยพบว่าเทคนิค 3 Gen เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ตามหลักการของความจริงและเมื่อนำมาใช้ร่วมกับเทคนิค Why-Why Analysis จะทำให้การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาเป็นไปอย่างถูกต้องไม่เอนเอียง

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน

การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนของเสียเป็นระยะเวลา 6 เดือน ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2563 สามารถแบ่งประเภทของเสียของผลิตภัณฑ์ Steering LH ออกเป็น 14 ประเภท และเมื่อนำหลักการพาเรโต (Pareto Diagram) มาคัดเลือกประเภทของเสียที่มีปริมาณสะสมร้อยละ 80 ของปริมาณของเสียทั้งหมดพบว่าผลิตภัณฑ์ Steering LH

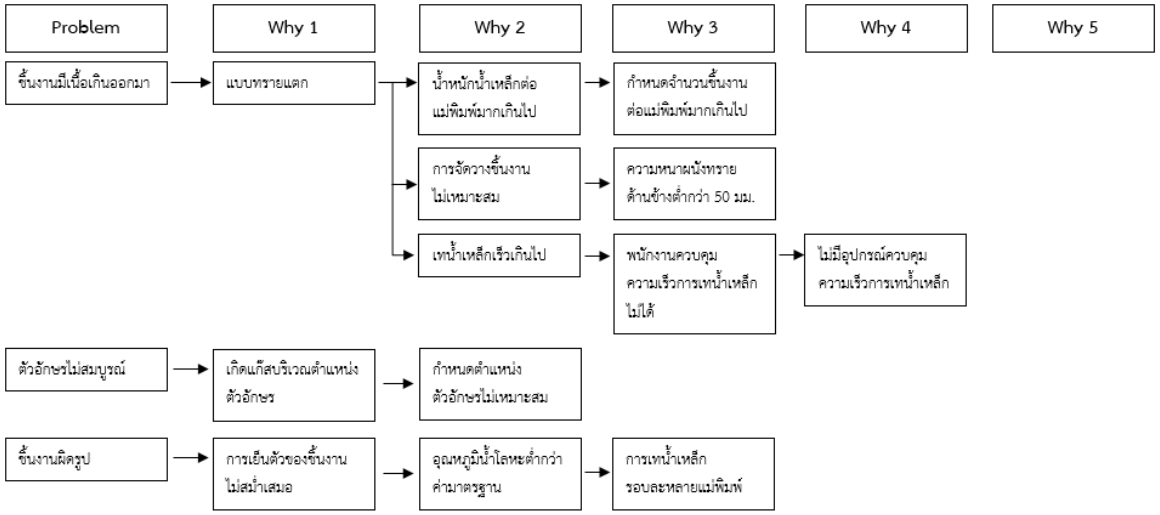


รูปที่ 2 ประเภทของเสียผลิตภัณฑ์ Steering LH

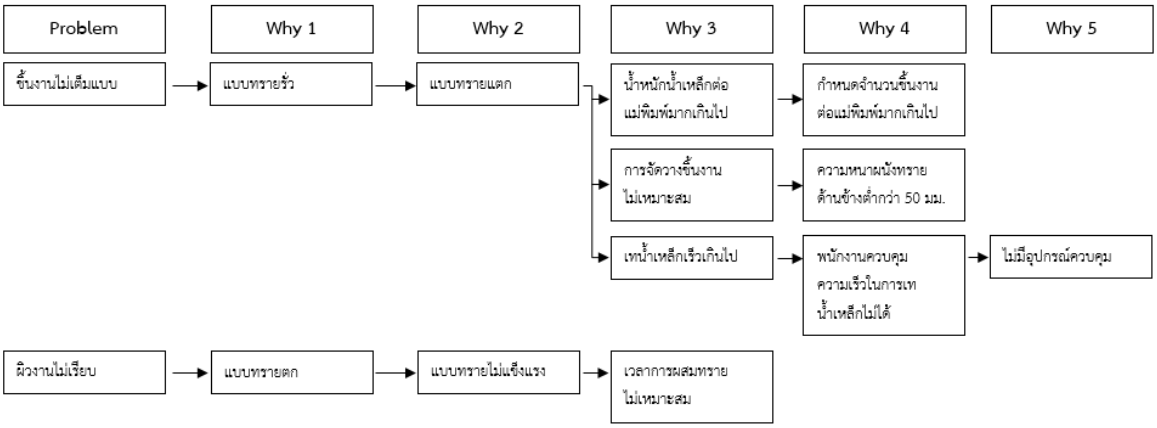
มี 5 ประเภทของเสียที่มีปริมาณของเสียสะสมที่ร้อยละ 86.25 จากทั้งหมด 14 ประเภทของเสียดังรูปที่ 2 โดยประเภทของเสียทั้ง 5 ประเภทประกอบด้วย A) ชิ้นงานไม่เต็มแบบ B) ชิ้นงานมีเนื้อเกินออกมา C) ชิ้นงานผิดรูป D) ผิวงานไม่เรียบ E) ตัวเลขอักษรไม่สมบูรณ์

3.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาทำลักษณะกิจกรรมกลุ่มย่อย (Small Group Activity) เป็นการรวมกลุ่มคนที่มีส่วนที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต กระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยผู้จัดการแผนกผลิต หัวหน้าแผนกผลิต พนักงานแผนกผลิต และผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพ โดยการนำเทคนิค Why-Why Analysis และเทคนิค 3 Gen (GENBA, GENBUTSU, GENJITSU) มาร่วมวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาดังกล่าวดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาด้วยเทคนิค Why-Why Analysis



รูปที่ 3 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาด้วยเทคนิค Why-Why Analysis (ต่อ)

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาทั้ง 5 ประเภทของเสีย สามารถสรุปสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาดังตารางที่ 1 แต่เนื่องจากบางสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาส่งผลต่อปัญหามากกว่า 1 ปัญหา ทำให้สามารถสรุปสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาทั้ง 5 ประเภท

ประเภทของปัญหา	สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา
1. ชิ้นงานมีเนื้อเกินออกมา	1. กำหนดจำนวนชิ้นงานต่อแม่พิมพ์มากเกินไป
	2. ความหนาผนังทรายด้านข้างต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร
	3. ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วการเทน้ำเหล็ก
2. ตัวอักษรไม่สมบูรณ์	1. กำหนดตำแหน่งตัวอักษรไม่เหมาะสม
3. ชิ้นงานผิดรูป	1. การเทน้ำเหล็กรอบละหลายแม่พิมพ์
4. ชิ้นงานไม่เต็มแบบ	1. กำหนดจำนวนชิ้นงานต่อแม่พิมพ์มากเกินไป
	2. ความหนาผนังทรายด้านข้างต่ำกว่า 50 มม.
	3. ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วการเทน้ำเหล็ก
5. ผิวงานไม่เรียบ	1. เวลาการผสมทรายแบบไม่เหมาะสม

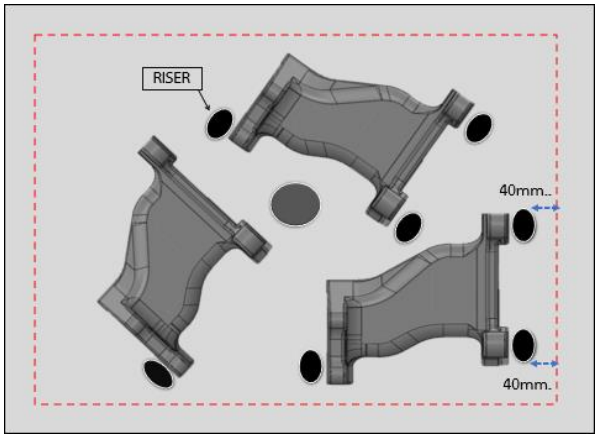
ตารางที่ 2 สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น
1. กำหนดจำนวนชิ้นงานต่อแม่พิมพ์มากเกินไป	- ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางชิ้นงานในแม่พิมพ์ใหม่
2. ความหนาผนังทรายด้านข้างต่ำกว่า 50 มม.	
3. ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วการเทน้ำเหล็ก	- กำหนดวิธีการ/จัดหาเครื่องมือสำหรับควบคุมความเร็วในการเทน้ำเหล็ก
4. กำหนดตำแหน่งตัวอักษรไม่เหมาะสม	- ปรับเปลี่ยนตำแหน่งตัวอักษรใหม่
5. การเทน้ำเหล็กรอบละหลายแม่พิมพ์	- กำหนดจำนวนแม่พิมพ์ต่อ 1 รอบการเทน้ำเหล็ก
6. เวลาการผสมทรายแบบไม่เหมาะสม	- กำหนดเวลามาตรฐานของการผสมทรายแบบ

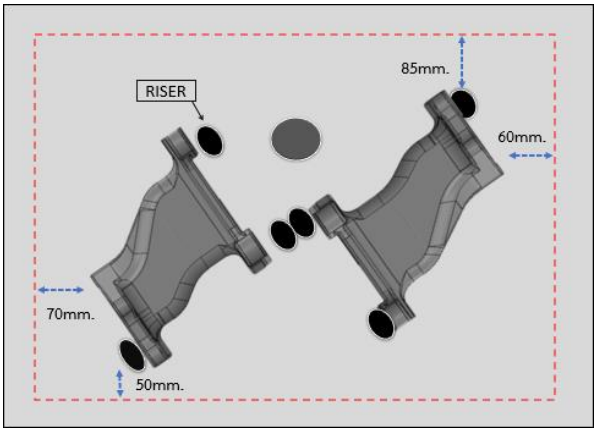
3.3 การปรับปรุงกระบวนการผลิต

3.3.1 การปรับเปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางชิ้นงาน

การตรวจสอบตำแหน่งการจัดวางชิ้นงานในแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุงพบว่า แผนกวิศวกรรมออกแบบการจัดวางชิ้นงานในแม่พิมพ์จำนวน 3 ชิ้นงานต่อแม่พิมพ์ และระยะขอบของชิ้นงานอยู่ห่างจากขอบแม่พิมพ์เพียง 40 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4 ทำให้แม่พิมพ์ต้องรับน้ำหนักมากถึง 58 กิโลกรัม ส่งผลทำให้แม่พิมพ์ (แบบทราย) แตกได้ โดยค่ามาตรฐานการรับน้ำหนักของแม่พิมพ์ดังกล่าวอยู่ที่ 50 กิโลกรัม ดังนั้นงานวิจัยทำการออกแบบการจัดวางชิ้นงานในแม่พิมพ์ใหม่โดยอ้างอิงค่ามาตรฐานการรับน้ำหนัก และค่ามาตรฐานของระยะขอบของชิ้นงานกับขอบแม่พิมพ์ให้ไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร คือต้องทำปรับลดจำนวนชิ้นงานให้เหลือ 2 ชิ้นงานต่อแม่พิมพ์ ทำให้การรับน้ำหนักของแม่พิมพ์เหลือเพียง 42 กิโลกรัม และปรับตำแหน่งการจัดวางชิ้นงานในแม่พิมพ์ให้เหมาะสม โดยระยะขอบของชิ้นงานอยู่ห่างจากขอบแม่พิมพ์น้อยที่สุดคือ 50 มิลลิเมตรดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ตำแหน่งการจัดวางชิ้นงานในแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง



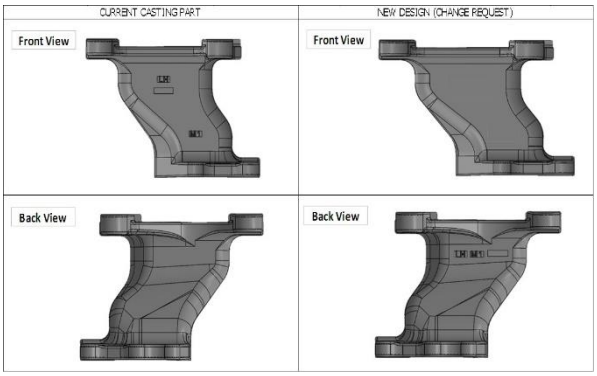
รูปที่ 5 ตำแหน่งการจัดวางชิ้นงานในแม่พิมพ์หลังปรับปรุง

3.3.2 การเทน้ำเหล็กด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ

แผนกหลอมโลหะกำหนดให้การเทน้ำโลหะลงแม่พิมพ์กระทำโดยพนักงานทำให้ไม่สามารถควบคุมความเร็วการเทน้ำเหล็กลงแม่พิมพ์ได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการทดสอบโดยการนำเครื่องเทน้ำเหล็กแบบอัตโนมัติ (Auto Pouring Machine) ที่สามารถกำหนดความเร็วการเทน้ำเหล็กระหว่าง 0-20 กิโลกรัมต่อวินาที จากสายการผลิตอื่นมาทำการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่าสามารถปรับความเร็วและควบคุมความเร็วให้คงที่ได้

3.3.3 การปรับเปลี่ยนตำแหน่งตัวอักษรใหม่

การตรวจสอบตำแหน่งการจัดวางตัวอักษรของชิ้นงานก่อนปรับปรุงพบว่า ตำแหน่งตัวอักษรวางอยู่ด้านหน้าของชิ้นงานดังรูปที่ 6 (ก) และตำแหน่งการจัดวางชิ้นงานในแม่พิมพ์จะกำหนดให้ด้านหน้าของชิ้นงานอยู่ด้านบนของแม่พิมพ์ เมื่อทำการเทน้ำเหล็กเข้าแม่พิมพ์ แก๊สที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจะลอยตัวขึ้นไปกระทบกับตัวอักษร ส่งผลทำให้ตัวอักษรไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการออกแบบการจัดวางตัวอักษรของชิ้นงานใหม่ทำโดยปรับตำแหน่งการจัดวางตัวอักษรไปอยู่ด้านหลังของชิ้นงานดังรูปที่ 6 (ข) เพื่อป้องกันแก๊สที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลอยตัวขึ้นไปกระทบกับตัวอักษร

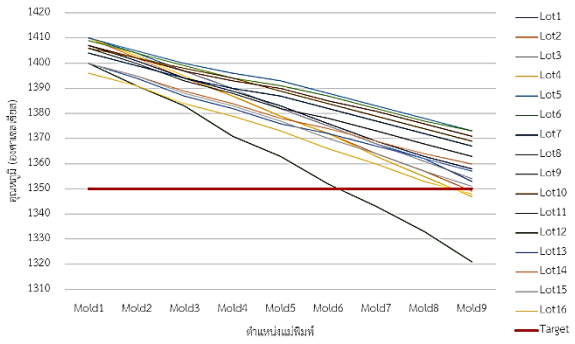


(ก) (ข)

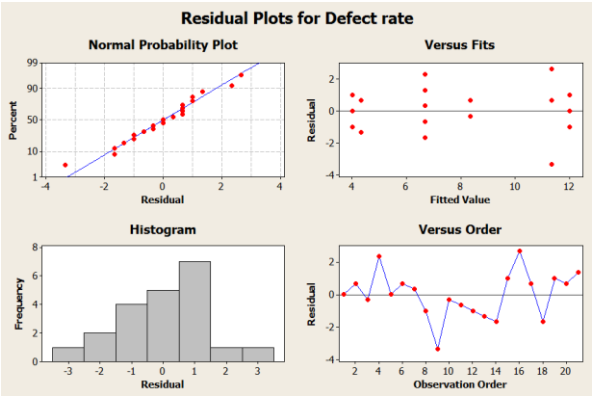
รูปที่ 6 ตำแหน่งการจัดวางตัวอักษรของชิ้นงาน

3.3.4 การกำหนดจำนวนแม่พิมพ์ต่อรอบเทน้ำเหล็ก

กระบวนการหลอมโลหะของผลิตภัณฑ์ Steering LH เริ่มต้นโดยการหลอมเหล็กหล่อเทาเกรด FCD450 ในเตาหลอมขนาด 3,000 กิโลกรัม แล้วเทน้ำโลหะเข้าเบ้ารับน้ำเหล็ก (Ladle) ขนาด 400 กิโลกรัม และทำการเทน้ำโลหะลงแม่พิมพ์ โดยสามารถทำการเทน้ำโลหะได้รอบละ 9 แม่พิมพ์ (แม่พิมพ์ 1 ชุดใช้น้ำโลหะ 42 กิโลกรัม) โดยค่ามาตรฐานของอุณหภูมิก่อนเทน้ำโลหะลงแม่พิมพ์กำหนดที่ 1,400 ±10 องศาเซลเซียส และสามารถเทน้ำโลหะลงแม่พิมพ์ลำดับถัดไปได้แต่อุณหภูมิต้องไม่ต่ำกว่า 1,350 องศาเซลเซียส งานวิจัยทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแม่พิมพ์และอุณหภูมิน้ำโลหะจำนวน 16 ครั้ง พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของการเทน้ำโลหะที่แม่พิมพ์ที่ 1-9 อยู่ในค่ามาตรฐานที่ไม่ต่ำกว่า 1,350 องศาเซลเซียส แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลแบบละเอียดพบว่าที่แม่พิมพ์ที่ 7-8 มีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่ามาตรฐานจำนวน 1 ผลการทดสอบและแม่พิมพ์ที่ 9 มีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าค่ามาตรฐานจำนวน 4 ผลการทดสอบดังรูปที่ 7 ดังนั้นถ้าต้องการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในค่ามาตรฐานควรกำหนดจำนวนแม่พิมพ์ที่ 6 แม่พิมพ์ต่อหนึ่งรอบเทน้ำเหล็ก



รูปที่ 7 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแม่พิมพ์และอุณหภูมิน้ำโลหะ



รูปที่ 8 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

3.3.5 การกำหนดเวลามาตรฐานการผสมทรายแบบ

การตรวจสอบเอกสารบันทึกการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุงพบว่า แผนกแม่พิมพ์กำหนดเวลาการผสมทรายแบบที่ 100 วินาที ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการผสมทรายแบบและสัดส่วนของเสียประเภทผิวงานไม่เรียบ โดยทดสอบเวลาการผสมทรายแบบระหว่าง 90-120 วินาที โดยแบ่งช่วงเวลาห่างกันละ 5 วินาที จำนวน 7 ช่วงเวลา และทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) ผลการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของข้อมูลพบว่าข้อมูลมีความถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนดังรูปที่ 8 และค่า P-Value < 0.05 แสดงว่าเวลาการผสมทรายแบบที่แตกต่างกันส่งผลต่อสัดส่วนของเสียประเภทผิวงานไม่เรียบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการวิเคราะห์ผลด้วยแผนภูมิ Confidence Interval พบว่าเวลาการผสมทรายแบบที่ 105, 110, 115, และ 120 วินาที ดังรูปที่ 9 ส่งผลต่อสัดส่วนของเสียน้อยที่สุดใกล้เคียงกันแต่จากข้อมูลและประสบการณ์ของหัวหน้าแผนกแม่พิมพ์นำเสนอว่าควรกำหนดเวลาการผสมทรายแบบที่ 110 วินาที เนื่องจากการใช้เวลาการผสมทรายแบบมากเกินไปจะส่งผลต่อเวลาการทำงานด้วย

One-way ANOVA: Defect rate versus Mixing time

```
Source       DF      SS     MS      F      P
Mixing time   6  177.62  29.60  10.54  0.000
Error        14   39.33   2.81
Total        20  216.95

S = 1.676   R-Sq = 81.87%   R-Sq(adj) = 74.10%

                          Individual 95% CIs For Mean Based on
                          Pooled StDev
Level  N    Mean  StDev  -----+---------+---------+---------+----
  90   3  12.000  1.000                          (-----*-----)
  95   3  11.333  3.055                       (-----*-----)
100   3   8.333  0.577                 (-----*-----)
105   3   6.667  2.082           (-----*-----)
110   3   4.000  1.000  (-----*-----)
115   3   4.333  1.155   (-----*-----)
120   3   6.667  1.528           (-----*-----)
                        -----+---------+---------+---------+----
                           3.5       7.0      10.5      14.0

Pooled StDev = 1.676
```

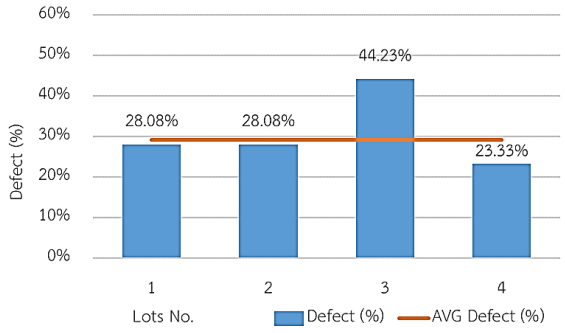
รูปที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

4. ผลการวิจัย

ผลการเก็บข้อมูลสัดส่วนของเสียของผลิตภัณฑ์ Steering LH ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2563 พบว่าผลิตภัณฑ์ Steering LH มีปริมาณการผลิตเพียง 4 ล็อตการผลิต ทั้งนี้เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ทำให้เศรษฐกิจชะลอตัวส่งผลทำให้ปริมาณการผลิตลดลง โดยยอดการผลิตและปริมาณของเสียของแต่ละล็อตแสดงดังตารางที่ 3 โดยมีสัดส่วนของเสียของแต่ละล็อตแสดงดังรูปที่ 10

ตารางที่ 3 ยอดการผลิตและปริมาณของเสียของ Steering LH หลังปรับปรุง

ล็อตที่	ยอดการผลิต (ชิ้น)	ปริมาณของเสีย (ชิ้น)	อัตราส่วนของเสีย (%)
1	520	146	28.08
2	520	146	28.08
3	104	46	44.23
4	60	14	23.33
สัดส่วนของเสียเฉลี่ยต่อล็อต			30.93



รูปที่ 10 สัดส่วนของเสียผลิตภัณฑ์ Steering LH หลังปรับปรุง

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียในกลุ่มผลิตภัณฑ์ Steering LH จากร้อยละ 41.42 เหลือร้อยละ 30.93 หรือลดลงร้อยละ 25.33 ดังตารางที่ 4 โดยสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคือ อุณหภูมิของการเทน้ำโลหะส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานหล่อโลหะ [3] แต่ผลการวิจัยพบว่าเวลาการผสมทรายสำหรับการสร้างแบบหล่อทรายส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานหล่อโลหะด้วย

ตารางที่ 4 ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ Steering LH

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จำนวนล็อตการผลิต (ล็อต)	16	4
สัดส่วนของเสียเฉลี่ยต่อล็อต (ร้อยละ)	41.42	30.93
สัดส่วนของเสียเฉลี่ยต่อล็อตลดลง (ร้อยละ)	-	25.33

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี ทำให้การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงและบรรลุวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

[1] สุพัฒตรา เกษราพงศ์, ประภาพรรณ เกษราพงศ์ และอวยชัย สลัดทุกข์. 2555. การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนท่อไอเสียรถจักรยานยนต์, น. 951-958. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2555 มหาวิทยาลัยมหิดล และมหาวิทยาลัยศรีปทุม, เพชรบุรี.

[2] ณิชกุล ไชยศร, มาโนช ทองเจือ, บรรรหาญ ลิลา และฤฎูวัลย์ จันทรสา. 2555. การปรับปรุงอัตราการผลิตของสายการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ด้วยถ้วยจับชิ้นงานแบบแม่เหล็ก, น. 328-332. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555 มหาวิทยาลัยมหิดล และมหาวิทยาลัยศรีปทุม, เพชรบุรี.

[3] มงคล แก้วนพรัตน์. 2555. การลดปัญหาข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จากอะลูมิเนียมหล่อโดยใช้โปรแกรมจำลองงานหล่อขึ้นรูป, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[4] เสริมศักดิ์ เวียงวิเศษ และ ชาญณรงค์ สายแก้ว. 2554. การปรับปรุงคุณภาพเหล็กหล่อด้วยการหาส่วนผสมที่เหมาะสมของแบบหล่อทราย, น. 377-388. โครงการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 12 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ID071

การจำลองอพยพหนีไฟของอาคารโรงงานผลิตลูกหมากรถยนต์
Fire Evacuation Simulation of Ball Joint Part Factory

ณัฐณิชา สามิตร[1*] และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]
[1]นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: natnicha.sa@src.ku.ac.th

Natnicha Samit[1*] and Supat Patvihaichod1[2]
[1]Master of Engineering Safety Engineering and Environment Management, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: natnicha.sa@src.ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาการจำลองการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารผลิตลูกหมากรถยนต์ ด้วยโปรแกรม pathfinder อาคารมีพื้นที่รวมทั้งหมด 8,623 ตารางเมตร มีขนาดกว้าง 60 เมตร ยาว 130 เมตร สูง 12 เมตร ทำการวิเคราะห์สมรรถนะโดยการจำลองสถานการณ์ มีผู้ใช้อาคารทั้งหมด 596 คน คำนวณตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน NFPA 101 ซึ่งเวลาในการอพยพออกจากอาคารทั้งหมดต้องไม่เกิน 5 นาที ตามที่กฎหมายกำหนด โดยกำหนดการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้แบ่งออกเป็น 4 สถานการณ์ ได้แก่ กรณีที่ 1 เกิดเพลิงไหม้น้ำมันใต้เครื่องจักร แผนก Machining กรณีที่ 2 เกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในห้องเก็บของที่ไม่มีผู้ใช้งาน เพลิงลุกลามใกล้กับห้องที่มีพนักงานปฏิบัติงาน กรณีที่ 3 เกิดเพลิงไหม้ขณะที่มีการขนส่งแกลลอนน้ำมันระหว่างเส้นทางหนีไฟหลัก และกรณีที่ 4 เกิดเพลิงไหม้เชื้อเพลิงทั่วไปในพื้นที่อาคารโดยระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไม่ทำงาน ทำการจำลองการอพยพด้วยโปรแกรม Pathfinder จากผลการวิจัยพบว่า สถานการณ์ที่ 1 ใช้เวลาอพยพทั้งหมด 4.64 นาที สถานการณ์ที่ 2 ใช้เวลาอพยพทั้งหมด 4.54 นาที สถานการณ์ที่ 3 ใช้เวลาอพยพทั้งหมด 4.58 นาที และสถานการณ์ที่ 4 ใช้เวลาอพยพทั้งหมด 5.64 นาที สำหรับสถานการณ์ที่ 4 เวลาในการอพยพไม่เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงโดยการติดตั้งประตูหนีไฟขนาด 90 เซนติเมตร เพิ่มที่บริเวณแผนกคลังสินค้าและจัดส่งสินค้า (Delivery) จำนวน 2 จุด หลังจากเพิ่มประตูหนีไฟ พบว่าการจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ที่ 4 ใช้เวลาอพยพทั้งหมด 4.69 นาที ซึ่งเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

คำหลัก เวลาอพยพหนีไฟ โปรแกรม Pathfinder การจำลองการอพยพหนีไฟ

Abstract

This article is a study of the simulation of the fire evacuation in the building of ball joint part manufacturing factory by using pathfinder. The ball joint building with a total area of 8,623 square meters, wide of 60 meters, 130 meters in length and 12 meters in high. Analyzing the Performance-Based using simulating the situation. There are a total occupant load of 596 people in the building are calculation according to the criteria in the NFPA 101 standard. The evacuation time must not exceed 5 minutes as specified in the ministerial regulations. The fire evacuation simulation has 4 scenario which are scenario 1: Oil fires under the machine in machine department. Scenario 2: Short circuit occurs in the storage room without users. The fire spread near the operating room. Scenario 3: The fire occurred while carrying a

gallon of fuel between the main fire escape route and scenario 4: the fire caused general fuel fires in the building area. The fire alarm does not active. Simulation evacuation with pathfinder program. It was found that in scenario 1 total evacuation time was 4.64 minutes. Scenario 2 used evacuation time of 4.54 minutes. Scenario 3 used evacuation time of 4.58 minutes and scenario 4 used evacuation time of 5.64 minutes. Evacuation time is not follow to the legal requirements. The researcher to improvements by installing 90 centimeters 'exit door to increase the space at warehouse area (Delivery). After adding the exit doors, the result of fire evacuation simulation in scenario 4 used evacuation time total 4.69 minutes which in the legal requirements.

Keywords: Fire evacuation time, Pathfinder program, Fire evacuation simulation

1. บทนำ

เหตุการณ์ไฟไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นสาเหตุหลักเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เกิดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย และเกิดจากภัยธรรมชาติส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก และสามารถส่งผลกระทบในระยาว รวมทั้งระยะเวลาในการฟื้นฟูหลังจากการเกิดอัคคีภัย จากการรวบรวมสถิติการเกิดอุบัติเหตุ โดยกองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวบรวมการเกิดเหตุในพื้นที่ต่างจังหวัด รวมถึงจากสื่อต่างๆ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาแนวโน้ม สาเหตุเบื้องต้นของการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัย เพื่อนำไปสู่แนวทางการจัดหามาตรการ ป้องกัน และการพัฒนา งานด้านความปลอดภัยในภาคอุตสาหกรรม สถิติการเกิดอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2560 มีจำนวนโรงงาน ที่เกิดอุบัติเหตุ จำนวน 147 ครั้ง แบ่งเป็นประเภทอุบัติเหตุ ดังนี้ อัคคีภัย จำนวน 105 ครั้ง การระเบิด จำนวน 5 ครั้ง สารเคมีรั่วไหล จำนวน 15 ครั้ง อุบัติเหตุเกี่ยวกับเครื่องจักร จำนวน 15 ครั้ง และ อื่นๆ จำนวน 8 ครั้ง โดยการเกิดอัคคีภัยมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปีซึ่งมีสาเหตุหลักมาจาก ไฟฟ้าลัดวงจร ระบบเผาไหม้หรือท่อน้ำมันร้อน การจัดเก็บวัตถุดิบผลิตภัณฑ์ สารเคมีไวไฟต่างๆ การเสื่อมสภาพของเครื่องจักร[1]

ดังนั้นมาตรการที่จะนำไปสู่การป้องกันและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการวิเคราะห์ลักษณะการเกิดเพลิงไหม้ โดยปัจจุบันวิทยาการด้านการป้องกันระงับอัคคีภัยและการอพยพหนีไฟได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองสถานการณ์เกิดเพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟ โดยนำข้อมูลต่างๆที่มีอยู่มาวิเคราะห์ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ จึงได้มีความสนใจที่จะนำโปรแกรมการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงในกรณีต่างๆ ด้วยโปรแกรมสร้างภาพจำลองเสมือนจริงด้านพลศาสตร์อัคคีภัย (fire dynamic simulator; FDS) และโปรแกรม Pathfinder มาประยุกต์ในการสร้างแบบจำลองการอพยพ [2]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

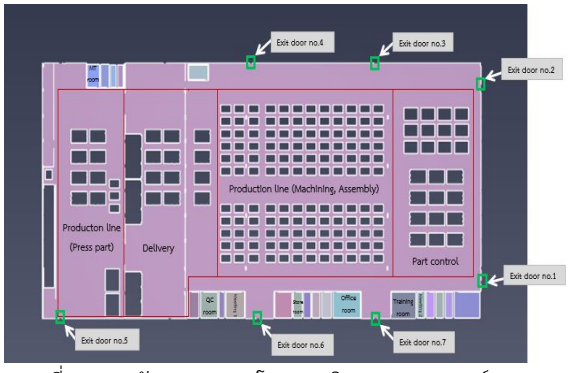
2.1 โปรแกรม Pathfinder

โปรแกรม Pathfinder เป็นโปรแกรมการจำลองการเคลื่อนไหวในการหาทางออกของมนุษย์สามารถใช้วิเคราะห์ได้ทั้งสองมิติและสามมิติ โดยโปรแกรม Pathfinder ถูกสร้างจากแนวคิดของการสร้างพื้นที่ทางเดินเป็นหลักรวมถึงสิ่งกีดขวางและบันไดต่างๆ และการเคลื่อนไหวของผู้อพยพก็จะเกิดอยู่ในระบบนี้ด้วย โปรแกรม Pathfinder สามารถจำแนกการเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) The society of Fire Protection Engineers (SFPE) ความเร็วในการเคลื่อนที่จะพิจารณาจากความหนาแน่น ของคนที่อยู่ภายในแต่ละห้อง และความเร็วของการเคลื่อนที่ผ่านประตูจะควบคุมโดยความกว้างของประตู การเคลื่อนที่จะเป็นลักษณะเส้นตรง คือ จากจุดที่ยืนอยู่ในปัจจุบันไปอีกตำแหน่งหนึ่งจะใช้เส้นตรงเป็นหลักจนกระทั่งถึงทางออก 2) Steering เป็นลักษณะแกนบังคับเลี้ยวทำให้เกิดการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อนมากขึ้น คือการเคลื่อนที่ที่มีความโค้งได้มาก ผลที่เกิดขึ้นของสมการของการเว้นระยะระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ และมนุษย์กับสิ่งกีดขวาง และลักษณะของผู้อพยพจะประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วนหลัก คือ ลักษณะทางกายภาพของผู้อพยพ และการเก็บรวบรวมตัวแปรที่ส่งผลต่อการอพยพเพื่อควบคุมการมองเห็น[3]

3. วิธีดำเนินการ

3.1 ข้อมูลอาคาร

อาคารผลิตลูกหมากรถยนต์เป็นอาคารชั้นเดียววัสดุผนังอาคารเป็นคอนกรีต มีพื้นที่รวมกันทั้งหมด 8,623 ตารางเมตร ขนาดความกว้างของอาคาร 60 เมตร ยาว 130 เมตร สูง 12 เมตร มีการแบ่งพื้นที่การใช้งานตามกิจกรรมของผู้ใช้อาคาร 3 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนที่ 1 พื้นที่การผลิตชิ้นงาน ส่วนที่ 2 พื้นที่คลังสินค้าและการจัดส่ง ส่วนที่ 3 พื้นที่ห้องต่างๆ ซึ่งประตูหนีไฟมีจำนวน 7 ประตู โดยประตูหนีไฟทางเข้าอาคารจุดที่ 1 (Exit door 1) ประตูหนีไฟทางเข้าอาคารจุดที่2 (Exit door 2) บริเวณแผนก Part control ประตูหนีไฟจุดที่ 3 บริเวณด้านหลังไลน์การผลิตแผนก Assembly (Exit door 3) ประตูหนีไฟจุดที่ 4 (Exit door 4) บริเวณด้านหลังไลน์การผลิตแผนก Machining ประตูหนีไฟจุดที่ 5 บริเวณแผนก Press part (Exit door 5) ความกว้างของประตูขนาด 90 เซนติเมตร ประตูหนีไฟจุดที่ 6 บริเวณทางเข้าแผนก Machining (Exit door 6) ความกว้างของประตูขนาด 500 เซนติเมตร และประตูหนีไฟจุดที่ 7 บริเวณทางเข้าแผนก Assembly ความกว้างของประตูขนาด 500 เซนติเมตร (Exit door 7) แสดงในรูปภาพที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลักษณะอาคารโรงงานผลิตลูกหมากรถยนต์



รูปที่ 2 แสดงแบบจำลอง 3 มิติของอาคารโรงงานผลิตลูกหมากรถยนต์

3.2 การคำนวณผู้ใช้อาคาร

การคำนวณผู้ใช้อาคารในการศึกษาครั้งนี้ มีการคำนวณผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101 , Life safety code[4]

$$Occupancy\ Load = Area/Factor \quad (1)$$

โดยที่ Occupant คือจำนวนผู้ใช้อาคาร
Area คือพื้นที่ใช้งานของอาคาร และ
Factor คือค่าตัวประกอบความจุของอาคาร

ตารางที่ 1 แสดงความจุของผู้ใช้อาคาร

การใช้งาน	ความจุของผู้ใช้งานอาคาร (ตารางเมตร/คน)
ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม -โรงงานทั่วไปและโรงงานที่มีอันตรายสูง -โรงงานที่มีเครื่องจักรขนาดใหญ่ คนน้อย	 9.3 NA
ใช้สำหรับการจัดเก็บสิ่งของ -ห้องเก็บของ -ห้องเก็บของและมีการค้าขาย	 NA 46.5
ใช้สำหรับธุรกิจ -ห้องต่อพื้นที่ว่างร่วมกันมากกว่า (41.89 ตารางเมตร)	 1.4

จากตารางที่ 1 แสดงการระบุค่าความจุของผู้ใช้อาคาร วิเคราะห์และเลือกค่าความจุของผู้ใช้อาคารที่สอดคล้องตามลักษณะกิจกรรมของการใช้งาน กรณีใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมโรงงานทั่วไปและโรงงานที่มีอันตรายสูง มีค่าความจุของผู้ใช้งานอาคารอยู่ที่ 9.3 ตารางเมตร/คน กรณีใช้สำหรับการจัดเก็บสิ่งของและการค้าขาย มีค่าความจุของผู้ใช้งานอาคารอยู่ที่ 46.5 ตารางเมตร/คน กรณีใช้สำหรับธุรกิจ ที่มีพื้นที่ห้องต่อพื้นที่ว่างร่วมกันมากกว่า (41.89 ตารางเมตร) ของพื้นที่มีค่าความจุของผู้ใช้งานอาคารอยู่ที่ 1.4 ตารางเมตร/คน เพื่อวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้งานอาคาร จึงมีการกำหนดค่าความจุของผู้ใช้งานอาคารตามลักษณะของกิจกรรม ใช้ในการคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร

ค่าความจุของผู้ใช้งานอาคารเป็นค่าที่นำมาคำนวณวิเคราะห์ในการกำหนดจำนวนผู้ใช้งานอาคารอ้างอิงจากมาตรฐาน NFPA 101 , Life safety code การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ สามารถคำนวณหาจำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุด ซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐาน NFPA 101, Life

safety code เท่ากับ 596 คน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปจำนวนคนในห้องแต่ละประเภท จำแนกตามลักษณะกิจกรรม

ชื่อห้อง	ลักษณะกิจกรรม	Occupant load
ห้องฝึกอบรม	ฝึกอบรม	4
ห้องประชุม	ประชุม	8
Production line	ผลิตชิ้นงาน	466
Quality control	ตรวจสอบชิ้นงาน	1
Part control	คลังสินค้าและจัดส่งสินค้า	86
Delivery	คลังสินค้าและจัดส่งสินค้า	30

3.3 การกำหนดสถานการณ์

การกำหนดสถานการณ์จำลองการอพยพหนีไฟที่ทำการศึกษานั้น ดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะกิจกรรมของผู้ใช้งานอาคารสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะอ้างอิงจากมาตรฐาน NFPA 101 , Life safety code ในการศึกษามีการกำหนดสถานการณ์จำลอง 4 สถานการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การกำหนดสถานการณ์

กรณี	สถานการณ์
1	เพลิงไหม้น้ำมันกันสนิมใต้เครื่องจักร เกิดการลุกลามประตูทางออกทุกเส้นทางใช้งานได้
2	เกิดไฟฟ้าลัดวงภายในห้องเก็บของที่ไม่มีผู้ใช้งาน เพลิงลุกลามใกล้กับห้องที่มีพนักงานปฏิบัติงาน ประตูห้องต้นเพลิงเปิดค้างไว้ ประตูทางออกถูกปิด 1 เส้นทาง
3	เพลิงไหม้ขณะที่มีการขนส่งแกลลอนน้ำมันระหว่างเส้นทางหนีไฟหลัก ประตูหนีไฟหลักถูกปิด
4	ไฟไหม้เชื้อเพลิงทั่วไประบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไม่ทำงาน ประตูทางออกทุกเส้นทางใช้งานได้

ตารางที่ 4 แสดงเวลาล่าช้าตามมาตรฐาน PD7974-6:2004

ลักษณะการใช้อาคาร	First occupants Δt pre 1st (นาที)	Occupant distribution Δt pre 99th (นาที)
Awake and Familiar (Office or industrial)		
M1 B1-B2 A1-A2	0.5	1.0
M2 B1-B2 A1-A2	1	2
M3 B1-B2 A1-A3	>15	>15

จากตารางที่ 4 กำหนดเวลาล่าช้าตามมาตรฐานสามารถพิจารณาได้จากองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการบริหารจัดการ (Management Level) ด้านการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Alarm Level) และด้านความซับซ้อนของอาคาร (Building complexity) จากการวิเคราะห์ลักษณะการใช้อาคารตามองค์ประกอบทั้งสามด้านจึงมีการกำหนดเงื่อนไขคือ M2 B1-B2 A1-A2 การวิเคราะห์องค์ประกอบ 3 ด้าน เงื่อนไขด้านระดับบริหารจัดการมีสัดส่วนของพนักงานต่ำและไม่มีพนักงานประจำที่ดูแลด้านความปลอดภัยจากอัคคีภัย เงื่อนไขด้านการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ มีการติดตั้งระบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ทั่วทั้งอาคาร และถ้าตรวจจับได้จะแจ้งไปยังผู้ใช้อาคารทุกคนทันที และเงื่อนไขด้านความซับซ้อนของอาคาร เป็นอาคารชั้นเดียวรูปทรงสี่เหลี่ยมแบบง่าย ไม่มีการกั้นแบ่งห้องหรือกั้นแบ่งห้องไม่มาก และมีผังอาคารแบบง่าย จากการวิเคราะห์ลักษณะการใช้อาคารการกำหนดค่า โดยการพิจารณาจากเวลาล่าช้าตามมาตรฐานซึ่งการกำหนดระยะเวลาล่าช้าในการอพยพหนีไฟจะกำหนดค่า โดยที่ผู้ใช้อาคารกลุ่มแรกที่อยู่ใกล้กับจุดเกิดเพลิงไหม้ได้ยินเสียงเตือนสัญญาณแจ้งเตือน หรือ First occupants Δt pre (1^{st} percentile) สำหรับคนที่อยู่ใกล้จุดเกิดเพลิงไหม้จะเริ่มอพยพ และ Occupant distribution หรือ Δt pre (99^{th} percentile) สำหรับคนอื่นที่เหลือบริเวณพื้นที่ต่างๆ จะเริ่มอพยพออกจากภายในอาคาร

4. ผลการศึกษา

4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพ

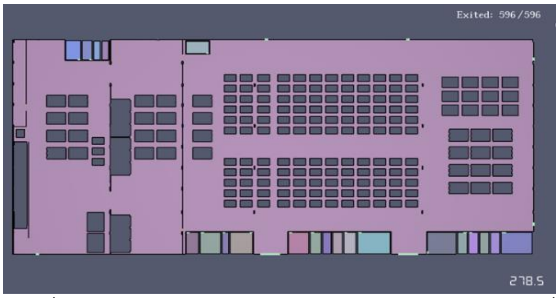
จากการจำลองการอพยพหนีไฟ สามารถสรุปผลการได้ดังตารางที่ 5 โดยมีจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งหมด 596 คน

ตารางที่ 5 สรุปผลระยะเวลาอพยพหนีไฟออกจากประตูหนีไฟของแต่ละสถานการณ์

กรณี/สถานการณ์	ประตูหนีไฟ	เวลาที่คนสุดท้ายออกประตู (วินาที)	จำนวนคนที่ใช้ประตู
1	Exit door 1	147.6	27
	Exit door 2	158.4	29
	Exit door 3	182.4	48
	Exit door 4	215.5	72
	Exit door 5	226.6	84
	Exit door 6	278.5	215
	Exit door 7	163.1	121

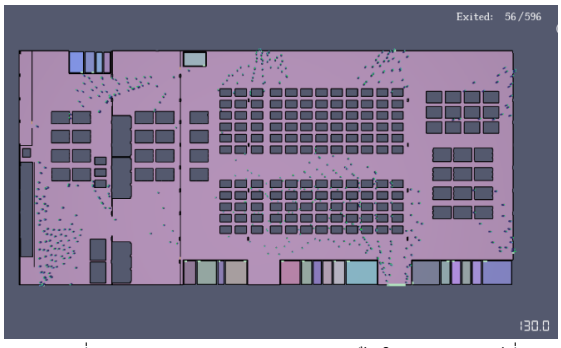
กรณี/สถานการณ์	ประตูหนีไฟ	เวลาที่คนสุดท้ายออกประตู (วินาที)	จำนวนคนที่ใช้ประตู
2	Exit door 1	156.2	32
	Exit door 2	158.6	34
	Exit door 3	182.6	57
	Exit door 4	215.6	117
	Exit door 5	226.9	119
	Exit door 6	278.5	237
	Exit door 7	-	-
3	Exit door 1	156	48
	Exit door 2	158.6	39
	Exit door 3	199.6	51
	Exit door 4	272.5	72
	Exit door 5	272.5	96
	Exit door 6	-	-
	Exit door 7	205.3	290
4	Exit door 1	216.1	27
	Exit door 2	218.7	29
	Exit door 3	242.4	45
	Exit door 4	276.9	73
	Exit door 5	285.5	82
	Exit door 6	338.5	228
	Exit door 7	222.9	112

โดยผลของการจำลองการอพยพหนีไฟ 4 สถานการณ์ดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 เพลิงไหม้น้ำมันกันสนิมใต้เครื่องจักรแผนก Machining เกิดการลุกลาม ประตูทางออกทุกเส้นทางใช้งานได้จากผลการจำลองการอพยพหนีไฟพบว่าผู้ใช้อาคารที่อยู่ใกล้จุดเกิดเพลิงไหม้จะเริ่มอพยพในช่วงวินาทีที่ 60 ผู้ใช้อาคารอื่นจะเริ่มอพยพในช่วงวินาที 120 และเวลาที่ผู้ใช้อาคารคนสุดท้ายอพยพออกจากตัวอาคารคือวินาทีที่ 278.5 วินาที หรือ 4.64 นาที



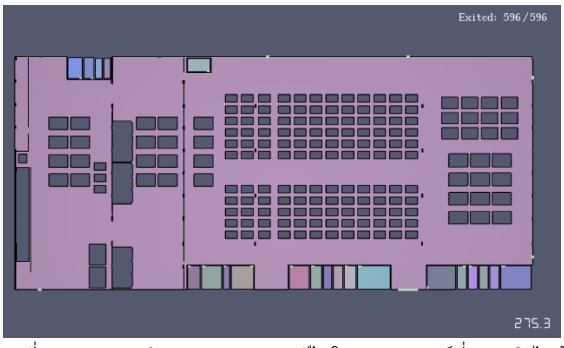
รูปที่ 3 แสดงการจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ที่ 1 เพลิงไหม้น้ำมันใต้เครื่องจักรแผนก Machining

สถานการณ์ที่ 2 เกิดไฟฟ้าลัดวงภายในห้องเก็บของที่ไม่มีผู้ใช้งาน เพลิงลุกลามใกล้กับห้องที่มีพนักงานปฏิบัติงาน ประตูห้องต้นเพลิงเปิดค้างไว้ ประตูทางออกถูกปิด 1 เส้นทาง จากผลการจำลองการอพยพหนีไฟพบว่าผู้ใช้อาคารที่อยู่ใกล้จุดเกิดเพลิงไหม้จะเริ่มอพยพในช่วงวินาทีที่ 60 ผู้ใช้อาคารอื่นจะเริ่มอพยพในช่วงวินาที 120 และเวลาที่ผู้ใช้อาคารคนสุดท้ายอพยพออกจากตัวอาคารคือวินาทีที่ 272.5 วินาที หรือ 4.54 นาที



รูปที่ 4 แสดงการจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ที่ 2 ช่วงวินาทีที่ 130

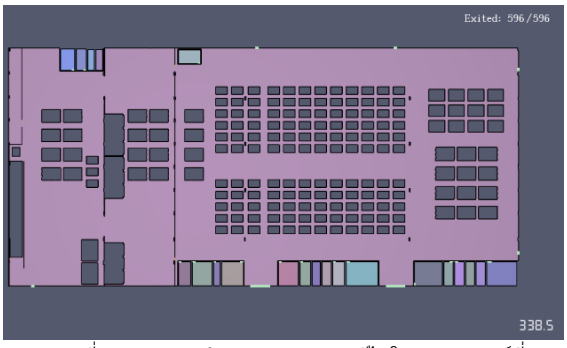
สถานการณ์ที่ 3 เพลิงไหม้ขณะที่สถานการณ์ที่มีการขนส่งแกลลอนน้ำมันระหว่างเส้นทางหนีไฟหลัก ประตูหนีไฟหลักถูกปิด จากผลการจำลองการอพยพหนีไฟพบว่าผู้ใช้อาคารที่อยู่ใกล้จุดเกิดเพลิงไหม้จะเริ่มอพยพในช่วงวินาทีที่ 60 ผู้ใช้อาคารอื่นจะเริ่มอพยพในช่วงวินาที 120 และเวลาที่ผู้ใช้อาคารคนสุดท้ายอพยพออกจากตัวอาคารคือวินาทีที่ 275.3 วินาที หรือ 4.58 นาที



รูปที่ 5 แสดงการจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ที่ 3 เพลิงไหม้ขณะที่มีการขนส่งแกลลอนน้ำมันระหว่างเส้นทางหนีไฟหลัก

สถานการณ์ที่ 4 เพลิงไหม้เชื้อเพลิงทั่วไประบบตรวจจับและแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ไม่ทำงานจากผลการจำลองการอพยพหนีไฟพบว่าผู้ใช้อาคารที่จะเริ่มอพยพในช่วงวินาที 180 และเวลาที่ผู้ใช้อาคารคนสุดท้ายอพยพ ออกจากตัวอาคารคือวินาทีที่ 388.5 วินาที หรือ 5.64 นาที และพบว่าเวลาในการ

อพยพไม่เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุง โดยการเพิ่มประตูหนีไฟใหม่กว้าง 90 ซม. ที่บริเวณแผนกคลังสินค้าและจัดส่งสินค้า (Delivery) หลังจากเพิ่มประตูหนีไฟ พบวาการจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ที่ 4 ใช้เวลาอพยพทั้งสิ้น 281.5 วินาที หรือ 4.69 นาที ซึ่งเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด

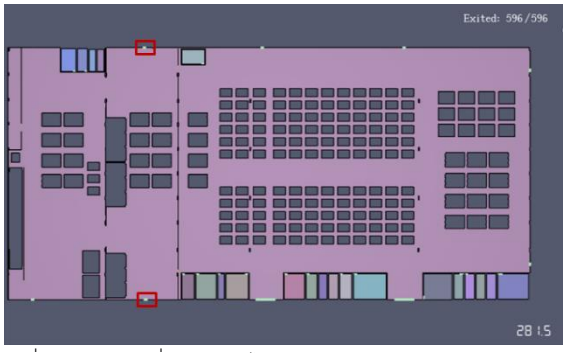


รูปที่ 6 แสดงการจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ที่ 4

จากการวิเคราะห์สมรรถนะของอาคารโรงงานผลิตลูกหมากรถยนต์ที่มีผู้ใช้อาคารทั้งหมด 596 คน เปรียบเทียบกับมาตรฐาน NFPA101 พบวา อาคารโรงงาน ต้องมีประตูหนีไฟอย่างนอยจำนวน 2 ประตูซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน อาคารโรงงานผลิตลูกหมากรถยนต์มีประตูหนีไฟ 7 ประตู โดยประตูหนีไฟทางเข้าอาคารจุดที่ 1 ประตูหนีไฟทางเข้าอาคารจุดที่ 2 บริเวณแผนก Part control ประตูหนีไฟจุดที่ 3 บริเวณด้านหลังไลน์การผลิตแผนก Assembly ประตูหนีไฟจุดที่ 4 บริเวณด้านหลังไลน์การผลิตแผนก Machining ประตูหนีไฟจุดที่ 5 บริเวณแผนก Press part ความกว้างของประตูขนาด 90 เซนติเมตร ประตูหนีไฟจุดที่ 6 บริเวณทางเข้าแผนก Machining ความกว้างของประตูขนาด 500 เซนติเมตร และประตูหนีไฟจุดที่ 7 บริเวณทางเข้าแผนก Assembly ความกว้างของประตูขนาด 500 เซนติเมตร

5. สรุป

การจำลองการอพยพหนีไฟของโรงงานผลิตลูกหมากรถยนต์ จากการกำหนดสถานการณ์ 4 สถานการณ์ พบว่าบางสถานการณ์ใช้เวลาในการอพยพเกินตามที่กฎหมายกำหนด โดยการจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ที่ 1 สถานการณ์ที่ 2 และสถานการณ์ที่ 3 มีการใช้เวลาในการอพยพเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด จากผลการจำลองการอพยพหนีไฟในสถานการณ์ที่ 4 มีเวลาในการอพยพไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย เนื่องจากสถานการณ์ที่4 ใช้เวลาในการอพยพทั้งหมด 5.64 นาที ผู้วิจัยจึงทำการเพิ่มประตูหนีไฟขนาด 90 เซนติเมตร จำนวน 2 ประตู บริเวณพื้นที่คลังสินค้าและจัดส่งสินค้า (Delivery) ดังแสดงในรูปที่ 7 และได้ทำการจำลองการอพยพหนีไฟตามสถานการณ์ที่ 4 พบว่าใช้เวลาในการอพยพทั้งหมด 4.69 นาที จากผลเวลาในการอพยพหนีไฟเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน พ.ศ.2552 และกฎกระทรวง เรื่องข้อกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555 ตามข้อกำหนดการอพยพผู้ใช้อาคารทั้งหมดสู่จุดที่ปลอดภัยได้โดยปลอดภัยภายในเวลาไม่เกิน 5 นาที



รูปที่ 7 แสดงการเพิ่มประตูหนีไฟขนาด 90 เซนติเมตร จำนวน 2 จุด บริเวณพื้นที่คลังสินค้าและจัดส่งสินค้า(Delivery)

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมโรงงานอุตสาหกรรม,สรุปสถิติการเกิดอุบัติเหตุในโรงงานประจาปี พ.ศ. 2560, ข้อมูลจาก http://reg3.diw.go.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มิถุนายน 2563).

[2] ภัคณภัทร อิ่มเอิบ และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. 2560, การจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยและการอพยพหนีไฟกรณีศึกษาอาคารเรียนในระดับมัธยมศึกษา,น. 1859-1864. ในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[3] Thunderhead Pathfinder manual. 2020 ข้อมูลจาก https://www.thunderheadeng.com/ (วันที่สืบค้นข้อมูล30 มิถุนายน2563).

[4] National Fire Protection Association. 2018. NFPA 101 Life Safety Code.

[5] Jiawen Qin, Changcheng Liu and Que Huang. 2020.Simulation on fire emergency evacuation in special subway station based on Pathfinder. Case Studies in Thermal Engineering 21.

[6] ทวีศักดิ์ วิรุณพันธ์ และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ.2560. การประเมินประสิทธิภาพการอพยพหนีไฟบนแท่นขุดเจาะก๊าซธรรมชาติจากปัจจัยขนาดเส้นทางอพยพและพฤติกรรมการอพยพด้วยโปรแกรม Pathfinder, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต,กรุงเทพ.

[7] อภิชัย ทานะเวช, เกียรติไกร อายุวัฒน์และ ดร.ธงไชย โรหิตะดิษฐ ศรีนพคุณ.2562 , การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจำลองการอพยพหนีไฟ เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถในการอพยพ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์, น. 222-232.ในรายงานการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[8] เนตรนภา ชำปฏิ และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ.2561. การพัฒนาสมการการคำนวณเวลาอพยพหนีไฟโดยผสานวิธี Steering กับวิธี SFPE. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,กรุงเทพ.

[9] ชลธิชา วงศ์เสงี่ยม, ประทีป ชัยเสริมเทวัญ และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. 2561.การจำลองการอพยพหนีไฟของโรงงานผลิตยางรถยนต์โดยใช้โปรแกรม Pathfinder, น.352-361. ในรายงานการประชุมวิชาการและการประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส, เชียงใหม่.

[10] พัตร์ประไพ พุฒซ้อน และ เฉลิมพล เปล่งสะอาด.2562, การจำลองเพลิงไหม้และการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารกรณีศึกษาอาคารสูงของโรงเรียน,น.259-267.ในงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต.

ID072

การอบแห้งดีปลีด้วยลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด
Long Pepper Drying Using a Combined Hot Air and Infrared Radiation

ปฏิวัติ คมวชิรกุล[1*] พลรัชต์ บุญมี[1] อนันต์ เต็มเปี่ยม[1] และ ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี[1]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10800
[*]E-mail: patiwat.k@rmutp.ac.th

Patiwat Khomwachirakul[1*], Polrut Boonmee[1], Anan Tempiam and Songwut Mongkonlerdmanee[1]
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok 10800
[*]E-mail: patiwat.k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาระบบอบแห้งดีปลีที่มีความชื้นสูง (ประมาณ 75-80% w.b.) ด้วยการใช้ลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด การทดลองจะกระทำโดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 70 80 และ 90 °C กำลังของรังสีอินฟราเรด 400 W และความเร็วลมร้อน 0.5 และ 1 m/s โดยผลกระทบของปัจจัยข้างต้นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) ได้ถูกประเมิน จากการศึกษาพบว่าการอบแห้งที่ใช้ลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน โดยค่า SEC มีค่าต่ำสุดคือ 25.37 MJ/kg$_{water}$ เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C กำลังของรังสีอินฟราเรด 400 W และความเร็วลมของลมร้อน 0.5 m/s
คำหลัก อบแห้ง ดีปลี เครื่องอบลมร้อน รังสีอินฟราเรด

Abstract
The objective of this research was to study the drying system for high-moisture long pepper (around 75-80 %w.b.) by using a combined hot air and infrared radiation. The experiment was carried out at the drying temperatures of 70, 80 and 90°C, infrared power level of 400 W and hot air velocity of 0.5 and 1 m/s. The effects of the above parameters on the change in moisture content of long pepper and specific energy consumption (SEC) of the drying system, were investigated. The results showed that the combined hot air and infrared radiation drying was shorter drying time than the hot air drying. The lowest total SEC during drying process of 25.37 MJ/kg$_{water}$ was found at the drying temperature of 70°C infrared power level of 400 W and hot air velocity of 0.5 m/s.
Keywords: Drying, Long pepper, Hot air dryer, Infrared radiation

1. บทนำ

ดีปลี (Long pepper) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Piper retrofractum Vahl* ดีปลีเป็นพืชสมุนไพรที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง นิยมปลูกใช้แทนเครื่องเทศ เช่น พริก หรือพริกไทย เนื่องจากมีความเผ็ดร้อนคล้ายกัน มีสรรพคุณช่วยขับลม ลดอาการไอ ระคายคอจากเสมหะ ลดอาการท้องอืดท้องเฟ้อ แน่นจุกเสียด แก้ปวดท้อง แก้คลื่นไส้ อาเจียน เป็นต้น ซึ่งการเพาะปลูกดีปลีสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี [1] อย่างไรก็ตาม หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ดีปลีจะมีความชื้นสูงซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายจากเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา และส่งผลให้ราคาขายดีปลีมีราคาถูก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดความชื้น หรืออบแห้ง (Drying) ในปัจจุบันการทำดีปลีให้แห้งนั้น เกษตรกรจะใช้วิธีตากแห้งโดยธรรมชาติ คือนำไปตากแห้งทันทีหลังจากเก็บผลผลิต เพื่อยืดอายุผลิตภัณฑ์และป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อรา ซึ่งวิธีการตากแห้งโดยธรรมชาติ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้มีปัญหาเกี่ยวกับฝุ่นละอองและการรบกวนจากแมลงต่างๆ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้ไม่สะอาด ทั้งยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับฤดูกาล ได้แก่

ปัญหาเนื่องจากฝนตก และข้อจำกัดเกี่ยวกับพื้นที่ที่ใช้ในการตากแห้งอีกด้วย

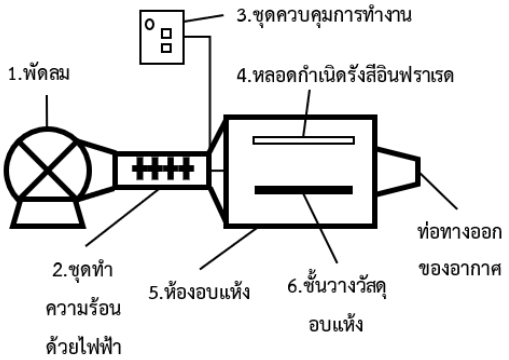
การอบแห้งได้ถูกนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างแพร่หลาย จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การอบแห้งโดยใช้ลมร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เพราะสามารถทำการลดความชื้นให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการอบแห้งแบบลมร้อนจะใช้หลักการถ่ายเทความร้อนผ่านอากาศไปยังผลิตภัณฑ์เพื่อให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ระเหยออกไป ส่งผลให้มีการใช้พลังงานสูงในส่วนของการให้ความร้อนกับอากาศทำให้มีการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์และใช้เวลาในการอบแห้งนาน [2] ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานที่เลือกใช้ด้วยเช่นกัน เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับลดต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการผลิต โดยยังคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน

ความร้อนจากการแผ่รังสีอินฟราเรดถือเป็นแหล่งพลังงานที่น่าสนใจ สมบัติที่สำคัญคือ สามารถทะลุทะลวงผ่านวัตถุเข้าไปทำให้โมเลกุลของวัตถุเกิดการสั่นสะเทือนมีผลทำให้วัสดุนั้นร้อนขึ้น ดังนั้นน้ำที่อยู่ภายในวัสดุซึ่งได้รับความร้อนก็จะเคลื่อนที่มายังผิวของวัสดุและระเหยออกไป ด้วยเหตุที่รังสีอินฟราเรดสามารถทะลุทะลวงเข้าสู่ภายในเนื้อวัสดุได้โดยตรง พลังงานที่วัสดุได้รับจากรังสีอินฟราเรดจึงมีการสูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการพาความร้อนด้วยอากาศร้อน ดังนั้นการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดจึงใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการอบแห้งวิธีอื่นค่อนข้างมาก รวมถึงใช้พลังงานน้อยกว่าด้วย [3-5] ซึ่งที่ผ่านมามีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาประยุกต์ใช้ความร้อนจากการแผ่รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนในการอบแห้งอาหารและวัสดุ โดย afzal et al. [6] ได้ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวบาร์เลย์โดยใช้ลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้มากกว่าและพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งต่ำกว่ากรณีการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว Nuthong et al. [7] ศึกษาการอบแห้งลำไยด้วยลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด พบว่ากำลังอินฟราเรดอุณหภูมิลมร้อนและความเร็วลมร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการคืนตัวของลำไย Meeso et al. [8] ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือก โดยการประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับกระบวนการฟลูอิดไดเซชันและกระบวนการพักข้าวเปลือกในที่อับอากาศ โดยใช้ความร้อนจากการแผ่รังสีอินฟราเรดในขั้นตอนการพักข้าวเปลือกในที่อับอากาศ พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการพักข้าวเปลือกในที่อับอากาศและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อข้าวเปลือก นอกจากนี้ความร้อนจากการแผ่รังสีอินฟราเรดยังตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภาระการอบแห้งได้อย่างรวดเร็ว และใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย มีผลการศึกษายืนยันอย่างชัดเจนว่าเมื่อนำการแผ่รังสีอินฟราเรดมาใช้ร่วมกับวิธีการอบแห้งรูปแบบต่าง ๆ ระยะเวลาการอบแห้งสามารถลดลงได้มาก รวมถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการอบแห้งยังเพิ่มสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดยังมีคุณภาพสูง [9-11] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งดีปลีด้วยลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด รวมทั้งศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อการลดความชื้นของดีปลีและการใช้พลังงานของระบบอบแห้ง

2. วิธีการวิจัย

2.1 เครื่องอบแห้ง

รูปที่ 1 แสดงแผนผังเครื่องอบแห้งที่ใช้ในงานวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก ดังนี้ 1) พัดลม (Blower) โดยทำหน้าที่ป้อนอากาศเข้าสู่ระบบเพื่อเป็นตัวกลางในการพาความร้อน 2) ชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric Heater) ขนาด 6 kW ทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้ง (ในที่นี้คืออากาศ) 3) ชุดควบคุม (Controller) แบบ PID ซึ่งมีความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิ ±1 °C ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดทำความร้อน 4) หลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรด (Infrared Radiator) กำลังไฟฟ้าสูงสุด 400 W ขนาด 300 x 60 mm 5) ห้องอบแห้ง 6) ชั้นวางวัสดุที่ใช้ในการอบแห้ง ขนาด 480 x 310 mm โดยค่าพลังงานไฟฟ้าวัดจาก watt-hour meter



รูปที่ 1 แผนผังระบบอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด

2.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ดีปลีเป็นวัสดุในการทดลอง โดยดีปลีมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ75-80% (w.b.) มีขนาดความยาวเฉลี่ย 42 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 8 mm โดย

ก่อนการทดลองจะนำดีปลีมวล 0.5 kg มาล้างทำความสะอาด แล้วพักไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

2.3 วิธีการทดลอง

ในขั้นแรกดีปลีที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 75-80 % (w.b.) มวล 0.5 kg จะถูกป้อนเข้าสู่ระบบ พัดลม และชุดทำความร้อนจะทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด ในระหว่างการทดลองจะทำการจดบันทึกน้ำหนักของดีปลี (การเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี) จนกระทั่งความชื้นของดีปลีไม่เปลี่ยนแปลง การทดลองจะกระทำโดยใช้อุณหภูมิอบแห้ง 3 ค่า ได้แก่ 70 80 และ 90 °C ระดับกำลังของรังสีอินฟราเรดที่ 400 W ความเร็วของลมร้อน 0.5 และ 1 m/s การหาค่าความชื้นจะกระทำโดยการนำดีปลีไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 h [12] ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการอบแห้งไว้ 2 แบบ ได้แก่-การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากลมร้อน และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด โดยได้แบ่งเป็นเงื่อนไขการทดลอง ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการทดลอง

วิธีการทดลอง	เงื่อนไขการทดลอง	
	อุณหภูมิการอบแห้ง (°C)	ความเร็วลมร้อน (m/s)
อบแห้งด้วยลมร้อน	70	0.5
	80	0.5
	90	0.5
	70	1
	80	1
	90	1
อบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด	70	0.5
	80	0.5
	90	0.5
	70	1
	80	1
	90	1

2.4 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, *SEC*) ถูกใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการใช้พลังงานของกระบวนการอบแห้ง โดย *SEC* หมายถึงพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ (ความชื้น) 1 kg ออกจากดีปลีซึ่งคำนวณได้จาก

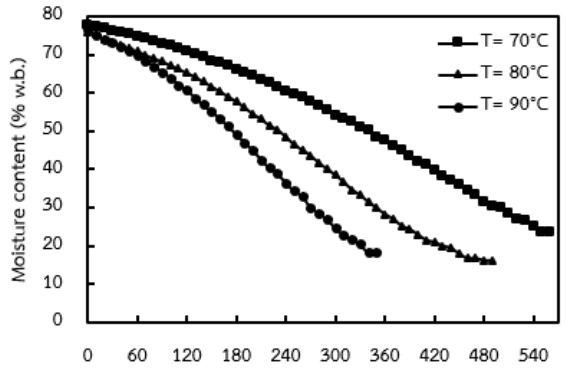
$$SEC = E/m_{\text{water}} \qquad (1)$$

เมื่อ *SEC* คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg_{water}) *E* คือ พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่หลอดกำเนิดรังสีอินฟาเรด (MJ) และ m_{water} คือ มวลน้ำที่ระเหยออกจากดีปลี (kg_{water})

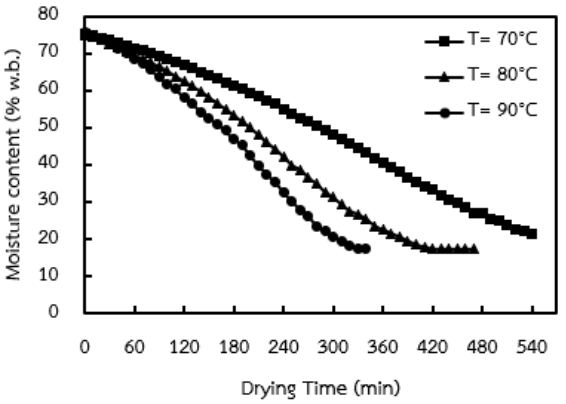
3 ผลการวิจัย

3.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้น

ผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี สำหรับการอบแห้งแบบลมร้อน แสดงดังรูปที่ 2 และ 3 เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ระเหยมีค่าเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศ (ตัวกลางในการอบแห้ง) และอุณหภูมิผิวของดีปลีจะเพิ่มสูงขึ้นตาม ส่งผลให้แรงขับเคลื่อนสำหรับการถ่ายเทความร้อน และการถ่ายเทมวลสารมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ความชื้นที่ผิวของดีปลีเกิดการระเหยได้มากกว่า [13]



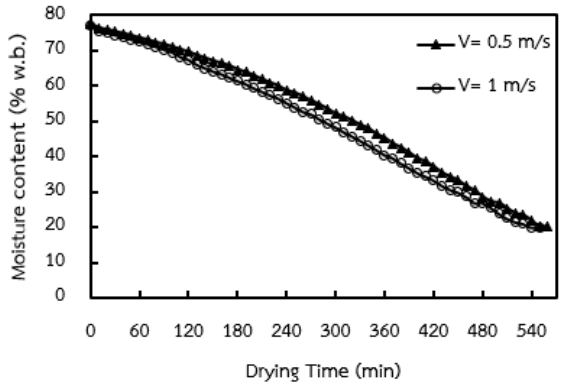
รูปที่ 2 ผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี ที่ความเร็วลมร้อน 0.5 m/s



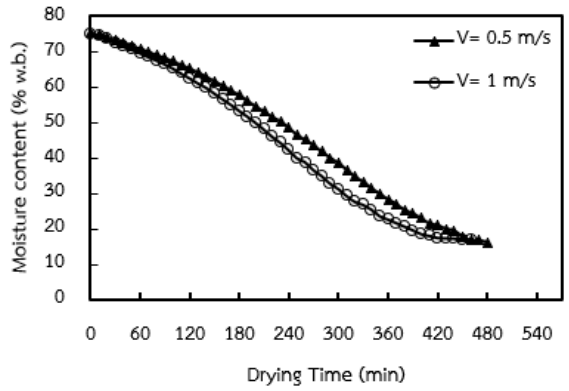
รูปที่ 3 ผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี ที่ความเร็วลมร้อน 1 m/s

ผลกระทบของความเร็วลมร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี สำหรับการอบแห้งแบบลมร้อน แสดงดังรูปที่ 4 5 และ 6

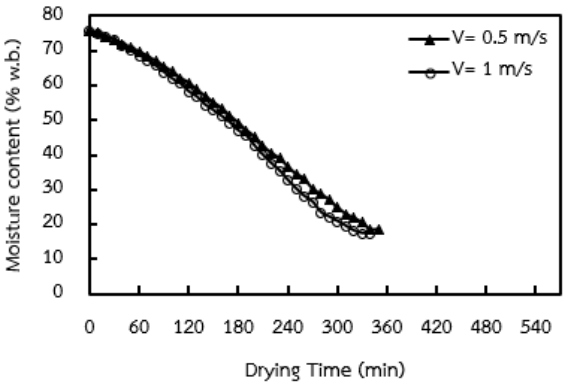
เมื่อพิจารณาอิทธิพลของความเร็วของลมร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมร้อนส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ระเหยมีค่าเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อความเร็วลมร้อนสูงขึ้นจะสามารถพาความชื้นที่ผิวของวัสดุออกได้เร็วมากขึ้น ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 ผลกระทบของความเร็วลมร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี ที่อุณหภูมิลมร้อน 70 ℃

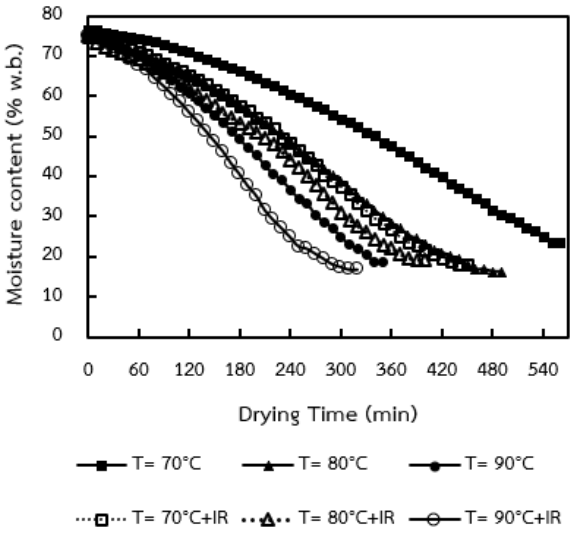


รูปที่ 5 ผลกระทบของความเร็วลมร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี ที่อุณหภูมิลมร้อน 80 ℃

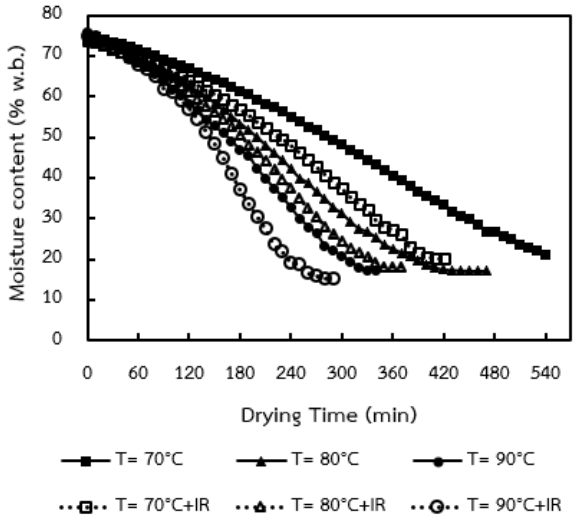


รูปที่ 6 ผลกระทบของความเร็วลมร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี ที่อุณหภูมิลมร้อน 90 ℃

ผลกระทบของการแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี สำหรับการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด แสดงดังรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 ผลกระทบของการแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี ที่ความเร็วลมร้อน 0.5 m/s



รูปที่ 8 ผลกระทบของการแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลี ที่ความเร็วลมร้อน 1 m/s

เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดีปลีระหว่างการอบแห้งแบบลมร้อนและการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดพบว่า การอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดจะสามารถลดความชื้นของดีปลีได้เร็วกว่า ทั้งนี้เนื่องจากรังสีอินฟราเรดจะทะลุผ่านเข้าสู่ภายในเนื้อวัสดุ พลังงานบางส่วนจากรังสีอินฟราเรดที่ทะลุเข้าสู่เนื้อวัสดุจะถูกดูดกลืนไว้ซึ่งมีผลทำให้โมเลกุลของน้ำในวัสดุเกิดการสั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนของโมเลกุลน้ำจะทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นภายในวัสดุ ดังนั้น น้ำที่อยู่ภายในวัสดุซึ่งได้รับความร้อนก็จะเคลื่อนที่มายังผิวของวัสดุ ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ระเหยมีค่ามากขึ้น

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสำหรับการอบแห้งแบบลมร้อนและแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

วิธีการทดลอง	เงื่อนไขการทดลอง		ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg_{water})
	อุณหภูมิการอบแห้ง (°C)	ความเร็วลมร้อน (m/s)	
อบแห้งด้วยลมร้อน	70	0.5	35.38
	80	0.5	37.33
	90	0.5	38.42
	70	1	39.75
	80	1	40.96
	90	1	41.82
อบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด	70	0.5	25.37
	80	0.5	27.01
	90	0.5	29.35
	70	1	27.34
	80	1	30.92
	90	1	33.69

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่มีต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งทำให้ชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้าทำงานมากขึ้น ถึงแม้เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยมากขึ้นก็ตาม นั่นแสดงว่าการที่ชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้าทำงานนานขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมากกว่า

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของความเร็วลมร้อนของเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนที่มีต่อความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วลมร้อนของเครื่องอบแห้งส่งผลให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความเร็วลมร้อนทำให้มอเตอร์พัดลมใช้กำลังไฟฟ้าในการทำงานมากขึ้น ถึงแม้เมื่อความเร็วลมร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยมากขึ้นก็ตาม นั่นแสดงว่าการที่มอเตอร์พัดลมทำงานมากขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมากกว่า

เมื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเปรียบเทียบระหว่างการอบแห้งแบบลมร้อนและแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด พบว่า การอบแห้งแบบลมร้อนมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 35.38-41.81 MJ/kg_{water} ขณะที่การอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 25.37-33.69 MJ/kg_{water} ซึ่งน้อยกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน อยู่ที่ 24.13 % ถึง 39.45 % ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผลของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด ทำให้น้ำที่ระเหยมีค่ามากขึ้น จึงส่งผลให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าลดลง

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการลดความชื้นและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งดีปลีด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนและความเร็วของลมร้อนทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยที่การอบแห้งแบบลมร้อน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นสูงสุดที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 90°C และความเร็วลมร้อนเท่ากับ 1 m/s สำหรับความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 35.38 MJ/kg_{water} ที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 70°C และความเร็วลมร้อนเท่ากับ 0.5 m/s

การอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นสูงสุดที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 90°C และความเร็วลมร้อนเท่ากับ 1 m/s โดยที่ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำสุดเท่ากับ 25.37 MJ/kg_{water} ที่อุณหภูมิอบแห้งเท่ากับ 70°C และความเร็วลมร้อนเท่ากับ 0.5 m/s ซึ่งความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดมีค่าน้อยกว่าการอบแห้งแบบลมร้อน อยู่ที่ 24.13 % ถึง 39.45 %

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณทุนอุดหนุนงบประมาณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม เพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ปิยมาศ โสมภีร์ และ วิรุฬห์ คำวงศ์. 2558. ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดีปลีเพื่อให้ได้ผลผลิตตามมาตรฐานตำรายาสมุนไพรไทย. วารสารวิชาการเกษตร, 33(2), หน้า 132-143.

[2] Hebbar, U.H., Vishwanathan, K.H., Ramesh, M.N. 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. Journal of Food Engineering, 65, pp. 557-563.

[3] Ginzburg, A.S. 1969. Application of infrared radiation in food processing. Chemical and Process Engineering Series, Leonard Hill, London.

[4] Sandu, C. 1986. Infrared radiative drying in food engineering: A process analysis. Biotechnology Progress, 2, pp. 109–119.

[5] Ratti, C., Mujumdar, A.S. 1995. Infrared drying. Handbook of Industrial Drying: Volume 1, 2nd ed., Mujumdar, A.S. (Ed.), Marcel Dekker, New York, pp. 567–588.

[6] Afzal, T.M., Abe, T., Hikida, Y. 1999. Energy and quality aspects during combined FIR-convection drying of barley. Journal of Food Engineering, 42, pp. 177-182.

[7] Nuthong, P., Achariyaviriya, A., Namsanguan, K. Achariyaviriya, S. 2011. Kinetics and modeling of whole longan with combined infrared and hot air. Journal of Food Engineering, 102, pp. 233-239.

[8] Meeso, N., Nathakaranakule, A., Madhiyanon, T., Soponronnarit, S. 2004. Influence of FIR irradiation on paddy moisture reduction and milling quality after fluidized bed drying. Journal of Food Engineering, 65, pp. 293–301.

[9] Lin, Y.P., Lee, T.Y., Tsen, J.H., King, V.A.E. 2007. Dehydration of yam slices using FIR-assisted freeze drying. Journal of Food Engineering, 79, pp. 1295–1301.

[10] Nimmol, C., Devahastin, S., Swasdisevi, T., Soponronnarit, S. 2007. Drying and heat transfer behavior of banana undergoing combined low-pressure superheated steam and far- infrared radiation drying. Applied Thermal Engineering, 27, pp. 2483–2494.

[11] Aktas, M., Khanlari, A., Amini, A., Sevik, S. 2017. Performance analysis of heat pump and infrared-heat pump drying of grated carrot using energy-exergy methodology. Energy Conversion and Management, 132, pp. 327–338.

[12] AACC. 1995. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (9th ed.). St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc.

[13] Choicharoen, K., Devahastin, S., and Soponronnait, S., 2010, “Performance and energy consumption of an impinging stream dryer for high-moisture particulate materials”, Drying Technology, Vol. 28, pp. 20–29.

ID076

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช

A Study of Water Footprint of Rice in Nakhon Si Thammarat Operation and Maintenance Project

วรานันท์ น่วมนวล[1*] รศ.ดร. อดิชัย พรพรหมินทร์ และ รศ. สุรชัย ลิปิวัฒนาการ
[1]ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: waranunnum@gmail.com

Waranun Numnual[1*] Associate Professor Dr. Adichai Pornprommin and
Associate Professor Surachai Lipwattanakarn
[1]Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
*E-mail: waranunnum@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวที่ปลูกในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช ในช่วงนาปีของปี พ.ศ. 2559 โดยได้ทำการเก็บข้อมูล โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากสถานที่จริง โดยการเลือกสุ่มตัวอย่างจากเกษตรกรเพื่อใช้เป็นตัวแทนในแต่ละพื้นที่ในพื้นที่ตัวอย่าง จำนวน 20 ราย และสอบถามเกษตรกรเกี่ยวกับ ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าว ข้อมูลข้าว วิธีการเพาะปลูก ข้อมูลการเตรียมแปลง ปริมาณการใช้ปุ๋ย และข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลที่ได้จากสถิติ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลภูมิอากาศ ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรปลูกข้าวนาปีด้วยวิธีการนาหว่านน้ำตม ซึ่งให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 376.95 กิโลกรัมต่อไร่ และได้ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) เท่ากับ 1,100.51 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) เท่ากับ 2,061.40 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{grey}) เท่ากับ 3,127.50 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมของการปลูกข้าวเท่ากับ 6,289.41 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ผลดังกล่าวแสดงว่าค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกข้าวในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราชสูงมากกว่าพื้นที่อื่นๆ สาเหตุเกิดจากผลผลิตข้าวค่อนข้างต่ำ และเกษตรกรบางรายมีการใช้ปุ๋ยมากเพื่อเพิ่มผลผลิต

คำหลัก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ข้าว นครศรีธรรมราช

Abstract

The objective of this research was to assess the water footprint of rice in Nakhon Si Thammarat Operation and Maintenance Project in year 2016. In this research, the data was collected based on two types, primary and secondary data. Primary data was the field data collected from interviewing the 20 farmers who represented the rice paddy cultivation. These data consisted of the area of rice production, rice data, and the amount of fertilizers used in the rice paddy field. The secondary data was historical records. These were the volume of rainfall, reference crop evapotranspiration (Eto), and crop coefficient (Kc). The results showed

that the average rice yield was 376.95 kg/rai, the average blue water footprint (WF_{blue}) was 1,100.51 m^3/ton, the average green water footprint (WF_{green}) was 2,061.40 m^3/ton, the average grey water footprint (WF_{grey}) was 3,127.50 m^3/ton, and the average total water footprint of rice was 6,289.41 m^3/ton. From the results, it indicated that the water footprint of rice in Nakhon Si Thammarat Operation and Maintenance Project was higher than other areas. The reason was that the rice yield was low and some farmers used a lot of fertilizers to have more rice yield.

Keywords: water footprint, rice, Nakhon Si Thammarat

1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลกในปัจจุบัน รวมทั้งการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของโลกเป็นแรงขับเคลื่อนต่อการเพิ่มปริมาณความต้องการใช้น้ำในทุกภาคส่วน ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อวิกฤตน้ำในโลกที่มีความเป็นไปได้สูงในอนาคต นอกจากนี้สภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน ยังส่งผลกระทบต่อวัฏจักรน้ำบนโลก เกิดความผันแปรของพายุหมุนเขตร้อน เกิดภัยพิบัติต่าง ๆ เช่น ภาวะฝนแล้ง ฝนทิ้งช่วงยาวนาน หรือภาวะน้ำท่วมหนัก ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมที่เป็นรากฐานสำคัญของความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจของโลก จากปัญหาขาดแคลนน้ำของโลกทำให้องค์การสหประชาชาติ องค์การระหว่างประเทศ ตระหนักถึงความสำคัญของวิกฤตน้ำที่เกิดขึ้น และรณรงค์ให้นานาประเทศช่วยกันอนุรักษ์น้ำ อาทิ UNESCO IFC WWF และ WBCSD เป็นต้น โดย ได้ร่วมกันจัดตั้งเครือข่ายวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ทำการศึกษา Footprint ใน สินค้า และบริการต่างๆ ที่แต่ละประเทศผลิตเพื่อวัดปริมาณการ ใช้น้ำในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณ ปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้สามารถวัดได้จากปริมาณน้ำที่ใช้ไปและปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมา ทำให้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เป็นเครื่องชี้วัดที่ชัดเจน เพราะไม่ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาเท่านั้น หากแต่แสดงให้เห็นถึงสถานที่และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำ

ข้าวเป็นหนึ่งในอาหารหลักของประเทศไทยและของโลก ข้าวเป็นสินค้าสำคัญด้านการเกษตรในการส่งออกของไทยโดยค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวเปลือกเฉลี่ยทั้งโลกมีค่าเท่ากับ 1,325 ลบ.ม./ตัน และค่าเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 1,617 ลบ.ม./ตัน จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจในการเลือกข้าวมาเป็นหัวข้อในการศึกษาวิจัยในเรื่องของ Water footprint ซึ่งได้ทำการศึกษาถึงรายละเอียดของการปลูกข้าว โดยการเลือกใช้พื้นที่ศึกษาระดับเล็กๆ นั้นทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องชัดเจน และเลือกทำในพื้นที่ภาคใต้ที่ยังไม่ค่อยมีผู้ทำการศึกษา ทั้งนี้การมีข้อมูล Water footprint ที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้กำหนดนโยบายสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำน้อยหรือมากในวิธีใดให้เหมาะสมกับต้นทุนน้ำที่มี ซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อจะได้ทราบว่าในการเพาะปลูกข้าวนั้น มีการใช้น้ำหรือ Water Footprint แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

แนวคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เริ่มคิดค้นโดยศาสตราจารย์ Hoekstra และคณะ ในปี ค.ศ. 2002 โดยแรกเริ่มเป็นการศึกษาเรื่องน้ำเสมือน (Virtual water) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อปีหรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี [1] ซึ่งวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (Blue Water Footprint, WF_{blue}) หมายถึง ปริมาณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เช่น น้ำบาดาล น้ำชลประทาน ที่ถูกนำไปใช้เพื่อผลิตสินค้า

2) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (Green Water Footprint, WF_{green}) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ถูกนำไปใช้เพื่อผลิตสินค้า

3) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (Grey Water Footprint, WF_{grey}) หมายถึง ปริมาณน้ำสะอาดที่นำไปชะล้างน้ำเสียหรือบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในภาค เกษตรกรรม ของ Mekonnen และ Hoekstra [2,3] ได้ แสดงวิธีการหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดที่เกิดจาก การเพาะปลูกพืชหรือต้นไม้ (Total water footprint of process of growing crop or tree, $WF_{proc,crop}$) ดังสมการต่อไปนี้

$$WF_{proc,crop} = WF_{blue} + WF_{green} + WF_{grey} \quad (1)$$

$$WFblue = \frac{CWUblue}{Y} \quad (2)$$

$$WFgreen = \frac{CWUgreen}{Y} \quad (3)$$

$$WFgrey = \frac{(axAR)/(Cmax-Cnatural)}{Y} \quad (4)$$

โดยที่ CWU (Crop Water Use) คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก คำนวณได้จากการคายระเหยต่อวัน (ET: มม./วัน) ของพืชสะสมตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะปลูก

α คือ สัดส่วนการชะล้าง

AR คือ อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่เพาะปลูก (กิโลกรัม/ไร่)

Cmax คือ ความเข้มข้นของมลพิษสูงสุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัม/ลบ.ม.)

Cnatural คือ ความเข้มข้นของมลพิษที่มีอยู่ในธรรมชาติ (กิโลกรัม/ลบ.ม.)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

Hoekstra และ Chapagain [4] ได้วิจัย ปริมาณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของภาคเกษตรกรรม ซึ่ง ผลการวิจัยพบว่า กาแฟมีค่าเท่ากับ 17,373 ลูกบาศก์ เมตรต่อตัน มะกอกมีค่าเท่ากับ 4,393 ลูกบาศก์เมตร ต่อตัน มะพร้าวมีค่าเท่ากับ 2,545 ลูกบาศก์เมตร ต่อตัน ข้าวมีค่าเท่ากับ 2,291 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ข้าวบาร์เลย์ มีค่าเท่ากับ 1,388 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน มันฝรั่งมีค่าเท่ากับ 255 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และอ้อยมีค่าเท่ากับ 175 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน

2.1 พื้นที่การศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช รับผิดชอบพื้นที่ส่งน้ำเพื่อการเกษตรกรรม ในเขตอำเภอพระพรหม อำเภอลานสกา อำเภอเมือง และอำเภอร่อนพิบูลย์ ซึ่งในปัจจุบันมีพื้นที่ชลประทาน 117,532 ไร่ พื้นที่ที่มีการปลูกข้าวมากที่สุด ได้แก่ ตำบลกำแพงเซา ตำบลโพธิ์เสด็จ ตำบลมะม่วงสองต้น ตำบลนาเคียน ตำบลนาทราย และตำบลท่าแพ ดังแสดงในรูปที่ 1 และมีข้อมูลการเพาะปลูกข้าว ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช

ตารางที่ 1 ข้อมูลการเพาะปลูกข้าว

ลำดับที่	โครงการฯ /ฝ่ายส่งน้ำ	พื้นที่ (ไร่)	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ล้าน ลบ.ม)	ผลผลิต (ตัน)
1	โครงการส่งน้ำฯ (ฤดูฝน)	21,920	35.96	10,740.80
	โครงการส่งน้ำฯ (ฤดูแล้ง)	460	0.75	217.88
2	ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 (ฤดูฝน)	1,890	3.10	793.80

ลำดับที่	โครงการฯ /ฝ่ายส่งน้ำ	พื้นที่ (ไร่)	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ล้าน ลบ.ม)	ผลผลิต (ตัน)
	ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 (ฤดูแล้ง)	80	0.13	34.72
3	ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 (ฤดูฝน)	1,000	1.64	450
	ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 (ฤดูแล้ง)	380	0.62	183.16
4	ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 (ฤดูฝน)	19,030	31.22	11,418
	ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 (ฤดูแล้ง)	-	-	-

3. วิธีการดำเนินการ

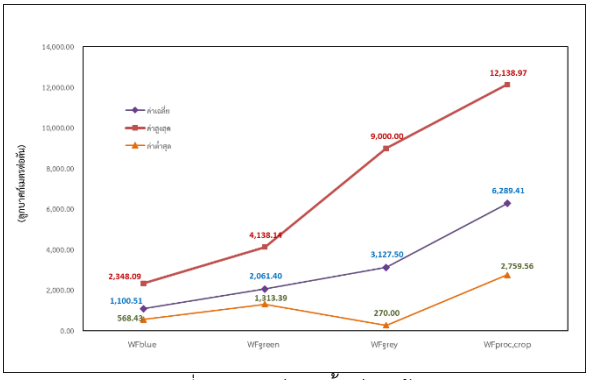
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาจากกลุ่มเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช จำนวน 20 ราย โดยมีวิธีการศึกษา ดังนี้

1) ศึกษาและสำรวจกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลการเพาะปลูก ช่วงเวลาในการเพาะปลูก ผลผลิตที่ได้จากการเพาะปลูก การให้น้ำ และการใช้ปุ๋ย
2) ศึกษาโดยใช้ข้อมูลการเพาะปลูกนาปีในช่วงปี 2559
3) ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่ศึกษา ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว (Crop Coefficient, Kc) ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) โดยใช้สูตร Penman Monteith [5]
4) ประเมินและวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่อการปลูกข้าว และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว
5) สรุปผลการศึกษา

4. ผลการศึกษา

จากการศึกษา พบว่าตัวอย่างเกษตรกรในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราช ดังแสดงในตารางที่ 2 มีพื้นที่นาอยู่ระหว่าง 1-25 ไร่ นิยมปลูกข้าวนาปีด้วยวิธีการนาหว่านน้ำตม มีปริมาณผลผลิตต่อไร่ผันแปรค่อนข้างสูงอยู่ระหว่าง 171-520 กิโลกรัม/ไร่ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 376.95 กิโลกรัม/ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าว เกษตรกรบางรายให้ปุ๋ยสูงมากโดยเฉพาะเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็ก บางรายให้ปุ๋ยสูงถึง 225 กิโลกรัม/ไร่ และมีค่าเฉลี่ยการให้ปุ๋ยอยู่ที่ 56.2 กิโลกรัม/ไร่

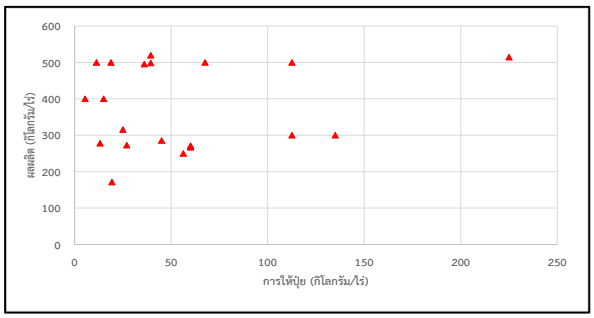
ผลการศึกษาค่าวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่ามีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ดังนี้ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) มีค่าอยู่ระหว่าง 568.43-2,348.09 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,100.51 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) มีอยู่ระหว่าง 1,313.39-4,138.14 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,061.40 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{grey}) มีค่าอยู่ระหว่าง 270.00-9,000.00 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,127.50 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมของการปลูกข้าวอยู่ระหว่าง 2,759.56-12,138.97 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,289.41 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว

จากการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของพื้นที่เพาะปลูกข้าวในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราชในพื้นที่รายแปลงพบว่ามีค่าแตกต่างจากพื้นที่อื่นๆ ค่อนข้างมาก โดยเกิดจากสาเหตุหลัก 2 ประการ ได้แก่

(1) ปริมาณการใช้ปุ๋ย เนื่องจากในปัจจุบันการเพาะปลูกข้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลต่อสภาพดินทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยลง ทำให้เกษตรกรต้องมีการเพิ่มปริมาณการใช้ปุ๋ยอย่างต่อเนื่อง และส่งผลให้ปริมาณ WF_{grey} ของการเพาะปลูกข้าวมีปริมาณสูงมาก โดยในกลุ่มเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยไม่เกิน 20 กิโลกรัม/ไร่ จะมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{grey}) เฉลี่ยเพียง 903 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ในขณะที่กลุ่มเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยเกิน 20 กิโลกรัม/ไร่ จะมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{grey}) เฉลี่ยสูงถึง 4,081 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ทั้งนี้จากข้อมูลตัวอย่างเกษตรกรที่นำมาวิเคราะห์ไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปริมาณการใช้ปุ๋ยและผลผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการให้ปุ๋ยและผลผลิตของข้าว

(2) ปริมาณผลผลิตต่อไร่ เนื่องจากปริมาณผลผลิตต่อไร่ เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทุกค่า WF_{green} , WF_{blue} , WF_{grey} ตามสมการ ถ้าปริมาณผลผลิตต่อไร่มีปริมาณสูงจะส่งผลให้ค่าปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ลดลง และในทางกลับกันหากปริมาณผลผลิตต่อไร่มีปริมาณน้อยจะส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีปริมาณมากด้วย โดยพบว่าหากประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมของกลุ่มเกษตรกรที่มีผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 300 กิโลกรัม/ไร่ จะได้ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมสูงถึง 8,371 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ในขณะที่กลุ่มเกษตรกรที่มีผลผลิตสูงกว่า 300กิโลกรัม/ไร่ จะได้ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมเพียง 3,972 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน

เมื่อนำค่าวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวมของพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราชที่มีค่า 6,289 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ไปเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นๆ ที่ได้เคยมีการศึกษาไว้ อาทิเช่น พื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี [6] มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,819 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน พื้นที่จังหวัดน่าน [7] ที่เป็นข้าวนาสวนมีค่าเฉลี่ยเพียง 1,639 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน พื้นที่จังหวัดสุรินทร์ [8] ที่เป็นข้าวอินทรีย์มีค่าเฉลี่ย 2,897 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ค่อนข้างมาก เนื่องจากผลผลิตเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ และมีการใช้ปุ๋ยเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในรายที่ผลผลิตสูงและไม่ได้ใช้ปุ๋ยมากจะมีค่าวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวมอยู่ระหว่าง 2,800-3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของจังหวัดสุพรรณบุรีและสุรินทร์

ตารางที่ 2 ค่าวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ผลผลิต และปริมาณปุ๋ยที่ใช้

เกษตรกรคนที่	WF_{blue} (ลบ.ม./ตัน)	WF_{green} (ลบ.ม./ตัน)	WF_{grey} (ลบ.ม./ตัน)	$WF_{proc,crop}$ (ลบ.ม./ตัน)	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (กก./ไร่)	ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ (กก./ไร่)
1	2,348.09	4,138.14	2,250.01	8,736.24	7.00	171.43	19.29
2	1,740.99	2,843.98	4,500.00	9,084.97	4.00	250.00	56.25
3	1,379.32	2,666.19	4,499.94	8,545.45	3.00	266.67	60.00
4	1,415.32	2,614.33	4,422.37	8,452.02	3.00	271.35	60.00
5	1,461.54	2,607.05	1,980.05	6,048.64	5.00	272.72	27.00
6	1,434.93	2,559.58	945.00	4,939.52	12.00	277.78	13.13
7	982.88	2,290.96	3,150.00	6,423.85	5.00	285.71	45.00
8	1,114.57	2,354.47	7,500.00	10,969.04	3.00	300.00	112.50
9	957.10	2,181.87	9,000.00	12,138.97	1.00	300.00	135.00
10	1,295.94	2,251.55	1,583.38	5,130.87	9.00	315.78	25.00
11	944.44	1,773.48	270.00	2,987.92	25.00	400.00	5.40
12	1,015.88	1,777.48	750.00	3,543.36	9.00	400.00	15.00
13	633.12	1,426.26	1,453.85	3,513.23	5.00	495.24	36.00
14	568.43	1,313.39	1,580.14	3,461.96	4.00	498.37	39.38
15	816.21	1,421.99	2,700.00	4,938.20	2.00	500.00	67.50
16	797.18	1,421.99	750.00	2,969.17	12.00	500.00	18.75
17	887.57	1,421.99	450.00	2,759.56	14.00	500.00	11.25
18	818.47	1,421.99	4,500.00	6,740.45	2.00	500.00	112.50
19	609.67	1,373.44	8,750.01	10,733.12	1.00	514.29	225.00
20	788.60	1,367.95	1,515.15	3,671.70	4.00	519.75	39.38
ค่าเฉลี่ย	**1,100.51**	**2,061.40**	**3,127.50**	**6,289.41**			
ค่ามากที่สุด	**2,348.09**	**4,138.14**	**9,000.00**	**12,138.97**			
ค่าน้อยที่สุด	**568.43**	**1,313.39**	**270.00**	**2,759.56**			

5. สรุป

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวที่ปลูกในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครศรีธรรมราชในช่วงปี พ.ศ. 2559 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรตัวอย่างจำนวน 20 ราย เพื่อนำมาคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ซึ่งได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้ ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,100.51 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,061.40 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{grey}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,127.50 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมของการปลูกข้าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,289.41 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งถือว่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตข้าวของเกษตรกรบางรายในพื้นที่มีค่าค่อนข้างต่ำและเกษตรกรบางรายมีการใช้ปุ๋ยเป็นปริมาณมาก

เอกสารอ้างอิง

[1] Chapagain A. K., Hoekstra A. Y., Savenije H. H. G., and Gautam R., 2006. The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries, Ecological Economics. 60: 186-203.

[2] Mekonnen M. M. and Hoekstra A. Y., 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Hydrology and Earth System Sciences. 15: 1577- 1600.

[3] Hoekstra A.Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. and Mekonnen, M. M., 2011. The Water Footprint Assessment Manual, Setting the Global Standard, London, Washington D.C., 228 p.

[4]Hoekstra A. Y. and Chapagain A. K., 2008. Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources. Wiley.

[5] Monteith J. L., 1965. Evaporation and environment, Symp Soc Exp Biol.19: 205-34.

[6] อรวิกา สีทอง, 2561. การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว ในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 16 ฉบับที่ 1, หน้า 23-32.

[7] วีรฉัตร์ ฉัตรปัญญาเจริญ, 2559. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวนาสวนและข้าวโพด ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ห้วยน้ำยาว 1 ตอนล่าง จังหวัดน่าน, ดุษฎีนิพนธ์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 177 หน้า.

[8] มาณพ พรมดี, อดิชัย พรพรหมินทร์ และ สุรชัย ลิปิวัฒนาการ, 2557. วอเตอร์ฟุตปริ้นของข้าวหอมมะลิอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์, 9th THAICID National Symposium, 18 มิถุนายน 2557, หน้า 1-15.

ID078

การจำลองการอพยพหนีไฟโดยการใช้โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษา ศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย

Simulation of Fire Evacuation using Pathfinder Program : A Case Study of Child Development Center

ปวัชร์ญา วิทิตจรัสพงศ์[1*] และ รองศาตราจารย์ชวเลข วณิชเวทิน[2]
[1]นิสิตภาควิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: Pawatchaya.w@ku.th

Pawatchaya Wititcharatpong[1*] and Associate Professor Chavalek Vanichavetin[2]
[1]Students of the Department of Safety Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[2]Lecturer of the of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]E-mail: Pawatchaya.w@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองสถานการณ์การอพยพหนีไฟเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ โดยใช้โปรแกรมจำลองการอพยพเพื่อเสนอแนะการปรับปรุงผังรูปแบบการอพยพหนีไฟ ให้สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้ในเวลาที่น้อยที่สุด โดยการวิจัยนี้จะจำลองการอพยพหนีไฟในอาคารศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย สถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัว มหาวิทยาลัยมหิดล ด้วยการใช้โปรแกรมจำลองการอพยพหนีไฟ Pathfinder 2018 เปรียบเทียบกับการอพยพจริง มีจำนวนผู้ใช้อาคารจำนวน 246 คน การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder พบว่าเด็กคนสุดท้ายที่อพยพออกจากอาคารเพื่ออพยพไปยังจุดรวมพล ใช้เวลา 12.28 นาที ซึ่งเป็นการอพยพที่ใช้เวลามาก และจากการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟที่จัดขึ้นในวันที่ 9 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563 ช่วงเวลา 10.30 -11.30 น. พบปัญหาการอพยพที่มีการแออัดตรงบริเวณบันไดและประตูหลักที่เปิดเพียง 1 บาน ทำให้ใช้เวลานานในการอพยพไปยังจุดรวมพล เด็กคนสุดท้ายที่อพยพไปถึงจุดรวมพล ใช้เวลานานถึง 11.28 นาที ผู้วิจัยจึงพิจารณาหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาความแออัดบริเวณบันไดและประตูที่ใช้หนีไฟ โดยการศึกษาความเป็นไปได้ในการอพยพหนีไฟ โดยใช้โปรแกรม Pathfinder อีก 5 กรณี คือ กรณีที่ 1 กำหนดให้ประตูหลักที่ใช้อพยพหนีไฟ เปิดเพิ่มอีก 1 บาน สามารถอพยพได้ในเวลา 11.43 นาที กรณีที่ 2 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 1 และเพิ่มประตูข้างห้องเก็บเสื้อผ้าอนุบาล 3/2 ที่อยู่ใกล้จุดรวมพลมากที่สุด สามารถอพยพได้ในเวลา 11.34 นาที กรณีที่ 3 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 2 และเพิ่มบันไดหนีไฟอีก 1 ที่บริเวณช่องว่างของชั้น 2 สามารถอพยพได้ในเวลา 5.37 นาที กรณีที่ 4 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 3 และเพิ่มประตูทางออกบริเวณข้างบันไดหลัก เพื่อลดความแออัดบริเวณบันไดชั้น 1 และประตูทางออกหลัก สามารถอพยพได้ในเวลา 5.21 นาที และกรณีที่ 5 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 4 และให้สลับห้องเรียนระหว่างอนุบาล 1/1 และอนุบาล 3/2 สามารถอพยพได้ในเวลา 4.40 นาที จากการทดลองผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ทางศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย ใช้กรณีที่ 5 ในการอพยพหนีไฟ ซึ่งเป็นเวลาที่ดีที่สุดในการจำลองครั้งนี้ ที่สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้ในเวลาที่น้อยที่สุด เกิดความปลอดภัยต่อผู้ที่อยู่ในอาคาร และอยู่ในเวลาที่กฎหมายกำหนดไว้ให้อพยพคนออกจากอาคารสู่จุดปลอดภัย ไม่เกิน 5 นาที

คำหลัก การจำลองการอพยพหนีไฟ เวลาการอพยพ โปรแกรม Pathfinder

Abstract

The purpose of this research was to simulate the situation of fire evacuation in case of a fire by using an evacuation simulation software to suggest an improvement to the fire evacuation model in order to evacuate people from the buildings in the shortest possible time. It simulated fire evacuation in the building

of the Child Development Center, National Institute for Child and Family Development, Mahidol University, by using the Pathfinder 2018 fire evacuation simulation software to compare with the actual evacuation of 246 building users. According to the use of this software, the last child who evacuated from the building to the assembly point took 12.28 minutes, which was time-consuming evacuation. From a fire evacuation drill held on March 9, 2020 during 10:30 a.m.-11:30 p.m., there was an evacuation problem due to the overcrowding in the stairway and main door that opened only one panel, which took a long time to evacuate to the assembly point and the last child took 11.28 minutes to reach the assembly point. Therefore, the researchers tried to find solutions to the problem of congestion at stairs and fire doors and studied the possibility of fire evacuation by using the Pathfinder simulation software in five more cases. Case 1 required one additional panel of the main door used for fire evacuation to open so that people could evacuate in 11.43 minutes. Case 2 required the use of Case 1 and added a door next to the wardrobe of Kindergarten Room 3/2 that was closest to the assembly point so that people could evacuate in 11.34 minutes. Case 3 required the use of Case 2 and added another fire stairway at the gap of second floor so that people could evacuate in 5.37 minutes. Case 4 required the use of Case 3 and added another exit door beside the main stairway to reduce congestion on the first-floor stairs and main exit door so that people could evacuate in 5.21 minutes. Case 5 required the use of Case 4 and switched classrooms between Kindergarten Room 1/1 and Kindergarten Room 3/2 so that people could evacuate in 4.40 minutes. According to this experiment, the researchers thus suggested the Child Development Center to use Case 5 for fire evacuation that could evacuate people from the building in the shortest time, which is safe for building occupants and meets the law requiring the evacuation of people from a building to a safe point for less than 5 minutes.

Keywords: Simulation of fire evacuation, Fire Evacuation Time, Pathfinder Program

1. บทนำ

อัคคีภัยเป็นภัยใกล้ตัวที่เกิดขึ้นบ่อยในปัจจุบัน ซึ่งเราทราบอยู่แล้วว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้น บางครั้งก็ไม่สามารถประเมินค่าได้ ทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ในประเทศไทย จากข้อมูลสถิติจากสำนัก ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ปี พ.ศ. 2554 - 2561 เฉลี่ยการเกิดเหตุเพลิงไหม้จำนวนที่เกิดขึ้นเฉลี่ย 800-1,200 ครั้ง/ปี คิดเป็น 4-5 ครั้ง/วัน นับว่าเป็นตัวเลขที่ไม่น้อยนักจากสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ ทั้งอาคารที่พักอาศัย บ้านเรือน สถานประกอบกิจการ ล้วนเกิดความเสียหายสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินรวมถึงส่งผลกระทบอื่น ๆ และหากเกิดเหตุขึ้นในสถานดูแลเด็กหรือที่ศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย ซึ่งจะมีกลุ่มเด็กช่วงอายุตั้งแต่แรกเกิดถึง อายุ 6 ปีบริบูรณ์ หรือ ก่อนเข้าเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ยังไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้เป็นจำนวนมาก ทางศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัยจะสามารถอพยพเด็กออกจากพื้นที่ตามเส้นทางหนีไฟที่ทางอาคารจัดไว้ได้ทันเวลาหรือไม่ และการป้องกันอัคคีภัยไม่เพียงแต่จะเน้นในด้านของการดับไฟ แต่ยังคงมีเรื่องของเส้นทางเพื่อใช้ในการอพยพคนออกจากอาคาร

ดังนั้น จากปัญหาการเกิดอัคคีภัยในศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัยที่มีความยากในการอพยพเคลื่อนย้าย ให้เด็กออกมาสู่จุดที่ปลอดภัยได้เร็วที่สุด ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการที่จะเอาวิชาการทางด้านวิศวกรรมความปลอดภัยที่ได้ทำการศึกษานั้นมาประยุกต์ใช้ในการทำการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาแผนอพยพและจำลองการอพยพ โดยใช้เทคโนโลยีด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาการใช้งาน ในด้านต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องและแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งมีบทบาทมากขึ้นในงานด้านวิศวกรรมความปลอดภัยมาใช้เพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการอพยพหนีไฟ ได้แก่การใช้ โปรแกรม Pathfinder เพื่อการศึกษาการจำลองการอพยพ ทั้งนี้ เพื่อนำปัญหาที่พบจากการสร้างแบบจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง หาวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาที่ได้พบจากการจำลองการอพยพหนีไฟและสรุปรวมถึงให้ข้อเสนอแนะ และเพื่อการนำไปสู่การกำหนดเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการอพยพหนีไฟ การกำหนดเส้นทางหนีไฟภายในศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อจำลองสถานการณ์การอพยพหนีไฟเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ โดยใช้โปรแกรมจำลองการอพยพ

2.2 เพื่อเสนอแนะการปรับปรุงผังรูปแบบการอพยพหนีไฟให้เหมาะสมกับพื้นที่ ให้สามารถอพยพคนออกจากอาคารได้ในเวลาที่น้อยที่สุด และเกิดความปลอดภัยต่อเด็กในศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษาอาคารศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย สถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัวมหาวิทยาลัยมหิดล ที่ใช้เป็นอาคารในการจำลองการอพยพหนีไฟ เป็นอาคาร 1 หลัง ตั้งอยู่ในรั้วมหาวิทยาลัยมหิดล เป็นสถานที่มีรั้วปิด ล้อมจากทางสาธารณะ เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ จำเป็นต้อง อพยพเด็กปฐมวัยที่อยู่ในอาคารไปยังจุดปลอดภัย ซึ่งผู้อพยพต้องใช้เส้นทางสัญจรหลักที่อยู่ภายในอาคารอพยพ โดยครูประจำชั้นของแต่ละห้องจะเป็นผู้พาเด็กอพยพไปตามเส้นสีเหลือง เพื่อไปสู่จุดรวมพลที่เป็นสนามหญ้าด้านข้างอาคาร ซึ่งเป็นพื้นที่ปลอดภัยของอาคารนี้ได้เพียง 1 เส้นทาง เท่านั้น ลักษณะของอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นอาคารที่มีความสูงจากพื้นถึงหลังคา 10 เมตร จำนวน 2 ชั้น มีความกว้าง 26 เมตร ยาว 34 เมตร มีบันไดหลัก 1 บันได ทางออกหลักด้านหน้าอาคารแค่เพียง 1 ประตู โดยที่ชั้น 1 มี ห้องเรียนจำนวน 6 ห้อง ห้องพักครู 1 ห้อง ห้องอาหาร 1 ห้อง ห้องครัว 1 ห้อง และห้องอาบน้ำแต่งตัวเด็ก 1 ห้อง มีเด็กจำนวน 86 คน ครู 24 คนและชั้น 2 มีห้องเรียนจำนวน 7 ห้อง ห้องอาบน้ำแต่งตัวเด็ก 1 ห้อง มีเด็กจำนวน 122 คน ครู 14 คน

โครงสร้างอาคารมีบันไดที่ใช้งานจำนวน 1 บันได หลักที่ใช้เป็นบันไดสำหรับการสัญจรขึ้น ลงระหว่างชั้นของอาคาร ซึ่งมีความกว้างของบันไดที่ 180 เซนติเมตร ลูกตั้งขนาด 18 เซนติเมตร ลูกนอนขนาด 27 เซนติเมตร ในส่วนของประตูที่เป็นทางเข้า-ออกหลัก เป็นประตูกระจกบานคู่ขนาด กว้าง 180 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร ขณะใช้งานจะเปิดแค่พียงบานเดียว ความกว้างขนาด 90 เซนติเมตร

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 เด็กปฐมวัย

- ช่วงอายุ 6 เดือน – 1 ปี (เตาะแตะ 1) จำนวน 15 คน
- ช่วงอายุ 1-2 ปี (เตาะแตะ 2) จำนวน 37 คน
- ช่วงอายุ 2-3 ปี (เตาะแตะ 3) จำนวน 18 คน
- ช่วงอายุ 3-4 ปี (อนุบาล 1) จำนวน 58 คน
- ช่วงอายุ 4-5 ปี (อนุบาล 2) จำนวน 48 คน
- ช่วงอายุ 5-6 ปี (อนุบาล 3) จำนวน 32 คน

3.2.2 ครูในศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย จำนวน 38 คน

3.3 การจำลองสถานการณ์โดยใช้โปรแกรมจำลองการอพยพ Pathfinder 2018

3.3.1 การสร้างแบบจำลองเสมือนจริงของอาคารและจำลองการอพยพคนออกจากอาคาร โดยเริ่มจากการวาด layout พื้นที่อาคารชั้น 1,2 ลงในโปรแกรม เลือกความละเอียดของ grid เป็น 0.1 m เพื่อนำมาใช้ในการสร้างห้อง ประตู พื้นที่ทางเดิน บันได รวมถึง ค่า Move geometry to Z 0.0 และ 3.5 โดยที่ชั้น 1 มี ห้องเรียนจำนวน 6 ห้อง ห้องพักครู 1 ห้อง ห้องอาหาร 1 ห้อง ห้องครัว 1 ห้อง และห้องอาบน้ำแต่งตัวเด็ก 1 ห้อง และชั้น 2 มีห้องเรียนจำนวน 7 ห้อง ห้องอาบน้ำแต่งตัวเด็ก 1 ห้อง ห้องเรียน และทำการเพิ่มพื้นที่ของห้องต่าง ๆ พื้นที่ทางเดิน ชานพักบันได บันได ลงในบริเวณต่าง ๆ พร้อมทั้งใส่ค่าความสูงของพื้นในส่วนต่าง ๆ ตามค่าที่ได้จากแบบของอาคาร (Set Z) จากนั้นให้ใส่ประตูในแต่ละห้องเพื่อเชื่อมห้องเข้าด้วยกัน กำหนดสีในแต่ละพื้นที่โดยให้แบ่งแยกพื้นที่ต่าง ๆ กันได้อย่างชัดเจนพร้อมทั้งจัดแบ่งกลุ่ม และตั้งชื่อในส่วนต่าง ๆ

3.3.2 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม Pathfinder โดยค่าพารามิเตอร์ ประกอบด้วย พฤติกรรมการอพยพ ความสูง ความกว้างของไหล่ และความเร็วในการเคลื่อนที่ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : ค่าพารามิเตอร์ที่ป้อนลงในโปรแกรม Pathfinder (โดยเลือกพฤติกรรมการอพยพแบบ steering)

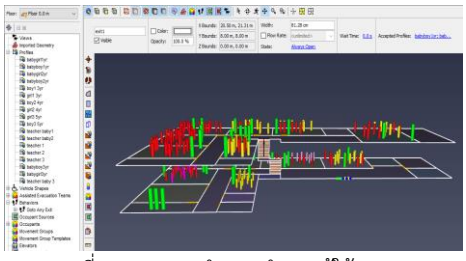
ที่	ค่าพารามิเตอร์	ช่วงอายุ (ปี)					
		6ด–1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
1	ความกว้างของไหล่(cm)*						
	เพศชาย	22	23.5	25	26.5	28	29.5
	เพศหญิง	21.5	23	24.5	26	27.5	29
2	ความสูง(cm)*						
	เพศชาย	79	89	97	104	110.5	116
	เพศหญิง	79.5	87	96	103	110	115
3	ความเร็วในการเคลื่อนที่(m/s)**						
	เพศชาย	-	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
	เพศหญิง	-	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8

ที่มา : *ค่าความกว้างของไหล่และความสูง (ขนาดตัวมาตรฐานเด็กไทย,ศรีกาญจนา 2013)

** ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ (Nhogroho et al.,2014)

3.3.3 หลังจากกรอกข้อมูลพารามิเตอร์แล้ว ทำการเพิ่ม

จำนวนคนลงในห้องต่าง ๆ ตามกำหนด และกำหนดประตูทางออก โดยกำหนดให้ออกแค่ 1 ประตูตามการอพยพจริง จากนั้นกดรันโปรแกรมเพื่อจำลองเวลาในการอพยพ ดังรูปที่1



รูปที่ 1 แสดงการกำหนดจำนวนผู้ใช้อาคาร
(กำหนดให้ จุดสีต่าง ๆ หมายถึงเด็กปฐมวัย ที่อยู่ในห้องเรียน)

3.4 จัดทำแผนการอพยพหนีไฟ และการจำลองสถานการณ์เพื่อทดลองอพยพจริง

3.4.1 การจัดเตรียมบุคลากรสำหรับการอพยพหนีไฟโดยกำหนดให้ครูประจำชั้นของแต่ละห้องเป็นคนอพยพเด็กนักเรียนออกจากอาคาร

3.4.2 การฝึกซ้อมอพยพหนีไฟจัดขึ้นในวันที่ 9 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563 เริ่มขึ้นเวลา 10.30 น. เมื่อสัญญาณแจ้งอพยพหนีไฟดังขึ้นและครูได้เป่านกหวีดประกาศแจ้งเกิดเหตุเพลิงไหม้ ภายในอาคารไม่สามารถควบคุมเพลิงได้ จึงประกาศให้ทุกคนในอาคารอพยพไปยังจุดรวมพลบริเวณด้านข้างอาคารทันที โดยให้ครูเดินนำธงอพยพและพาเด็กในแต่ละห้องเรียนเดินอพยพโดยการเดินตามครูผู้นำธงและเดินตามเส้นสีเหลือง ไปยังรวมพลเมื่อถึงจุดรวมพลตามที่กำหนด ครูได้ทำการตรวจเช็คจำนวนเด็ก ณ จุดรวมพล และรายงานยอดการอพยพต่อผู้อำนวยการแผนฉุกเฉิน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการอพยพหนีไฟจริงที่ศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย

3.5 การจำลองโดยใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลองเพื่อออกแบบเส้นทางการอพยพหนีไฟ

ผู้วิจัยจึงใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองการอพยพทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการเลือกประตูและบันได เพื่อใช้ในการอพยพหนีไฟ การศึกษา 5 กรณี คือ

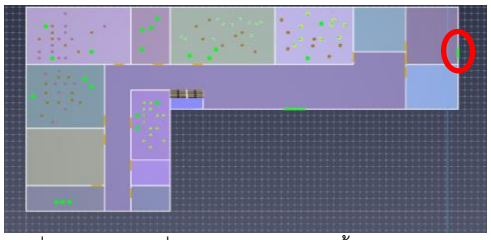
กรณีที่ 1 กำหนดให้ประตูหลักที่ใช้อพยพหนีไฟ เปิดเพิ่มอีก 1 บานประตู เพื่อเพิ่มความกว้างในการอพยพหนีไฟ

รูปที่ 3 แสดงการเปิดประตูเพิ่มอีก 1 บาน (ในวงกลมสีแดง)



(กำหนดให้ จุดสีต่าง ๆ หมายถึงเด็กปฐมวัย ที่อยู่ในห้องเรียน)

กรณีที่ 2 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 1 และเพิ่มประตูข้างห้องเก็บเสื้อผ้าอนุบาล 3/2 ที่อยู่ใกล้จุดรวมพลมากที่สุด เป็นอีกหนึ่งช่องทางในการอพยพหนีไฟ



รูปที่ 4 แสดงการเพิ่มประตูข้างห้องเก็บเสื้อผ้าอนุบาล 3/2
(ในวงกลมสีแดง)
(กำหนดให้ จุดสีต่าง ๆ หมายถึงเด็กปฐมวัย ที่อยู่ในห้องเรียน)

กรณีที่ 3 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 2 และเพิ่มบันไดหนีไฟเพิ่มอีก 1 ที่บริเวณช่องว่างของชั้น 2 เพื่ออพยพเด็กอนุบาลห้องที่ใกล้สุด 2 ห้อง ลงบันไดหนีไฟนั้น เพื่อเป็นการกระจายคนชั้น 2 ในขณะอพยพหนีไฟ



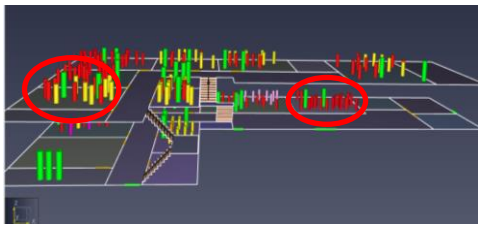
รูปที่ 5 แสดงการเพิ่มบันไดหนีไฟเพิ่มอีก 1 ที่บริเวณช่องว่างของชั้น 2
(ในวงกลมสีแดง)
(กำหนดให้ จุดสีต่าง ๆ หมายถึงเด็กปฐมวัย ที่อยู่ในห้องเรียน)

กรณีที่ 4 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 3 และเพิ่มประตูทางออกบริเวณข้างบันไดหลัก เพื่อลดความแออัดบริเวณบันไดชั้น 1 และประตูทางออกหลัก



รูปที่ 6 แสดงการเพิ่มประตูทางออกบริเวณข้างบันไดหลัก (ในวงกลมสีแดง)
(กำหนดให้ จุดสีต่าง ๆ หมายถึงเด็กปฐมวัย ที่อยู่ในห้องเรียน)

กรณีที่ 5 กำหนดให้ใช้กรณีที่4 และกำหนดให้สลับห้องเรียนระหว่าง อนุบาล 1/1 และอนุบาล 3/2 เพื่อให้เด็กเล็กที่เคลื่อนไหวช้าย้ายลงมาอยู่ชั้น1 เพื่ออพยพได้ไวขึ้น



รูปที่ 7 แสดงการสลับห้องเรียน ระหว่าง อนุบาล 1/1 และอนุบาล 3/2 (ในวงกลมสีแดง)
(กำหนดให้ จุดสีต่าง ๆ หมายถึงเด็กปฐมวัย ที่อยู่ในห้องเรียน)

โดยกรณีที่ 1-4 กำหนดเงื่อนไขคือ

1. ให้นักเรียนห้องเตาะแตะ 1, เตาะแตะ 2/1 และเตาะแตะ 2/2 อพยพออกทางประตูหลักที่กำหนดไว้

2. ให้นักเรียนห้องเตาะแตะ 2/3 และ อนุบาล 3/2 อพยพออกทางประตูข้างห้องเก็บเสื้อผ้าอนุบาล 3/2

3. ให้นักเรียนห้องอนุบาล 1/1, 1/2, 1/3 และ อนุบาล 2/3 และครูในห้องพักครูชั้น 2 อพยพลงบันไดหนีไฟ ที่เพิ่มขึ้นอีก 1 จุด

4. ให้นักเรียนห้องอนุบาล 2/1, 2/2 และ อนุบาล 3/1 ที่อพยพลงบันไดหนีไฟหลัก ให้ออกประตูทางออกที่เพิ่มขึ้นมาจากกรณีที่ 4

โดยกรณีที่ 5 กำหนดเงื่อนไขคือ

1. ในกรณีที่ 5 ให้นักเรียนชั้นอนุบาล 3/2 ที่ย้ายขึ้นข้างบนลงบันไดหนีไฟและออกประตูที่เพิ่มขึ้นใหม่ และนักเรียนชั้นอนุบาล 1/1 ออกประตูข้างห้องเก็บเสื้อผ้าอนุบาล 3/2

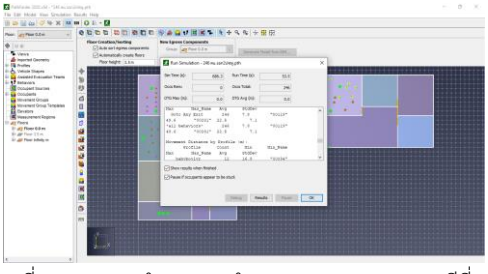
4. ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองด้วยการจำลองสภาพเหมือนจริงของอาคารศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย สถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัว มหาวิทยาลัยมหิดล มีจำนวนผู้ใช้อาคารจำนวน 246 คน แบ่งเป็นชั้น 1 จำนวน 110 คน เพศชายจำนวน 53 คน เพศหญิงจำนวน 57 คน และชั้น 2 จำนวน 122 คน เพศชายจำนวน 67 คน เพศหญิงจำนวน 55 คนโดยใช้โปรแกรม Pathfinder สร้างเป็นแบบจำลองห้องต่าง ๆ ตามสัดส่วนจริง และกำหนดจำนวนคนในห้องต่าง ๆ จากนั้นกำหนดให้ผู้ใช้อาคารอพยพไปยังจุดรวมพล

การศึกษา พบว่า การจำลองการอพยพหนีไฟโดยใช้โปรแกรม Pathfinder เด็กคนสุดท้ายของชั้น 2 อพยพหนีไฟออกจากอาคารใช้เวลา 12.28 นาที ซึ่งเป็นเป็นการอพยพที่ถือว่าใช้เวลามากที่สุดในการอพยพเด็กเพื่อไปยังจุดรวมพล และยังใช้เวลาเกิน ที่กฎหมายกำหนด คือใช้เวลาในการอพยพเกิน 5 นาที และจากการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟที่จัดขึ้นในวันที่ 9 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563 ช่วงเวลา 10.30 -11.30 น. ซึ่งการฝึกซ้อมในครั้งนี้ได้ทำการฝึกซ้อมตามแผนฉุกเฉินกรณีการเกิด เพลิงไหม้ของอาคารศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย สถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัว มหาวิทยาลัยมหิดล โดยมีเด็กและครูเข้าร่วมฝึกซ้อมจำนวน 246 คน พบว่าชั้น 1 สามารถอพยพเด็กได้ทันในช่วงเวลาที่กำหนด แต่จะมีความล่าช้า เนื่องจากเป็นเด็กเล็กช่วงอายุ 6 เดือน 1 ปี ทำให้การเคลื่อนไหวล่าช้า และรวมถึงความแออัดจากประตูหนีไฟที่สามารถเดินออกได้เพียงทีละ 1 คน ส่วนเด็กชั้น 2 ที่รอการอพยพก็ลงมาแออัดอยู่บริเวณเส้นทางหนีไฟจากบันไดไปสู่ประตูหนีไฟ ซึ่งต้องรอในการเดินอพยพออกจากประตูเดียวกันกับเด็กชั้น 1 จึงทำให้พบปัญหาการอพยพมีการแออัดตรงบริเวณด้านหน้าประตู และบันไดหนีไฟ ทำให้ใชเวลานานในการอพยพไปยังจุดรวมพล เด็กคนสุดท้ายอพยพไปถึง จุดรวมพล ใช้เวลานานถึง 11.28 นาที

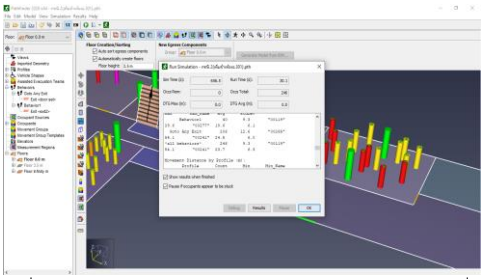
เมื่อพิจารณาปัญหาจากการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟ และจากการใช้โปรแกรม Pathfinder ใน การจำลองการอพยพหนีไฟเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร พบประเด็นปัญหาที่ตรงกันคือ บันได และประตูหนีไฟ มีความหนาแน่นของผู้อพยพทำให้ขีดความสามารถในการอพยพไปยังจุดรวมพลล่าช้า ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองการอพยพ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการกำหนดเส้นทางหนีไฟและเพิ่มประตูในการอพยพหนีไฟ โดยการศึกษา 5 กรณี คือ

กรณีที่ 1 กำหนดให้ประตูหลักที่ใช้อพยพหนีไฟ เปิดเพิ่มอีก 1 บานประตู เพื่อเพิ่มความกว้างในการอพยพหนีไฟ สามารถอพยพผู้ใช้อาคารได้ในเวลา 11.43 นาที ยังไม่เพียงพอต่อการอพยพหนีไฟ



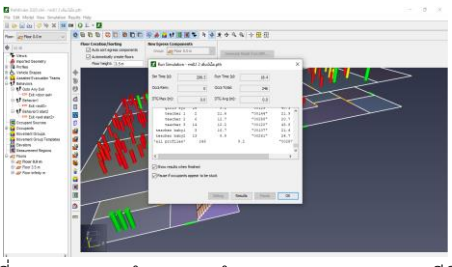
รูปที่ 8 แสดงการจำลองการคำนวณเวลาการอพยพกรณีที่ 1

กรณีที่ 2 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 1 และเพิ่มประตูข้างห้องเก็บเสื้อผ้าอนุบาล 3/2 ที่อยู่ใกล้จุดรวมพลมากที่สุด เป็นอีกหนึ่งช่องทางในการอพยพหนีไฟ สามารถอพยพผู้ใช้อาคารได้ในเวลา 11.34 นาที ยังไม่เพียงพอต่อการอพยพหนีไฟ



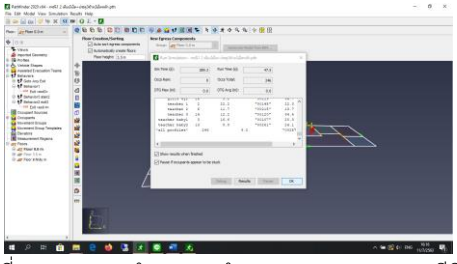
รูปที่ 9 แสดงการจำลองการคำนวณเวลาการอพยพกรณีที่ 2

กรณีที่ 3 กำหนดให้ใช้กรณีที่ 2 และเพิ่มบันไดหนีไฟเพิ่มอีก 1 ที่บริเวณช่องว่างของชั้น 2 เพื่ออพยพเด็กอนุบาลห้องที่ใกล้สุด 4 ห้อง และครูในห้องพักครูชั้น 2 ลงบันไดหนีไฟนั้น เพื่อเป็นการกระจายคนชั้น 2 ในขณะอพยพหนีไฟ สามารถอพยพผู้ใช้อาคารได้ในเวลา 5.37 นาที ยังไม่เพียงพอต่อการอพยพหนีไฟ



รูปที่ 10 แสดงการจำลองการคำนวณเวลาการอพยพกรณีที่ 3

กรณีที่ 4 ให้ใช้กรณีที่ 3 และเพิ่มประตูทางออกบริเวณข้างบันไดหลัก เพื่อลดความแออัดบริเวณบันไดชั้น1 และประตูทางออกหลัก สามารถอพยพได้ในเวลา 5.21 นาที ยังไม่เพียงพอต่อการอพยพหนีไฟ



รูปที่ 11 แสดงการจำลองการคำนวณเวลาการอพยพกรณีที่ 4

กรณีที่ 5 ให้ใช้กรณีที่4 และกำหนดให้สลับห้องเรียนระหว่าง อนุบาล 1/1 และอนุบาล 3/2 สามารถอพยพได้ในเวลา 4.40 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ดีที่สุดในการจำลองครั้งนี้



รูปที่ 12 แสดงการจำลองการคำนวณเวลาการอพยพกรณีที่ 5

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองโดยใช้โปรแกรมในการจำลองการอพยพหนีไฟ สามารถนำผลการจำลองมาใช้พิจารณาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา ความแออัดบริเวณบันไดและประตูหนีไฟ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับเด็กปฐมวัยที่อยู่ในอาคารโดยที่เสนอแนะให้กำหนดให้เปิดประตูหลักเพิ่มอีก 1 บาน เพิ่มประตูทางออกข้างห้องอนุบาล 3/2 โดยให้เด็กนักเรียนห้องอนุบาล 3/2 และห้องเตาะแตะ 2/3 ที่อยู่ใกล้จุดรวมพลมากที่สุดอพยพหนีไฟ เพื่อเป็นการลดความแออัดบริเวณประตูหนีไฟ โดยที่เด็กห้องที่อยู่ไกลกว่าสามารถใช้ประตูหนีไฟหลัก กำหนดให้เพิ่มประตูหนีไฟข้างบันไดหลักเพื่อกระจายให้คนจากชั้น 2 ที่ลงบันไดมาสามารถออกประตูที่ใกล้ที่สุดได้ และกำหนดให้ช่องว่างของชั้น 2 มีบันไดหนีไฟเพิ่มอีก 1 ที่ เพื่ออพยพเด็กอนุบาลห้องที่ใกล้สุด 4 ห้อง และครูในห้องพักครูชั้น 2 ลงบันไดหนีไฟนั้น เพื่อเป็นการกระจายคนในขณะอพยพหนีไฟ ไปได้ถึง 80 คน และสลับห้องเรียนระหว่าง อนุบาล 1/1 และอนุบาล 3/2 เพื่อให้เด็กเล็กที่เคลื่อนไหวช้าย้ายลงมาอยู่ชั้น1 เพื่ออพยพได้ไวขึ้น

ทำให้เด็กสามารถอพยพหนีไฟได้ทันเวลา ตามที่กฎหมายกำหนดให้ไม่เกิน 5 นาที

ในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการใช้โปรแกรมจำลองการอพยพหนีไฟ โดยไม่ระบุตำแหน่งของเหตุเพลิงไหม้ หากนำงานวิจัยไปพัฒนาขั้นต่อไปเสนอแนะให้ใช้โปรแกรมจำลองเหตุเพลิงไหม้ควบคู่กัน เพื่อให้เห็นภาพการจำลองชัดเจนยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ชวเลข วณิชเวทิน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และอาจารย์ชาญณรงค์ ไวยพจน์ อาจารย์พิเศษโครงการปริญญาโทสาขาวิศวกรรมความปลอดภัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รวมถึงผู้อำนวยการและอาจารย์ประจำศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย สถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัว มหาวิทยาลัยมหิดล ที่สนับสนุนและให้ข้อมูล ตลอดจนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] นรินทร์ บุญประเสริฐ. การเปรียบเทียบเวลาอพยพในอาคารสูงระหว่างวิธีคือ SFPE และ Steering ด้วยโปรแกรม Pathfinder น. 430-435. ในรายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, ชลบุรี.

[2] สุรพงษ์ สุประดิษฐ์อาภรณ์. 2556. การจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารวิศวกรรมเครื่องกลด้วยโปรแกรม Pyrosim และ Pathfinder วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[3] ศรีกาญจนา จตุพัฒน์วโรดม.2556. ขนาดตัวมาตรฐานเด็กไทย. สาขาวิชาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี

[4] Nugroho YS, Santoso MA, Sakti H, Leonita F. 2014. Effects of exit discharge congestion on the effective evacuation time in a typical underground metro station design. Proceedings at the Fire and Evacuation Modeling Technical Conference. Maryland, USA.

[5] กระทรวงมหาดไทย. กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการ ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย, 2555.

ID084

Fuzzy Supervisory Control and Implementation of a Flexible-Joint SCARA Robot

Yutthasak Promtaeng and Kittipong Yaovaja*
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus, Thailand.
E-mail*: Kittipong@eng.src.ku.ac.th

Abstract

Non-linearity and flexibility of a joint of SCARA robot are more problematic in controller and challenging. In this research, the prototype flexible-joint robot was designed and tested. Dynamic model of the prototype was described by energy method; Lagrange equation was used to find the equation of motion. The experiment with a Fuzzy controller was implemented with the prototype SCARA robot to find the tracking performance. The controller was comparing with the alternative PID controller. Fuzzy logic controller was significant reducing the residual vibration of links.

Keywords: Fuzzy Logic, Tracking Control, Flexible-Joint, Residual Vibration

1. Introduction

Joint flexibility can be found in most robots and machines due to backlash in gears, transmission belts, and frictions. There are some benefits from the joint flexibility such as force reduction of the joints during transient operations. It gives less fatigue of the moving parts. Drawbacks of the joint flexibility are oscillations from the joint resonant frequencies and time-delay that limits the control performance.

The complex dynamics of the flexible system comes from non-linearity, interaction between links and flexibility of the joints [1]. There is a control challenge to overcome those complexities.

There is some conventional control technique such as input shaping technique which was originated by [2]. The technique suppress residual vibration occurring at the end of the movement. The techniques using the principle of destructive interference of the impulse responses.

The input shaping technique proved to minimizing residual vibration of a linear system by using appropriately shaped forcing functions [3].
[4] compared PD control and the control method. The experimental results confirmed the control can neglect joint flexibility. The system could track the desired trajectory stably.

In order to reduce residual vibration at the end-effector. [5] introduced two shaped command profiles, based on ramped sinusoidal basis function and a basis function. The segmented versine basis function was proved to be the most effective compare to the unshaped bang-bang command profile.

To improve manual control of flexible system, [6] proposed the Smith predictor inside the loop to remove the effect of time-delay from the loop. The technique can handle the overshoot due to the time-delay.

In [7], the quantitative feedback controller was used as the inner-loop feedback controller to match the uncertain flexible plant to an exact reference model. The input shaper is placed before the inner-loop system and is designed from the exact reference model. A proportional-integral controller is used in the outer-loop system for reference signal tracking.

Intelligence systems; such as artificial neural network (ANNs) accumulates data in numerical

weight values between neurons. It does not provide understandable knowledge Fuzzy logic is a very powerful methodology of how to present information and knowledge by rules that have high generalization and summarization ability. A Fuzzy set is described by its membership function. Fuzzy logic can be blended with the traditional (classical) control modelling and machine learning techniques. [8]

Fuzzy controllers were proved to be intelligent controllers for many applications; such as a Stewart platform, and a flexible-joint manipulator. In [9], Fuzzy supervisor of PID controller for ball balancing on a Stewart platform (ball and plate system) was implemented. Small-size Stewart platform was built and used for demonstrating the application of the controller. [10] designed robust stable Fuzzy control by using Fuzzy modeling and feedback linearization to control a uncertain single-link flexible-joint manipulator.

In this research, Fuzzy controller was fully implemented with a flexible-joint SCARA robot. The trajectory position results were improved in better tracking performance and less residual vibration comparing with a conventional PID controller.

Section 2 demonstrates a Fuzzy Logic control for a flexible-joint SCARA robot. Memberships function of multiple input and membership function of single output of flexible-joint robot. The flexible-joint SCARA robot is described in section 3. Dynamic model of the develop robot also is describes in the section 4. In section 5, develop controller with Fuzzy control is developed and implement instead of conventional PID loops. Rules of Fuzzy controllers of the flexible-joints were set up and show Fuzzy controller contour surface. Section 6 describes results compared between a conventional PID and the Fuzzy controller. The Section 7 is conclusions section.

2. Fuzzy Logic Controller

Fuzzy sets theory and Fuzzy logic were introduced in 1965 by Lotfi A. Zadeh but in a similar way as neural and evolutionary computation the theory of Fuzzy sets, Fuzzy logic, and Fuzzy models and systems become popular only in the 1980s after the works of E. Mamdani from Imperial College, London on Fuzzy controllers and T. Takagi and M. Sugeno from Japan on Fuzzy modelling.

Fuzzy Systems, Fuzzy Rules

Based on Fuzzy sets and Fuzzy variables one can formulate Fuzzy rules that are linguistic statements of the following type:

Rule i: IF (antecedent)

THEN (consequent) i= [1, R]

where *R* is the number of Fuzzy rules; antecedent and are different for different types of Fuzzy rules (can be linguistic or functional/mathematical expressions). There are several types of Fuzzy rules. Their mechanism of producing the overall output as a Fuzzy blend of local outputs that is called defuzzification.

In this research, a Mamdani and Sugeno MISO Fuzzy systems (multiple input single output) were implemented as Fuzzy controllers of a flexible-joint SCARA robot.

3. Flexible-Joint SCARA Robot

The flexible-joint SCARA robot was used to perform the controller tests shown in Figure 1 and Figure 2.The robot has a pneumatic gripper installed as the end-effector of the robot. The robot has two 12VDC geared motors and four encoders. The motors are Maxon DC motors. The “Encoder1” and “Encoder2” are HEDS 5540, 500 CPT. “Encoder3” and “Encoder4” are 600 CPR.

The “Motor1” is attached with “Encoder1” and mounted with the stationary base. The “Motor1” is coupled with the “Flexible-Joint1” by a flexible coupling and a bearing housing. The “Flexible-Joint1”, there are two springs engaged between motor axis and output axis. The spring

constant of "flexible-Joint1" (k5) is 1,226.25 N/m. The "Encoder3" measures the angular different between the "Flexible-Joint1" and "Link-1" which is the extension and compression of the both springs. The output axis connects to "Link-1" of the robot with a flexible coupling and bearing housing. To move the robot's link, the motor generates power through the flexible-joint and transfer to the link.

The "Link-2" of the robot was controlled by "Motor 2" The "Motor2" is mounted in opposite direction of the end-effector in order to counterbalance the payload. Similar to the first joint, the "Motor2" is attached with "Encoder2" and "Flexible-Joint2". The motor axis connects to the pulley which transmits energy through timing belt to control the "Link-2" and payload. The spring constant of "Flexible-Joint2" (k6) is 387.24 N/m.

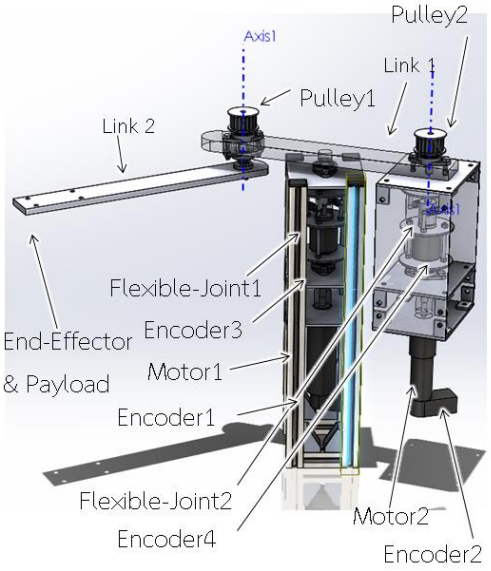


Figure 1 3D model of the Flexible-joint Robot

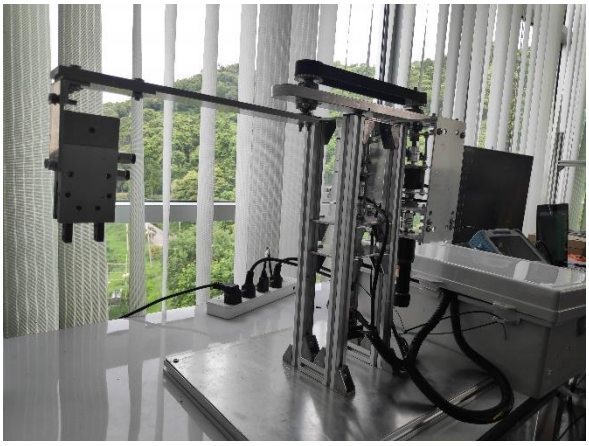


Figure 2 Flexible-joint SCARA robot

Two DC motor drives are H-Bridge/Power Mosfet 80- 160A. The real-time controller NI myRIO-1900 was implemented. The controller sends two PWM commands and four digital commands to control the link's positions of the robot. The A-B-Z-signals of fours encoders were sent to the controller to indicate positions.

4. Dynamic Model of SCARA robot model

Consider the flexible-joint robot as shown in the Figure 3.

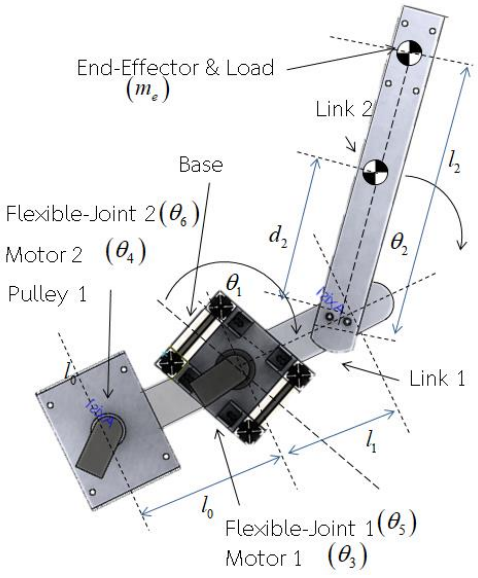


Figure 3 Schematic diagram of the Flexible-joint Robot

θ_1 : Absolute Angular of "Link-1"

θ_2 : Angular between "Link-2" and "θ_1

θ_3 : Absolute Angular of "Motor1"

θ_4 : Angular between "Motor2" and θ_1

θ_5 : Absolute Angular of "Flexible-joint1"

θ_6 : Angular between 'Flexible-joint 2" and θ_1

$$T = [T_1, T_2]^T$$

T_1 : Torque of 'Motor1"

T_2: Torque of "Motor2"

l_1, l_2 are lengths of "Link 1" and "Link 2"

Distance between COG of "Link 1" and "Flexible-joint 1" assume to be zero. d_2 is the length between COG of "Link 2" and "Flexible-joint 2".

Mass (m_1 to m_6) and Moment of Inertia (J_1 to J_6) are properties of "Link-1", "Link-2", "Motor1", "Motor2", "Flexible-Joint 1", and "Flexible-Joint 2", respectively. m_p is mass of the pulley. c_1, c_2 are coefficient of friction in the bearing of the "Flexible-Joint 1" and "Flexible-Joint 2". c_3, c_4 are coefficient of friction in the bearing of the "Motor1" and "Motor2". c_5, c_6 are internal damping of the "Spring1" and "Spring2". k_5, k_6 are coefficient of the "Spring1" and "Spring2". r is gear ratio of motors. m_e and J_e is mass and Moment of inertia of end-effector and payload.

Total length of "Link-1" and "Link-2" is 300 mm. "Motor2" and "Encoder2" weight is 366.4g. "Encoder3" or "Encoder4" weight is 218.2g. Link-1 and Link-2 mass are 371.7g and 170.7g. Gripper weight is 418g.

The Lagrange equations are

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial K}{\partial \dot{\theta}_i}\right) - \frac{\partial K}{\partial \theta_i} + \frac{\partial P}{\partial \theta_i} + \frac{\partial D}{\partial \dot{\theta}_i} = Q_i \quad (1)$$

Let $q_1 = [\theta_1, \theta_2]^T, q_2 = [\theta_5, \theta_6]^T, T = [T_1, T_2]^T$

The Lagrange equations can be put in the form as in the work of [11], [12] and the equation of motion can be written as

$$T_1 = \left(J_3 + \frac{J_5}{r}\right)\ddot{\theta}_3 - \frac{c_5}{r\dot{\theta}_1} + \left(c_3 + \frac{c_5}{r^2}\right)\dot{\theta}_3 - \frac{k_5}{r\theta_1} + k_5/r^2\theta_3$$

$$T_2 = \left(J_4 + \frac{J_6}{r}\right)\ddot{\theta}_1 - \frac{c_6}{r\dot{\theta}_2} - \frac{k_6}{r\theta_2} + \frac{k_6}{r^2\theta_4} + \left(J_4 + \frac{J_6}{r^2}\right)\ddot{\theta}_4 + (c_4 + \frac{c_6}{r^2})\dot{\theta}_4 \quad (2)$$

5. Fuzzy Control Design

This section describes the flexible-joints robot's controller implemented by PID controllers and Fuzzy controllers as in Figure 4.

The PID Controller 1 was used to control the Link-1 of the robot and PID Controller 2 was used to control the Link-2 of the robot. The proper Gain of the both PID Controllers K_c, T_i and T_d were chosen as 0.0005, 0.01 and 0.0 respectively.

In this paper, the objective is improving the settle time and vibration reducing by MISO (Multi Inputs Single Output) Fuzzy controllers. The Fuzzy controllers 1 fed vibration sensing signal (θ_5) and the derivative to reduce the Link-1 vibration as well as the (θ_6) and the derivative were used by the Fuzzy controller 2 to reduce the Link-2.

Input-1 and Input-2 are "error" and "error in time" and output is "PWM" to control motors. Memberships function value are in between -1 to 1 and maximum degree of membership function is 1. Fuzzy controllers were implemented to Link-1, motor1 and Link-2, motor2 in the same time.

Fuzzy rules by if "input-1 and input-2" then "output", defined by 25 rules, "N" is Negative values, "P" is as Positive values, and "Zero" or "Z" are 0. Number "1, 2, 3" after N or P define member ship functions as shown in Figure 5, 6, and 7.

The Fuzzy rules can be found by Table 1, such as If "input-1 error" is "N2" and "input-2 error in time" is "N2" then "Output" is "N3". Control surface is shown in Figure 8.

The controller gains are the following:

g_{11} = 0.001, g_{12} = 0.005, h_1 = -0.7, g_{21} = 0.001, g_{22} = 0.005, h_2 = -0.7.

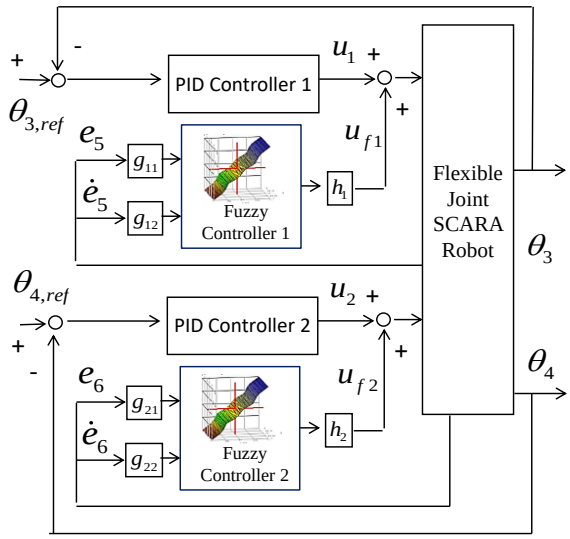


Figure 4 Fuzzy controller for the flexible-joint robot.

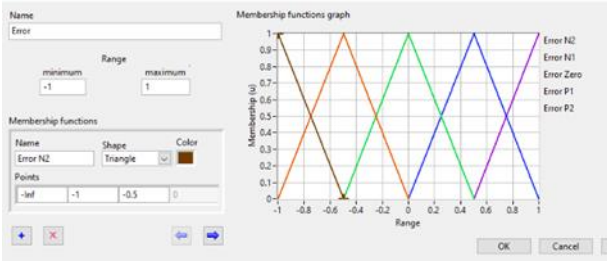


Figure 5 Error as input-1 with 5 membership functions.

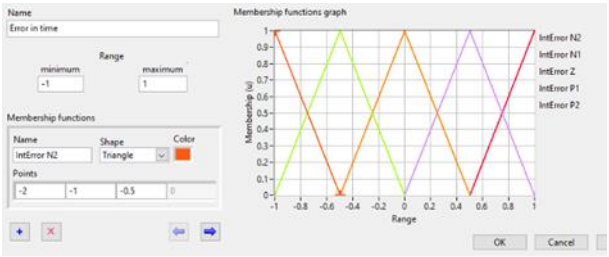


Figure 6 Error in time in as input-2 with 5 membership functions.

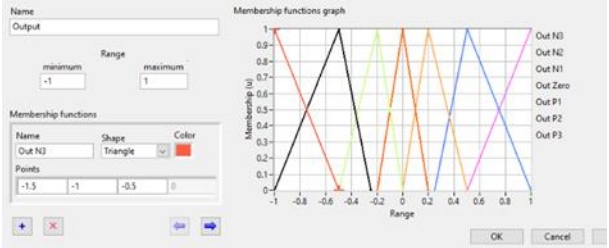


Figure 7 Output is PWM value to control motor with 7 membership functions.

Table 1 Fuzzy rules of Fuzzy Controller 1 and 2

"Fuzzy Output"		"Error"				
		N2	N1	Z	P1	P2
"Error in Time"	N2	N3	N3	N2	N1	Zero
	N1	N3	N2	N1	Zero	P1
	Z	N2	N1	Zero	P1	P2
	P1	N1	Zero	P1	P2	P3
	P2	Zero	P1	P2	P3	P3

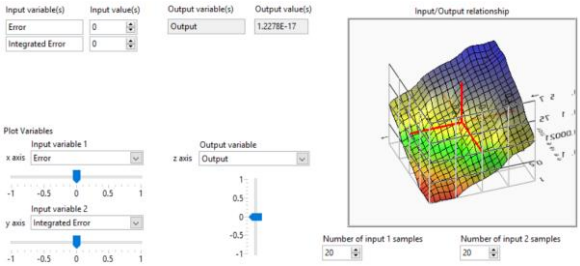


Figure 8 show example rule with output is zero value.

6. Experimental Results

In a practical case, the serial robot arm moves from point "A" to point "B" and the both links must simultaneously be operated in the same direction. The square wave signals were position trajectories of the robot at amplitude of 20000, frequencies 0.02 HZ. "Motor1" and "Motor2" were operated to following square signal and then links were moving according to the square signal.

Without Fuzzy controller, PID controllers were experimented to the flexible joint robot, position (Y-axis with amplitude unit) and time (X-axis with second unit) were recorded as shown in Figure 9 and Figure 10. The motor position unit is "0.0036" degree. The vibration of the Link-1 and Link-2 were measured by "Encoder3" and "Encoder4" respectively in Figure 11. The encoder position unit is "0.6" degree.

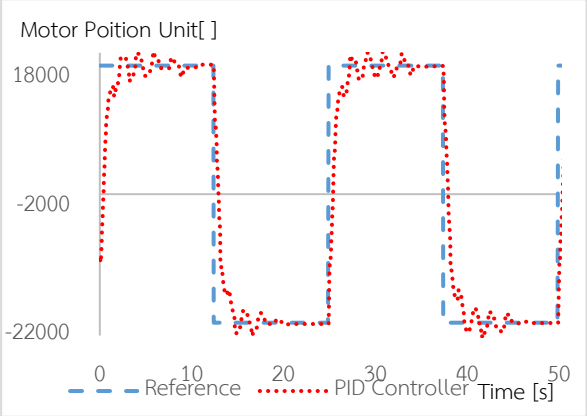


Figure 9 Link-1 position tracking by the PID Controller

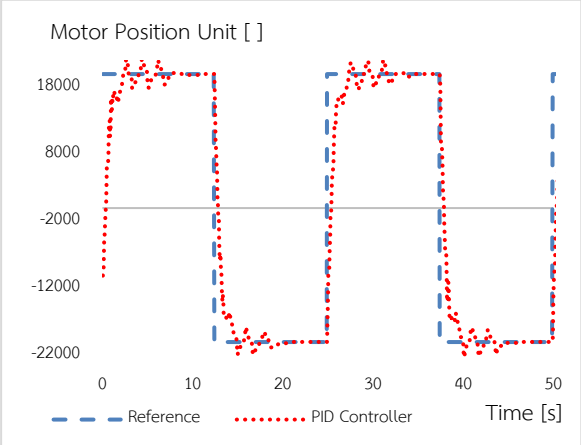


Figure 10 Link-2 position tracking by the PID Controller

Fuzzy controllers were implemented to the flexible-joint robot with the same condition with the PID controllers. Results in settle time of the Fuzzy controllers were improved by 4 seconds of Link-1 comparing with the PID controller shown in Figure 12, 13. The amplitude of vibration of the Link-1 with Fuzzy controller was reduced by 15% comparing with the PID controller.

At Link-2, the Fuzzy controller reduced the settle time by 3 seconds comparing with the PID controller as shown in Figure 14.

The vibration at Link-2 are reduced by 18% comparing with the PID controller as shown in Figure 15.

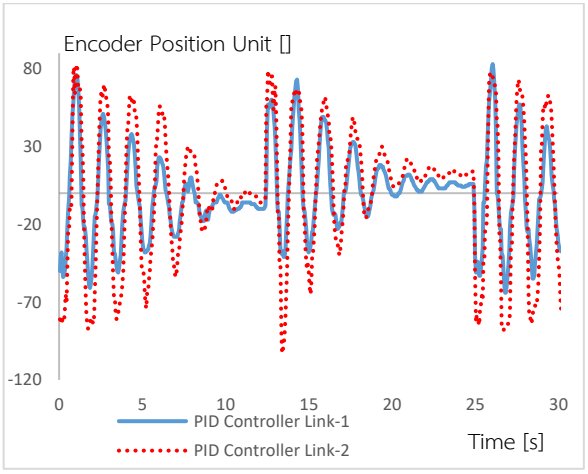


Figure 11 Vibration of the Link-1 and Link-2 during the position tracking test.

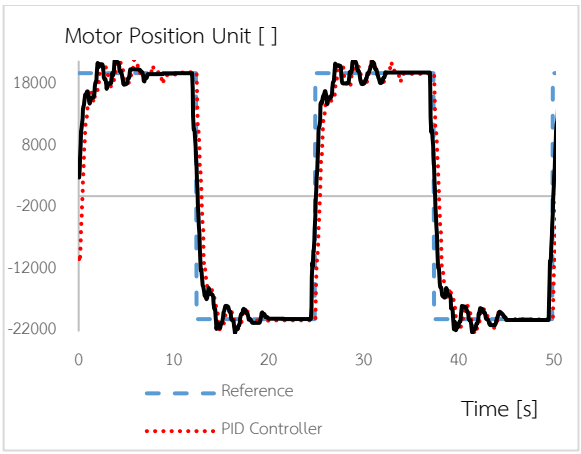


Figure 12 Link-1 position tracking by the PID Controller and the Fuzzy controller

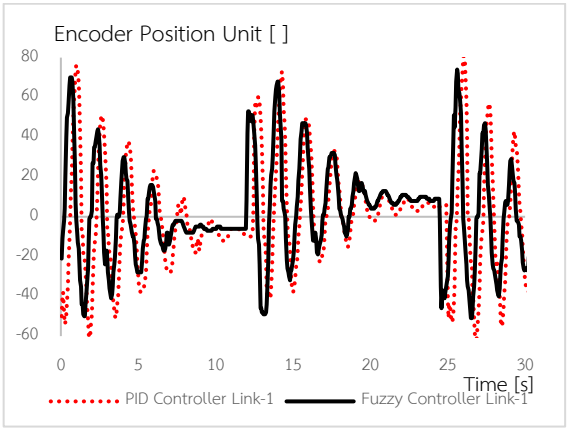


Figure 13 Vibration of the Link-1 by the PID controller and the Fuzzy controller

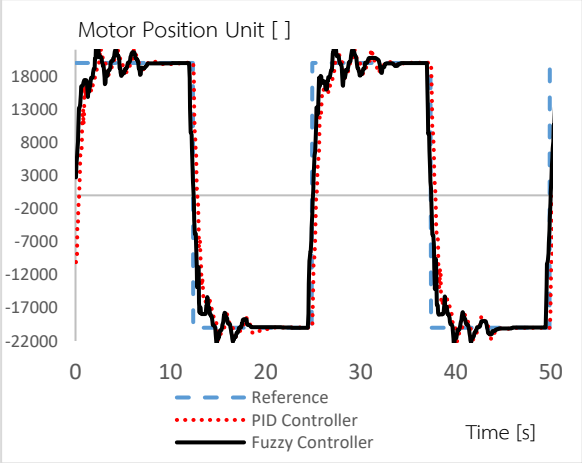


Figure 14 Link-2 position tracking by the PID Controller and the Fuzzy controller

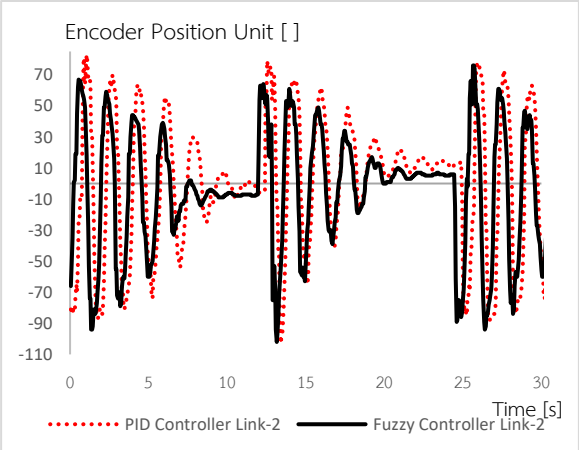


Figure 15 Vibration of the Link-2 by the PID controller and the Fuzzy controller

7. Conclusions

The flexible-joint robot was used to test the Fuzzy controller. Fuzzy controller fundamental and dynamic model are described. Fuzzy controllers by using vibration signals to reduce settle time and reduce vibration of the Link-1 and Link-2 comparing with the PID controllers.

Because of the complexity of its model, the resonant frequencies of the flexible-joint robot vary with the configuration of the manipulator. The adaptive or learning control should be the future works.

Acknowledgement

This work was performed at Robotics and Advanced Autonomous Systems Research Group, Faculty of Engineering at Sriracha of Kasetsart University, Sriracha Campus, Thailand. Research outcome under this project has been financially supported by the Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI), Thailand.

Reference

[1] Sweet, L. M. and Good, M. C. (1984), Re-definition of the robot motion control problem: effects of plant dynamics drive system constraints, and user requirements, Proc. of 23rd IEEE Conf. on Decision and Control, Las Vegas, NV, pp. 724–731.

[2] Smith, O. J. M. (1957), Posicast control of damped oscillatory systems, Proc. of the IRE, vol. 45, no. 9, pp. 1249– 1255.

[3] Meckl, P. H. (1984), Minimizing Residual Vibration o f a Linear System Using Appropriately Shaped Forcing Functions, S.M. Thesis, Dept. Mech. Eng., Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.

[4] Tian Lin (1998), Adaptive and Robust Control of Flexible Joint Robots with Joint Torque Feedback, Department of Electrical and Computer Engineering University of Toronto, Canada.

[5] Chatlatanagulchai, W., Beazel, V. M. and Meckl, P. H. (2006), Command Shaping Applied to a Flexible Robot with Configuration-Dependent Resonance. Proc. of the 2006 American Control Conf. Minneapolis, Minnesota, USA, June 14–16.

[6] Yaovaja, K., W. Chatlatanagulchai and P. Yaemprasuan. 2017. Anti-Delay Closed-Loop Input Shaper to Improve Manual Control of Flexible System, In Proceedings of 2017 American Control Conference. 24-26 May 2017. Seattle, USA.

[7] Chatlatanagulchai, K. Yaovaja and P. Poedaeng. 2017. Closed-Loop Signal Shaping with Inner-Loop Model Matching, In Proceedings of International Mechanical Engineering Congress & Exposition 2017. 3-9 November 2017. Florida, USA.

[8] Yaovaja, K. (2018), Ball Balancing on a Stewart Platform using Fuzzy Supervisory PID Visual Servo Control, In Proceedings of 5th International Conference on Advanced Informatics: Concept Theory and Applications (ICAICTA). 14- 17 August. Krabi, Thailand.

[9] Plamen Angelov (2013), Autonomous Learning Systems From Data Streams to Knowledge in Real-time, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. pp.61-62.

[10] Park, C. W. (2004), Robust Stable Fuzzy Control via Fuzzy Modeling and Feedback Linearization with its Applications to Controlling Uncertain Single-Link Flexible Joint Manipulators, Journal of Intelligent and Robotic Systems, Vol. 39, pp. 131– 147.

[11] Spong, M. W. (1987), Modeling and Control of Elastic Joint Robots," Transactions of the ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Vol. 109, No. 4, pp. 310–319.

[12] Yaovaja, K. (2019), Prototyping and Control of a 2-DOF Serial Flexible-joint Robot by using Fuzzy Control System, In Proeedings of The 33rd Conference of The Mechanical Engineering Network of Thailand. 2 - 5 July 2019, Udon Thani, Thailand.

ID086

The development of telerounding robot

Siwakorn Sukprasertchai[1] , Sarinya Sanitwong na Ayutthaya[2], Salisa Wangtong[2] and Phansak Iamraksa[2]*
[1]Department of Marine Engineering, Faculty of International Maritime Studies, Kasetsart University
[2]Department of Nautical Science and Maritime Logistic, Faculty of International Maritime Studies, Kasetsart University, Kasetsart University
*E-mail: srcpsi@ku.ac.th

Abstract

The telerounding robot was designed and built as prototype for COVID-19 ward in the Hospital for Tropical Disease Bangkok. The sturdy structure is made of aluminum, and the four omnidirectional wheels, mecanum wheel, provide robot mobility. Video camera is installed serving as navigation display which broadcasts back to the user mobile phone via WIFI connection. The interaction between doctor and patient is performed by external tablet computer attached on the supporting plate of the robot head. The robot application is developed by V8 javascript engine on Debian-9 operating system. It was tested in the hospital by doctor, nurse and medical staff to assess the robot performance and its compatibility to the working environment. The trial objective were evaluating user experience, robot maneuverability and finding some further adjustment needed.

Keywords: Telerounding, Telemedicine, Remote control, Robot

1. Introduction

The COVID-19 pandemic has taken big impact to the health care system all over the world. Until the day of this publication is written, around 16 million infected cases has been confirmed, and almost 660000 deaths has been reported. The easy spreading ability of the disease increases the contagious rate similar to nothing that has happened before. Direct or indirect contact to the patients or infected persons can transfer the virus to unaware people although they are distant apart.

To protect medical staff from infection, the tele-medical service or telehealth care becomes crucial way to support these workforces to overcome the serious situation. The remote presence concept between doctors and patients has been utilized for many years. In the past, consulting to the patients via telephone was the first evidence of the telemedicine. Since the technology has been advanced in very fast pace, the tele-medical robot has been manufactured and fully commercialized in some countries such as United State. These machines have various capability range from remote control, high definition camera, two-way interaction system and etc.. However, developing of such machine is still ongoing because each hospital in different places require dissimilar objective. The studies of telemedicine or telerounding system carried out from elsewhere suggest that the health services are obviously improved when the telemedicine system is included [1-4]. It gives doctors and medical staff more options to interact with more patients than before [3, 5].

The telemedicine robots that have been designed and developed over the years can divide their role into two types: monitoring role or called Roboscope and operational role or called Roboop [6]. The Roboscope role focuses on remote communication and interaction between medical staff and patient including patient's relatives. In general, the main components of this robot consists of video screen, onboard camera, onboard speaker, onboard microphone, telecommunication module

[3, 6]. The robot can be designed as mobile system or station at the patient bedside [7]. The good examples of such robot are OTOROB [6], RP-7 [6], RP6 [5] and so on. The Roboop role is more complicate, and it has to intervene the normal routine practice of medical staff, depending on each ward specialty. Auxiliary instrument such as arms, surgery tools and etc. is included. Medical staff may have to take training courses prior to use the system.

In this report, the designed robot is non-intervention to the normal medical practice, and it supports telerounding which implies that the doctor who provides consulting are in the same hospital as patients do, but he/she may work in other place remotely from the patient bedside [1, 2].

2. Experiment setup

The robot was designed base on key objective: (1) It could maneuver in different spaces and access point particular narrow rows and small rooms. (2) Its operation should not interfere to the medical practices of staff. (3) The robot should continuously operate at least 2-3 hours per charging. (4) The control interface should be simple and intuitive enough for medical staff to familiarize in short time. There were some other requirement such as quick charger system and drawer for carrying out medicine to patience, but it was minor issues for the situation. To achieve these conditions, the designed system is shown in figure 1.

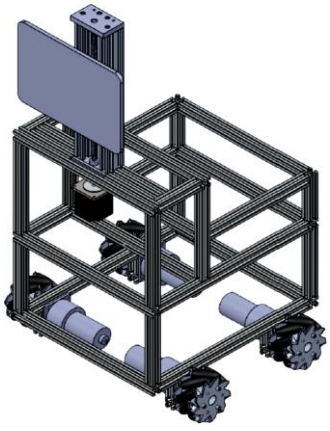


Figure 1 The designed robot

The structure of the robot is made of aluminum profiles providing solid strength and rapid prototyping, and there are grooves on them allowing other instrument to attach on it. The drive system consists of four mecanum wheels with dc motor supplying power to each of them. These omnidirectional wheels contribute the better maneuverability tremendously because they can change direction in very tight spot with independent motor control in each wheel. The flat aluminum plate, shown in the figure 1, develop with V8 javascript engine which is support cross- platform control via web technology, whereas the tablet can be attaches on robot that allowing communication between doctor and patient via video chat such as face time or zoom meeting. The power electronic system is designed as shown in the figure 2. The system consists of lithium ion charger, 48V 200wh lithium ion battery, four H-bridge circuits, four DC motors and robot processing circuit.

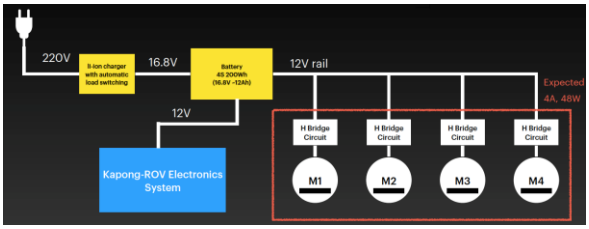


Figure 2 the power electronic system of designed robot

In the figure 2, the onboard charger with automatic load switching capability connecting to the main (220V) transforms the main electrical power to 16.8V direct current system supplying to the battery. The output of battery which is 12V delivers power to four motors as shown in the red rectangular in the figure, and also the control electronic system representing as the blue box (Kapong-ROV Electronics System). The H-bridge circuit is driven by 25kHz pulse width modulation (PWM) signal for controlling the speed and rotating direction of the motor. This operating frequency is higher than the frequency of the human ears, 20-20000Hz, so this reduced the humming noise from

motors avoiding patient irritation. The estimated total power usage of the designed system is around 50W, mainly consumed by motors; therefore, the 2-3 hours operation time can be achieved.

The interface system called Kapong-ROV electronics system consists of 2 microcontrollers and single board computer working together as shown in figure 3. The Beagle Bone Black is high-level control running a tiny server which processed and stream the H.264 video fragment from 1080p USB camera injected to Media Source Extension on HTML5 via websocket protocol this allowing the extremely low-latency streaming. The Arduino micro serves the robot system as power monitoring department by performing automatic shutdown when the system is in low power or high circuit temperature situation. The Arduino Due manages the low-level control including the motors (up to 5 motors), auxiliary I^2C port and analog port.

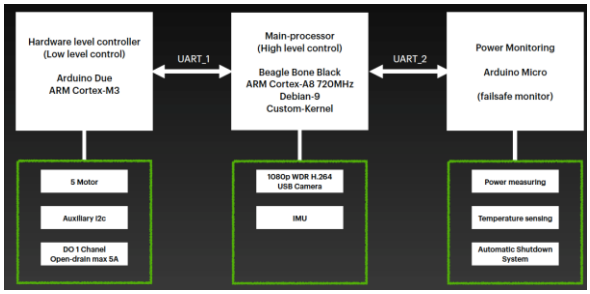


Figure 3 the interfacing system diagram

To remotely control the robot, Nodejs Webserver was used as the tiny server. This results flexibility for users because it needs no additional software installation; moreover, various electronic platforms can access to robot by web browser that support HTML5, mobile phone, personal computer, tablet and etc. the diagram of software stack is shown in the figure 4. The webserver was running on Debian-9 OS which also installed into the Beagle Bone Black processor.

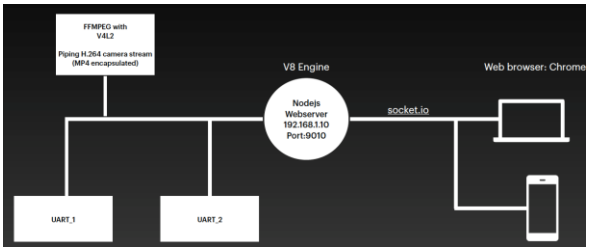


Figure 4 the robot operating system diagram

The designed robot was tested at the Hospital for Tropical Disease Bangkok by nurse, doctor and medical staff. The testing objectives were divided into 3 categories: (1) How users experienced the application when they operated the robot. (2) How the robot performed in the real environment. (3) What the necessary improvements or modifications were required to complete the robot object. Before the test was started, the participants received brief information about the robot configuration, capability, application installation and control; then, they were asked to install the application into their mobile phone or computer by themselves. The robot was driven around the meeting room of the hospital by each participant for 5 minutes. After each participant finished their turn, the robot was driven to the ward area, while the participant sit in the meeting room. The participant was asked to navigate the robot by looking only the streaming video into different areas such as patient bed side, office area or elevator. Each participant spent around 10 minutes to complete this task, and they provided feedbacks and suggestions to the develop team.

3 Result

The control screen of the robot is shown in the figure 5. Participants can access to this window after they successfully log into the robot application via web server, one user at the time. The screen includes streamed video obtained from onboard camera with extremely low-latency, and there are two transparent circle on the left and right representing surge-sway and yaw movement respectively. The robot can accelerate in each

direction by press the button further from the control center circle.



Figure 5 the control screen from mobile view of telerounding robot. The left circle navigates the robot in surge and sway direction representing by arrows, while the right circle navigate in yaw direction representing by the half circle arrows.

The actual telerounding robot is 0.304m wide, 0.48m length and 1.02m height as displayed in figure 6. To protect the electronic circuit inside, the robot structure is covered by aluminum plates. The tablet support is installed above the onboard camera as shown in the figure 1, while the WIFI transmitter/receiver is attached behind.

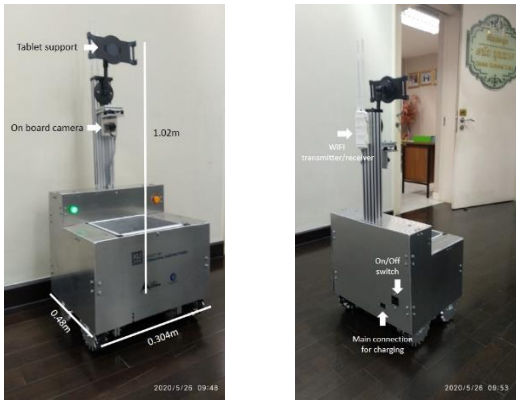


Figure 6 the actual telerounding robot ready for testing.

The meeting room on the sixth floor and the COVID-19 ward on the fourteenth floor of Ratchanakarin building were used as the testing area for the robot. The map of both area are shown in figure 7.

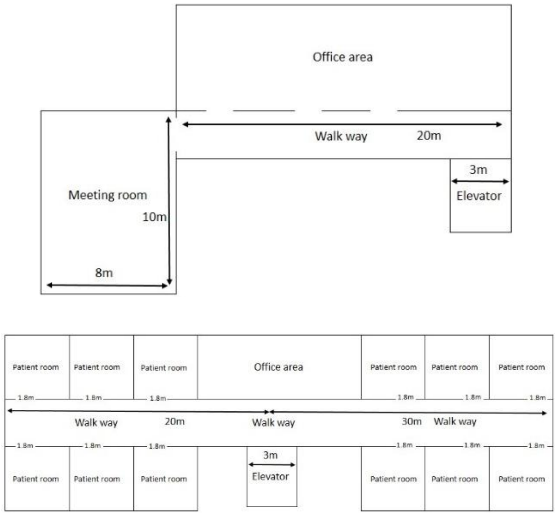


Figure 7 map of the testing area with dimensions: the above picture represents the sixth floor, and the bottom picture represents the fourteenth floor of Ratchanakarin building, Hospital for tropical deceases Bangkok.

The first trial was carried out in the meeting room where all participants were instructed to study how to log in to the robot via webserver, and each of them spent 5 minute trying to navigate the robot around the room by passing 8 points as shown in figure 8a. The next trial was trying to navigate the robot out of the room and cruising along the walk way as shown in figure 8b.

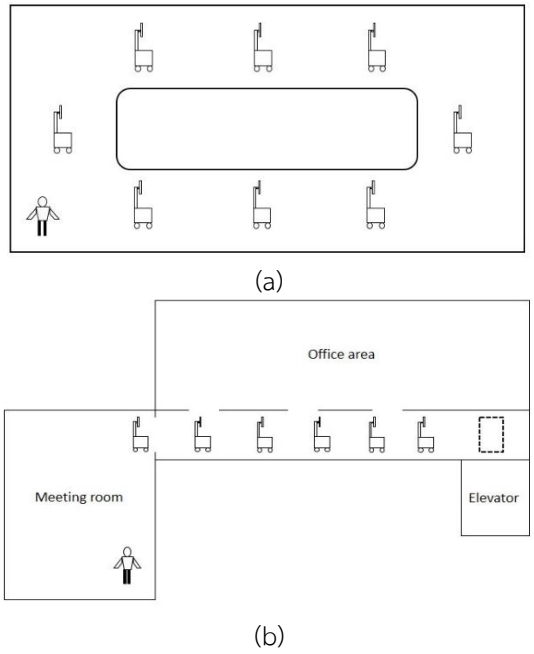


Figure 8 the robot trial runs in the meeting room and the walk way in the hospital. 8a the robot icon represents the position where participant have to navigate through. 8b displays the point where the robot can reach to, while the dashed rectangular represents the position where the connection starts to struggle.

From the figure 8, the meeting room trial indicated that all participants could navigate the robot around the room without problems; the streamed video obtained from onboard camera was broadcasted to the user phone with no delay. On the other hand, the delay started to occur since the robot was navigated out of the room into the walk way as shown in figure 8b. From the trial run result, it indicated that the robot could be far from the controller by 10-15m approximately. If the robot moved further than the limit, the video delay and control interruption would occur.

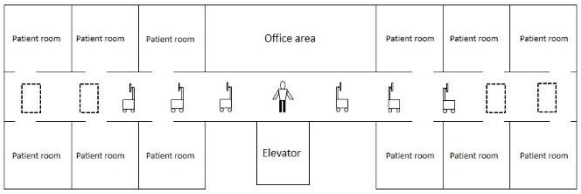


Figure 9 the trial run in the COVID-19 ward in the hospital. The robot icon represents the position where the robot is navigated to successfully by participant, represented as the man icon, while the dashed rectangular represent the position where the connection was interrupted because the range is too long.

The next trial was on the fourteenth floor which is the COVID-19 ward. The participants were instructed to navigate the robot from the office area as shown in figure 9. All participants could navigate the robot in the walk way successfully; however, the video and control occurred interruption when the robot was 25m apart from the participant. Additionally, the interruption also occurred as the robot was navigated into the patient room. The farther patient room was the stronger interruption appeared. In the patient room, the robot performed good maneuverability in small area as shown in figure 10.

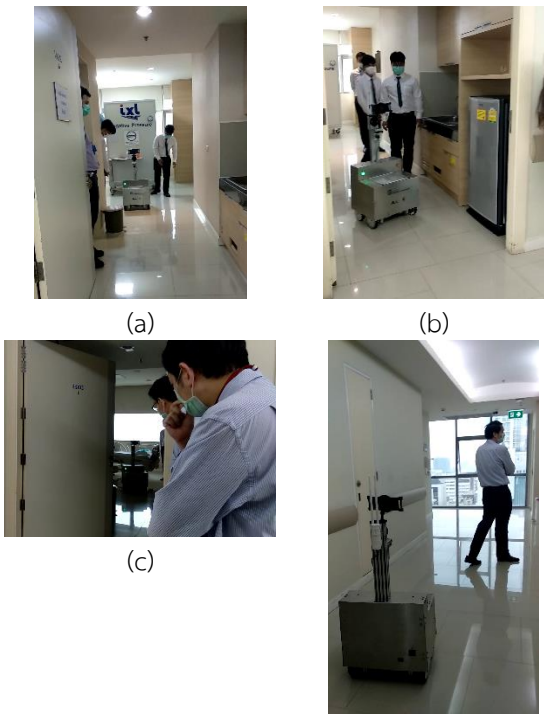


Figure 10 the trial in the COVID-19 ward

4. Discussion

From the both trials, the participants reflect satisfactory with the robot because it can share to other user immediately without software installation hassle. The control screen with streamed video obviously helps the user to navigate the robot in the desired direction. The arrangement of control pads on the control screen are instinctive and easy to understand; however, the users have slightly unfamiliar with omnidirectional movement, but this can be solved by maneuvering in slow speed.

The service of robot during the trials exhibited decency in both aspects: the robot displacement did not obstruct the working area. It could move and access to the difficult areas such as bed side, cabinet, negative pressure area, elevator or bathroom. Additionally, the robot could drive across bump, incline plane and corrugate surface easily because of mecanum wheels. The most important issue occurred after the trials was robot wireless control range. The suggested range was 25m in open area. The range was limited drastically when the robot was navigated to the room or place where it had the wall or tall obstacle. In other word, the connection between the robot and controller could be lost as the line of sight between controller and onboard antenna did not attain. To navigate the robot to the patient room, the user may control it from the door as shown in figure 10c.

5. Conclusion

The telerounding robot has been developed to support COVID-19 patient in The Hospital for Tropical Disease Bangkok. The design concept is based on remotely control ability allowing the doctor or medical staff can perform rounding or observation with less contact. The robot structure consists of aluminum body, battery/charger, WIFI module, four DC-motor driver circuits, onboard camera and four mecanum wheels. The application is developed on V8 javascript engine on Debian-9 operating system, as the robot application. The robot was tested in the COVID-19 ward of the hospital, and it showed positive in term of the control interface and its maneuverability. However, the control range was limited when the robot moved into the room where the onboard antenna was blocked by the wall or tall obstacles.

Acknowledgement

The authors would like to thank the Hospital for Tropical Disease, Faculty of Tropical Disease, Mahidol University for financial support.

Reference

[1] Garingo A, Friedlich P, Chavez T, Tesoriero L, Patil S, Jackson P, et al. 2015. "Tele-rounding" with a remotely controlled mobile robot in the neonatal intensive care unit. Lournal of Telemedicine and Telecare.:1-7.

[2] Iftikhar M, Maood K. 2009. Telemedicine and Virtual Specialist Hospitals. 2009 Computation World: Future Computing, Service Computation, Cognitive, Adaptive, Content, Patterns: IEEE COMPUTER SOCIETY; 2009. p. 538-44.

[3] Ellison LM, Pinto PA, Kim F, Ong AM, Patriciu A, Stoianovici D, et al. 2004. Telerounding and Patient Satisfaction after Surgery. Journal of the American college of Surgeons.:523-30.

[4] Gandsas A, FACS, Parekh M, Bleech MM, Tong DA, CPA, et al. 2007. Robotic Telepresence: Profit Analysis in Reducing Length of Stay after Laparoscopic Gastric Bypass. Journal of the American college of Surgeons.;205:72-7.

[5] Marini CP, Ritter G, Sharma C, Mcnelis J, Goldberg M, Barrera R. 2015. The effect of robotic telerounding in the surgical intensive care units impact on medical education. J Robotic Surg.;9:51-6.

[6] Iftikhar M, Majid MJ, Muralindran M, Thayabaren G, Vigneswaran R, Brendan TTK. 2011. OTOROB: Robot for Orthopaedic Surgeon Roboscope: Non-interventional Medical Robot for Telerounding. 5th International Conference on Bioformatics and Biomedical Engineering: IEEE; 2011.

[7] Kaczmarek BF, Trinh Q-D, Menon M, Rogers CG. 2012. Tablet Telerounding. Urology.;80:1383-8.

ID087

การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดตารางรถบรรทุกเพื่อใช้อัตราการหมุนรถและการใช้ประโยชน์ของรถที่ดีที่สุด

A Development of Mathematical Model for Truck Transportation Scheduling to Optimize Truck Turn Driver and Truck Utilization

สวิชญ์ เธียรธำรงสุข[1*] ชนะรักษ์ศิริ[2]
[1]สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
*E-mail: sawit.thi@ku.th[1]

Sawit Thientumrongsuk[1*] Chana Raksiri[2]
[1]Graduate Program in Engineering Management, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University.
[2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University.
*E-mail: sawit.thi@ku.th[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธี Tree Searching Algorithm (TSA) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Integer Programing Model เพื่อจัดตารางรถขนส่งสินค้าโดยผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ช่วยแก้ปัญหาการตารางรถบรรทุกรับส่งสินค้า เพื่อใช้อัตราการหมุนรถ และการใช้ประโยชน์ของรถที่ดีที่สุด ผู้วิจัยพิจารณาเส้นทางการขนส่งทั้งหมดที่เป็นไปทั้งหมดในปัจจุบันทั้งหมด 96 เส้นทาง โดยวิธี TSA โดยจะมีหลักเกณฑ์การจัดเส้นทางด้วยเส้นทางที่เคยมีในอดีต จากนั้นใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Integer Programing Model มาเป็นเครื่องมือในการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่ต้องการได้แก่ จำนวนรถรับส่งสินค้าน้อยที่สุดโดยต้องตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ครบ ภายใต้ข้อจำกัดคือ รถรับส่งสินค้าแต่ละคันวิ่งรับส่งสินค้าได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ผลจากการศึกษา พบว่าจำนวนรถที่ใช้ทั้งหมดลดลงร้อยละ 20.30 ต่อวัน จำนวนการหมุนรถเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.20

คำหลัก การจัดตาราง ปัญหาการจัดตารางรถ การขนส่ง

Abstract

Objective for the study is apply Tree Searching Algorithm (TSA) and mathematical model (Integer programming model) for delivery truck scheduling. Hence, the authors develop mathematical model use for solving delivery truck scheduling problem to optimize truck turn ratio and truck utilization. The authors consider all possible current delivery route based on the past delivery information are total 96 route by TSA method. Then use mathematical model for integer programming to find optimal solution. In this study, Optimal solution is to minimize number of the delivery truck that able to serve all customer demand under

constraint. Considered constraint is each of delivery truck has to delivery within 24 hours. Then conclusion from this study are possible to decrease number of the delivery truck 20.30 percent per day and truck turn ratio increase 25.20 percent per day

Keywords: Scheduling, Truck scheduling problem, Transportation

1. บทนำ

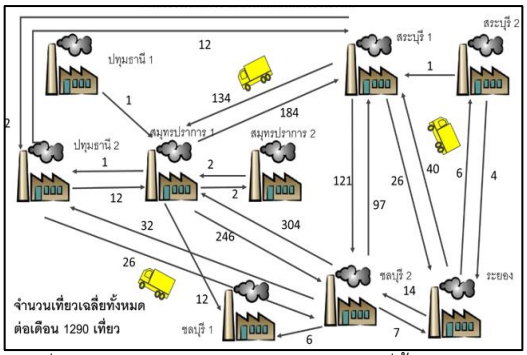
ธุรกิจการขนส่งปัจจุบันมีการแข่งขัน และความได้เปรียบในด้านค่าขนส่งซึ่งแปรผันตามระยะทางการขนส่งตามความต้องการของลูกค้า ราคาของสินค้าซึ่งมีความแตกต่างกัน โดยการขนส่งมีทั้งขนส่งภายในประเทศ และภายนอกประเทศซึ่งมีแนวโน้มเติบโตเพิ่มมากขึ้นในทุกปี แต่ก็มีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเช่นกันตามราคาของน้ำมันโลก และจากค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาพาหนะขนส่ง ซึ่งในปัจจุบันพบว่าการจัดตารางขนส่งยังมีช่องว่างซึ่งสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อให้สามารถใช้พาหนะในการขนส่ง และกำลังคนได้อย่างเต็มที่จะช่วยลดต้นทุนในการขนส่งสินค้าได้อย่างมาก และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าตามเวลาที่ลูกค้าต้องการ รวมทั้งความพึงพอใจของลูกค้า

สำหรับบริษัทกรณีศึกษาต้นทุนในการขนส่งของลูกค้าจะต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 5-8 ของราคาสินค้า ในการวิจัยนี้สนใจศึกษาการลดต้นทุนการขนส่งและเพิ่มความสามารถในการทำกำไรให้ตามเป้าหมาย เพื่อให้ได้อัตราการหมุนรถ หรือการประโยชน์ของรถขนส่งให้ได้มากที่สุด โดยการปรับปรุงจัดตารางรถในการขนส่งให้เต็มประสิทธิภาพหรือ 22-24 ชั่วโมงต่อวันใช้พนักงานขับพาหนะขนส่งได้เต็มที่ 8-12 ชั่วโมง และมีการทำกิจกรรมปรับปรุงร่วมกับลูกค้าเพื่อลดต้นทุนให้กับลูกค้า

2. วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีการจุดรับส่งสินค้าหลักทั้งหมด 9 จุดตามรูปที่ 1 ซึ่งต้องการพัฒนาระบบการจัดแผนการรับส่งสินค้าเพื่อลดต้นทุนในการขนส่ง และวัตถุประสงค์อื่น ๆ โดยทำการเปรียบเทียบการวางแผนการจัดส่งแบบปกติและแบบที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว เพื่อเปรียบเทียบอัตราการหมุนรถ อัตราการใช้รถ อัตราการใช้คนขับรถ เป็นต้น

วิธีการจัดการวางแผนการผลิตสำหรับเปรียบเทียบการวางแผนการขนส่งสินค้าโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาตร์ ซึ่งแบบจำลอง (Model) เป็นตัวแทนของสถานการหรือปัญหาที่อยู่ในรูปแบบให้เข้าใจง่าย ซึ่งปัญหาที่มีความซับซ้อน มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องด้วยมากมาย ในการตัดสินใจแต่ละครั้งหากมีการนำรายละเอียดทุกอย่างมาพิจารณาอาจทำให้ตัดสินใจได้ไม่ทันเวลา การสร้างแบบจำลองเป็นการนำเอาลักษณะสำคัญของปัญหาที่ซับซ้อนมาศึกษาเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหาได้ครบถ้วนพอ โดยแบบจำลองอาจอยู่ในรูปของวัตถุหรืออาจอยู่ในรูปและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น แบบจำลองทางคณิตศาตร์ แบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ แบบจำลองบนสเปรดชีต [1] หลังจากได้แบบจำลองแล้วต่อไปจะเป็นการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) สามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่าการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ซึ่งเป็นวิธีที่รู้จักกันดีในชุดเครื่องมือในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่เรียกว่าการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematic Programming) โดยสามารถนำการโปรแกรมเชิงเส้นมาใช้งานร่วมกับระบบสนับสนุน การตัดสินใจได้ [2] โดยใช้ เอ็กเซล โซลเวอร์ (Excel Solver) ซึ่ง โซลเวอร์ (Solver) เป็นโปรแกรมย่อย (Add-Ins) หนึ่งโปรแกรมของโปรแกรม เอ็กเซล มีไว้เพื่อใช้ ช่วยวิเคราะห์ปัญหาประเภทต้องการคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด [3,4]



รูปที่ 1 การกระจายสินค้าของแต่ละตำแหน่งที่ตั้งของโรงงาน

2.1 การวางแผนการขนส่งสินค้า

การวางแผนการขนส่งสินค้าเป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับความต้องการของลูกค้า (Demand) เพื่อให้การตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ครบถ้วน และตรงตามเวลาที่ลูกค้ากำหนด จะเริ่มต้นได้ก็ต่อเมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าเรียบร้อยแล้ว การวางแผนการขนส่งสินค้าจึงเป็นงานที่ละเอียดรอบคอบและเพื่อให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า ฝ่ายวางแผนการขนส่งสินค้าจะต้องพิจารณาถึงจำนวนรถขนส่งที่ต้องใช้ และที่มีอยู่จึงทำการกำหนดแผนการขนส่งสินค้าให้รถบรรทุกแต่ละคันตามตารางที่กำหนด โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการจัดแผนการการขนส่งสินค้าเปรียบเทียบเมื่อมีการปรับปรุงการวางแผน

2.2 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวางแผนการผลิต

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนการผลิตโดยใช้หลักการของการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นการนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ต้องการทราบจุดหรือคำตอบที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Solving Optimization Problems) ตัวอย่างเช่น ในเรื่องผลตอบแทนเราต้องการจะได้สูงที่สุดที่จะเป็นไปได้ (Maximize point) ส่วนเรื่องเวลาที่ใช้ ต้นทุน หรือวัตถุดิบเราต้องการให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (Minimize point) ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การที่เรานำข้อมูลปัญหามาสู่สมการการแก้ปัญหาเพื่อจัดสรรปัจจัยและทรัพยากรที่มีความสัมพันธ์ ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นเชิงเส้นตรงทั้งสิ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตัดสินใจและแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดผลการดำเนินงานที่ดีที่สุด เช่น กำไรสูงสุด ค่าใช้จ่ายน้อยสุด [5] และได้แบ่งรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรมเชิงเส้นตรงออกเป็น 3 ส่วนคือ ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variables) ข้อจำกัดหรือข้อกำหนดต่าง ๆ (Constraints) สมการเป้าหมาย (Objective Function) [6] ดังนั้นการ แก้ไขปัญหาด้วยโปรแกรมเชิงเส้นจึงถูกนำมาใช้แก้ปัญหาการวางแผนการขนส่งสินค้ากรณีศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์ก็เพื่อเพิ่มประโยชน์ของการใช้รถขนส่งและขนขับให้สูงที่สุด

ดังนั้นการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์จึงถูกนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาภายใต้เงื่อนไขและ ข้อจำกัดเพื่อใช้ปรับปรุงการวางแผนการขนส่งสินค้า โดยการคำนวณหาเส้นทางขนส่งของรถส่งสินค้าแต่ละคันที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประโยชน์ของการใช้รถขนส่งสินค้าได้ซึ่งหลักการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ได้กับงานวิจัยนี้ได้

2.3 วิธีการค้นหาของผังต้นไม้ (Tree Search Heuristics)

วิจัยนี้ใช้ฮิวริสติกช่วยในการวางโดยใช้การค้นหาค่าคำตอบโดยใช้เทคนิควิธีการค้นหาของผังต้นไม้ (Tree Search Heuristics) ซึ่งสามารถค้นหาชุดคำตอบที่ทั้งหมดที่เป็นไปได้จากการขนส่งในอดีตเพื่อใช้ในการวางแผนขนส่งสินค้า เริ่มขั้นตอนวิธีการหาโดยทำการเลือกจุดขนส่งเริ่มต้นและเลือกจุดขนส่งต่อไป โดยใช้การค้นหาแบบผังต้นไม้ภายใต้ข้อจำกัดในการเลือกคือต้องอยู่ในระยะเวลาทำการขนส่งไม่เกิน 24 ชั่วโมงซึ่งรวมทั้งเวลาขนส่ง และเวลารอคอยเพื่อหาที่ชุดคำตอบเป็นไปได้ที่สามารถวางแผนการขนส่งทั้งหมด

Heuristics 1: วิธีการค้นหาของผังต้นไม้ (Tree Search Heuristics)

```
TreeSearch ()
{
    v = initialSolution ()
    while not terminate(v)
    {
    V'= Select(next(v))
    if (accept (v,V')) then v=V'
    }
}
```

1. ให้ v เป็นเซตของผลเฉลยที่เป็นไปได้ทั้งหมด
2. V' สำหรับการคำนวณชั่วโมงการขนส่งโดยปัญหาที่สนใจมีวัตถุประสงค์เฉลยที่มี V' เหมาะสมที่สุดที่ไม่เกิน 24 ชั่วโมงในแต่ละเซตคำตอบ
3. ฟังก์ชัน Initial Solution () ซึ่งสามารถสร้างผลเริ่มต้น
4. ฟังก์ชัน next(v) ซึ่งสามารถสร้างเซตของผลเฉลยต่าง ๆ

ที่ผลิตได้จากผลเฉลย s บางทีเรียกว่าฟังก์ชันเพื่อนบ้าน (Neighborhood Function)

การค้นหาเฉพาะที่ที่มีกระบวนการวนซ้ำ (Iterative) เพื่อค้นเฉลยในปริภูมิผลเฉลยไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่พอใจ และชั่วโมงขนส่งสินค้าไม่เกินที่กำหนด โดยเริ่มต้นจากผลเฉลยเริ่มต้น

เริ่มด้วยผลการเฉลยเริ่มต้นที่บรรทัดที่ 3 เข้าวังวนทำงานจนกว่าจะพอใจตามเงื่อนไขที่กำหนดใน terminate() ประเด็นที่น่าสนใจอยู่ที่ฟังก์ชัน select และ accept โดยที่ select ทำหน้าที่เลือกผลเฉลยใยเซตของผลเฉลยถัดไปมาพิจารณา และ accept ทำหน้าที่ตัดสินใจว่าจะยอมรับผลเฉลยใหม่ที่เลือกมาหรือไม่ สองฟังก์ชันนี้เองเป็นตัวสร้างความแตกต่างของกลวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ซึ่งมีหลากหลายวิธีแตกต่างกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จะได้เส้นทางที่สามารถใช้ในการวางแผนการขนส่งทั้งหมดตามตัวอย่างดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างของชุดคำตอบที่เป็นไปได้

ชุดคำตอบ	เซตคำตอบ	ชั่วโมงการขนส่ง
v1	V1-V4-V8-V12	23.50
v2	V2-V4-V8-V12	23.00
v3	V3-V4-V8-V12	23.50
v4	V1-V4-V8	18.50
v5	V2-V4-V8	18.00
v6	V3-V4-V8	18.50

โดยที่ V1,V2,V3,... คือการขนส่งสินค้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง

2.4 การใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนการผลิต

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวางแผนการขนส่งสินค้าโดยใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการลดต้นทุนในการขนส่งให้ต่ำที่สุดซึ่งในที่นี้จะเป็นการใช้รถบรรทุกให้น้อยที่สุด โดยที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ครบถ้วน

ดัชนี (Indices)

i คือ ช่วงเวลารับสินค้าที่ลูกค้ากำหนด โดยที่ i = 1,2,3,...,m

v คือ เซตคำตอบที่เป็นไปได้ โดย v = 1,2,3,...,n

n คือ จำนวนของเซตคำตอบที่เป็นไปได้จากการใช้วิธี TSA โดย n = 1,2,3,...,69

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

D_i คือ ความต้องการของลูกค้า

พารามิเตอร์ (Parameters)

X_v คือ จำนวนรถรับส่งสินค้า

A_{iv} คือ จำนวนที่ใช้ในแต่ละเซ็ต 1 คือถูกใช้ และ 0 คือไม่ถูกใช้

สมการวัตถุประสงค์สำหรับการวางแผนการขนส่งสินค้า การใช้จำนวนรถบรรทุกรถขนส่งสินค้าให้น้อยที่สุดตามสมการที่ (1) โดยที่รถบรรทุกสินค้าแต่ละคัน ต้องมีระยะเวลาการขนส่งรวมไม่เกิน 24 ต่อคัน และต้องตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ครบถ้วน ดังนั้นสมการวัตถุประสงค์สำหรับการวางแผนการขนส่งสินค้า เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

สมการเป้าหมาย (Objective Function)

$$Minimize\ Z = \sum_{v=1}^{n} X_v \quad (1)$$

ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (Constraints)

$$\sum_{v}^{n} A_{iv} X_v = D_i \quad (2)$$

$$X_v \in \{0,1,2,3,\dots,m\} \quad (3)$$

$$A_{iv} \in \{0,1\} \quad (4)$$

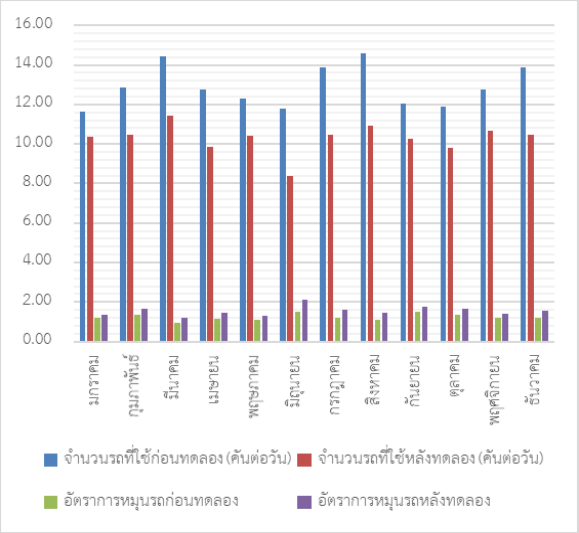
สมการที่ (2) เป็นสำหรับการข้อจำกัดเงื่อนไข คือ การขนส่งสินค้าต้องเท่ากับจำนวนความต้องการของลูกค้า

2.5 ผลการทดลอง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ถูกทดลองใช้ในการเปรียบเทียบการวางแผนการขนส่งสินค้าเพื่อให้เพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์จากรถขนส่งให้มากที่สุด โดยใช้โปรแกรม Excel Solver ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาสมที่สุด โดยข้อมูลที่นำมาศึกษาไม่ว่าจะเป็นการวางแผนการขนส่งในปัจจุบัน คำสั่งซื้อของลูกค้า และข้อมูลการใช้รถส่งสินค้าเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วง

เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2562

ผลลัพธ์จากการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการเปรียบเทียบการวางแผนการขนส่งกับผลลัพธ์การวางแผนการขนส่งที่มีในอดีต เพื่อวางแผนการส่งให้ใช้รถในการขนส่งน้อยที่สุด และเพิ่มการใช้ประโยชน์ของรถขนส่ง หรืออัตราการหมุนรถให้มากขึ้นให้มากขึ้น โดยสามารถแสดงผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของจำนวนรถขนส่งสินค้าที่ได้จากผลลัพธ์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และอัตราการหมุนรถขนส่งสินค้าก่อนทำการทดลอง

ซึ่งจากรูปที่ 2 เป็นผลจากการทดลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองสามารถยกตัวอย่างมาอธิบายได้ดังนี้

การเปรียบเทียบในเดือน มกราคม จำนวนรถขนส่งสินค้าที่ใช้ก่อนการทดลองเฉลี่ย 11.66 คันต่อวัน จำนวนรถขนส่งสินค้าที่ใช้หลังการทดลองเฉลี่ย 10.38 คันต่อวัน โดยลดลงเฉลี่ย 1.28 คันต่อวัน และอัตราการหมุนรถขนส่งสินค้าก่อนการทดลองเฉลี่ย 1.21 อัตราการหมุนรถขนส่งสินค้าหลังการทดลองเฉลี่ย 1.36 เพิ่มขึ้น 0.15

อัตราส่วนการหมุนลดสามารถคำนวณได้จากสมการ (5)

$$T = \frac{T_r + T_s}{N} \quad (5)$$

T คือ อัตราการหมุนรถ

T_r คือ จำนวนเที่ยวการขนส่งแบบไปและกลับ

T_s คือ จำนวนเที่ยวการขนส่งแบบไปอย่างเดียว

N คือ จำนวนรถขนส่งสินค้าทั้งหมดที่ใช้

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำการวิจัยไปใช้ประโยชน์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ไม่ได้มีการนำเอาปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาพิจารณาด้วย เช่น ปัญหาด้านต้นทุน ปัญหาการที่รถขนส่งสินค้าเสียระหว่างขนส่ง และปัญหาอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการขนส่งสินค้า และที่สำคัญคือในกรณีที่ลูกค้ามีการเพิ่มหรือลดแหล่งที่ต้องทำการจัดส่ง การส่งผลให้ต้องมีการปรับรูปแบบโมเดลคณิตศาสตร์ และจับคู่เส้นทางที่เป็นไปได้ในการวางแผนการขนส่งเพิ่มเติม

3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

ควรพัฒนาการใช้วิธีการค้นหาของผังต้นไม้ได้แบบอัตโนมัติ เพิ่มความยืดหยุ่นในการเพิ่มจุดรับส่งสินค้า และตัวแปรเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้อง

4.สรุป

งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการเปรียบเทียบการวางแผนการส่งสินค้าและ เพิ่มประโยชน์ในการใช้งานรถส่งสินค้าแต่ละคันให้สูงที่สุด โดยได้ทำการวางแผนการขนส่งสินค้าไปสู่ตำแหน่งของลูกค้าหลัก 9 แห่ง ซึ่งนำข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2562 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้ว่าถ้าต้องการลดการใช้รถส่งสินค้าให้น้อยที่สุดที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งจากการใช้แบบจำลองในการเปรียบเทียบการวางแผนการรับส่งสินค้าสามารถให้ผลลัพธ์ออกมาได้เหมาะสม คือ สามารถลดจำนวนรถบรรทุก 22 ล้อที่ใช้ในการขนส่งจากเดิมเฉลี่ยใช้วันละ 12.91 คัน เหลือเฉลี่ยวันละ 10.29 คัน ลดลงเฉลี่ย 2.62 คันต่อวัน และอัตราการหมุนรถหรืออัตราการใช้ประโยชน์จากรถขนส่งสินค้าจากเดิม 1.23 เที่ยวต่อคันต่อวัน เพิ่มเป็น 1.54 เที่ยวต่อคันต่อวัน เพิ่มขึ้น 0.32 เที่ยว

ต่อคันต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 25.2 และยังสามารถลดต้นทุนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ. ดร.ชนะ รักษ์ศิริ และ อ.ดร. วรวุฒิ หวังวัชรกุล ที่ได้ให้คำแนะนำสำหรับการทำวิจัย และขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาสำหรับข้อมูลในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] พิศาล สีนวล. 2560. การใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาจัดสรรทรัพยากรเพื่อลดเวลาในการวางแผนการผลิต. การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรม แห่งชาติครั้งที่ 8 (พฤษภาคม 2560).

[2] จุฑารัตน์ บุษยานุรักษ์. 2553. การจัดรถโดยสารที่เหมาะสม สำหรับตารางเดินรถ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[3] ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมฆ. 2557. สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (Optimization Modeling) ด้วย Excel (Solver). บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, หน้า 21-31.

[4] เอกมัย นิธิเสาวภาคย์ และ คณะ. 2552. การวางแผนการผลิต ระดับยุทธวิธี ของระบบการผลิตปูนซีเมนต์ด้วยการโปรแกรมทาง คณิตศาสตร์. วารสารวิชาการพระจอม เกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 19 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2552), หน้า 209-218.

[5] Taha, A.H. Operations Research an Introduction, 8th ed. Pearson Education, Singapore, 2007.

[6] Ragsdale, C. T. Spreadsheet Modeling & Decision Analysis: A Practical Introduction to Management Science, 4th ed. Thomson South - Western, Ohio, 2004.

ID088

Empirical Model of Stress Distribution in Meter-gauge Ballasted Railroad Track

Nasrin Lhaetee[1*] and Pongpipat Anantanasakul[2]
[1]Graduate Assistant, Department of Civil and Environmental Engineering
Faculty of Engineering, Mahidol University, Thailand
[2]Assistant Professor, Department of Civil and Environmental Engineering
Faculty of Engineering, Mahidol University, Thailand
[*]E-mail: nasrin.lha@student.mahidol.ac.th

Abstract

This paper presents the details of a field experimental program to investigate the characteristics of stress distribution in the substructure of meter-gauge railroad track under real-service conditions. Precision pressure plates were installed at various locations in a dedicated experimental track section found on clay subgrade so as to monitor the traffic-induced track stresses. The field monitoring results allowed for formulation of a realistic empirical model for vertical track stresses as a function of the granular layer thickness. The proposed model renders smaller values of track stress compared to those obtained from various existing stress equations. This implies that large granular layer thicknesses would be required if the existing equations of track stress are used, thus leading to overly conservative and uneconomical design of the track substructure.

Keywords: ballasted railroad track, empirical model, track stress, meter-gauge.

1. Introduction

Railroad tracks are an essential type of transportation infrastructures. They serve as one of the fundamental elements in providing efficient movement of passengers and freight for rail transportation which, in turn, enhances the economic growth of the country. Figure 1 illustrates the components of a conventional railroad track. The track superstructure consists of the rails, rail pads, fasteners and ties, while the substructure includes the ballast layer, the subballast layer and the subgrade soil. This lowermost track component is either the original foundation soil or an embankment compacted from soils borrowed from different locations. In engineering practice, the ballast and subballast layers are often referred, collectively, to as the "granular layer. This particular term signifies its distinct feature of composing mainly of compacted crushed rock and coarse-grained soil.

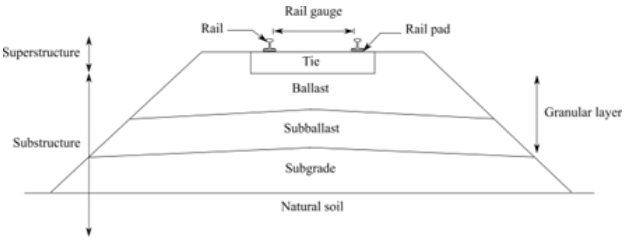


Figure 1 Components of ballasted railway track.

Wheel loading, either static or dynamic, generates forces and stresses in the track components. These quantities, if too high, can result

in large permanent deformations and even failure of the underlying subgrade, thus leading to poor track performance. To circumvent such a track problem due to overstressing, the granular layer must be properly designed. Important design aspects include the density, thickness and lateral support in form of track shoulder.

The most influential factor affecting the magnitudes of stress in the track substructure is the granular layer thickness [1] and [2]. Traffic-induced stresses in the track components generally decrease with the depth from the tie-ballast interface [3], [4], [5], and [6]. As such adjusting the thickness of granular layer can limit the magnitude of stress to a proper level, thus leading to good performance of the subgrade soil and the ballasted track as a whole. Per the aforementioned rationale, the ability of railway engineers to accurately predict the traffic-induced stresses as a function of the granular-layer thickness is crucial in achieving safe and economic design of ballasted railway tracks under real service conditions

2. Previous studies

Several track stress models have been introduced over the past decades. These models relate the wheel-load induced vertical stress on the subgrade surface (σ_{SS}) to the granular-layer thickness (H) and the initial stress value at the tie-ballast interface (σ_{TB}). The earliest attempts were based on Boussinesq's classical solutions of stresses in a homogeneous elastic half space subject to a point load on its surface [7]. The analytical formulations for stresses due to a circularly loaded area equivalent to a rectangular tie-ballast interface are obtained by integration of the point-load solutions employing a radial coordinate system [8]. For the case of rectangular contact areas, double integration of Boussinesq's equations is necessary, and the solution is often obtained from numerical approximation of the analytical integration. [9] introduced such an approximate formulation that takes the form:

$$\sigma_{SS} = \left[1 - \left(\frac{1}{1+\left(\frac{B}{2H}\right)^{1.38+0.62\left(\frac{B}{L}\right)}}\right)^{2.6-0.84\left(\frac{B}{L}\right)}\right]\sigma_{TB} \qquad (1)$$

In Eq. (1), B is the tie width and L signifies its length. Note that the models based on theory of elasticity generally assume material isotropy, and the resulting stress solutions are independent of the material constants such as the Young's modulus and Poison's ratio.

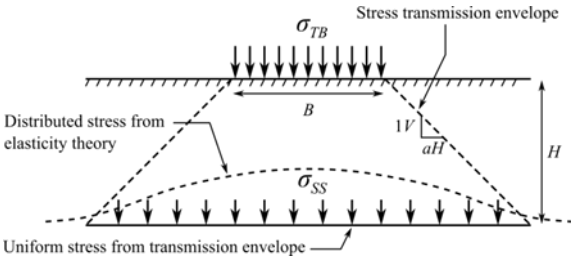


Figure 2 Trapezoidal transmission envelope to determine vertical track stresses.

Another approach is to compute vertical track stresses from an assumed envelope of stress transmission in the track substructure. In general, the envelope is presumed to take the form of a trapezoid in both the cross and longitudinal sections beneath the tie (Fig. 2). The wheel force is assumed to uniformly distribute over the projected areas that expand with depth:

$$\sigma_{SS} = \frac{BL}{(B+2aH)(L+2aH)}\sigma_{TB} \qquad (2)$$

Several semi-empirical models have been introduced based on this framework. The key difference among them is the rates at which the assumed trapezoids expand or, in other words, the rates at which the vertical track stresses decrease. Such a rate is controlled by the side slope (1 vertical increment:a horizontal increment) of the trapezoid. The widely used Clarke's model [10] adopts a of unity, while a = 0.5 is taken for the Department of Scientific and Industrial Research (1961) model. [11] slightly modified the formulation in Eq. (2) to set the value a as a function of the effective friction angle of the granular layer (Ø'):

$$\sigma_{SS} = \frac{1.5(L-g)B}{(3(L-g)+B)H\tan\varphi'}\sigma_{TB} \quad (3)$$

where the parameter g denotes the gauge length.

Several empirical equations have, historically, been proposed to approximate the vertical track stress with respect to the granular layer thickness. Perhaps, the most notable one is the Talbot equation [12]:

$$\sigma_{SS} = \frac{53.6\sigma_{TB}}{H^{1.25}} \quad (4)$$

where H is the granular layer thickness in cm. This model was formulated based on the results of large-scale laboratory load tests on a model section of standard-gauge railway track (gauge width of 1.435 m). Timber ties were employed in these experiments, and the loads applied represented the heavy-haul locomotives used in the time. The model is still used in design practice, particularly, in the USA and in Australia. The Japanese National Railway (1965) introduced an empirical relation from field monitoring of the vertical stress in narrow-gauge tracks (gauge width of 1.067 m). Tracks with both timber and concrete ties were included in this study. The JNR equation takes the form:

$$\sigma_{SS} = \frac{50\sigma_{TB}}{10+H^{1.35}} \quad (5)$$

It is worth noting that the State Railway of Thailand (SRT) currently adopts this particular JNR empirical equation in their routine analysis and design of the track substructure. The accuracies of different empirical relationships for track stresses vary greatly, depending on how close the conditions of the track and traffic under consideration are to those from which the empirical relations were formulated [1] and [13].

An accurate empirical stress model has yet to be formulated for the case of Thailand's railroad tracks due to lack of experimental results. As such it is the intent of the present study to help fill such a technical gap. This paper explains a field monitoring program to investigate the characteristics of stress distribution for meter-gauge ballasted tracks (gauge width of 1.000 m). It then proceeds to introduce, based on the experimental results so obtained, an empirical equation for vertical track stress suitable to the local track and traffic conditions. Finally, the accuracy of the present equation as compared to the existing models will be assessed and discussed.

3. Field experimental program

3.1 Experimental track and traffic conditions

The present study is part of a broader experimental program to gain better insight into the

engineering characteristics of meter-gauge ballasted tracks founded on cohesive subgrades. Such track conditions are typical, particularly, in the lower central plain of Thailand, including the greater Bangkok area. Some of the existing tracks in this part of the country have been observed to exhibit persistent excessive deformations and irregularities. Frequent maintenance in form of ballast addition is therefore required to keep these tracks in service. The allocated experimental track section was part of the Eastern Rail Line (ERL) that is owned and operated by the State Railway of Thailand (SRT). The section was 162 m long and located 55 km from downtown Bangkok and just west of Chachoengsao Junction Station as shown in Fig. 3.

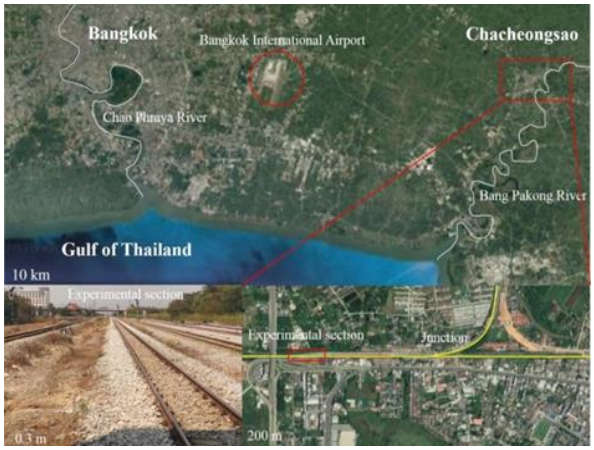


Figure 3 Location of experimental track section located west of Chachoengsao Junction Station.

Part of the ERL that continues east of the junction serves to link the industrial estates and the deep sea ports of the country's Eastern Economic Corridor (EEC) while that continuing north extends to the provinces along the Thai-Cambodian border. As a result, the track serves multiple types rolling stock. The heaviest of such is the 120-ton diesel-electric CSR-U20 locomotive. This particular vehicle is of six-axle type, thus rendering static wheel loads of about 10 ton. It should be noted that a speed limit of 50 km/h is imposed for all railroad cars travelling within the vicinity of the junction station, including the experimental track.

Table 1 Components of track superstructure

Component	Detail
Rail	Type: BS 100A (continuously welded)
Tie spacing	0.6 m
Fastener	STADEF clip
Rail pad	HDPE 5 mm in thickness
Gauge length	1.000 m
Tie	Type: SRT BS 100A (pre-stressed concrete) Dimension: 0.195 x 0.195 x 2 m

3.2 Geotechnical conditions of test site

Table 1 summarizes the types and details of the superstructure components. The longitudinal profile of the substructure components of the experimental track is illustrated in Fig. 4. The thicknesses of the ballast layer compacted from crushed granite particles varied from 0.2 to 0.7 m, while that of the underlying subballast ranged between 0.25 to 0.3 m. The subballast was essentially a compacted layer of lateritic soils. The subgrade was mainly stiff compacted clay (USCS group symbol: CL) with thicknesses varying from 1 to 1.5 m. It was underlain by a deposit of natural soft marine clay (USCS group symbol: CH). This natural clay layer was highly homogeneous and extended to a depth of 15 m below the subgrade surface. The groundwater level was fairly stationary being about 3 m below the rail level throughout a period of one year. The undrained shear strengths obtained from in-situ vane shear tests (ASTM

D2573M) and laboratory unconfined compression (UC) tests (ASTM D2166M) on intact specimens varied from 60-70 kPa for the subgrade layer, while those of the lower marine clay ranged between 10 to 25 kPa. Relevant mechanical properties of the subgrade and the natural clay layers are reported in from of a representative boring log as shown in Fig. 5.

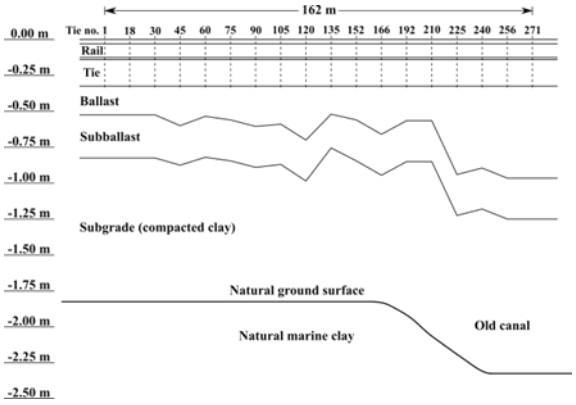


Figure 4 Profile of substructure components of experimental track.

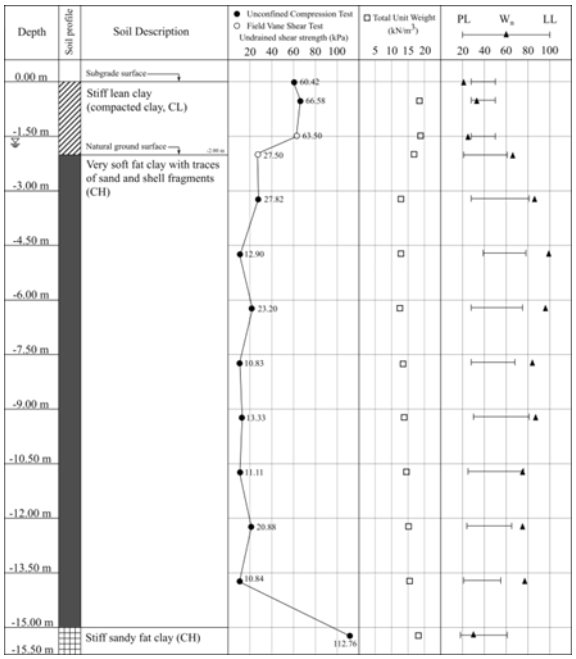


Figure 5 Representative boring log of subgrade formation and natural foundation soils.

3.3 Instrumentation with pressure plates

To monitor the vertical stresses from wheel loading in real time, precision pressure plates made of stainless steel were employed and installed into the track substructure. The rapid-response hydraulic pressure plates (Geokon Model 3515 Granular Materials Pressure cells), 10 mm thick and 230 mm in diameter, are suitable to measuring compressive stresses up to 600 kPa with a full-scale accuracy of 0.1% or ± 0.6 kPa. The pressure cells were positioned under the axis rail-tie intersection at the tie-ballast interface and the subballast-subgrade interface as shown in Fig. 6. To establish the relationship between the magnitude of vertical track stress and the granular-layer thickness, the pressure cells were installed beneath Ties 45, 105, 120 and 271, with H values of 0.56 m, 0.58 m, 0.65 m and 0.9 m, respectively. The data cables of these pressure plates were routed through protective tubes so as to minimize damage from exposure to harsh track environments. The cable ends were fitted with weatherproof military-type six-pinned connectors for quick coupling with the data acquisition system.

It is noteworthy that in-house calibration was performed to establish the pressure-voltage relationships for the employed load cells prior to field experiments [14]. A substructure box 0.6 m x 0.6 m x 0.6 m shown in Fig. 5 was employed for such a purpose. Subgrade and subballast soils and ballast particles identical to the field materials were compacted in the box with the load cells placed at the two interfaces. Vertical loads were applied through a rectangular steel spacer placed on the top pressure cell, thus resembling a tie in the actual

track. The corresponding voltage signals from the pressure cells were monitored in response to the applied loads.

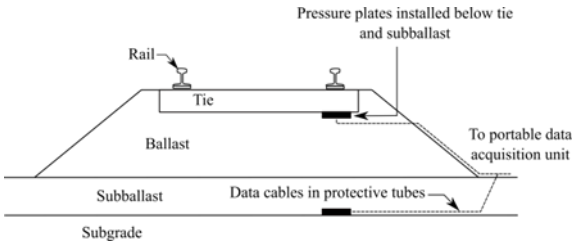


Figure 6 Precision pressure plates installed at tie-ballast interface and subballast-subgrade interface to monitor vertical track stresses.

The track was excavated to the subballast-subgrade interface; the lower pressure plate was placed and the track was then back-filled. The rail-tie assemblage was slightly raised and the upper pressure plate was inserted below it. Re-compaction of the ballast and subballast layers was carefully made using a vibratory compactor so as to maintain the consistency of the materials' densities along the track. The track was later allowed to undergo regular traffics for one month to promote "self-compaction" prior to stress measurement.

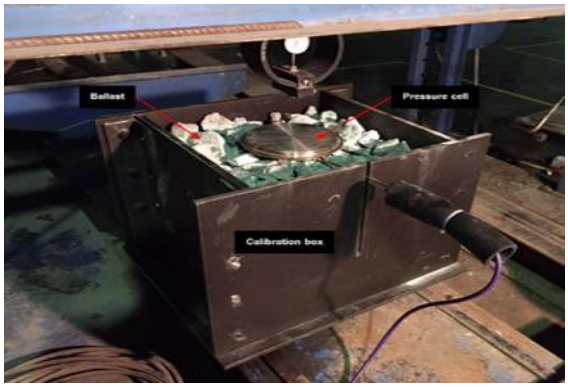


Figure 7 In-house calibration for pressure-voltage relationships of pressure cells prior to field installation.

A portable data acquisition system was employed to process and record the experimental results. Signals from the pressure plates were filtered and amplified as necessary by a compact analog-to-digital (AD) converter (National Instruments models NI-9237). The data was then routed to a dedicate laptop computer for further analysis and storage. The same AD unit configured and provided electrical excitation to the pressure plates through a custom interface program developed in the National Instruments LabVIEW platform. A 12V automotive battery was used to power the mobile data acquisition system throughout the course of field monitoring. It is worth noting that the data acquisition was performed at a rate of 5 kHz to eliminate aliases in the obtained experimental results.

4. Field monitoring results

Typical recorded track stresses versus time at the tie-ballast interface and the ballast-subgrade interface are shown in Fig. 8. This set of experimental results was obtained at Tie 45 for a 120-ton CSR-U20 locomotive moving, eastbound, at a speed of 30.25 km/h. Note that the peak stresses for this type of locomotive render the most critical loading conditions, in terms of magnitude, for the tracks currently used in the country. As such track stresses only obtained from this particular type of vehicle will be considered in the subsequent development. The recorded vertical stresses range approximately between 100 to 300 kPa at the tie-ballast interface. The stress values at the subballast-subgrade interface, on the other hand, significantly vary with the granular layer thickness. This will be explained later.

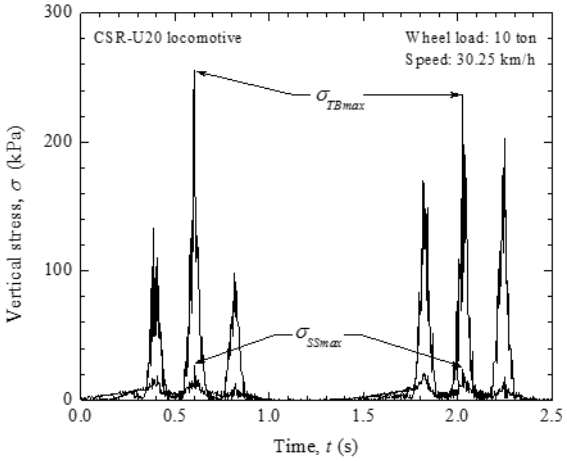


Figure 8 Variations of vertical track stresses at tie-ballast interface and subballast-subgrade interface versus time (Tie 45).

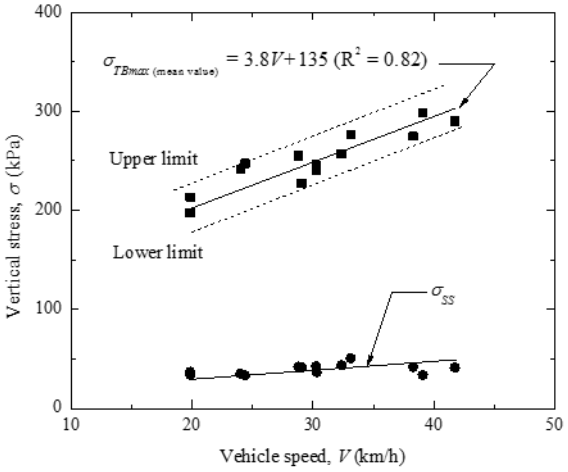


Figure 9 Variations of maximum peak stresses at tie-ballast interface and subballast-subgrade interface with vehicle speed.

The maximum peak stresses at both interfaces correspond to the passage of the middle axle of each bogie (Fig. 8). Such characteristics are due to superposition of the stresses from the adjacent right and left wheels. Figure 9 illustrates the relationships between maximum peak stress and vehicle speed. The results shown in this figure were obtained at Tie 45. It can be observed that the maximum peak stresses at the tie-ballast interface (σ_{TBmax}) increase, rather proportionally, with the vehicle speed. Experimental scatter of the track stresses of about 50 kPa is present, and this appears to be unchanged even with increasing speed. It is important to note that the stresses at the tie-ballast interface recorded at other ties are in excellent agreement with that of Tie 45. These stress values are, however, not plotted so as to preserve the clarity of the figure.

The values of σ_{SSmax} from all ties are normalized by the corresponding σ_{TBmax} and these are plotted versus the granular layer thickness in Fig. 10. Some experimental scatter of the normalized stresses can be observed for each granular layer thickness. Nevertheless, it is evident that the magnitudes of $\sigma_{SSmax}/\sigma_{TBmax}$ rapidly decrease with increasing H-value. The maximum stresses at the subballast-subgrade interface are 7-13% of that of the tie-ballast interface for H = 56 cm, while such quantities decrease to 4-8% when H = 65 cm and to only 1-3% for H = 90 cm.

5. Empirical relationship for vertical track stresses

An upper limit line and a lower limit line are drawn, enveloping the normalized stresses as shown in Fig. 10. Such an envelope narrows marginally, indicating less scatter, when H increases from 0.56 to 0.65 m. The extent appears to decrease more rapidly for higher H-values. An empirical relation between σ_{SS}/σ_{TB} and H (in cm) is proposed based on the experimental results. This stress transmission model takes the form:

$$\sigma_{SS} = \left[\left(\frac{20}{10 + H^{1.12}}\right) e^{-0.016(H-30)}\right] \sigma_{TB} \quad (6)$$

It is worth mentioning that the present formulation is fitted not to the mean values of $\sigma_{SSmax}/\sigma_{TBmax}$, but rather to their upper limits as for the sake of conservatism. The exponential decay part is included to allow for better approximation of the rates at which the normalized stresses decrease with H. The predictions of this empirical model are also plotted in Fig. 10 for comparison purpose. It can be observed that the model can excellently fit the experimental upper limit for H from56 cm to 65 cm with R^2 of 0.98. It, however, over-predicts the field monitoring values by a slight amount for H = 90 cm.

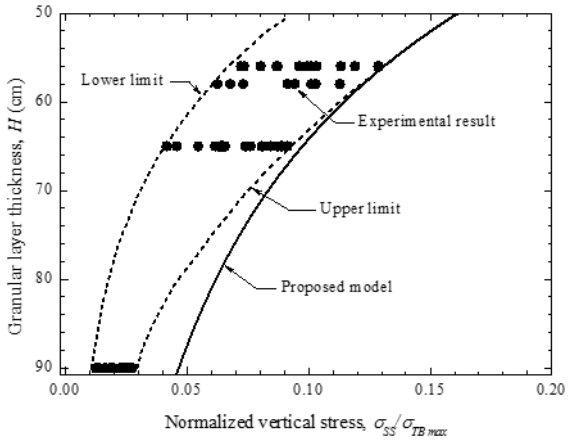


Figure 10 Normalized track stresses for various granular-layer thicknesses. Predictions of proposed empirical model are also plotted for comparison.

The predictions of the present empirical relation are plotted together with those of various existing track-stress models in Fig. 11 for 40 cm ≤H≤ 90 cm. It can be observed that the existing models predict noticeably larger normalized stresses compared to the present empirical relation, and thus the experimental data. The Talbot equation renders the largest normalized stress values for the same granular-layer thicknesses, while the JNR, Clarke, Poulos-Davis and Schramm (with an assumed $\emptyset$ of 40 °) models predict smaller normalized stresses that plot rather close to each other (scatter of less than 2%).

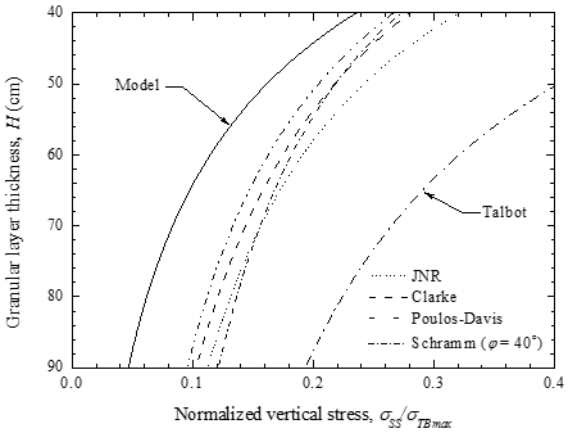


Figure 11 Predictions of granular layer thickness–track stress relationships of different models.

6. Use of proposed empirical model in design practice

If the σ_{TBmax}-value relation in Fig. 9 was extrapolated to be used with a more realistic design speed of 100 km/h, the corresponding design value of σ_{TBmax}would approximately be 3.8(100) + 135 = 515 kPa. At the critical location along the axis of the rail-tie intersection, the deviator stress on the subgrade surface is essentially the difference in the vertical and horizontal stresses, i.e., $\sigma_d = \sigma_v - \sigma_h$ Changes in the traffic-induced horizontal stress are much less compared to those in the vertical direction, and they are generally deemed negligible. It follows that $\sigma_d \approx \sigma_v$ Based on this approximation, the discussed vertical track stress models can be employed with the design σ_{TBmax}-value (515 kPa) to determine minimum granular layer thicknesses that correspond to different allowable subgrade stresses as shown in Fig. 12.

The allowable subgrade stress (σ_a) may be thought of as a threshold [16]. Repetitive deviator stresses greater than this threshold will result in an unbounded accumulation of permanent or plastic strains that eventually leads to failure of the subgrade soil (ratcheting behavior). Deviator stresses smaller than the threshold will result in stable responses where plastic strains, at some point, cease to change even with increasing number of load cycles (shakedown behavior). Once a proper value of the allowable subgrade stress is identified, the minimum granular layer thickness to ensure stable responses of the subgrade soil may be determined from the design chart (Fig. 12).

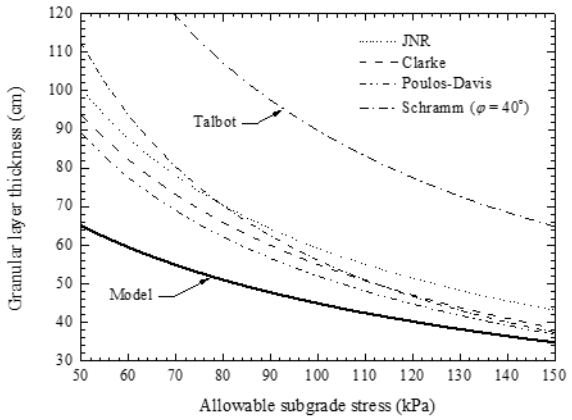


Figure 12 Variations of minimum granular-layer thickness with allowable subgrade stress for design σ_{TB}-value of 515 kPa.

The most direct means to establish the threshold stress is to perform laboratory cyclic triaxial tests on the specimens of subgrade soil with controlled physical states such that they resemble the actual field conditions [15], [16], [17], and [18]. In spite of that, routine cyclic triaxial testing on the subgrade soil of interest may not be readily possible, owning to its high cost and limited availability of the equipment. As such design values of the threshold stress based on laboratory studies of the cyclic behavior of various subgrade soils have been introduced. AREMA (2004) proposed a universal value of σ_a of 138 kPa regardless of the type and physical state of soil, while σ_a values between 30 to 180 kPa (with an average value of 105 kPa) have been recommended for clay and silt subgrades [19].

The strength of soil is an excellent parameter representing the physical states that include the moisture content, degree of saturation and density. It is therefore reasonable to relate the threshold stress or allowable subgrade stress to the magnitude of strength. Li et al. [20] introduced a practical criterion for the threshold stress:

$$\sigma_a \approx \frac{\sigma_s}{2} = \tau \qquad (7)$$

where $\sigma_s = \sigma_{dmax}$ is the static compressive strength of soil as determined from the laboratory UC and unconsolidated-undrained (UU) triaxial tests. The quantity τ is the corresponding shear strength. Table 2 lists the values of minimum granular layer thickness determined from the different criteria for σ_a and vertical track stress models. Note that the value of σ_a = 60.42 kPa according to the criterion after Li et al. [20] is taken as the representative shear strength of the specimens obtained from the subgrade surface as reported in the boring log in Fig. 5.

Table 2 Components of track superstructure

Criterion	σ_a (kPa)	Minimum granular layer thickness, H (cm)					
		Model	P-D	Schramm	Clarke	JNR	Talbot
AREMA	138	37	39	40	41	46	69
Raymond	105	44	50	54	53	57	86
Li et al.	60.42	59	78	94	82	88	135

It can be observed that the proposed empirical model (Eq. 6) renders smaller values of H for similar allowable subgrade stresses. An implication of this finding is that unnecessarily large values of H would be required if the existing track-stress models (Eq. 1 to 5) are used to determine the granular-layer thickness to ensure stable responses of the subgrade layer. Track design based on these models is therefore overly conservative and uneconomical for the traffic and track conditions presented in this study. For this experiment, straight track is considered only; therefore, the characteristic of stress distribution for curved track must be study more.

7. Conclusions

A field monitoring program to investigate the characteristics of stress distribution in the substructure of meter-gauge railroad track was presented. The traffic and tracks conditions were typical to the majority of ballasted tracks employed in the lower central plain of Thailand. The experimental data allowed for formulation of an accurate empirical model for vertical track stresses. When used in design, the proposed model renders smaller values of granular layer thickness compared to the existing stress equations. This implies that large values of H would be required if the existing equations for track stress are used to determine the granular-layer thickness. As such, track design of the track substructure based on these models is overly conservative and uneconomical, particularly, for the typical traffic and track conditions presented herein.

Acknowledgement

This research was funded by the National Science and Technology Development Agency (NASTDA) through grant FDA-CO-2558-126-TH. The State Railway of Thailand provided access to the experimental track as well as technical assistance for the field experiments. Such financial and in-kind supports are gratefully acknowledged.

Reference

[1] Selig, E. T. and Waters, J. M. 1994. TRACK GEOTECHNOLOGY and SUBSTRUCTURE MANAGEMENT. London: Thomas Telford Publications.

[2] Indraratna, B., Salim, W. & Rujikiatkamjorn, C. 2011. Advanced rail geotechnology: Ballasted track. Boca Raton, FL, USA: CRC Press

[3] Li, D., and Selig, E. T. 1998. Method for railroad track foundation design: Development. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Volume124 No.4, p. 316.

[4] Anantanasakul, P., Indraratna, B., Nimbalkar, S S., Neville, T. 2012. Field monitoring of performance of ballasted rail track with geosynthetic reinforcement. P. 241-246. In proceeding of 11th Australia - New Zealand Conference on Geomechanics: Ground Engineering in a Changing World, Australia.

[5] Indraratna, B., Nimbalkar, S., Anantanasakul, P., Rujikiatkamjorn, C. and Neville, T. 2013. Performance monitoring of rail tracks stabilized by geosynthetics and shock mats: case studies at Bulli and Singleton in Australia. P. 19-33. In proceedings of GeoCongress 2013., San Diego, California, USA.

[6] Anantanasakul, P. and Sutapun, K. 2020. Design of ballasted railroad substructure based on engineering performance of subgrade soil. Engineering Journal Research and Development, Volume 31 No.1, p.111-134.

[7] Boussinesq, J. (1885). Applications des potentiels à l'étude de l'équilibre et mouvement des solides elastiques, Gauthier–Villard, Paris.

[8] Love A.E.H., 1952. A treatise on the mathematical theory of elasticity. Cambridge University Press, New York N.Y.

[9] HG Poulos, EH Davis., 1975. PREDICTION OF DOWNDRAG FORCES IN END-BEARING PILES. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Volume101.

[10]Clarke, C. W., 1957. "Track Loading Fundamentals" Railway Gazette, Volume 106.

[11] Schramm, G., 1961. Permanent Way Technique and Permanent Way Economy., Otto Elsner Verlagsgesellschaft Darmstad.

[12] Talbot, A.N., et al, 1919. Stresses in Railroad Track. Report of the Special Committee to Report on Stresses in Railroad Track; Second Progress Report', AREA Proceedings, Volume21, p. 645-814.

[13]Indraratana, B., Nimbalkar, S., and Rujikiatkamjorn, C., 2012. Track stabilisation with geosynthetics and geodrains, and performance
verification through field monitoring and numerical modelling. International Journal of Railway Technology. Volume 1 No. 1, p. 195-219.

[14]Trilaksanawilai, N., 2020. Study of The Engineering Behavior of Ballasted Railroad Track on Soft Subgrade Soil Subjected to Moderate Axle Loads and Rail Speed (Master's Thesis), Mahidol University,Thailand

[15] Heath, D. L., Shenton, M. J., Sparrow, R. W., and Waters, J. M., 1972. Design of conventional rail track foundations. P. 251-267 In proceedings, Institute of Civil Engineers, London, United Kingdom

[16] Li, D. and Selig, E. T., 1996. Cumulative Plastic Deformation for Fine-Grained Subgrade Soils. Journal of Geotechnical Engineering. Volume 122 No. 12.

[17] Puppala, A., Chomtid, S., Bhadriraju, V., (2005). Using Repeated-Load Triaxial Tests to Evaluate Plastic Strain Potentials in Subgrade Soils. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board. Volume 1913 No. 1, p. 86-98.

[18] Wang, JH., Moran, K., and Baxter, C. D. P., (2006). Correlation between Cyclic Resistance Ratios of Intact and Reconstituted Offshore Saturated Sands and Silts with the Same Shear Wave Velocity. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. Volume 132 No. 12.

[19] Raymond, G. P., Gaskin, P. N., Van Dalen, and Davies, J. R., 1975. A study of stresses and deformation under dynamic and static load systems in track structure and support, Canadian Institute of Guided Ground Transport, Queen's University at Kingston, Ontario, Canada.

[20] Li, D., Hyslip, J., Sussmann, T., & Chrismer, S., 2002. Railway Geotechnics, CRC Press, Tailor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW, USA.

ID092

การประเมินความเสี่ยงด้านอัคคีภัย กรณีศึกษาอาคารที่ตกแต่งด้วยอะลูมิเนียมคอมโพสิต

Fire Risk Assessment: A Case Study of Building Decorated by Aluminum Composite

ปภัสรา ศรีสุขหวัง[1] และ อภิญญา ดวงจันทร์[2*]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: fengapd@ku.ac.th

Papatsara Srisukwang[1] and Apinya Duangchan [2*]
[1]Department of Fire Protection Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[2] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
[*]E-mail: fengapd@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาพฤติกรรมด้านอัคคีภัยอะลูมิเนียมคอมโพสิต 3 ชนิดไส้กลาง คือ พอลิเอทิลีน สารไม่ลามไฟ และสารไม่ติดไฟ โดยทดสอบการจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิตด้วยการทดลอง 2 แบบ การทดสอบแบบแรกทดสอบด้วยเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์ ให้ความร้อนชิ้นทดสอบในแนวระดับ จุดติดไฟแบบ Piloted จนชิ้นทดสอบจุดติดไฟ ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 5 ค่า ระยะเวลาการให้ความร้อน 60 นาที ทำซ้ำอย่างน้อยสองครั้ง ผลที่ได้คือไส้กลางพอลิเอทิลีนมีฟลักซ์ความร้อนต่ำสุด 32.2 kW/m^2 ที่อุณหภูมิ 600 ℃ ใช้เวลาจุดติดไฟน้อยที่สุด ต่อมาคือไส้กลางไม่ลามไฟ ที่เวลาจุดติดไฟน้อยสุดมีฟลักซ์ความร้อน 54.2 kW/m^2 ที่อุณหภูมิ 750 ℃ และไส้กลางไม่ติดไฟที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 65.7 kW/m^2 อุณหภูมิ 800 ℃ พบว่าไม่ติดไฟ ส่วนการทดสอบแบบที่สอง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเมื่อเกิดอัคคีภัยโดยทดสอบการจุดติดไฟในแนวดิ่งด้วยปืนความร้อน พบว่าไส้กลางพอลิเอทิลีน เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพมากที่สุด มีการไหลเยิ้มของไส้กลางและลุกติดไฟ ใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงอย่างมากใน 3 นาทีแรกก่อนสิ้นสภาพการเผาไหม้ สำหรับแผ่นคอมโพสิตไส้กลางไม่ลามไฟเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพตลอดเวลาจนกระทั่งกลายเป็นถ่านสีดำ ส่วนแผ่นคอมโพสิตไส้กลางไม่ติดไฟมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพแต่ไม่ติดไฟรุนแรง

คำหลัก อะลูมิเนียมคอมโพสิต ไส้กลางพอลิยูรีเทน ไส้กลางไม่ลามไฟ ไส้กลางไม่ติดไฟ

Abstract

Fire behaviors of 3 aluminum composite cores : a polyethelene core, a fire retardant core and a non-combustible core were studied. The fire behaviors were tested by two types of experiment. One was piloted ignition of aluminum composite using a cone calorimeter and the other was ignition of aluminum composite using heat gun. For the ignition test using a cone calorimeter, the aluminum composite was piloted ignition on a horizontal alignment. Each

composite core was ignited at 5 different temperatures and repeated at each temperature twice at a testing time of 60 minutes. If the sample was not ignited, it was concluded that the sample was not combustible. Aluminum composite with a polyethylene core had a minimum heat flux of 32.2 kW/m^2 at 600 ℃ with the lowest ignition time. The aluminum composite with a fire retardant core had a minimum ignition time with a heat flux of 54.2 kW/m^2 at 750 ℃, while the aluminum composite with a non-combustible core was slightly ignited with a heat flux of 65.7 kW/m^2 at 800℃. The study of fire behavior of aluminum composite by heat gun, the composite panel was set in a vertical alignment and fired by heat gun for 10 minutes. If the sample core did not change, it was concluded that it was not combustible. However, if the aluminum panel of both sides were melted before 10 minutes, the heating was over and let the fire extinguish by itself. All experiments were performed at least twice. The aluminum composite with a polyethylene core showed the most physical change. The polyethylene core melted, ignited and flowed down within 3 minutes. The fire retardant core was ignited and continuously burnt until it became a black charcoal. While the non-combustible core was slightly ignited but the change in the physical properties was observed.

Keywords: Aluminum composite, Polyethylene core, Fire retardant core, Non-combustible core

1. บทนำ

จากเหตุการณ์การเพลิงไหม้ที่อาคารเกรนเฟลล์ ทาวเวอร์ ประเทศอังกฤษเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2560 พบว่าอาคารหลังดังกล่าวมีการตกแต่งด้วยอะลูมิเนียมคอมโพสิตที่ผิวด้านนอกของอาคาร ซึ่งมีส่วนประกอบของวัสดุที่ติดไฟได้ง่าย เมื่อติดไฟแล้วมีการลุกลามอย่างรวดเร็ว ให้ความร้อนสูง ควันที่เกิดจากการเผาไหม้มีสารพิษมาก เนื่องจากมีส่วนประกอบของพอลิเอทิลีน หากพอลิเอทิลีนถูกเผาไหม้ก็จะติดไฟ และปล่อยก๊าซพิษที่มีผลต่อการหายใจ การนำมาใช้งานจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้งานอาคาร

เมื่อประมาณ 10 กว่าปีมาแล้ว ได้มีการนำแผ่นอะลูมิเนียมคอมโพสิตมาใช้เป็นผนังภายนอกของอาคารสูงในประเทศไทย นับเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างสูง มีการขยายตัวของตลาดสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว [1] แนวโน้มการใช้งานได้ขยายตัวจากอาคารสูง หรืออาคารสาธารณะที่มีมาตรฐานการออกแบบและการก่อสร้างที่ดีไปสู่อาคารประเภทอื่น และโครงการขนาดเล็ก การนำแผ่นอะลูมิเนียมคอมโพสิตมาใช้กับอาคารของประเทศไทยในปัจจุบัน พบเห็นได้โดยทั่วไป มีแนวโน้มการเติบโตของอาคารที่ตกแต่งด้วยอะลูมิเนียมคอมโพสิตสูงขึ้นเรื่อยๆ เพราะไม่เพียงแต่นำอะลูมิเนียมคอมโพสิตมาใช้ห่อหุ้มด้านนอกอาคารเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังนำมาใช้ห่อหุ้มโครงสร้างโดยทั่วไป ทั้งโครงสร้างหลังคา ป้ายโฆษณาสินค้า หรือแม้แต่ผนังด้านในของอาคาร เพื่อสร้างความสวยงามโดดเด่นแก่อาคาร

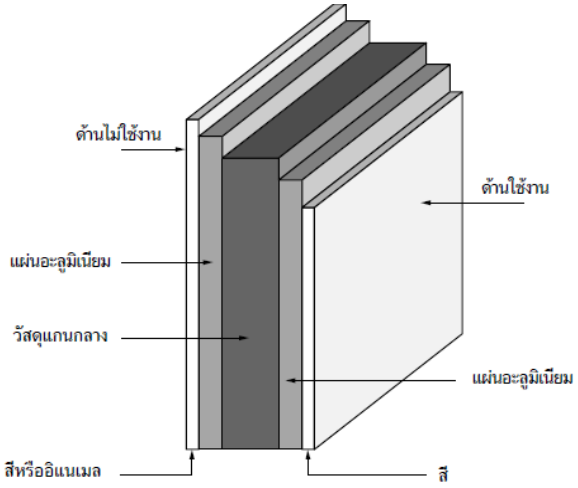
ลักษณะการใช้งานตกแต่งอาคารภายนอกเช่น ผนังตัวอาคาร กันสาดหน้าอาคาร ตกแต่งภายใน เช่น หุ้มเสา หุ้มคาน และตกแต่งฝ้าเพดานดังรูปที่ 1 ตกแต่งอาคารเก่าให้โดดเด่นทันสมัย ในระยะเวลาอันสั้น

อะลูมิเนียมคอมโพสิตมีข้อดีมากมาย ทั้งด้านพลังงาน ด้านงบประมาณ แต่อย่างไรก็ดี แท้จริงแล้ว อะลูมิเนียมคอมโพสิตที่นิยมใช้กันนั้นคาดว่ามีอันตรายมาก หากเกิดอัคคีภัย จะปล่อยก๊าซที่เป็นพิษออกมาหลายชนิดเช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



รูปที่ 1 การนำอะลูมิเนียมคอมโพสิตมาตกแต่งอาคาร

อะลูมิเนียมคอมโพสิต หมายถึงแผ่นประกอบที่มีแผ่นอะลูมิเนียมประกบอยู่ภายนอกทั้ง 2 ด้านติดแน่นอยู่กับวัสดุแกนกลาง ซึ่งแผ่นอะลูมิเนียมที่ประกบอยู่ด้านหนึ่งเป็นด้านใช้งาน อีกด้านหนึ่งเป็นด้านไม่ใช้งาน แผ่นอะลูมิเนียมที่เป็นด้านใช้งานมีความหนาไม่น้อยกว่าด้านไม่ใช้งานและผิวภายนอกเคลือบด้วยสี ส่วนด้านไม่ใช้งานเคลือบด้วยสีหรืออิแนเมล (enamel) มีทั้งชนิดที่ใช้งานภายในอาคาร และชนิดที่ใช้งานภายนอกอาคาร [2] แผ่นอะลูมิเนียมคอมโพสิตที่นำมาใช้ในงาน โดยทั่วไปมีลักษณะดังรูปที่ 2 วัสดุแกนกลางหรือไส้กลางมีหลายแบบ ในงานวิจัยนี้ศึกษาการจุดติดไฟของไส้กลาง 3 ชนิดได้แก่ไส้กลางพอลิเอทิลีน ไส้กลางไม่ลามไฟ และไส้กลางสารไม่ติดไฟ เพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยงด้านอัคคีภัยของอาคารที่ตกแต่งด้วยวัสดุคอมโพสิตดังกล่าว



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของอะลูมิเนียมคอมโพสิต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมด้านอัคคีภัยของผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมคอมโพสิตที่มีไส้กลางพอลิเอทิลีน ไส้กลางไม่ลามไฟ และไส้กลางไม่ติดไฟ
2. เพื่อศึกษาความเสี่ยงการใช้งานวัสดุอะลูมิเนียมคอมโพสิตตกแต่งอาคารหากเกิดอัคคีภัย
3. เพื่อกำหนดเงื่อนไขการใช้งานอะลูมิเนียมคอมโพสิตตกแต่งอาคารเพื่อลดความเสี่ยง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 แผ่นอะลูมิเนียมคอมโพสิต

อะลูมิเนียมคอมโพสิตสำหรับการทดสอบได้แก่ อะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางพอลิเอทิลีน หนา 4 มม. ขนาด 7x7 ซม. อะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางไม่ลามไฟ หนา 4 มม. ขนาด 7x7 ซม. และอะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางไม่ติดไฟ หนา 4 มม. ขนาด 7x7 ซม.

2.1.1 อะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางพอลิเอทิลีน

ทนความร้อนได้พอประมาณและเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี

2.1.2 อะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางไม่ลามไฟ

สามารถทนไฟได้นานไม่น้อยกว่า 60 นาที เป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ ประเภทอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์หรือแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับสารประกอบพอลิเมอร์ เช่น พอลิเอทิลีน [2]

2.1.3 อะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางไม่ติดไฟ

สามารถทนไฟได้นานไม่น้อยกว่า 60 นาที เป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ เช่น ยิปซัม ซีเมนต์ผง

2.2 อุปกรณ์ทดสอบการจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิต

อุปกรณ์การทดสอบมี 2 แบบได้แก่ โคนแคลอริมิเตอร์และอุปกรณ์ที่ทดสอบด้วยปืนความร้อน

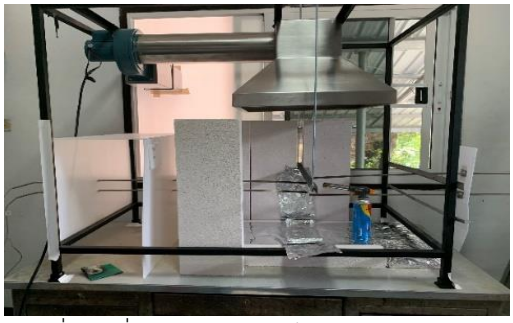
2.2.1 อุปกรณ์ทดสอบด้วยเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์

อุปกรณ์ประกอบด้วยเครื่อง Cone Calorimeter เครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมอุปกรณ์ กล้องบันทึกภาพ นาฬิกาจับเวลา เครื่องชั่งน้ำหนัก และเวอร์เนียคาลิปเปอร์

2.2.2 อุปกรณ์ทดสอบด้วยปืนความร้อน

อุปกรณ์ประกอบด้วย เทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด K เครื่องบันทึกอุณหภูมิ กล้องบันทึกภาพ แก๊สกระป๋องชนิดบิวเทน

100% หัวจุดแก๊ส อุปกรณ์จับยึดชิ้นทดสอบ ลักษณะแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องทดสอบการติดไฟด้วยปืนความร้อน

2.2 วิธีการทดสอบ

2.2.1 ทดสอบการจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิตด้วยเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์

เริ่มจากตั้งอุณหภูมิที่เครื่องโคนแคลอริมิเตอร์ให้ได้ตามที่ต้องการ ระหว่างนี้แผงบังกรวยขดลวดต้องปิด หัวจุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งปิด จากนั้นชั่งน้ำหนักถาดเปล่า เซ็ทค่าเป็น 0 ยกลงจากเครื่องชั่ง นำแผ่นทดสอบที่ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ทุกด้าน วางบนถาดทดสอบแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักแล้วยกลงจากเครื่องชั่ง เมื่อเครื่องทำอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งค่าไว้แล้ว ทำการวัดฟลักซ์ความร้อน โดยนำเครื่องวัดฟลักซ์ความร้อนเสียบไปที่ตำแหน่งวัด เปิดฝาบังกรวยความร้อนออก รอจนข้อมูลนิ่งแล้วบันทึกค่าที่ได้ ปิดฝาบังกรวยความร้อน นำเครื่องวัดฟลักซ์ออก วางถาดที่มีแผ่นทดสอบบนเครื่องชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เปิดโปรแกรมแล้วกรอกค่าต่างๆในโปรแกรม ได้แก่ น้ำหนักของชิ้นทดสอบ พื้นที่หน้าตัด ความหนาแผ่นทดสอบ และฟลักซ์ความร้อน เมื่อครบถ้วนแล้วกดปุ่ม start test รอเครื่อง set ค่าจะนับถอยหลัง 60 วินาที เปิดหัวจุดระเบิด เมื่อครบเวลานับถอยหลังกดปุ่ม start พร้อมเปิดฝาบังกรวยความร้อน แล้วบันทึกค่าต่างๆ ได้แก่ เวลาที่หน้าสีลุกติดไฟ แผ่นทดสอบที่นำมาใช้เคลือบด้วยสี PVDE สามารถลุกติดไฟได้ เวลาที่แผ่นทดสอบลุกติดไฟ เมื่อแผ่นทดสอบลุกติดไฟให้ปิดหัวจุดระเบิดทันที หากครบ 60 วินาทีเปลวไฟยังไม่ดับ ถือว่าชิ้นทดสอบลุกติดไฟให้ดำเนินการต่อ

เวลาที่เปลวไฟดับ หากเกิดเปลวไฟขึ้นแล้วปิดหัวจุดระเบิดแล้ว ไฟดับก่อนครบ 60 วินาที ให้นำหัวจุดระเบิดวางในตำแหน่งเพื่อการจุดระเบิดอีกครั้ง ให้เปิดหัวจุดระเบิด ถ้าเกิดประกายไฟแล้วเปลวไฟดับลงอีก ให้ยกเลิกการทดสอบนั้น แล้วทำการทดสอบครั้งใหม่ โดยเปิดหัวจุดระเบิดตลอดช่วงเวลาการทดสอบ แล้วบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อครบกำหนดเวลาทดสอบ 60 นาที หรือหลังจากแผ่นทดสอบลุกติดไฟ 100 วินาที ให้กดปุ่มหยุดทดสอบ ลดอุณหภูมิที่เครื่องโคน ปิดฝาบังกรวยความร้อนแล้วยกถาดชิ้นทดสอบออกจากเครื่องชั่งน้ำหนัก หากครบกำหนดเวลา 60 นาที ไม่เกิดการจุดติดไฟให้ถือว่าชิ้นทดสอบไม่ติดไฟ นำชิ้นทดสอบออกจากถาดเครื่องชั่งน้ำหนัก ยกเว้นชิ้นทดสอบแสดงสัญญาณบางอย่างว่าเกิดการเผาไหม้ขึ้น ทำการถ่ายรูป และเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผ่นทดสอบ เช่น การขยายตัวของแผ่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่าง เป็นต้น ทำการทดลองซ้ำจนครบอุณหภูมิที่ต้องการ และครบจำนวนชิ้นทดสอบที่ต้องการ

2.2.2 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเมื่อเกิดอัคคีภัยของอะลูมิเนียมคอมโพสิตด้วยปืนความร้อน

นำแผ่นอะลูมิเนียมคอมโพสิตที่เจาะรูแล้ว ติดตั้งบนตัวจับ ให้ขอบบนของแผ่นอยู่ห่างจากพื้นประมาณ 36 เซนติเมตร หรือกึ่งกลางแผ่นทดสอบอยู่ตรงหัวจุดแก๊ส นำแก๊สกระป๋องติดตั้งกับหัวจุดแก๊ส แล้วเกิดแก๊สให้ได้ตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ เพื่อให้ปริมาณแก๊สที่ออกมาเท่ากันทุกการทดลอง วางกระป๋องแก๊สในตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ โดยให้ปลายหัวจุดแก๊สห่างจากแผ่นทดสอบประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วเปิดหัวจุดแก๊ส ทำการบันทึกเวลาการจุดติดไฟ ให้เริ่มจับเวลาทันทีที่จุดแก๊ส บันทึกเวลาและอุณหภูมิทุกๆ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่ เวลาที่เกิดการขยายตัวของไส้กลาง การเกิดควัน การเกิดประกายไฟ และเมื่อเปลวไฟลุกไหม้ บันทึกเวลาการจุดติดไฟ แล้วบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น หลังชิ้นทดสอบเผาไหม้ไปแล้ว 10 นาที หรือแผ่นอลูมิเนียมทะลุ ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ให้ปิดแก๊ส บันทึกผลการทดสอบ จากนั้นปล่อยชิ้นทดสอบให้เย็นลงหรือประมาณ 10 นาที แล้วถ่ายรูปบันทึกผลอีกครั้ง นำชิ้นทดสอบออกจากตัวจับยึด บันทึกผลที่ได้ ทั้งอุณหภูมิที่วัดได้และการเปลี่ยนแปลงของชิ้นทดสอบที่เกิดขึ้น ทำการทดลองต่อไปจนครบทุกชิ้นทดสอบ และทุกการทดสอบจะเปลี่ยน

แก๊สกระป๋องใหม่ทุกครั้ง ป้องกันปัญหาไฟไม่แรงเท่ากันและป้องกันแก๊สหมดระหว่างการทดลอง ในการทดสอบการจุดติดไฟ ถ้าไม่เกิดการจุดติดไฟภายใน 10 นาที ให้ถือว่าชิ้นทดสอบไม่ติดไฟ สุดท้ายนำชิ้นทดสอบออกจากตัวจับ

3. ผลและวิจารณ์

3.1 ผลทดสอบการจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิตด้วยเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์

3.1.1 เวลาการจุดติดไฟ

เวลาการจุดติดไฟ (Ignition Time, t_{ig}) หมายถึงเวลาที่ชิ้นทดสอบเริ่มได้รับฟลักซ์ตกกระทบจากแผงโคนความร้อนจนกระทั่งชิ้นทดสอบลุกติดไฟ [3]

3.1.1.1 เวลาการจุดติดไฟของไส้กลางพอลิเอทิลีน

เวลาจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางพอลิเอทิลีนที่ฟลักซ์ความร้อนที่ต่ำที่สุดที่ทำให้วัตถุลุกติดไฟ หรือที่เรียกกันว่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตคือ 32.2 kW/m^2 ที่เวลา 2,071 วินาที เวลาที่ทำให้วัตถุลุกติดไฟเร็วที่สุดคือ 327 วินาที ที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 48.5 kW/m^2

3.1.1.2 เวลาการจุดติดไฟของไส้กลางไม่ลามไฟ

เวลาจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางไม่ลามไฟที่ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตคือ 54.2 kW/m^2 ที่เวลา 236 วินาที โดยไส้กลางไม่ลามไฟนี้มีฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสูงกว่าของไส้กลางพอลิเอทิลีน เนื่องจากไส้กลางไม่ลามไฟนี้ได้มีส่วนผสมของสารหน่วงไฟทำให้จุดติดไฟได้ยากกว่า และมีแนวโน้มเมื่อฟลักซ์ความร้อนสูงขึ้น เวลาจุดติดไฟลดลงเช่นเดียวกับของไส้กลางพอลิเอทิลีน แต่พบว่าที่ ฟลักซ์ความร้อน 64.1 kW/m^2 กลับมีการใช้เวลานานที่สุดที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟ และนานกว่าเวลาของฟลักซ์ความร้อนวิกฤต ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการผสมสารหน่วงไฟในไส้กลางนั้นอาจไม่สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน และอาจมีสารหน่วงไฟมากกว่าชิ้นงานอื่น ทำให้ชิ้นงานที่ทดสอบที่ฟลักซ์ความร้อน 64.1 kW/m^2 นั้นจุดติดไฟช้ากว่าที่ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต

3.1.1.3 เวลาการจุดติดไฟของไส้กลางไม่ติดไฟ

เวลาจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางไม่ติดไฟไม่สามารถหาค่าฟลักซ์ความร้อนได้จากเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์ เนื่องจากมีข้อจำกัดของเครื่องที่ไม่สามารถทำอุณหภูมิได้ตามที่ระบุไว้ใน มอก.2314 อ้างอิงตาม ASTM E.119 ที่การทดสอบ 1 ชั่วโมงต้องมีอุณหภูมิ 927 ℃ ทำให้ได้รับการทดสอบที่ฟลักซ์ความร้อนสูงสุด 65.7 kW/m^2 แต่ไม่เกิดการลุกติดไฟของวัสดุในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว

3.1.2 อุณหภูมิการจุดติดไฟแบบ Piloted (Piloted Ignition Temperature, T_{ig})

3.1.2.1 อุณหภูมิการจุดติดไฟของไส้กลางพอลิเอทิลีน

อะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางพอลิเอทิลีน มีค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุดที่ทำให้ติดไฟ 32.2 kW/m^2 ที่อุณหภูมิ 600 ℃

3.1.2.2 อุณหภูมิการจุดติดไฟของไส้กลางไม่ลามไฟ

อะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางไม่ลามไฟ มีค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุดที่ทำให้ติดไฟ 54.2 kW/m^2 ที่อุณหภูมิ 750 ℃

3.1.2.3 อุณหภูมิการจุดติดไฟของไส้กลางไม่ติดไฟ

อะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางไม่ติดไฟ ไม่สามารถหาค่าฟลักซ์ความร้อนได้จากเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์ เนื่องจากข้อจำกัดที่เครื่องไม่สามารถทำอุณหภูมิได้ถึง 927 ℃ ตามที่ระบุไว้ใน มยผ.2314 ที่อ้างอิงตาม ASTM E.119 ที่การทดสอบ 1 ชั่วโมงต้องมีอุณหภูมิ 927 ℃ ทำให้ได้รับการทดสอบอุณหภูมิสูงสุดที่ 800 ℃ แต่ไม่เกิดการลุกติดไฟของวัสดุในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว

3.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเมื่อเกิดอัคคีภัยของอะลูมิเนียมคอมโพสิตด้วยปืนความร้อน

3.2.1 พฤติกรรมไส้กลางพอลิเอทิลีน

การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามเวลาของอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางพอลิเอทิลีน โดยการจุดติดไฟในแนวดิ่งด้วยปืนความร้อน สังเกตได้ว่าเมื่อแผ่นทดสอบได้รับความร้อนจากเปลวไฟที่ระยะห่างระหว่างหัวจุดแก๊สกระป๋องกับแผ่นทดสอบ 5 เซนติเมตร เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เพียง 4-5 วินาที สีก็เริ่มพอง ต่อมาภายในระยะเวลาไม่ถึง 1 นาที อะลูมิเนียมที่ประกบด้านหน้าถูกหลอมละลาย ทำให้เปลวไฟเริ่มสัมผัสกับไส้กลาง ทำให้ไส้กลางเสียรูป ลุกติดไฟและเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง จนไหลลงจากแผ่นอะลูมิเนียมที่ประกบไว้จนเกือบหมด เมื่อปราศจากไส้กลาง แผ่นอะลูมิเนียมที่ประกบอยู่ด้านหลังได้รับความร้อนอย่างเต็มที่ ก็หลอมละลายไป

เช่นเดียวกับแผ่นอะลูมิเนียมด้านหน้า เมื่อไส้กลางที่ทำจากพลาสติกพอลิเอทิลีนได้รับความร้อนจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และจากของเหลวบางส่วนกลายเป็นไอ เมื่อไอนี้จุดติดไฟทำให้ได้แก๊สบางชนิดที่มีกลิ่นเหม็นออกมา นอกเหนือจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ และน้ำที่ได้จากการเผาไหม้สารไฮโดรคาร์บอน พอลิเอทิลีนเหลวจะไหลออกมาตามแรงโน้มถ่วงอย่างต่อเนื่อง และติดไฟได้ เมื่อหยดลงพื้นมีการเผาไหม้ต่อที่พื้นไปเรื่อยๆ จนหมด ไฟจึงดับลง ไฟที่ลุกไหม้ที่พื้นจะดับช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับหน้าตัดพื้นที่สัมผัสอากาศ ยิ่งพื้นที่สัมผัสมากแก๊สจะเผาไหม้ได้เร็ว ไฟยิ่งดับเร็วขึ้น เมื่อชิ้นทดสอบเย็นตัวพบว่าไส้กลางที่อยู่ระหว่างแผ่นอลูมิเนียมละลายหายออกไปจนเกือบหมด มีอุณหภูมิที่ขอบแผ่นด้านหน้าสูงสุด 478.7 ℃ อุณหภูมิด้านหลังแผ่นสูงสุด 280 ℃

3.2.2 พฤติกรรมไส้กลางไม่ลามไฟ

การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามเวลาของอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางไม่ลามไฟ โดยการจุดติดไฟในแนวดิ่ง พบว่าเวลาที่เกิดเหตุการณ์ต่างๆขึ้น มีความใกล้เคียงสอดคล้องกันมากในการทดสอบทั้ง 4 ครั้ง เริ่มต้นจุดไฟได้ไม่นานหน้าสีเริ่มพองและเริ่มเผาไหม้ ไส้กลางค่อยๆ พองขยายตัว ใช้เวลาประมาณ 1 นาที อะลูมิเนียมด้านหน้าก็หลอมละลาย ซึ่งมีลักษณะคล้ายแผ่นทองคำเปลวหลุดล่อนออก ทำให้เปลวไฟสัมผัสกับไส้กลางโดยตรง ไส้กลางที่พองเปลี่ยนเป็นสีดำลักษณะคล้ายถ่าน ไส้กลางด้านข้างแผ่นเริ่มเดือดเกิดควันจำนวนมากคลุ้งไปทั่วบริเวณ และเกิดการลุกติดไฟในที่สุด ระยะเวลาจุดติดไฟจนกระทั่งไฟไหม้ลามที่ด้านข้างแผ่นใช้เวลาประมาณ 3 นาที แต่ไฟที่ลุกไหม้ข้างแผ่นจะไหม้ต่อเนื่องประมาณ 6 นาทีหากได้รับความร้อนต่อเนื่อง เมื่อครบ 10 นาทีได้ปิดแก๊สกระป๋องพบว่าไฟไหม้ต่อเนื่องอีกประมาณ 7-10 วินาทีก่อนจะดับลง แผ่นอะลูมิเนียมด้านหลังไม่มีการเปลี่ยนสภาพ มีอุณหภูมิที่ขอบแผ่นด้านหน้าสูงสุด 577 ℃ อุณหภูมิด้านหลังแผ่นสูงสุด 105 ℃

3.2.3 พฤติกรรมไส้กลางไม่ติดไฟ

การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามเวลาของอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางไม่ติดไฟ โดยการจุดติดไฟในแนวดิ่ง พบว่าเมื่อเริ่มจุดไฟประมาณ 4-5 วินาทีสีเริ่มพองและเผาไหม้ลอกออกจนเปลวไฟสัมผัสแผ่นอะลูมิเนียมที่ประกบอยู่ด้านหน้า มีการหลอมละลายหายไปของแผ่นอลูมิเนียมด้านหน้า ไส้กลางสามารถลุกติดไฟได้แต่ในปริมาณที่น้อยเนื่องจากมีส่วนผสมของสารไม่ติดไฟปริมาณมากกว่าสารที่ติดไฟได้ เมื่ออะลูมิเนียมเริ่มละลายไส้กลางที่โดนเปลวไฟพองออกมามีลักษณะคล้ายกับปูนซีเมนต์ แห้งและกรอบ ไส้กลางรอบๆ แผ่นหดตัวจนแห้ง ทำให้แผ่นอะลูมิเนียมที่ประกบไว้แยกออกจากไส้กลางอย่างชัดเจน วัสดุประสานเดือดมีควันออกมา ในบางครั้งมีเปลวไฟลามออกมา แต่ไม่ได้ลุกไหม้รุนแรง หากไปโดนก็กะเทาะออกมาทันที มีอุณหภูมิที่ขอบแผ่นด้านหน้าสูงสุด 335.4 ℃ อุณหภูมิด้านหลังแผ่นสูงสุด 163 ℃ เมื่อครบ 10 นาทีปิดไฟ ไม่พบว่ามีเปลวไฟลุกไหม้หลังจากนั้น

3.3 การประเมินความเสี่ยงด้านอัคคีภัย

เงื่อนไขการใช้งานอะลูมิเนียมคอมโพสิตตกแต่งอาคารเพื่อลดความเสี่ยง

3.3.1 ชนิดของอาคาร

การนำอะลูมิเนียมคอมโพสิตมาใช้งานกับโรงพยาบาลหรือสถานบริการด้านสุขภาพ ควรเลือกใช้แบบไม่ติดไฟเท่านั้น เพราะในอาคารบางครั้งมีผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ การอพยพทำได้ยาก การใช้ไส้กลางพอลิเอทิลีนเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงอย่างยิ่ง เนื่องมาจากเหตุผลด้านความรุนแรงของการไหม้ไฟ ส่วนไส้กลางแบบไม่ลามไฟถึงแม้จะไม่ทำให้เกิดไฟไหม้รุนแรงเท่าไส้กลางพอลิเอทิลีน แต่ความอันตรายที่เกิดจากควันพิษก็เป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงไส้กลางนี้เช่นกัน

อาคารห้างสรรพสินค้า โรงหนัง หรืออาคารศูนย์ประชุม เป็นอาคารที่ควรหลีกเลี่ยงการนำอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้พอลิเอทิลีนมาใช้ ด้วยเหตุผลต่างๆ ข้างต้น อาคารบางแห่งต้องการความโดดเด่นมีเอกลักษณ์ อาจมีการนำอะลูมิเนียมคอมโพสิตแบบฉลุลาย มาใช้ซึ่งอาจเพิ่มโอกาสที่เพลิงไหม้จะลุกลามได้เร็วขึ้น หรือในบางครั้งอาคารเหล่านี้ที่มักจะตั้งอยู่กลางเมือง ถนนหรือซอยเข้ามักมีความคับแคบเกินกว่าที่รถดับเพลิงขนาดใหญ่ กำลังการดับไฟสูงๆจะเข้าถึงได้ [4] จึงไม่เหมาะสมกับการนำไส้พอลิเอทิลีนหรือไส้กลางไม่ลามไฟที่มีปริมาณควันสูงมาใช้

3.3.2 ความสูงของการติดตั้งภายนอกอาคาร

เมื่อเกิดไฟไหม้อาคาร รถหอน้ำดับเพลิงในประเทศไทยสามารถดับไฟได้สูงสุดที่ 90 เมตร [5] อาคารที่มีความสูงไม่เกิน 90 เมตร ควรเลือกใช้แผ่นอะลูมิเนียมคอมโพสิตที่เป็นไส้กลางแบบไม่ลามไฟ แต่จะเกิดควันในปริมาณมาก เนื่องจากใช้ภายนอกอาคารจึงไม่ค่อยมีผลกระทบต่อการอพยพหนีไฟ ทั้งนี้ต้องหาวิธีการควบคุมและแก้ไขไม่ให้เกิดการลุกลามเกินกว่าที่จะสามารถดับเพลิงได้ หรืออาจเลือกไส้กลางไม่ติดไฟมาใช้งาน เพราะมีข้อดีคือมีความเสี่ยงน้อยที่จะถูกเผาไหม้และไม่ค่อยเกิดควัน แต่ในด้านความคุ้มค่าด้านการลงทุน ก็อาจต้องจ่าย 2,850 บาท/ตร.ม. แพงกว่าอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางไม่ลามไฟที่ราคาจำหน่าย 1,650 บาท/ตร.ม. ส่วนอะลูมิเนียมคอมโพสิตไส้กลางพอลิเอทิลีนที่มีราคาจำหน่าย 1,550 บาท/ตร.ม. นั้นเหมาะกับการนำมาใช้ภายนอกอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 3-4 ชั้น เพื่อจำกัดไม่ให้มีการลุกไหม้ของไฟในปริมาณที่มากเกินไปและอยู่ในวิถีที่รถดับเพลิงขนาดเล็กสามารถจัดการได้ อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 90 เมตรขึ้นไปควรใช้แผ่นคอมโพสิตชนิดไม่ติดไฟ

4. สรุป

4.1 การทดสอบการจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิตด้วยเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์

จากการทดสอบการจุดติดไฟของอะลูมิเนียมคอมโพสิตด้วยการนำ (Piloted Ignition) พบว่า อะลูมิเนียมคอมโพสิตที่นำมาทดสอบมีค่าฟลักซ์ความร้อนและอุณหภูมิจุดติดไฟน้อยที่สุดคืออะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางพอลิเอทิลีนมีค่า ฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุดที่ทำให้ติดไฟ 32.2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิ 600 °C น้อยกว่าอะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางไม่ลามไฟ มีค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุดที่ทำให้ติดไฟ 54.2 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิ 750 °C และน้อยกว่าอะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางไม่ติดไฟ ที่ไม่ติดไฟที่อุณหภูมิ 800 °C ที่ค่าฟลักซ์ความร้อน 65.7 kW/m^2

ไส้กลางพอลิเอทิลีน < ไส้กลางไม่ลามไฟ < ไส้กลางไม่ติดไฟ

32.2 kW/m^2	54.2 kW/m^2	65.7 kW/m^2
(600 °C)	(750 °C)	(800 °C)

4.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเมื่อเกิดอัคคีภัยของอะลูมิเนียมคอมโพสิตด้วยปืนความร้อน

อะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางพอลิเอทิลีน มีการหลอมละลายหายไปของแผ่นอะลูมิเนียมด้านหน้าและด้านหลัง ไส้กลางถูกเผาไหม้หลอมละลายตกลงที่พื้น และเผาไหม้ลุกติดไฟ

อะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางไม่ลามไฟ มีการหลอมละลายหายไปของแผ่นอะลูมิเนียมด้านหน้า ไส้กลางสามารถลุกติดไฟได้ แต่กลายเป็นถ่านและขยายพองตัวเมื่อได้รับความร้อน ก่อนที่ไส้กลางจะลุกติดไฟจะเกิดควันที่มีกลิ่นเหม็นปริมาณมาก แผ่นอะลูมิเนียมด้านหลังไม่มีการเปลี่ยนสภาพ

อะลูมิเนียมคอมโพสิตชนิดไส้กลางไม่ติดไฟ มีการหลอมละลายหายไปของแผ่นอลูมิเนียมด้านหน้า ไส้กลางสามารถลุกติดไฟได้แต่ในปริมาณที่น้อย มีการหดตัว ลักษณะคล้ายซีเมนต์ แห้งและกรอบ อะลูมิเนียมที่ประกบไว้แยกออกจากไส้กลางอย่างชัดเจน

4.3 การประเมินความเสี่ยงด้านอัคคีภัย

ความเสี่ยงการใช้ไส้กลางแต่ละชนิดนั้นขึ้นกับชนิดของอาคาร รวมทั้งความสูงของการติดตั้งภายนอกอาคาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐศักดิ์ บุญมี ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ห้องทดสอบการจุดติดไฟด้วยเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์ และคุณพินิจสันต์ อมรชมชูพงษ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ชิ้นตัวอย่างทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. 2547. สถานการณ์ของการใช้ผนังอะลูมิเนียมคอมโพสิตในประเทศไทย. หน้าจั่ว ปีการศึกษา 2547-2548 (21): 103-110.

[2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2550. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นผนังอะลูมิเนียม. มอก.2314-2549.

[3] สุริยา จันทร์เกษม. 2554. การศึกษาเชิงทดลองการจุดติดไฟแบบ Piloted ของผลิตภัณฑ์ไม้ในเครื่องโคนแคลอริมิเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] Kittikom. 2559. รถดับเพลิงในไทยช่วยผู้ประสบอัคคีภัยบนอาคารสูงได้แค่ไหนกัน?. แหล่งที่มา: https://www.ddproperty.com/ข่าวอสังหาริมทรัพย์-บทความ/2016/2/117635/รถดับเพลิงในไทยช่วยผู้, 23 พฤษภาคม 2563.

[5] สถานีดับเพลิงสามเสน. 2558. รถหอน้ำดับเพลิง ขนาดสูง 90 เมตร แหล่งที่มา: http://www.samsenfire.com/carbfire/carfire_rescue/bronto_300.html, 15 กุมภาพันธ์ 2563.

ID093

Deformation behavior of soft Kaolin clays under cyclic loadings

Paritta Suphakowit[1]* and Pongpipat Anantansakul[2]
[1]Department of Civil and Environmental Engineering, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand
[2]Department of Civil and Environmental Engineering, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand
*E-mail: paritta.sup@student.mahidol.com

Abstract

With the intention to grasp the mechanical behaviors of soft clay subjected to repeated loads identically in-situ, this study was performed the undrained cyclic triaxial tests on normally consolidated kaolin clay, MH (categorized according to the Unified Soil Classification Systems) under cyclic frequency of 0.05 Hz and 10,000 cycles. The accumulated axial strain, and time were monitored during conducting the tests. It is known that the accumulated axial strain developed with number of loading cycles and increase until the specimen fails. The obtained experimental results have devoted to confirm this fact and pointing out where those past ideas be suited to the further studied. This paper also considers the relationship between the accumulative plastic strain and incremental per cycle (IPC) of axial strain, the hysteretic loop response for each typical cyclic stress ratio (β) and an application of Shakedown theory.

Keywords: Deformation, undrained triaxial test, axial strain, cyclic loading, loading cycles.

1. Introduction

Cyclic loadings is the applied forces or stresses on amplitude repeatedly. The soils subjected to cyclic loadings experiences from many seismic effects such as transport infrastructures, industrial sources, earthquakes, wind, or wave actions. The forces acting on the structures is passed on from foundations to soils. Accordingly, its impact may cause large deformations, terrific issues to foundation structures, and human life. Previous studies by [1], [2], [3], [4], [5], and [6] have clearly demonstrated that cyclic loadings can reduce the soil strength depending on stress history, drainage conditions, the number of loading cycles, and amplitude. [2] affirmed that the stress history is one of the significance factors influenced the cyclic strain, particularly clays. Andersen's research [6] on the cyclic shear strength on normally consolidated Drammen clay had defined failure as the number of cycles to a function of average and cyclic shear stresses. The failure mode subjected to large permanent shear strains. [7] had defined failure as a critical range of cyclic shear stress between 75 and 80 per cent of the undrained shear strength, below this range did not cause failure. However, the failure conditions remains unclear, though and the threshold stress required to be distinguished. This research is, therefore, devoted to confirm through the studies cited above and fill in the incomplete parts. The intersection of the range of cyclic shear stress have distinguished in term of cyclic stress ratio (β). A series of the undrained cyclic triaxial test

on the reconstituted soil samples were performed in order to clarify the failure behavior of clay with varying stress cyclic stress ratio (β). The development of plastic strain after a number of cycles were respectively discussed by shakedown approach based on the incremental per cycle (IPC) of axial strain.

2. The material used and procedure

The material soil used in this experimental study were ball clay originally supplied from Mae Ta, Lampang, Thailand. The installment of it is approximately 74% clay and 26% silt. According to the Unified Soil Classification Systems, [8], the ball clay was classified with a group name: "Silt with high liquid limit" and symbol: MH. The physical property of the material soil used; Atterberg limits, and the specific gravity were determined following the standard ASTM D 4318-10 (2010) [9] respectively. Table 1 list the index laboratory-determined properties of the soil used. The raw material soils were oven-dried at 110 °C for 24 hours and then were ground into powder before mixed with water to serve the uniformity of the undisturbed soil samples. The soil samples were reconstituted from a slurry consolidation method, conventional method for the laboratory testing. The specimens were then kept in the container humidity control. The cylindrical soil specimens for conventional triaxial tests have a 2:1 height to diameter ratio. In such a way, the specimens in this experimental program were designed as 50 mm in diameter and 100 mm in height. After the procedure of initial preparation, the specimens can be achieved fully saturated, consolidated, and sheared within the same position, the triaxial chamber. During the shear stage, the frequency of applied cyclic load, was loaded axially at 0.05 Hz with varying the cyclic stress ratio (β) at 0.30, 0.45, 0.6, 0.75 and 0.9 over 10,000 load cycles under undrained conditions. For each typical cyclic stress ratio, this experimental program was designed to press the specimens during shearing by using a pneumatic pressure via the piston rod.

Table 1 The index laboratory-determined properties of the soil used

Soil Properties	MH
Liquid limit	54.5
Plastic limit	35
Plastic index	19.5
Specific gravity	2.64
Water content of sample (%)	38
Void ratio of sample	0.95

3. Test results and analysis

In order to determine any parametric study involved, the specimen firstly be consolidated by being subjected to effective confining pressure of 200 kPa concerned with the behavior of normally consolidated clay. All the control parameters are summarized in Table 2. The hysteretic loop response in the relationship between cyclic deviator stress and axial strain for each typical cyclic stress ratio (β) are shown in Fig. 1. The most extensive cyclic stress ratio in this cyclic triaxial test series ($\beta = 0.90$) indicates that the axial strain was small at the beginning same as the others about 1.5% and the rate of strain became increasing significantly after 100 cycles as shown in Fig.1 (a). Its plastic strain rate at the end of the test is much larger than those of the other tests, which was clearly showed a failure state. The stress-strain data from the test $\beta =$

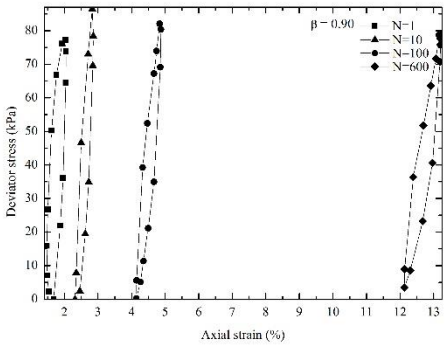
0.75 also indicates that the magnitude of axial strain increases with an increment of a number of cycles but the increment lower than the test $\beta = 0.90$ as shown in Fig.1 (b). The incremental of axial strain from the others $(\beta = 0.30,\ 0.45,\ and\ 0.60)$ also increase but relatively low conformable to the lower stress ratio.

The development of plastic strain after a number of cycles were described by shakedown approach based on the incremental per cycle (IPC) of axial strain. The criterion proposed by [10] as portrayed in Fig. 2 shows the three enunciated patterns of shakedown approach. Type A represents a typical plastic shakedown behavior along with a low cyclic stress ratio. The plastic shakedown describes the stresses applied exceeds the material yield stress, and therefore the material deforms plastically. Type B represents an intermediate cyclic response (term as plastic creep), along with a medium cyclic stress ratio. However, ratcheting happens when the plastic deformation increases significantly, along with a high cyclic stress ratio, unlimited incremental plastic deformation occurs and the material finally fails due to the excessive plastic deformation as demonstrated in type C. Therefore, type B and C should be also avoided. The accumulative plastic strain and incremental per cycle (IPC) of axial strain were used to categorize the shakedown patterns for years [11] and [12] From Fig.3, the IPC of axial strain deformation of the test $\beta = 0.90$ increases rapidly, along with a high cyclic stress ratio. It is obvious that the plastic deformation moves in the similar direction as type C behavior (ratcheting). For the test $\beta = 0.75$, the IPC of axial strain related contrast between failed and stable. The IPC of axial strain occurred at a slower rate in the first few loading cycles but increases thereafter. According to the shakedown interpreted approach, this intermediate behavior is a type B behavior (plastic creep). On the other hand, the test $\beta = 0.30,\ 0.45,\ and\ 0.60$, the IPC of axial strain occurred at a slower rate and fades to a small value at the final part. Consequently this behavior is a type A behavior. Nevertheless, it can be analyzed and interpreted in different ways depending on personal visual observations.

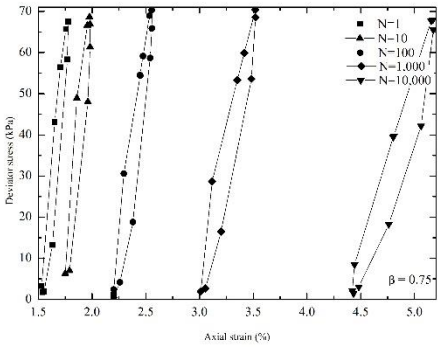
In the same way, Fig.4, graphs of the accumulative plastic strain against the number of load cycles are shown the diversity the three type of shakedown approach in linear (a), semi-log (b), and log coordinate system (c). The deformation behavior of the test $\beta = 0.90$ is obviously shown as the ratcheting behavior. At the final loading cycles, the graph slope too steep compared to the others. While the test $\beta = 0.30,\ 0.45,\ and\ 0.60$, the accumulative plastic strain gradually increase in the first few loading cycles and then the gradual of the plastic strain slope down to a steady-state level that clearly is the plastic shakedown behavior. As a consequence, the test result of the test $\beta = 0.75$, evenly matched between the highest stress ratio and the others, can be interpreted as the plastic creep behavior.

Table 2 The control parameters

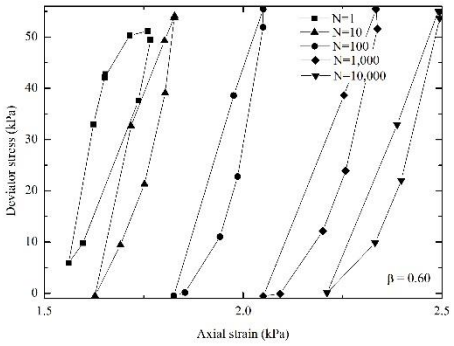
Control Parameters	
Cell pressure, kPa	400
Maximum effective vertical overburden stress, kPa	200
OCR	1
Compressive strengths, kPa	94
Frequency, Hz	0.05



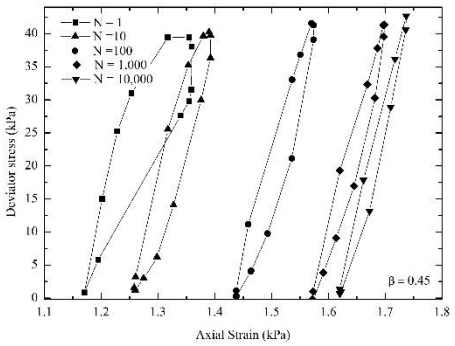
(a)



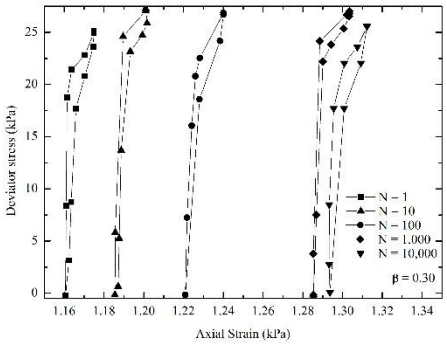
(b)



(c)



(d)



(e)

Figure 1 The hysteretic loop response in the relationship between cyclic deviator stress and accumulative plastic strain for each typical cyclic stress ratio ($\beta = 0.30\ (a), 0.45\ (b), 0.60\ (c), 0.75\ (d), and\ 0.90\ (e)$)

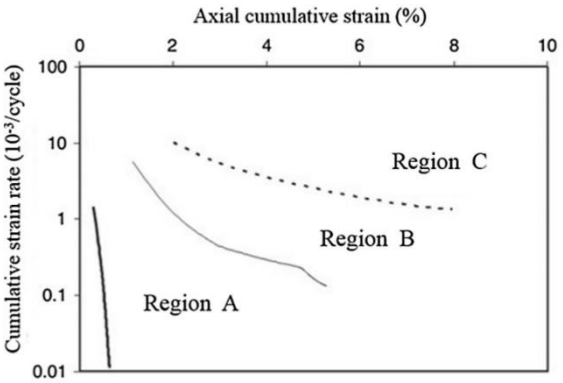


Figure 2 The stage of shakedown behaviors. (Information in

this figure is taken from Xiao et al., (2017).)

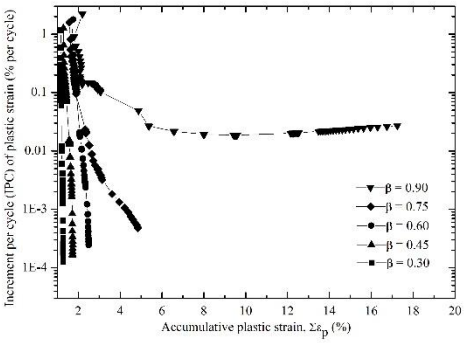
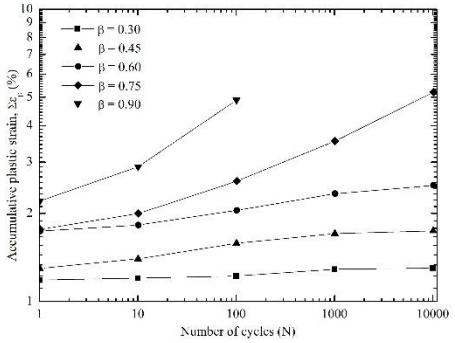
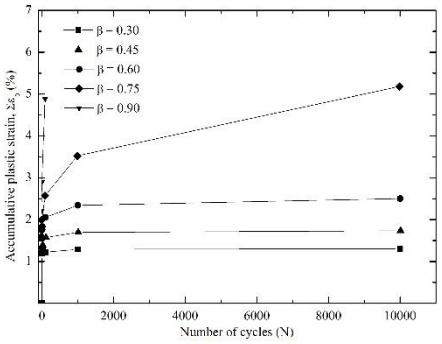


Figure 3 The relationship between increment per cycle (IPC) of plastic strain and accumulative plastic strain

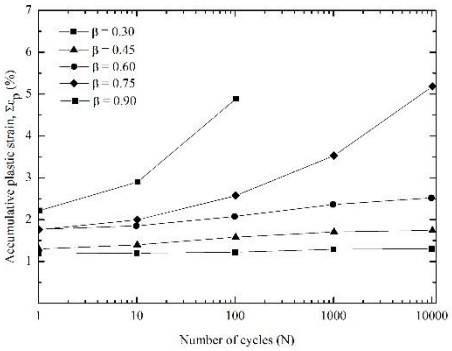


(c)

Figure 4 The relationship between accumulated plastic strain and number of cycles in linear (a), semi-log (b), and log coordinate system (c)



(a)



(b)

4. Conclusions

To refer to a reference, use Square brackets to cite and refer to a reference number in Reference section. This paper presents the axial cumulative deformation of normally consolidated saturated kaolin clays, MH subjected to the various magnitude of cyclic shear stresses. Particular attention of the cyclic stress ratio (β) effects, with which the plastic deformation behavior harmonized. According to the shakedown interpreted approach, it is recognized that the plastic shakedown behavior relates to a low cyclic stress ratio. Similarly, the medium and highest cyclic stress ratio indicate the plastic creep behavior and ratcheting behavior respectively. The obtained experimental results can also be shown that the magnitude of axial strain increases with the increment of a number of loading cycles, in which the relationship between the accumulative plastic strain and incremental per cycle (IPC) of axial strain. According to the observations are summarized as the obtained experimental results have confirmed the fact and pointing out those past ideas.

5. Reference

[1] Seed, H. B., and Chan, C. K. (1966). "Clay strength under earthquake loading conditions." *J. Soil Mech. Found. Div.*, ASCE, 92(2), 53-78.

[2] Brown, S. F., Lashine, A. K. F., & Hyde, A. F. L. (1975). Repeated load triaxial testing of a silty clay. *Geotechnique*, *25*(1), 95-114.

[3] Matsui, T., Ito, T., & Ohara, H. (1980). Cyclic stress-strain history and shear characteristics of clay. *Journal of the geotechnical Engineering Division, 106*(10), 1101-1120.

[4] Selig, E. T., and Chang, C. S. (1981). "Soil failure modes in undrained cyclic loading." *J. Geotech. Engrg. Div.*, ASCE, 107(5), 539-551.

[5] Li, D., & Selig, E. T. (1996). Cumulative plastic deformation for fine-grained subgrade soils. *Journal of geotechnical engineering, 122*(12), 1006-1013.

[6] Andersen, K. H. (2009). Bearing capacity under cyclic loading—offshore, along the coast, and on land. The 21st Bjerrum Lecture presented in Oslo, 23 November 2007. *Canadian Geotechnical Journal, 46*(5), 513-535.

[7] Lashine, A. K. (1971). *Some aspects of the characteristics of Keuper marl under repeated loading.* PhD thesis, University of Nottingham.

[8] ASTM D 2487-10 (2010). "Standard practice for classification of soils for engineering purposes (USCS)."*Annual Book of ASTM Standards,* Vol. 8.04, ASTM International, West Conshohocken, PA.

[9] ASTM, D. (2010). 4318. *Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, American Society for the Testing and Materials, ASTM Book of Standards Soil and Rock (I): D420–D5876*, *4*.

[10] Werkmeister, S., Dawson, A. R., & Wellner, F. 2004. Pavement design model for unbound granular materials. *Journal of Transportation Engineering,* 130(5), 665-674.

[11] Qian, J. G., Wang, Y. G., Yin, Z. Y., & Huang, M. S. (2016). Experimental identification of plastic shakedown behavior of saturated clay subjected to traffic loading with principal stress rotation. *Engineering Geology*, 214, 29-42.

[12] Xiao, J., Zhang, D., Wei, K., & Luo, Z. (2017). Shakedown behaviors of railway ballast under cyclic loading. *Construction and building materials*, *155*, 1206-1214.

[13] Hyodo, M., Yamamoto, Y., & Sugiyama, M. (1970). Undrained cyclic shear behaviour of clay with initial static shear stress. *WIT Transactions on The Built Environment*, *3*.

[14] Hatanaka, M., Suzuki, Y., Kawasaki, T., & Endo, M. 1988. Cyclic undrained shear properties of high quality undisturbed Tokyo gravel. Soils and Foundations, 28(4), 57-68.

ID095

การออกแบบและพัฒนาเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

Design and development of automatic tablet counting machine

วิญญู ศิลาบุตร, ธนพร พยอมใหม่และสมสิน วางขุนทด
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
*E-mail: j_payommai@hotmail.com

Winyou Silabut, Tanaporn Payommai and Somsin Wangkhuntod
Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering and architecture, Rajamangala University of Technology Isan.

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการรักษาโรคโดยการใช้ยารักษาโรคนั้นมีความจำเป็นอย่างมาก สถานที่จัดยา อาทิเช่นสถานพยาบาล โรงพยาบาล รวมถึง ร้านจำหน่ายยาขนาดใหญ่ จำเป็นต้องสั่งตัวยาต่าง ๆ จำนวนมากเพื่อให้เพียงพอต่อการนำมาจำหน่าย หรือจ่ายให้กับคนไข้ที่มารักษาหรือใช้บริการนั้น ๆ ดังนั้นการบรรจุยาและจัดเก็บยาลงในบรรจุภัณฑ์ เช่น ซองใส กระปุกทึบแสง ฯลฯ จึงทำให้เสียเวลาและเกิดปัญหาในเรื่องการนับจำนวนเม็ดยาที่ผิดพลาดในขั้นตอนการบรรจุตัวยาลงบรรจุภัณฑ์ที่ต้องบรรจุครั้งละมาก ๆ อาทิเช่นการจ่ายยาให้คนไข้รับประทานเป็นเวลาหลายเดือนตามแพทย์สั่งการจัดเก็บยาลงในบรรจุภัณฑ์ย่อมใช้เวลามาก ส่งผลให้เกิดการเสียเวลาในการอธิบายของคนไข้และจ่ายยาเองจากปัญหาดังกล่าว ผู้จัดทำจึงได้สร้างเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติเพื่อใช้ในการตรวจนับเม็ดยาจำนวนมากอาทิเช่น การจ่ายยาให้คนไข้รับประทานเป็นเวลาหลายเดือนตามที่แพทย์สั่งการจัดเก็บยาลงในบรรจุภัณฑ์เพื่อรอการจำหน่ายเพื่อลดความผิดพลาดในการนับเม็ดยาและใช้เวลาในการนับ การออกแบบเครื่องนับเม็ดยาโดยสร้างชุดควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทอลองจึงได้จัดแบ่งขนาดและชนิดของเม็ดยาโดยใช้รูปลักษณ์เม็ดยานั้นที่แตกต่างกัน

Abstract

Nowadays, the treatment of the disease by using medicine is very necessary. The place of medication such as hospitals, hospitals, including large pharmacies. It is necessary to order a large amount of different drugs in order to be sufficient for distribution. Or paid to the patients who come to treat or use that service. Therefore, the filling and storing the medicine in the packaging such as clear containers, opaque bottles, etc., therefore waste time and trouble with incorrect number counting tablets. In the process of packing the drug into the packaging Such as dispensing medication to patients for several months as instructed by doctors, storing the drugs in the packaging takes a lot of time Resulting in wasting time in the patient's explanation and self-dispensing of the problem The project organizer therefore created an automatic tablet counting machine. For use in counting large amounts of tablets, such as dispensing medication to patients for several months as instructed by doctors for storing drugs in packaging to be sold To reduce the error in counting tablets and take the time to count The design of the tablet counter by creating a microcontroller

to control the operation. Weaving in order to divide the size. And the types of tablets by using the appearance of the tablets that are different

1. บทนำ

ยามีความจำเป็นอย่างยิ่งในการรักษาอาการเจ็บไข้ให้หาย หรือบรรเทาอาการเจ็บป่วยลง แต่ปัจจุบันผู้ป่วยมีเป็นจำนวนมาก ทำให้การจ่ายยาให้กับผู้ป่วยเกิดความล่าช้า โรงพยาบาลบางแห่งยังคงใช้บุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ในการนับและตรวจสอบจำนวนเม็ดยาก่อนบรรจุส่งผู้ป่วยต่อไป ดังนั้นขั้นตอนการนับเม็ดยาโดยบุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องนั้น อาจมีข้อผิดพลาด และความล่าช้า อีกทั้งยังไม่สามารถประเมินเวลาในการนับเม็ดยาได้ ดังนั้นบทความนี้จะนำเสนอวิธีการพัฒนาเครื่องนับเม็ดยาแบบอัตโนมัติ โดยเป็นการเคลื่อนที่แบบใช้จนหมุนลำเลียงเม็ดยา และนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องนับเม็ดยา จึงเป็นที่มาของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้ใช้ป้อนค่าที่ต้องการบนแป้นพิมพ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะตรวจนับเม็ดยาเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino [1]

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AR คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่าย จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มตันศึกษาจนถึงผู้ต้องการใช้งานขั้นสูง ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย



รูปที่ 1 บอร์ด Arduino

จากรูปที่ 1 การเขียนโปรแกรมของ Arduino ใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของภาษาซีที่มีการประยุกต์

2.2 ตัวตรวจจับแสงอินฟราเรด (infrared Sensor) [2]

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตรวจจับการปรากฏขึ้นของวัตถุ โดยอาศัยหลักกาวการส่งและการรับแสง โดยแสงที่ใช้จะเป็นแสงที่ได้จากหลอดแอลซีดีซึ่งจะมีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ

2.2.1 แสงที่สายตามนุษย์มองเห็นได้

2.2.2 แสงอินฟราเรดเป็นแสงที่มนุษย์ไม่สามารถเห็นได้ต่อเนื่อง เนื่องจากมีความยาวคลื่นสูงกว่า 800 นาโนเมตร ข้อดีของแสงทั้งสองส่วนคือแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้จะช่วยในการติดตั้งไฟโต้สวิตช์ได้เร็วและสะดวกยิ่งขึ้น ส่วนแสงอินฟราเรดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับเนื่องจากมีความเข้มของแสงสูงกว่าแสงที่สายตามองเห็นทำให้ตรวจจับได้ไกลและโฟโต้ทรานซิสเตอร์ซึ่งอยู่ในภาครับแสงจะตอบสนองกับแสงอินฟราเรดได้ดีกว่าแสงที่สายตามองเห็น

2.2.3 องค์ประกอบของ โฟโต้สวิตช์ หรือ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ภาคส่งแสง (Emitter or Transmitter)

Pulse modulator คือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างพัลส์ ซึ่งความถี่ของพัลส์จะเป็นความถี่ของแสงที่จะถูกส่งออกไป เครื่องขยาย (Amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณพัลส์ให้มีระดับแรงดันสูงขึ้น ออปโตไคโอด (Opto-diode) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นแสง ซึ่งมีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือแสงอินฟราเรด และแสงที่มนุษย์มองเห็นซึ่งส่วนใหญ่เป็นแสงสีแดงรองลงมาคือ แสงสีเขียว ส่วนเลนส์ (Lene) ทำหน้าที่รวมแสงแล้วส่งออกไป

2) ภาครับแสง (Reciever)

เครื่องขยายทำหน้าที่ขยายโวลต์เตจที่รับมาจากโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) ให้สูงขึ้น ซิงโครไนซ์เซอร์ (Synchronize) ทำหน้าที่เปรียบเทียบความถี่ของแสงที่รับมาจากพัลส์มอสดูเลชัน (Pulse Modulation) ว่าตรงกันหรือไม่ หากตรงกันก็จะส่งออกไป

2.3 จอแสดงผลแอลซีดี [3]

จอแสดงผลแบบแอลซีดี (LCD : Liquid Crystal Display) ในปัจจุบันจอแสดงผลแบบแอลซีดีได้รับความนิยมอย่างสูงเนื่องจากจอแอลซีดีถูกนำมาใช้งานแทน

2.3.1 หน้าที่และตำแหน่งขาของจอแสดงผลแบบแอลซีดี จอแอลซีดีเป็นตัวกำเนิดแสงที่มีมุมเฉพาะในการกระจายของแสงซึ่งสีของแสงที่แสดงออกจากจอแอลซีดีจะเกิดได้จากความยาวคลื่นให้ความเข้มแสงสูงทำให้เห็นเป็นตัวอักษร และประหยัดพลังงานและมีอายุการใช้งานยาวนาน

2.3.2 I2C (Inter Intergrated Circuit) จอแอลซีดีที่มีการเชื่อมต่อแบบ C หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการเชื่อมต่อแบบอนุกรม จะเป็นจอแอลซีดีธรรมดาทั่วไปที่มาพร้อมกับบอร์ดแบบ C บัส ที่ทำให้การใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น

2.3.3 การควบคุมการแสดงผลของ จอแอลซีดีแบบ 2C ในการควบคุมหรือสั่งงานโดยทั่วไปจอแอลซีดีจะมีส่วนควบคุม (Controller) อยู่ในตัวแล้วผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของ จอแอลซีดีแบบ C เช่นเดียวกันกับจอแอลซีดีแบบธรรมกล่าวคือ รหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกันแต่ต่างกันตรงที่รูปแบบ ในการรับส่งข้อมูลในเรื่องนี่จะกล่าวถึงจอแอลซีดี 16x2 ที่มีการส่งข้อมูลรูปแบบ C ที่ใช้ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อ [5]

1) GND ใช้ต่อกราวด์

2) VC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับแอลซีดีมีที่แรงดัน +5 โวลต์

3) SDA (Serial Data) เป็นขาที่ใช้รับ-ส่งข้อมูลอนุกรม

4) SCL (Serial Clock) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาในระบบ C

2.3.4 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ C บัส

ไมโครคอนโทรเลอร์ (MCU) จะทำการส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัส ตามด้วยรหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วยรหัสประจำตัวอุปกรณ์ (Device ID,Device AddreSS) และรูปแบบในการเขียหรืออ่านข้อมูลเมืออุปกรณ์รับทราบว่า MCU ต้องการจะติดต่อตัวย ก็ต้องส่งสัญญาตอบรับ (MCU) หรือแจ้งให้ MCU รู้ว่าข้อมูลที่ส่งมาถูกต้อง และเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด (STOP Conditions) เพื่อบอกกับอุปกรณ์ว่าสิ้นสุดการใช้บัส

2.4 สวิตช์เมตริกซ์ [4]

สวิตช์เมตริกซ์ (Matrix Switch) หรือคีย์แพด (Keypad) ใช้เป็นอุปกรณ์ป้อนข้อมูลให้กับงานทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากสวิตช์กด (Push Button Switch)

2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [5]

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1) มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีสมอเตอร์ (Series Motor)

2) มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)

3) มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

2.6 รีเลย์ [6]

รีเลย์คือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทศให้เปลี่ยนสภาวะโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์เล็กทรอนิกส์ รีเลย์สามานำไปประยุกต์ใช้

2.7 เซอร์โวมอเตอร์ [7]

เซอร์โวมอเตอร์คือ มอเตอร์ที่สามารถสั่งงานหรือตั้งค่าแล้วตัวมอเตอร์จะหมุนไปยังตำแหน่งองศาที่สั่งได้เองอย่างถูกต้อง โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการออกแบบเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัตินี้ การหมุนของถาดสแตนเลสที่ใช้หมุนยาเพื่อให้ทำงานในลักษณะการนับเม็ดยา เพื่อทำให้จำนวนเม็ดยาที่นับมีความถูกต้อง และปราศจากสิ่งเจือปนใด ๆ การออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสม ในการออกแบบนั้น จึงจะต้องมีการนำองค์ประกอบที่สำคัญต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถแบ่งกระบวนการและขั้นตอน การดำเนินงานได้ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างเครื่องนับเม็ดยา

อัตโนมัติ สำหรับการออกแบบเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติได้ออกแบบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร ความยาว 55 เซนติเมตร และสูง 25 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการใช้งาน การทำความสะอาด และคำนึงถึงความสะดวกต่อการจัดเก็บรักษา

3.1.1 การออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ ในขั้นตอนนี้ ผู้จัดทำนั้นออกแบบเพื่อให้ใช้งานง่าย และคำนึงถึงพื้นที่ในการใช้งานด้วย โดยได้ออกแบบให้เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติมีขนาด กว้าง 40 เซนติเมตรยาว 55 เซนติเมตรสูง 25 เซนติเมตร

3.1.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องนับเม็ดยาด้านบน ในการออกแบบ
จะมีความกว้าง40 เซนติเมตร ยาว 42 เซนติเมตร เส้นรอบวงกลม 25 เซนติเมตร

3.1.3 การออกแบบโครงสร้างเครื่องนับเม็ดยาด้านหลัง ในการออกแบบจะมีความกว้าง40 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร

3.1.4 การออกแบบโครงสร้างเครื่องนับเม็ดด้านข้าง ในการออกแบบจะมีความยาว 55 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร

3.1.5 โครงสร้างเครื่องนับเม็ดยาด้นบนที่ประกอบเสร็จแล้ว มีความกว้าง 40 เซนติเมตรยาว 42 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม 25 เซนติเมตร

3.1.6 จานหมุนยาของเครื่องนับเม็ดยาที่ประกอบเสร็จแล้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม 24 เซนติเมตร

3.1.7 ตัวจัดเรียงเม็ดยาที่ประกอบเสร็จแล้ว มีความยาว 30 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร

3.1.8 หลังจากที่ได้ชิ้นส่วนสแตนเลสแล้ว จึงนำเหล็กกล่องความหนา 12 มิลลิเมตร มาทำการตัดให้ได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้ และประกอบติดกัน

3.1.9 จากนั้นประกอบชิ้นส่วนตง ๆ เข้าด้วยกัน โดยส่วนของจานหมุนยานำมายึดติดกับบูชประกอบเข้ากับตัวโครง

3.1.10 โครงสร้างด้านบนของเครื่องนับเม็ดยาที่ประกอบยึดติดกับจานหมุนยา และโครงสร้างเรียบร้อยแล้ว

3.1.11 ทำการตัดและเจาะแผ่นอะคริลิกเพื่อทำเป็นฝาปิดด้านข้างของตัวเครื่อง โดยฝาด้านซ้างทั้งสี่ มีการออกแบบและจะตัดให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์แสดงผล และรับคำจากผู้ใช้งานผ่านทางแป้นพิมพ์

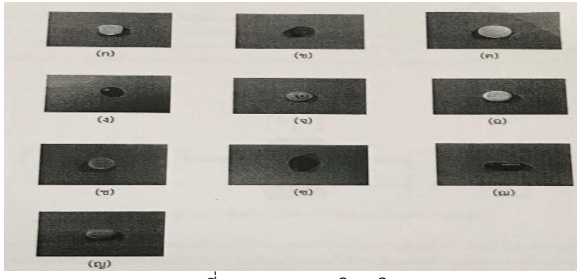
3.1.12 เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติที่ประกอบเสร็จแล้ว ขนาดความกว้าง 40 เซนติเมตร ความยาว55 เซนติเมตร และสูง 25 เซนติเมตร

4. ผลการดำเนินงาน

การทดสอบประสิทธิภาพของการนับจำนวนเม็ดยา รวมทั้งหาจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นในขณะนับเม็ดยา เพื่อนำข้อบกพร่องไปพัฒนาให้ดีขึ้นต่อไปได้ซึ่งเครื่องนับเม็ดยาใช้หลักการเคลื่อนที่ของเม็ดยาโดยการหมุนของมอเตอร์เพื่อลำเลียงเม็ดยา โดยการปล่อยเม็ดยาผ่านตัวตรวจจับ เพื่อให้การนับเม็ดยาสามารถนับจำนวนเม็ดยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1 ชนิดยาที่นำมาทดลอง

ในการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องนับเม็ดยา โดยนำเม็ดยาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 10 ชนิดดังแสดงที่รูป



รูปที่ 3 รูปขนาดยาสิบชนิด

(ก) ยาคลายกล้ามเนื้อ 200 มิลลิกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิตร ความยาว 5 มิลลิเมตร (ข) วิตามินบี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความหนา 3 มิลลิเมตร (ค) ยาบำรุงกระดูก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร (ง) ยาลดการหลั่งกรด 200 มิลลิกรัม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ความหนา 3 มิลลิเมตร (จ) ยาแก้ปวดข้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร (ช) ยาคลายกล้ามเนื้อ 500 มิลลิกรัม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความหนา12 มิลลิเมตร (ช) ยาบำรุงเลือด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 135 มิลลิเมตร ความยาว 5 มิลลิเมตร (ฌ) ยาฆ่าเชื้อ ขนาดส้นศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ความยาว 5 มิลลิเมตร (ญ ยาลดการหสั่งกรด 40 มิลิกรัม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิตรความยาว5 มิลลิเมตร

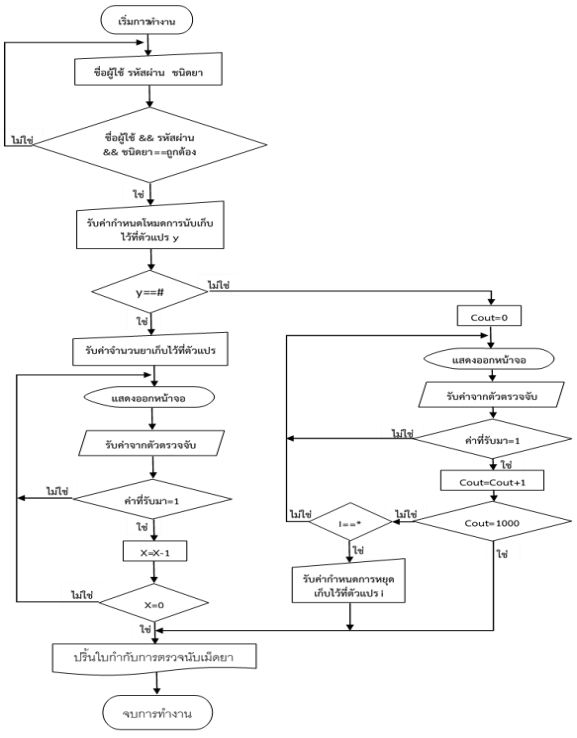
4.2 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพตัวตรวจจับนับเม็ดยา

การทดลองติดตั้งโฟโต้ทรานซิสเตอร์ภาครับ-ภาคส่งด้านละ 1 ตัวโดยใช้ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร กำหนดระยะห่างระหว่างภาครับ-ภาคส่งที่ 7 มิลลิเมตร ทดลองนับเม็ดยา 10 ชนิด คือ ชนิดอย่างละ 40 เม็ด ทำการทดลองนับยาชนิดละ 5 รอบ แสดงถึงตำแหน่งที่ติดตั้งตัวตรวจจับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยใช้ตัวตรวจจับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร โดยตัวสีดำเป็นภาคส่ง และตัวสีใสเป็นภาครับ โดยใช้ท่อสแตนเลสเบอร์704 ที่มีเส้นรอบวงความกว้าง 1.5 เซนติเมตรความยาวของท่อ 25 เซนติเมตรโดยทำการเจาะรูคลางท่อสองรูให้อยู่ตรงข้ามกัน เพื่อที่จะสอดส่วนหัวตัวตรวจจับทั้งสองให้ชนหากันจะเจาะหงจากปลายท่อขึ้นมา 12 เซนติเมตร โดยจะติดตั้งท่อให้ทำมุมเอียง 45 องศา เพื่อให้ยาไหลลงได้อย่างต่อเนื่องไม่ทำให้ยาติดค้างอยู่ในท่อลำเลียงยาและเป็นการลดความเร็วในการไหลของเม็ดยาเมื่อผ่านตัวตรวจจับ โดยจะทำการทดลองตัวตรวจจับ 2 แบบ คือตัวแรกเป็นตัวตรวจจับแบบ Infrared Distance Sensor และตัวที่สองคือ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยใช้หลักการเดียวกันในการติดตั้งตัวตรวจจับทั้งสองแบบ

การทดลองนี้ทำการติดตั้งโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ตัวตรวจจับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทดลองทั้งหมด 10 ชนิด คือที่กล่าวไปเบื้องต้น อย่างละ 40 เม็ด ทำการทดลองนับยาชนิดละ 5 รอบ เพื่อตรวจสอบหาความถูกต้องของตัวตรวจจับ

ตารางที่ 1 การทดลองนับเม็ดยาด้วย โฟโต้ทรานซิสเตอร์

ชนิดยา	ใส่ยาครั้งละ 40 เม็ด					ความถูกต้อง (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ยาคลายกล้ามเนื้อ ขนาด 12x12 มม.	39	39	40	40	40	99
วิตามินบี ขนาด 10x3 มม.	40	40	40	40	39	99.5
ยาบำรุงกระดูก ขนาด 10x4 มม.	40	40	40	40	40	100
ยาลดกรด 200 mg ขนาด 9x3 มม.	40	39	40	38	40	98.5
ยาแก้ปวดข้อ ขนาด 11x4 มม.	40	40	40	40	40	100
ยาแก้ปวด ขนาด 9x3 มม.	39	40	39	40	40	99
ยาคลายกล้ามเนื้อ ขนาด 10x3.5 มม.	40	40	40	40	40	100
ยาบำรุงเลือด ขนาด 13.5 x3 มม.	38	39	38	39	40	97
ยาฆ่าเชื้อ ขนาด 15x8 มม.	39	38	40	40	39	98
ยาลดกรด 400 mg ขนาด 12x5มม.	40	40	40	40	39	99.5



รูปที่2 ผังงานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

ตารางที่ 2 การทดลองหาค่าความถูกต้องโหมดนับยาเป็นชุด

ชนิดยา	ใส่ยาครั้งละ 20 เม็ด					ความถูกต้อง (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ยาคลายกล้ามเนื้อ ขนาด 12x12 มม.	20	21	20	21	20	99
วิตามินบี ขนาด 10x3 มม.	21	21	20	20	21	98.5
ยาบำรุงกระดูก ขนาด 10x4 มม.	20	20	20	21	20	99.5
ยาลดกรด 200 mg ขนาด 9x3 มม.	20	21	21	20	21	98.5
ยาแก้ปวดข้อ ขนาด 11x4 มม.	21	20	21	22	21	97.5
ยาแก้ปวด ขนาด 9x3 มม.	21	20	21	21	20	98.5
ยาคลายกล้ามเนื้อ ขนาด 10x3.5 มม.	21	21	20	21	21	98
ยาบำรุงเลือด ขนาด 13.5 x3 มม.	22	21	21	20	21	97.5
ยาฆ่าเชื้อ ขนาด 15x8 มม.	21	21	20	21	20	98.5
ยาลดกรด 400 mg ขนาด 12x5มม.	21	21	21	20	20	98.5

5. สรุป

จากการทดลองและออกแบบซึ่งยังไม่สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ยังมีดความผิดพลาดอยู่ 2% ถึง3 % การทดลองที่ 1 ได้ทำการทดลองตัวตรวจจับทั้งสองชนิด โดยผลสรุปได้ใช้ตัวตรวจจับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีดความผิดพลาดน้อยที่สุดการทดลองที่ได้ทำการทดลองความเร็วในการนับและแม่นยำ โดยได้ยกเครื่องนับเม็ดยาไปทำการทดสอบที่ร้านขายยา โดยจับเวลาในการนับโดยเภสัชกรใช้มือนับยาจำนวน 100 เม็ด ผลสรุปผลเภสัชการนับยังมีความเร็วและแม่นยำกว่า โดยมีการสาธิตการใช้เครื่องนับเม็ดยาให้เภสัชกร ได้ทดลองใช้เครื่อง โดยเภสัชกร มีคำแนะนำให้ควรทำเครื่องที่มีขนาดเล็กลงกว่านี้ ที่สามารถนำไปใช้งานได้ง่าย มีน้ำหนักเบาและควรมีคู่มือ ติดไว้กับเครื่องเพื่อให้ผู้ใช้ การทดลองที่3 นั้นได้ทดลอง โมดนับยาแบบต่อเนื่องหรือ ตรวจนับเช็คจำนวนยายังมีดความผิดพลาดอยู่ที่ 1% ถึง 2% โดยเนื่องด้วยสาเหตุที่ยังมีดความผิดพลาดอยู่ ยาที่ลำเลียงมายังทับซ้อนกันอยู่ ทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานได้ และตัวตรวจจับไม่สามารถนับได้ทัน ส่วนการทดลองที่ 4 โมดนับเป็นชุด ยังมีดความผิดพลาด 1% ถึง 2% เหตุว่ายาที่ลำเลียงมายังทับซ้อนกัน และการวางโครงสร้างของอุปกรณ์มีความผิดพลาด จึงทำให้โมดนับเป็นชุด ยังมียาออกมาเกิน ค่าที่ตั้งไว้ การทดลองที่ 5 การทดลองนี้ได้นำยามา 2 ชนิดโดยใส่ยาต่อเนื่องกันจำนวน 999 เม็ดซึ่งเหตุผลที่ทดลองยาทั้งสองชนิดนั้น เนื่องจากยาที่ทดลองมีราคาแพง จึงได้นำมาทดลองเพียงสอง ชนิด ยังมีดความผิดพลาด 3% ถึง 4% โดยการทดลองนี้จะใส่ยาครั้งละ 100 เม็ด แบบต่อเนื่องโดยสาเหตุที่ยังมีความผิดพลาดนั้นเนื่องจากยายังมีการทับซ้อนกันอยู่

เอกสารอ้างอิง

[1] ประจิน พลังสันติกุล. 2553. พื้นฐานภาษา C สำหรับ Arduino. กรุงเทพมหานคร. บริษัทแอฟซอฟต์เทค จำกัด.

[2] บริษัทสุพมไลน์ จำกัด. 2558. โฟโต้เซ็นเซอร์ (Online), Available: http://wwพ.โฟโดสวิตซ์.net (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 กันยายน 2562).

[3] ThaiEasyElec. 2558. การใช้งาน Character LCD Display. [Online]. เข้าถึงได้จาก :http:/thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article. (วันที่สืบค้นข้อมูล 9 กันยายน 2562).

[4] ณัฐพล มาเกาะ, อิทธิพล แก้วฟ้า และ มานะ ทะนะอัน. 2558. "เครื่องนับเม็ดยารุ่น 2."วิทยานิพนธ์ศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

[5] Adisak chinawong. 2543. มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR).[Online].Available :http://www.adisak51.com/page21. (วันที่สืบค้นข้อมูล 12 ตุลาคม 2562)

[6] รีเลย์และคอนแทกเตอร์. 2551. [Online], Available : http://wwww.lpc..mut..a.th/elcen/elearning (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2562)

[7] Thai Easy Elec. 2555. RCServo Motor (Online), Available:http://www.thaieasyelec.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 ธันวาคม 2562)

ID096

แนวทางการพัฒนาระบบฐานข้อมูลแรงงานสำหรับนายจ้าง

Development Guidelines on a Labor Database System for Employers

กฤติยาภรณ์ คุณสุข[1*] ดวงมณี ทองคำ[2] ปัญญา วงศ์ต่าย[3] และ กานต์ นัครวรายุทธ[4]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมและสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[4]สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตชิ้นส่วนอากาศยาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[*]E-mail: kritiyaporn.k@rbru.ac.th

Kritiyaporn Kunsook [1*] Doungmanee Thongkum[2] Panya Wongtai[3] and Karn Nakaravarayut[4]
[1]Telecommunication and Information Engineering, Faculty of Industrial Technology at Rambhai Barni Rajabhat University
[2] Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology at Rambhai Barni Rajabhat University
[3] Logistics Engineering, Faculty of Industrial Technology at Rambhai Barni Rajabhat University
[4] Aircraft Part Manufacturing Technology, Faculty of Industrial Technology at Rambhai Barni Rajabhat University
[*]E-mail: kritiyaporn.k@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้แสดงถึงการศึกษา รวบรวมข้อมูล จากกฎหมาย หน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง นายจ้าง ในเขตจังหวัดตราด จันทบุรี แหล่งข้อมูลอ้างอิงอื่น ๆ การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำผลการพัฒนาไปใช้เพื่อ การสรุป วิเคราะห์ และอภิปรายผลเพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบ และการออกแบบฐานข้อมูลแรงงาน ศึกษารูปแบบใช้งานฐานข้อมูลแรงงานจากความต้องการของนายจ้าง โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลด้านบุคคล ส่วนที่ 2 ความต้องการในการใช้แรงงานต่างด้าว ส่วนที่ 3 ระดับความต้องการในการใช้แรงงานต่างด้าวจากการวิเคราะห์ข้อมูลนายจ้างให้ความสำคัญกับลักษณะงานที่ของแรงงาน สภาพพื้นที่ทำงานของแรงงาน และพฤติกรรมของแรงงาน จากสำรวจข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากนายจ้างผู้ใช้แรงงานต่างด้าวในเขตพื้นที่จังหวัดตราด และจันทบุรีให้ค่าระดับความสำคัญไปในทิศทางเดียวกันคือ พฤติกรรมของแรงงาน สภาพพื้นที่ทำงานของแรงงาน และลักษณะงานที่ทำงานของแรงงาน คือ 4.03, 2.45 และ 2.09 ตามลำดับเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาฐานข้อมูลแรงงานเพื่อตอบสนองความต้องการของนายจ้างต่อไป

คำหลัก ฐานข้อมูล แรงงาน นายจ้าง

Abstract

This research presented a study and data collection of laws, related governmental sectors, and employers in Trat and Chanthaburi Provinces as well as from other references. Analysis, design, development, and usage of the developed results were used for summarization, analysis, and discussion to develop guidelines

on a labor database system for employers. The questionnaires were used in this research, consisting of 3 parts: personal data, foreign labor demand, and the level of labor demand. According to data analysis, the employers gave priority to labor's job description, condition of working place, and behavior. The survey, using a questionnaire, showed that the employers who employed foreign laborers in Trat and Chanthaburi had the same level of significance on labor's behavior, working place conditions, and job description at 4.03, 2.45, and 2.09 respectively. Thus could be further used as development guidelines on labor database development that responds to the employers' needs.

Keywords: database, labor, employer

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทย ด้านการผลิต ด้านการท่องเที่ยว อุตสาหกรรมประมง และด้านการเกษตร ล้วนใช้แรงงานต่างด้าวเป็นแรงขับเคลื่อน ประกอบกับค่าจ้างแรงงานในประเทศไทยสูงกว่าประเทศเพื่อนบ้าน ค่าแรงขั้นต่ำของไทยสูงกว่าพม่าถึง 5 เท่า กัมพูชา 4 เท่า ลาว 3.5 เท่า และ เวียดนาม 3 เท่า รวมทั้ง และค่าครองชีพไม่ได้สูงไปกว่าประเทศเพื่อนบ้านมากนัก [1] จึงส่งผลให้มีแรงงานต่างชาติจำนวนมากเข้ามาทำงานในประเทศจะเห็นได้จากสถิติแรงงานต่างด้าว ที่เดินทางเข้ามาทำงานในไทย ปี 2563 ได้รับอนุญาตทำงานมีจำนวนทั้งสิ้น 2,715,474 คน [2]

จังหวัดตราด และจังหวัดจันทบุรี เป็นสองจังหวัดที่ใช้แรงงานต่างด้าว ในการประกอบกิจการ เพื่อทดแทนการขาดแคลนแรงงานตามมติคณะรัฐมนตรี ข้อมูลเมื่อ มิถุนายน 2562 มีจำนวน 18,320 คน (สำนักงานแรงงานจังหวัดตราด, 2562) และ 13,472 คน (สำนักงานแรงงานจังหวัดจันทบุรี, 2562) ตามลำดับ

และปัญหาหนึ่งของแรงงานต่างด้าว คือนายจ้างคัดค้านการกำหนดอัตราโทษปรับที่รุนแรงก็เพราะความจำเป็นทางเศรษฐกิจ [3] แต่หากสามารถแก้ไขปัญหาลูกจ้างต่างด้าวหลบหนีนายจ้าง แก้ไขปัญหาการขออนุญาตว่าจ้างคนต่างด้าวที่มีขั้นตอนยุ่งยาก กับควบคุมการเรียกเก็บค่าบริการจัดหาคนต่างด้าวของนายหน้าที่มีราคาสูงได้ โดยทำควบคู่กับกำหนดอัตราโทษปรับนายจ้างที่สมเหตุสมผล เหมาะสมและเป็นธรรม นายจ้างก็จะให้ความร่วมมือจดทะเบียนลูกจ้างต่างด้าวอย่างถูกต้องตามกฎหมายให้ยึดถือปฏิบัติ

ดังนั้นผู้วิจัยมีแนวคิดในการศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบฐานข้อมูลแรงงานสำหรับนายจ้าง จากความต้องการของนายจ้างในจังหวัดตราด และจังหวัดจันทบุรี ในหัวข้อลักษณะงานที่ทำ สภาพพื้นที่ของสถานที่ทำงาน และระดับความต้องการ ประกอบด้วยพฤติกรรมของแรงงาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลแรงงาน สำหรับนายจ้าง หรือสถานการประกอบการ เพื่อการพิจารณาตรวจสอบข้อมูลประวัติ และตัดสินใจ การรับเข้าทำงานของแรงงานต่างด้าว เพื่อลดความเสี่ยงและผลกระทบด้านแรงงานให้กับสถานประกอบการ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้การศึกษา วิเคราะห์ การพัฒนาการวิจัย และการสรุปผลการวิจัย โดยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ประกอบไปด้วย

2.1 สถานการณ์แรงงานจังหวัดตราด

จังหวัดตราดปี 2562 มีแรงงานต่างด้าวที่เข้าทำงานถูกต้องตามกฎหมายและได้รับอนุญาตให้ทำงาน มีจำนวน 1,991 คน [4] แรงงานต่างด้าวส่วนใหญ่เป็นประเภทมาตรา 13 ยกเว้นมติ ครม.จำนวน 1,681 คน (ร้อยละ 84.43) รองลงมา คือ ประเภทชั่วคราว จำนวน 308 คน (ร้อยละ 15.47)สำหรับแรงงานต่างด้าวผ่านการพิสูจน์สัญชาติ เป็นแรงงานที่ได้รับอนุญาตให้มาทำงานเป็นการชั่วคราว 3 สัญชาติ คือ เมียนมา ลาว กัมพูชาเพื่อทดแทนการขาดแคลนแรงงานปี2562 มีจำนวนทั้งสิ้น 19,054 คน จำแนกเป็นสัญชาติกัมพูชา จำนวน 14,427 คน เมียนมา จำนวน 4,166 คน และลาว จำนวน 461 คน

2.2 สถานการณ์แรงงานจังหวัดจันทบุรี

จังหวัดจันทบุรีปี 2562 มีแรงงานต่างด้าวที่เข้ามาทำงานถูกต้องตามกฎหมาย จำนวน 6,465 คน [5] เพิ่มขึ้นจากปี 2561 ร้อยละ 312.31 สำหรับแรงงานต่างด้าวที่อนุญาตให้ทำงานตามมติครม. เป็นแรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ทำงานเป็นการชั่วคราว 3 สัญชาติ คือ พม่า ลาว กัมพูชา เพื่อทดแทนการขาดแคลนแรงงานในจังหวัดจันทบุรีมีจำนวน 53,651 คน เพิ่มขึ้นจากปี 2561 ร้อยละ 307.28 โดยแบ่งเป็นสัญชาติพม่า 5,865 คน สัญชาติลาว 11,795 คน และสัญชาติกัมพูชา 35,991 คน

2.3 กฎหมายแรงงานต่างด้าว

2.3.1 กฎหมายว่าด้วยคนเข้าเมือง คนต่างด้าวที่เดินทางเข้ามาในราชอาณาจักรเป็นการชั่วคราวหรือเข้ามามีถิ่นที่อยู่ในราชอาณาจักร ต้องดำเนินการตามพระราชบัญญัติคนเข้าเมือง พ.ศ. 2522 เป็นกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางเข้าออกของคนต่างด้าว

2.3.2 กฎหมายว่าด้วยการทำงานของคนต่างด้าว พ.ศ. 2551 คนต่างด้าว หมายถึง บุคคลธรรมดาไม่มีสัญชาติไทย จำแนกเป็น 4 ประเภท คือ ประเภททั่วไป ประเภทตลอดชีพ ประเภทแจ้งการทำงาน และประเภทพิสูจน์สัญชาติ ต้องปฏิบัติตามข้อกฎหมายกำหนดที่ว่าด้วยเรื่องของการทำงานของแรงงานต่างด้าว

2.4 ประเด็นในการวิจัย

ประกอบด้วยความต้องการในการใช้แรงงานต่างด้าวในปัจจัยที่เกี่ยวกับลักษณะงานที่ทำ และสภาพพื้นที่ของสถานที่ทำงานของแรงงาน และระดับความต้องการในการใช้แรงงานต่างด้าว ปัจจัยที่เกี่ยวกับพฤติกรรมของแรงงานต่างด้าวจากนายจ้าง

2.5 สถิติในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นประชากรในจังหวัดตราดจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน และจังหวัดจันทบุรีจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 405 คน ด้วยการคำนวณจากจากระดับความเชื่อมั่น 0.05 [6]

$$n = N/(1+Ne^2)$$

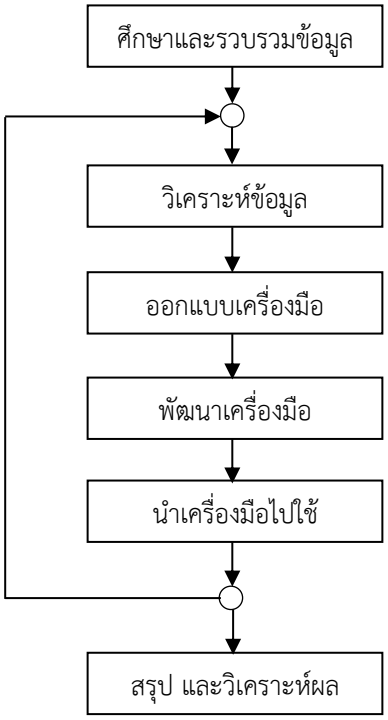
เมื่อ n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อ N = ขนาดของประชากร

เมื่อ e = ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

แนวทางการพัฒนาระบบฐานข้อมูลแรงงานสำหรับนายจ้าง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาใช้ประกอบการดำเนินการวิจัยโดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อการวิจัยตามรูปที่ 1 ประกอบด้วย



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

4. ผลการวิจัย

จากการสอบถามกลุ่มประชากรในจังหวัดตราดจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน และจังหวัดจันทบุรีจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน 405 คน แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลด้านบุคคล ส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับ ความต้องการในการใช้แรงงานต่างด้าวเกี่ยวกับลักษณะงานที่ทำ และสภาพพื้นที่ของสถานที่ทำงาน ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับ ระดับความต้องการในการใช้แรงงานต่างด้าว เกี่ยวกับพฤติกรรมของแรงงาน ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับความต้องการแรงงานต่างด้าวจากลักษณะงานที่ทำ จังหวัดตราด

ลักษณะงานที่ทำ	ระดับคะแนนค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความต้องการ
การทำงานไม่เป็นเวลา	2.38	0.49	น้อย
การทำงานเสี่ยงต่ออันตราย	1.88	0.60	น้อย
การทำงานต้องทำกับสิ่งสกปรก	2.06	0.35	น้อย
การทำงานต้องทำกับฝุ่นละออง	1.88	0.64	น้อย
การทำงานในที่มีเสียงดัง	1.69	0.60	น้อย
การทำงานในที่มีกลิ่นเหม็น	1.88	0.65	น้อย
การทำงานในที่สูง	1.75	0.58	น้อย
การทำงานอยู่ใต้ดิน หรือใต้น้ำ	1.43	0.51	น้อยที่สุด
การทำงานในที่โล่งแจ้ง หรือกลางแดด	3.08	0.28	ปานกลาง
การทำงานในโรงงานที่มีอากาศร้อน	1.98	0.63	น้อย
การทำงานที่ต้องใช้กำลังแรงงานมาก	2.99	0.09	ปานกลาง

ตารางที่ 2 ระดับความต้องการแรงงานต่างด้าวจากลักษณะงานที่ทำ จังหวัดจันทบุรี

ลักษณะงานที่ทำ	ระดับคะแนนค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความต้องการ
การทำงานไม่เป็นเวลา	2.35	0.48	น้อย
การทำงานเสี่ยงต่ออันตราย	1.86	0.64	น้อย
การทำงานต้องทำกับสิ่งสกปรก	2.05	0.37	น้อย
การทำงานต้องทำกับฝุ่นละออง	1.88	0.65	น้อย
การทำงานในที่มีเสียงดัง	1.68	0.61	น้อย
การทำงานในที่มีกลิ่นเหม็น	1.89	0.66	น้อย
การทำงานในที่สูง	1.79	0.57	น้อย
การทำงานอยู่ใต้ดิน หรือใต้น้ำ	1.45	0.51	น้อยที่สุด
การทำงานในที่โล่งแจ้ง หรือกลางแดด	3.05	0.21	ปานกลาง
การทำงานในโรงงานที่มีอากาศร้อน	1.98	0.63	น้อย
การทำงานที่ต้องใช้กำลังแรงงานมาก	3.01	0.09	ปานกลาง

ตารางที่ 3 ระดับความต้องการแรงงานต่างด้าวในสภาพพื้นที่ของสถานที่ทำงานจังหวัดตราด

สภาพพื้นที่ของสถานที่ทำงาน	ระดับคะแนนค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความต้องการ
พื้นที่ทำงานกว้าง	3.15	0.36	ปานกลาง
พื้นที่อาณาเขตติดต่อกับประเทศเพื่อบ้าน	1.95	0.23	น้อย
พื้นที่ไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวก	2.25	0.43	น้อย
พื้นที่อยู่ในถิ่นทุรกันดารหรือห่างไกลชุมชน	2.25	0.45	น้อย
พื้นที่ใกล้กับการเข้ามาทำงานของแรงงาน	2.59	0.49	ปานกลาง

ตารางที่ 4 ระดับความต้องการแรงงานต่างด้าวในสภาพพื้นที่ของสถานที่ทำงานจังหวัดจันทบุรี

สภาพพื้นที่ของสถานที่ทำงาน	ระดับคะแนนค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความต้องการ
พื้นที่ทำงานกว้าง	3.29	0.45	ปานกลาง
พื้นที่อาณาเขตติดต่อกับประเทศเพื่อบ้าน	1.88	0.33	น้อย

สภาพพื้นที่ของสถานที่ทำงาน	ระดับคะแนนค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความต้องการ
พื้นที่ไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวก	2.25	0.43	น้อย
พื้นที่อยู่ในถิ่นทุรกันดารหรือห่างไกลชุมชน	2.29	0.46	น้อย
พื้นที่ใกล้กับการเข้ามาทำงานของแรงงาน	2.58	0.49	ปานกลาง
ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม	2.46		น้อย

ตารางที่ 5 ระดับความต้องการแรงงานต่างด้าวจากพฤติกรรมของแรงงานจังหวัดตราด

พฤติกรรมของแรงงาน	ระดับคะแนนค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความต้องการ
การทำงานได้ในช่วงเทศกาลต่างๆ	4.08	0.27	มาก
การควบคุมการทำงานได้ตามระบบ	3.99	0.09	มาก
การตรงต่อเวลา	3.80	0.40	มาก
การทำงานเต็มความสามารถ	3.85	0.36	มาก
การไม่ดื่มแอลกอฮอร์ และไม่เล่นการพนัน	4.15	0.35	มาก
การขยันขันแข็งต่อการทำงาน	4.16	0.36	มาก
การอดทนต่องานที่ได้รับมอบหมาย	4.31	0.46	มาก
ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม	4.05		มาก

ตารางที่ 6 ระดับความต้องการแรงงานต่างด้าวจากพฤติกรรมของแรงงานจังหวัดจันทบุรี

พฤติกรรมของแรงงาน	ระดับคะแนนค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความต้องการ
การทำงานได้ในช่วงเทศกาลต่างๆ	4.05	0.22	มาก
การควบคุมการทำงานได้ตามระบบ	4.01	0.09	มาก
การตรงต่อเวลา	3.76	0.43	มาก
การทำงานเต็มความสามารถ	3.78	0.42	มาก
การไม่ดื่มแอลกอฮอร์ และไม่เล่นการพนัน	4.05	0.49	มาก
การขยันขันแข็งต่อการทำงาน	4.15	0.36	มาก
การอดทนต่องานที่ได้รับมอบหมาย	4.28	0.45	มาก
ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม	4.01		มาก

5. สรุป

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ ออกแบบ และดำเนินการวิจัย เพื่อรวบรวมความต้องการข้อมูลแรงงานต่างด้าว เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบ และการออกแบบฐานข้อมูลแรงงาน เพื่อนำไปใช้งาน จากความต้องการของนายจ้างในจังหวัดตราด และจังหวัดจันทบุรี จะเห็นได้ว่ามีทิศทางไปในแนวทางเดียวกัน ในหัวข้อความต้องการในเรื่องของลักษณะงานที่ทำของแรงงาน สภาพพื้นที่การทำงานของแรงงาน และพฤติกรรมของแรงงาน ให้ค่าเฉลี่ย 2.09 2.45 และ 4.03 ตามลำดับ

ดังนั้นแนวทางในการออกแบบระบบประกอบไปด้วยส่วนของฐานข้อมูล และส่วนของระบบการติดต่อกับผู้ใช้ เพื่อตอบต่อความต้องการนายจ้าง จะเห็นว่าพฤติกรรมของแรงงานมีค่าระดับความต้องการมากกว่า สภาพพื้นที่การทำงาน และลักษณะงานที่ทำตามระดับ ในการออกแบบฐานข้อมูลต้องตอบความต้องการเกี่ยวกับพฤติกรรมของแรงงาน สภาพพื้นที่การทำงาน และลักษณะงานที่ทำ และการออกแบบระบบควรตอบการใช้งานโดยให้ลำดับความสำคัญตามความต้องการของนายจ้าง

แนวทางการออกแบบฐานข้อมูล ประกอบด้วย

- ข้อมูลแรงงาน (รหัสประจำตัว, ชื่อ, นามสกุล, ที่อยู่, ข้อมูลการติดต่อ)

- ข้อมูลพฤติกรรมแรงงาน (รหัสพฤติกรรม, พฤติกรรมแรงงาน)

- ข้อมูลสภาพพื้นที่ทำงาน (รหัสสภาพพื้นที่ทำงาน, สภาพพื้นที่ทำงาน)

- ข้อมูลลักษณะงานที่ทำ (รหัสลักษณะงานที่ทำ, ลักษณะงานที่ทำ)

- ข้อมูลการทำงาน (รหัสการทำงาน, รหัสประจำตัว, รหัสพฤติกรรม, รหัสสภาพพื้นที่ การทำงาน, รหัสลักษณะงานที่ทำ) เป็นต้น

อีกทั้งรูปแบบสำหรับการพิจารณาแรงงานตามความต้องการแรงงานของนายจ้างนายจ้างหรือสถานประกอบการให้ความสำคัญด้านพฤติกรรมของแรงงาน เป็นอันดับที่ 1 พื้นที่ทำงาน และลักษณะงานที่ทำตามลำดับ ดังนั้น การสร้างเงื่อนไข หรือรูปแบบการเข้าใช้งานฐานข้อมูลเป็นไปได้ว่า ควรให้ความสำคัญด้านพฤติกรรม ก่อน สถานที่ทำงาน และลักษณะงาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมส่งเสริมสนับสนุนในการทำการวิจัย อีกทั้งส่งเสริมให้นักศึกษาเรียนรู้กระบวนการวิจัย และการนำเสนอผลงานวิจัย หรือบทความในระดับชาติให้กับคณะผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] พิชญ์สินี ฐิติสมบูรณ์. 2558. ส่องโอกาสวางกลยุทธ์เจาะตลาด CLMV. ข้อมูลจาก https://www.scbeic.com/th/detail/product/1480 (วันที่สืบค้นข้อมูล 6 ธันวาคม 2562).

[2] สำนักบริหารแรงงานต่างด้าว, 2563. สถิติจำนวนต่างด้าวที่ได้รับอนุญาตทำงานคงเหลือทั่งราชอาณาจักร ประจำเดือน มกราคม 2563

[3] วินัย ลู่วิโรจน์, 2562.นายจ้างกับปัญหาแรงงานต่างด้าว. ข้อมูลจาก https://www.dharmniti.co.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 17 มิถุนายน 2562.).

[4] สำนักงานจัดหางานจังหวัดตราด. 2562. รายงานสถานการณ์แรงงานจังหวัดตราด ปี 2562. ตราด: สำนักงานแรงงานจังหวัดตราด.

[5] สำนักงานจัดหางานจังหวัดจันทบุรี. 2562. รายงานสถานการณ์แรงงานจังหวัดจันทบุรี ปี 2562. ตราด: สำนักงานแรงงานจังหวัดจันทบุรี.

[6] Taro Yamane.1973. .Statistics: An Introductory Analysis.3rdEd.New York.Harper and Row Publications.

ID104

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์

A Mathematical Model for Medical-glove Production Planning Problem

อัศพงษ์ บูรณวงศ์[1] เชฏฐา ชำนาญหล่อ[2] และ นัฏฐวิกา จันทร์ศรี[3*]
[1]สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2, 3]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: natthavika@eng.src.ku.ac.th

Asaphong Buranawong[1] Chettha Chamnanlor[2] and Natthavika Chansri[3*]
[1]Management of Engineering and Technology, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2, 3]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: natthavika@eng.src.ku.ac.th

บทคัดย่อ

การผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ในปัจจุบัน การพิจารณาการวางแผนการผลิตมีความสำคัญมาก เนื่องจากประสิทธิภาพของการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ขึ้นอยู่กับการวางแผนการผลิต ปัญหาการวางแผนการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผลิตไม่ทันความต้องการของลูกค้า (สินค้าค้างส่ง) หรือผลิตเกินความต้องการของลูกค้า (สินค้าคงคลัง) ดังนั้นงานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด เนื่องจากปริมาณการผลิตเป็นจำนวนเต็ม งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองการกำหนดเชิงเส้นจำนวนเต็มสำหรับการวางแผนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ ผลการทดลองพบว่าคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสามารถประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก การวางแผนการผลิต การผลิตถุงมือยางที่ใช้ในงานตรวจโรค

Abstract

In Today's the medical-glove production, the consideration of production planning is of importance. Since efficiency of the medical-glove production is depended upon production planning. The inefficient production planning issues lead to a lack of available supply (Backorder) and an over of available supply (Inventory). Presented in this paper is an application of mathematical model for the medical-glove production planning problem that maximizes profit. Since production quantity is the integer number, the Integer Linear Programming (ILP) model for the medical-glove production planning is presented in this research. The results show that optimal solutions can be applied efficiently production planning.

Keywords: Production planning, Medical-glove production

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ถุงมือยางทางการแพทย์เป็นสินค้าชนิดหนึ่งที่กำลังมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น โดยถุงมือยางทางการแพทย์ที่เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือถุงมือยางที่ใช้ในการผ่าตัด ซึ่งมีลักษณะบางเหนียว แข็งแรง และมีความยาวถึงข้อศอก และถุงมือยางที่ใช้ในการตรวจโรค ซึ่งมีลักษณะบางกระชับ มีทั้งชนิดที่มีแป้งและไม่มีแป้ง และมีความยาวถึงข้อมือ

กระบวนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องที่จุ่มแบบพิมพ์ (Former) ลงในน้ำยางคอมพาวด์ ซึ่งประกอบด้วยน้ำยางข้น และสารเคมี กระบวนการผลิตถุงมือยางที่ใช้ในการตรวจโรคเริ่มจากการทำความสะอาดแบบพิมพ์ด้วยกรดและด่าง และน้ำสะอาด ก่อนอบแบบพิมพ์ให้แห้ง หลังจากนั้นแบบพิมพ์ถูกจุ่มลงในสารช่วยจับตัว (Coagulant) เพื่อป้องกันน้ำยางจับตัว และอบสารช่วยจับตัวให้แห้ง ก่อนจุ่มแบบพิมพ์ในน้ำยางคอมพาวด์ เพื่อเป็นฟิล์มถุงมือยาง แบบพิมพ์ที่ผ่านกระบวนการจุ่ม จะถูกทำให้แห้งพอหมาด เพื่อให้สามารถม้วนขอบถุงมือยางได้ในกระบวนการถัดไป เมื่อผ่านกระบวนการม้วนขอบถุงมือยาง ฟิล์มถุงมือยางจะถูกชะล้างสารเคมีที่ปนเปื้อนบนเนื้อยาง และปริมาณโปรตีนในถุงมือยาง ก่อนอบฟิล์มถุงมือยางให้แห้ง เพื่อทำให้ยางคงรูป หลังจากนั้นฟิล์มถุงมือยางถูกจุ่มลงในน้ำแป้ง และอบแป้งให้แห้ง เพื่อให้ถอดถุงมือง่าย ก่อนฟิล์มถุงมือยางจะถูกถอดออกจากแบบพิมพ์ ถุงมือยางที่ถูกถอดจะถูกบรรจุในกล่อง เพื่อรอจัดส่งในวันถัดไป

อย่างไรก็ดี กระบวนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ภายใต้สถานการณ์การแข่งขันในปัจจุบัน ต้องมีการจัดการที่เหมาะสม เนื่องจากประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ขึ้นอยู่กับการวางแผนการผลิต ปัญกาการวางแผนการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผลิตไม่ทันความต้องการของลูกค้า (สินค้าค้างส่ง) หรือผลิตเกินความต้องการของลูกค้า (สินค้าคงคลัง) จากประเด็นดังกล่าว หลายงานวิจัยได้แก้ปัญหาการวางแผนการผลิตทางด้านอุตสาหกรรม เช่น โยเกิร์ต [1] เหล็กกล้า [2 – 4] อ้อย [5] และระบบส่งกำลังยานยนต์ [6] และพืชผล [7] โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed-integer linear programming model) [1 – 3, 5 – 6] แบบจำลองการกำหนดเชิงเส้นแบบทวิและวิธีแยกและแตกกิ่งปรับปรุง (Bilinear programming model and modified branch and bound algorithm) [4] และวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic algorithm) ที่บูรณาการวิธีการประมาณค่า (Approximation approach) วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural network) และวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) [7]

เนื่องจากการตัดสินใจผลิตถุงมือยางทางการแพทย์เกี่ยวข้องกับปริมาณสินค้าสำเร็จรูป ที่มีหน่วยเป็นล็อต หรือกล่อง งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.1 ดัชนี

k ชนิดของถุงมือ
$\{1, 2, ..., K = 6\}$ โดยที่ $\{1 = G1, \ldots, 6 = G6\}$

i ชนิดของสินค้าสำเร็จรูป
$\{1, 2, \ldots, I = 21\}$ โดยที่ $\{1 = FG1, \ldots., 21 = FG21\}$

j ขนาดของถุงมือและสินค้าสำเร็จรูป
$\{1, 2, ..., J = 4\}$ โดยที่ $\{1 = S, .., 4 = XL\}$

l ลูกค้า
$\{1, 2, \ldots, L = 18\}$ โดยที่ $\{1 = DC1, \ldots, 6 = DC6, 7 = DS1, \ldots, 18 = DS12\}$

p วันที่ผลิตและจัดส่งสินค้าสำเร็จรูป
$\{1, 2, ..., P\}$ โดยที่ P คือ จำนวนวันทำงานในแต่ละเดือน

2.2 เซต

M_{DS} เซตของลูกค้ารายย่อย DS = {DS1, …., DS12}

M_{DC} เซตของลูกค้ารายใหญ่ DC = {DC1, …., DC6}

B_i เซตของลูกค้าที่มีความต้องการสินค้าสำเร็จรูปชนิด i

Q_l เซตของสินค้าสำเร็จรูปที่ลูกค้า l ต้องการ

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผลิตภัณฑ์ถุงมือ ชนิดของสินค้าสำเร็จรูป และลูกค้า สำหรับถุงมือทุกขนาด

ถุงมือ		G1		G2					G3						G4			G5			G6	
สินค้า		FG1	FG2	FG3	FG4	FG5	FG6	FG7	FG8	FG9	FG10	FG11	FG12	FG13	FG14	FG15	FG16	FG17	FG18	FG19	FG20	FG21
ลูกค้า	DC1		X				X							X	X		X	X		X	X	X
	DC2	X			X				X			X										
	DC3	X			X	X			X	X	X	X										
	DC4	X			X				X			X										
	DC5		X	X											X			X				X
	DC6	X			X				X			X										
	DS1			X														X				
	DS2																					X
	DS3	X			X																	
	DS4	X			X																	
	DS5							X					X									
	DS6																	X				
	DS7	X										X										
	DS8			X														X		X		
	DS9																	X				
	DS10																	X				
	DS11			X											X							
	DS12															X						

A_k เซตของสินค้าสำเร็จรูปที่ถูกผลิตจากถุงมือชนิด k

2.3 ตัวแปรตัดสินใจ

X_{ijp} ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปชนิด i ขนาด j ที่ถูกผลิตเสร็จในช่วงเวลา p (ล็อต)

Y_{ijlp} ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปชนิด i ขนาด j ส่งลูกค้า l ในช่วงเวลา p (กล่อง)

U_{kjp} ปริมาณถุงมือคงคลังชนิด k ขนาด j ในช่วงเวลา p (ชิ้น)

V_{ijp} ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปคงคลังชนิด i ขนาด j ในช่วงเวลา p (กล่อง)

2.4 ตัวแปรที่กำหนดค่าให้

O_{kjp} ปริมาณถุงมือชนิด k ขนาด j ที่ถูกผลิตออกมาในช่วงเวลา p (ชิ้น)

R_{ijl} ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปชนิด i ขนาด j ลูกค้า l (คำสั่งซื้อในเดือน + สินค้าค้างส่ง) (กล่อง)

E_{ijl} ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปชนิด i ขนาด j ลูกค้า $l \in M_{DC}$ รับได้สูงสุด (คำสั่งซื้อในเดือน + สินค้าค้างส่ง + คำสั่งซื้อในเดือนถัดไป) (กล่อง)

D_l วันที่กำหนดส่งสำหรับสินค้าสำเร็จรูปให้กับลูกค้า l

U_{kj0} ปริมาณถุงมือคงคลังต้นงวด ชนิด k ขนาด j (ชิ้น)

V_{ij0} ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปคงคลังต้นงวด ชนิด i ขนาด j (กล่อง)

2.5 ค่าคงที่

C_{lotG} ปริมาณถุงมือ 17,000 ชิ้นต่อล็อต

C_{lotFG} ปริมาณสินค้าสำเร็จรูป 17 กล่องต่อล็อต

$C_{maxpack}$ กำลังการผลิต (บรรจุ) สูงสุด 4 ล้านชิ้นต่อวัน

$C_{minpack}$ กำลังการผลิต (บรรจุ) ต่ำสุด 2.7 ล้านชิ้นต่อวัน

C_P ราคาขายสินค้าสำเร็จรูป 1,000 บาทต่อกล่อง

C_{MC} ต้นทุนการผลิตสินค้าสำเร็จรูป 600 บาทต่อกล่อง

C_{HC} ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป 0.7 บาทต่อกล่องต่อวัน

C_{PC} ค่าปรับกรณีส่งสินค้าล่าช้า 50 บาทต่อกล่อง

2.6 สมการเป้าหมาย

งานวิจัยนี้วางแผนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด สมการเป้าหมาย ประกอบด้วย ราคาขายสินค้าสำเร็จรูป ต้นทุนการผลิตสินค้าสำเร็จรูป ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป และค่าปรับ ดังสมการเป้าหมาย

$$\begin{aligned} Max\ Z = & \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{l\in M_{DC}}\sum_{p=1}^{D_l} Y_{ijlp}C_{\mathrm{P}} \\ & + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{l\in M_{DS}}\sum_{p=D_l-7}^{D_l} Y_{ijlp}C_{\mathrm{P}} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P} X_{ijp}C_{lotFG}C_{MC} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{p=1}^{P} V_{ijp}C_{HC} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{l\in M_{DC}}\left(R_{ijl} - \sum_{p=1}^{D_l} Y_{ijlp}\right)C_{PC} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{l\in M_{DS}}\left(R_{ijl} - \sum_{p=D_l-7}^{D_l} Y_{ijlp}\right)C_{PC} \end{aligned}$$

2.7 สมการ/อสมการข้อจำกัด

$$\sum_{i\in A_k} X_{ijp+1}C_{lotG} + U_{kjp} = O_{kjp} + U_{kjp-1} \quad ;\forall jkp = 1,\ldots,P-1 \tag{1}$$

$$\sum_{l\in B_j} Y_{ijlp} + V_{ijp} = X_{ijp}C_{lotFG} + V_{ijp-1} \quad ;\forall ijp \tag{2}$$

$$U_{kjp}, V_{ijp} \geq 0 \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} X_{ijp}C_{lotG} \leq C_{\max\ pack} \quad ; p = 1,\ldots,P-1 \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} X_{ijp}C_{lotG} \geq C_{\min\ pack} \quad ; p = 1,\ldots,P-1 \tag{5}$$

$$\sum_{p=1}^{D_l} Y_{ijlp} \leq R_{ijl} \quad ;\forall i \in Q_l, j, l \in M_{DC} \tag{6}$$

$$\sum_{p=D_l-7}^{D_l} Y_{ijlp} \leq R_{ijl} \quad ;\forall i \in Q_l, j, l \in M_{DS} \tag{7}$$

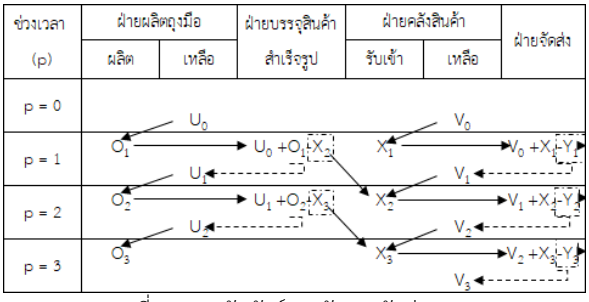
$$\sum_{p=1}^{P} Y_{ijlp} \leq E_{ijl} \quad ;\forall i \in Q_l, j, l \in M_{DC} \tag{8}$$

$$X_{ijp}, Y_{ijlp}, U_{kjp}, V_{ijp} \in Integer \tag{9}$$

แบบจำลองการวางแผนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ประกอบด้วยข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

ข้อจำกัดที่ 1 ในแต่ละวัน ปริมาณบรรจุสินค้าสำเร็จรูปเท่ากับ ปริมาณถุงมือที่ผลิตได้ในวันนั้นๆ รวมกับปริมาณสินค้าสำเร็จรูปคงคลังในวันก่อนหน้า ดังรูปที่ 1

ข้อจำกัดที่ 2 ในแต่ละวัน ปริมาณจัดส่งสินค้าสำเร็จรูปไม่เกินหรือเท่ากับ ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปที่บรรจุได้ในวันนั้นๆ รวมกับปริมาณสินค้าสำเร็จรูปคงคลังในวันก่อนหน้า ดังรูปที่ 1

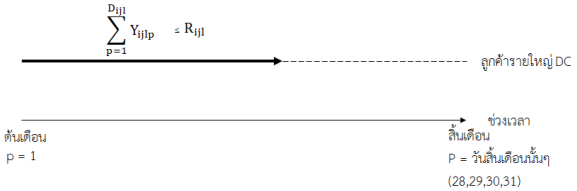


รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรกับช่วงเวลา

ข้อจำกัดที่ 3 ปริมาณถุงมือคงคลังที่เกิดจากฝ่ายผลิตและปริมาณสินค้าสำเร็จรูปคงคลังที่เกิดจากฝ่ายบรรจุ ไม่เป็นค่าติดลบ

ข้อจำกัดที่ 4 และ 5 ในแต่ละวัน การผลิตถุงมือ ไม่เกินกว่า หรือเท่ากับกำลังการผลิตสูงสุด และไม่ต่ำกว่า หรือเท่ากับกำลังการผลิตต่ำสุด

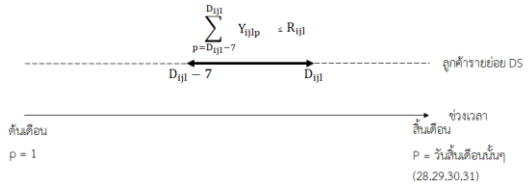
ข้อจำกัดที่ 6 ปริมาณจัดส่งสินค้าสำเร็จรูปต่อเดือน ไม่เกินปริมาณสินค้าสำเร็จรูปที่ลูกค้ารายใหญ่ (DC) ต้องการภายในวันที่กำหนด (คำสั่งซื้อในเดือน + สินค้าค้างส่ง) ซึ่งสามารถจัดส่งได้หลายรอบ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การจัดส่งสินค้าสำเร็จรูป สำหรับลูกค้ารายใหญ่

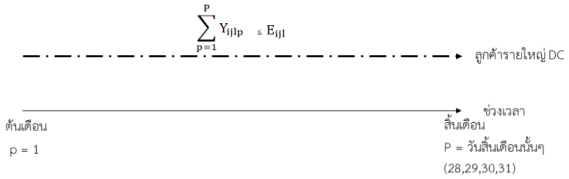
ข้อจำกัดที่ 7 ปริมาณจัดส่งสินค้าสำเร็จรูปต่อเดือน ไม่เกินปริมาณสินค้าสำเร็จรูปที่ลูกค้ารายย่อย (DS) ต้องการ

ภายในวันที่กำหนด (คำสั่งซื้อในเดือน) ซึ่งสามารถจัดส่งก่อนกำหนดได้ไม่เกิน 8 วันล่วงหน้า ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การจัดส่งสินค้าสำเร็จรูปให้ลูกค้ารายย่อย

ข้อจำกัดที่ 8 ปริมาณจัดส่งสินค้าสำเร็จรูปต่อเดือน ไม่เกินปริมาณสินค้าสำเร็จรูปที่ลูกค้ารายใหญ่ (DC) ต้องการสูงสุด (คำสั่งซื้อในเดือน + สินค้าค้างส่ง + คำสั่งซื้อในเดือนถัดไป) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การจัดส่งสินค้าสำเร็จรูปให้ลูกค้ารายย่อย

ข้อกำหนดที่ 9 ตัวแปรตัดสินใจทุกตัว ต้องเป็นจำนวนเต็ม

3. ผลการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม OpenSolver เวอร์ชั่น 2.8.6 วางแผนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ ที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด (98,573,640 บาท) จากตารางที่ 2 พบว่าการวางแผนผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ ด้วยแบบจำลองการกำหนดเชิงเส้นจำนวนเต็ม ทำให้ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปเพิ่มขึ้นจาก 5,117 ล็อต เป็น 5,337 ล็อต คิดเป็นร้อยละ 4.30 ในขณะที่ปริมาณจัดส่งสินค้าสำเร็จรูปลดลงจาก 84,020 กล่อง เป็น 103 กล่อง คิดเป็นร้อยละ 99.87 ปริมาณสินค้าคงคลังลดลงจาก 20,082 กล่อง เป็น 448 กล่อง คิดเป็นร้อยละ 97.77 และปริมาณค้างส่งลดลงจาก 47,705 กล่อง เป็น 26,365 กล่อง คิดเป็นร้อยละ 44.73

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผล

ตัวแปร	ผลที่	ผลที่ได้จาก

	ดำเนินงานจริง	แบบจำลองการกำหนดเชิงเส้นจำนวนเต็ม
ปริมาณสินค้าสำเร็จรูป, X (ล็อต)	5,117	5,337
ปริมาณจัดส่งสินค้าสำเร็จรูป, Y (กล่อง)	84,020	103
ปริมาณสินค้าคงคลัง, V (กล่อง)	20,082	448
ปริมาณสินค้าค้างส่ง (กล่อง)	47,705	26,365

4. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการวางแผนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ ด้วยแบบจำลองการกำหนดเชิงเส้นจำนวนเต็ม ที่ทำให้ได้กำไรสูงสุด ปริมาณสินค้าสำเร็จรูปเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณจัดส่งสินค้าสำเร็จรูป ปริมาณสินค้าคงคลัง และปริมาณสินค้าค้างส่งลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตในการศึกษานี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

[1] M.L. Entrup, H.-O. Gunther, P.V. Beek, M. Grunow and T. Seiler. 2005. Mixed-integer linear programming approaches to shelf-life-integrated planning and scheduling in yoghurt production, International Journal of Production Research. Vol. 43, No. 23, pp. 5071 – 5100.

[2] L. Tang, P.B. Luh, J. Liu, and L. Fang. 2002. Steel marking process scheduling using lagrangian relaxation, International Journal of Production Research. Vol. 40, pp. 55 – 70.

[3] A. Bellabdaoui and J. Teghem. 2006. A mixed-integer linear programming model for continuous casting planning, International Journal of Production Economics. Vol. 104, pp. 260 – 270.

[4] R. As'ad and K. Demirli A bilinear programming

model and a modified branch-and-bound algorithm for production planning in steel rolling mills with substitutable demand, International Journal of Production Research. Vol. 49, No. 12, pp. 3731 – 3749.

[5] ชัยมงคล ลิ้มเพียรชอบ และ ประเทือง อุษาบริสุทธิ์. 2559. การวางแผนการผลิตที่เหมาะสมของโรงงานเครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อการผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 26, ฉบับที่ 2, หน้าที่ 209 – 221.

[6] I. Lalami, Y. Frein and J.-P. Gayon. 2017. Production planning in automotive powertrain plants: a case study, International Journal of Production Research. Vol. 55, No. 18, pp. 5378 – 5393.

[7] G. Yuan, Y. Tian, and S. Wang. 2017. A VaR-based optimization model for crop production planning under imprecise uncertainty, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. Vol. 33, pp. 1 – 14.

ID106

ผลกระทบของจำนวนรูเปิดต่อคุณสมบัติความแข็งแรงดึงสูงสุดของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาส

Effects of the number of open-hole on ultimate tensile strength of glass fiber-reinforced composite materials

วริศ ศิริขันธ์[1*] คณิศร ธนัฐวุฒิกร[1] วราเดช แสงบุญ[1] และ ณัฐชญา เขตกระโทก[1]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม
[*]E-mail: warit.me@npu.ac.th

Warit Sirikun[1*], Kanisorn Thanatwutthigorn[1], Waradet Sangbun[1] and Natchaya Khetkratok[1]
[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Nakhon Phanom University
[*]E-mail: warit.me@npu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของจำนวนรูเปิดบนชิ้นงานต่อความแข็งแรงดึงสูงสุดของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสที่มีทิศทางการเรียงตัวแตกต่างกัน เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาการออกแบบชิ้นงานไฟเบอร์กลาส ในการทดลองนี้ไฟเบอร์กลาสเรียงตัวแบบต่อเนื่องทอทำมุม $[0°/90°]_5$ มีความหนาแน่น 400 กรัมต่อตารางเซนติเมตร และไฟเบอร์กลาสเรียงตัวแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง มีความหนาแน่น 450 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ทั้งสองชนิดเป็นไฟเบอร์กลาสประเภท E-glass โดยใช้โพลีเอสเทอร์เรซิ่น 355E เป็นส่วนประสานยึดเกาะ ซึ่งชิ้นงานตัวอย่างทั้งสองได้ถูกนำมาทดสอบแรงดึงเพื่อหาค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด บนชิ้นงานตัวอย่างที่จำนวนรูเปิด 1 2 และ 3 รู โดยมีขนาดรูเปิดเท่ากับ 6 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่าจำนวนรูเปิดที่เพิ่มขึ้นมีผลให้คุณสมบัติความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้นสำหรับวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ แต่ไม่มีความแตกต่างในกรณีไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง

คำหลัก วัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาส การทดสอบแรงดึงวัสดุรูเปิด ความแข็งแรงดึงสูงสุด รูเปิด

Abstract

This research was to study the effect of number of open holes on the ultimate tensile strength of glass fiber-reinforced composite specimens with different orientations so that the results could be used in consideration of glass fiber-reinforced work piece design. The experiment was carried out with woven cloth glass-fiber orientation at $[0°/90°]_5$ with a density of 400 g/cm^2 and the random-discontinuous glass-fiber orientation with density of 450 g/cm^2, both are E-glass type glass-fiber using 355E polyester resin as matrix. Specimens made from both materials were tested for their ultimate tensile strength and the relationship between stress and strain which specimens have three different number of open-hole (1, 2 and 3 open-hole) with a diameter of 6 mm on each specimen. The results showed that the increased number of open-holes resulted in an increased ultimate tensile strength for the $[0°/90°]_5$ angled woven cloth glass fiber-

reinforced, but there was no difference in the case of the random-discontinuous glass fiber-reinforced.
Keywords: glass fiber-reinforced, Open-hole tensile test, Ultimate tensile strength, Open-hole

1. บทนำ

ปัจจุบันวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสถูกนำมาทดแทนวัสดุโลหะแบบดั้งเดิม เนื่องจากข้อได้เปรียบที่เหนือกว่าวัสดุโลหะทั้งในเรื่องน้ำหนักและคุณสมบัติเชิงกล เช่น ความแข็งแรง สมรรถนะที่ทนอุณหภูมิสูง ความต้านทานการกัดกร่อน และความนำไฟฟ้า เป็นต้น ในภาคอุตสาหกรรมหลาย ๆ ด้าน ตั้งแต่อุตสาหกรรมยานยนต์ เรือ และอากาศยาน ได้นำเอาวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อความแข็งแรงและการประหยัดพลังงาน สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการออกแบบโครงสร้างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสคือการเชื่อมต่อชิ้นงานเข้าด้วยกันซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการเจาะรูเปิดเพื่อใช้น็อตยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งจำนวนรูเปิดอาจมีผลต่อความแข็งแรงของวัสดุไฟเบอร์กลาส ในการออกแบบโครงสร้างของชิ้นส่วนที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น การมีรูเปิด (Open holes หรือ Notches) บนชิ้นส่วนที่ต้องมีการยึดแน่นด้วยน็อต ซึ่งการดำเนินการศึกษาผลกระทบของรูเปิดที่ส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสได้มีการศึกษาอย่างหลากหลายเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสอย่างต่อเนื่อง [1] การทดลองของ O'Higgins และคณะ [2] ได้ศึกษาลักษณะแรงดึงของวัสดุประกอบโพลิเมอร์เสริมแรงไฟเบอร์คาร์บอนและโพลิเมอร์เสริมไฟเบอร์กลาส โดยการทดสอบความเสียหายของวัสดุประกอบและเปอร์เซ็นต์ของโหลดสูงสุด โดยใช้เทคนิคแบบไม่ทำลาย (Non-destructive techniques) เพื่อทำนายความเสียหาย ทุกชิ้นงานตัวอย่างมีขนาดรูเปิด 6 mm ซึ่งได้ศึกษาอยู่ 4 ตัวอย่าง คือ $[90/0]_{4s}$ $[90°/0°]_{2s}$ $[90°_2/0°_2]_s$ และ $[45°/0°/-45°/90°]_{2s}$ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าวัสดุประกอบโพลิเมอร์เสริมแรงไฟเบอร์คาร์บอนแบบรูเปิดมีค่าความแข็งแกร่ง (Stiffness) และค่าความแข็งแรง (Strength) ดีกว่า ในขณะที่วัสดุประกอบโพลิเมอร์เสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบรูเปิดมีความความเครียดที่ดีกว่าและมีความเหนียว (Toughness) ที่สูง Yasuhide S. และคณะ [3] ได้ใช้วิธีระเบียบวิธีเชิงตัวเลขและการทดลองเพื่อประเมินคุณสมบัติความแข็งแรงดึงของวัสดุประกอบโพลิเมอร์เสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอ ที่อุณหภูมิแช่แข็ง โดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างเป็นแบบรูเปิด การทดสอบด้วยแรงดึงนั้นจะทำที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิแช่แข็งที่ 77 เคลวิน และ 4 เคลวิน และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองระเบียบวิธีเชิงตัวเลข Haleh A.H. และคณะ [4] ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้เส้นใยไฟเบอร์กลาสร่วมกับเส้นใยไฟเบอร์คาร์บอนต่อคุณสมบัติความแข็งแรงดึงในชิ้นงานตัวอย่างแบบรูเปิด ที่ขนาดรูเปิด 5 mm และ 10 mm และตรวจสอบความเสียหายของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสกับไฟเบอร์คาร์บอน โดยเครื่อง Microscopic พบว่าค่าความแข็งแรงจะลดลงตามขนาดรูเปิดที่เพิ่มขึ้น และพบว่าวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสกับไฟเบอร์คาร์บอน (สัดส่วน 50:50) มีค่าความแข็งแรงดึงสูงกว่าวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาส Norazean S. และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาสัดส่วนการใช้วัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์เคฟล่าร่วมกับไฟเบอร์กลาสต่อคุณสมบัติการรับแรงดึง ซึ่งได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์เคฟล่า วัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาส และวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์เคฟล่าร่วมกับไฟเบอร์กลาส ที่สัดส่วน 20:80 50:50 และ 80:20 (ไฟเบอร์เคฟล่า : ไฟเบอร์กลาส) ที่ชิ้นงานตัวอย่างรูเปิดขนาด 6 mm ซึ่งพบว่าเมื่อสัดส่วนของปริมาณไฟเบอร์เคฟล่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงและค่าความแข็งแกร่งแรงดึงของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์เคฟล่าร่วมกับไฟเบอร์กลาสเพิ่มขึ้นเช่นกัน ต่อมา Norazean S. และ Aidah J. [6] ได้นำวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสชนิด Kevlar-49 กับชนิด C-glass มาผสมกันเพื่อศึกษาผลกระทบของขนาดรูเปิดที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติการรับแรงดึง โดยขนาดรูปเปิดบนชิ้นงานตัวอย่างประกอบด้วย ไม่มีรูเปิด 1 4 6 8 และ 12 mm เพื่อที่จะหาค่าคุณสมบัติการรับแรงดึงและเปรียบเทียบผลกระทบของขนาดรูเปิดต่อคุณสมบัติของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์ชนิด Kevlar-49

(KFRP) วัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์ชนิด C-glass (GFRP) และวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์ชนิด Kevlar-49 กับชนิด C-glass (KGFRP) ผลการทดลองสรุปได้ว่าคุณสมบัติความแข็งแรงดึงจะลดลงกับการเพิ่มขึ้นของขนาดรูเปิดในชิ้นงานตัวอย่าง KFRP GFRP และ KGFRP ซึ่งในชิ้นงานตัวอย่างรูเปิด KGFRP ให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด Donghyun Y. และคณะ [7] ได้วิเคราะห์ความเสียหายเมื่อเจาะรูเปิดจำนวน 1 และ 2 รู บนชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาส ที่มีการเรียงของชั้นแผ่นไฟเบอร์กลาสที่มีความแตกต่างกัน 2 ชิ้นงานตัวอย่างคือ $[0°/+45°/-45°/90°]_s$ และ $[0°/+45°/0°/-45°]_s$ โดยมีแนวการเรียงตัวของรูเปิดตั้งกับแนวแรงดึง มีระยะห่างระหว่างรูเปิด 12.7 mm ที่ขนาดรูเปิด 6.35 mm ซึ่งชิ้นงานตัวอย่างนี้จะถูกทดลองด้วยการดึงทดสอบ และวิธีวิเคราะห์ความเสียหายแบบต่อเนื่อง (Progressive failure analysis, PFA) ถูกนำมาใช้ในการทำนายพฤติกรรมความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบรูเปิด

ในงานวิจัยนี้เพื่อทดสอบและประเมินความสามารถในการรับแรงดึงของวัสดุสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสที่มีการเรียงตัวของเส้นใยแตกต่างกันกับจำนวนรูเปิดบนชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น เพื่อนำไปประกอบการเลือกใช้วัสดุกระกอบเสริมแรงไฟเบอร์ในการออกแบบหรืองานซ่อมแซมที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นในการศึกษานี้ได้พิจารณาคุณสมบัติความแข็งแรงดึงสูงสุดของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ (Woven cloth glass fiber, $[0°/90°]_5$) และวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง (Random - discontinuous glass fiber) ที่จำนวนรูเปิด ไม่มีรูเปิด 1 2 และ 3 รู ชิ้นงานเหล่านี้จะถูกทดสอบด้วยแรงดึงและวิเคราะห์โดยใช้ความสัมพันธ์ของค่าความเค้น (Stress) และค่าความเครียด (Strain) โดยที่การเรียงตัวของรูเปิด 2 และ 3 รู จะเจาะเรียงขนานตามแนวการดึงของชิ้นงานตัวอย่าง

2. วัสดุและวิธีการ

วัสดุไฟเบอร์กลาสและโพลีเอสเทอร์เรซิ่นที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นวัสดุที่มีใช้ทั่วไปตามท้องตลาด กระบวนการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างจะทำบนแม่พิมพ์ โดยใช้แผ่นไฟเบอร์กลาสเรียงซ้อนกันจำนวน 5 แผ่น ซึ่งจะทดสอบแรงดึงตัวอย่างละ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของความเค้นและความเครียดสูงสุด การคำนวณหาค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดกับชิ้นงานวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสที่ชิ้นงานตัวอย่างรูเปิดสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้ [8], [9]

$$\sigma_u = \frac{F_{\max}}{A} \quad (1)$$

เมื่อ σ_u คือความเค้นดึงสูงสุดที่มีการเจาะรู (MPa) $F_{\max}$ คือแรงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย (N) A คือพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานโดยไม่คำนึงถึงรูเปิด (mm^2)

การพิจารณาความต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุเมื่อได้รับแรงกระทำสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างความเค้นและความเครียด หรือค่าโมดูลัส (Modulus) โดยงานวิจัยนี้จะพิจารณาบนพื้นฐานของโมดูลัสแบบคอร์ด (Chord modulus) สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ [8]

$$E_{chord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (2)$$

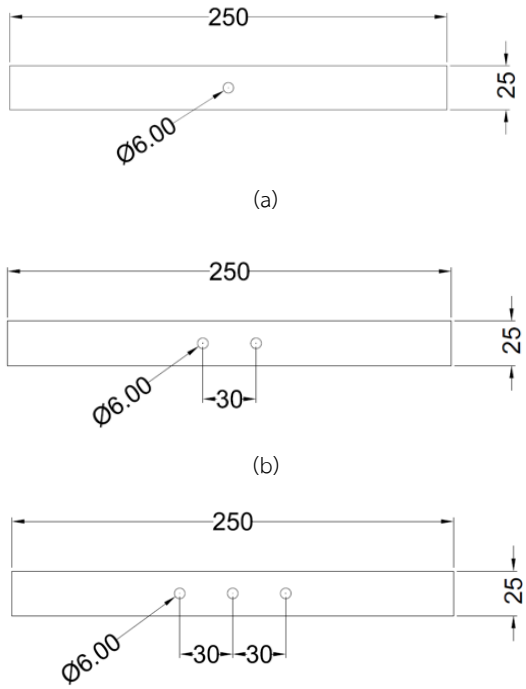
เมื่อ E_{chord} คือโมดูลัสแบบคอร์ดแรงดึงของความยืดหยุ่น (MPa) $\Delta\sigma$ คือความแตกต่างของแรงดึงที่ใช้ระหว่างค่าความเครียดสองจุด $\Delta\varepsilon$ คือความแตกต่างระหว่างค่าความเครียดสองจุด

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของวัสดุชิ้นงานตัวอย่าง

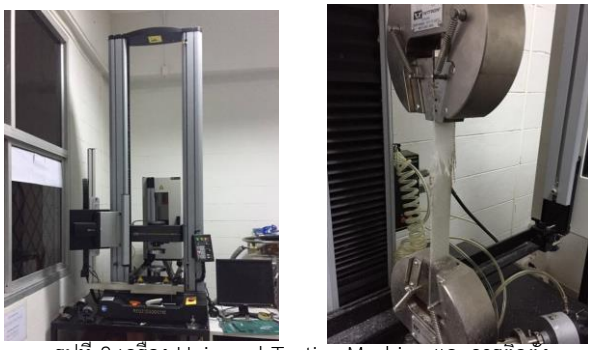
ข้อมูลจำเพาะ	**แบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$**	**แบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง**
การเรียงตัวของเส้นใย	0°-90°	แบบสุ่ม
จำนวนชั้น	5	5
ความหนา (mm)	2.5	5
น้ำหนักต่อพื้นที่ ($g.cm^{-2}$)	400	450
ความหนาแน่นของเรซิ่น 355E ที่ 20 °C ($g.cm^{-3}$)	1.13	1.13

2.1 วัสดุและตัวอย่างชิ้นงาน

ในงานวิจัยนี้วัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสเรียงตัวแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ และ วัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสเรียงตัวแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง จะถูกนำมาศึกษาคุณสมบัติความแข็งแรงดึง โดยการปรับจำนวนรูเปิดตั้งแต่ 1 2 และ 3 รู ซึ่งชิ้นงานตัวอย่างจะถูกเตรียมด้วยวิธีการขึ้นรูปด้วยมือ (Hand lay-up process) โดยใช้ส่วนประสานยึดเกาะเป็นโพลีเอสเทอร์เรซิ่น 355E ขนาดชิ้นงานตัวอย่างรูเปิดที่ใช้ในการทดลองจะอ้างอิงจากมาตรฐาน ASME D3039 [8] และ D5766 [9] ซึ่งแสดงในรูปที่ 1 โดยมีความยาว 250 mm ความกว้าง 25 mm และมีขนาดรูเปิด 6 mm ซึ่งทุกชิ้นงานตัวอย่างจะถูกทดสอบด้วยแรงดึง ข้อมูลจำเพาะของชิ้นงานตัวอย่างได้แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะและขนาดชิ้นงานตัวอย่าง (a) 1 รูเปิด (b) 2 รูเปิด (c) 3 รูเปิด



รูปที่ 2 เครื่อง Universal Testing Machine และการติดตั้ง

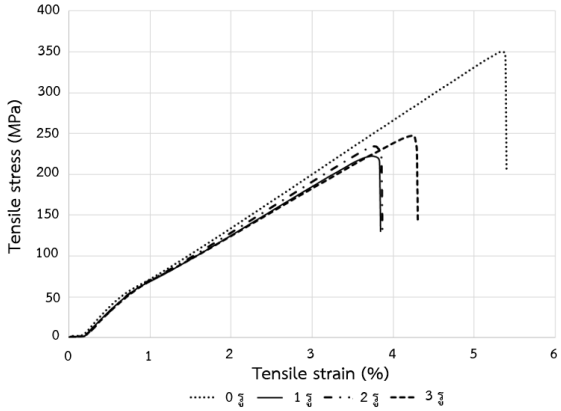
2.2 กระบวนการทดสอบ

การทดสอบความแข็งแรงดึงสูงสุดของชิ้นงานตัวอย่างจะถูกทดสอบโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM, type: INSTRON 5567A) การติดตั้งชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการทดสอบแรงดึงแสดงในรูปที่ 2 ในการทดสอบแรงดึงของวัสดุเสริมแรงไฟเบอร์กลาสรูเปิดจะดำเนินการตามมาตรฐาน ASME D3039 and ASTM D5766 แต่ละตัวอย่างจะถูกทดสอบโดยใช้อัตราการเคลื่อนที่ 1 mm/min และทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

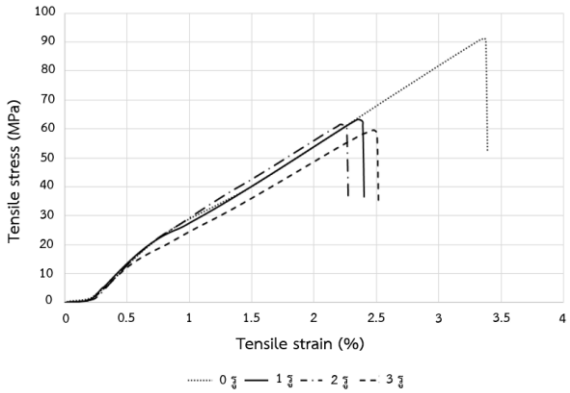
3. ผลและการวิเคราะห์

ผลการทดลองในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 แสดงพฤติกรรมความต้านทานแรงดึง (Tensile stress) กับ ความเครียดแรงดึง (Tensile strain) ของชิ้นงานตัวอย่างไฟเบอร์กลาสเสริมแรงแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ และแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง ตามลำดับ ชิ้นงานที่ไม่มีรูเปิด กับมีรูเปิด 1 2 และ 3 รู ที่ขนาดของรูเปิด 6 mm จากผลการทดลองเห็นได้ชัดว่าวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสไม่มีรูเปิดทั้งสองตัวอย่างมีค่าความแข็งแรงมากกว่าวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสรูเปิด [2], [4], [11] ผลจากการทดลองยังบ่งชี้ถึงความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสไม่มีรูเปิดแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ คือ 364.1 MPa ขณะที่ความต้านทานแรงดึงของแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่องคือ 96.7 MPa ซึ่งไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ มีความต้านทานแรงดึงได้สูงกว่าแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง สาเหตุมาจากไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ มีความต่อเนื่องของเส้นใยจึงทำให้รับแรงดึงได้ดีกว่าไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง

เมื่อชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ จำนวนรูเปิด 1 2 และ 3 รู ถูกทดสอบโดยแรงดึง แสดงในรูปที่ 3 พบว่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 227.8 236.9 และ 242.8 MPa ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นความเครียดแรงดึงเท่ากับ 3.83% 3.99% และ 4.18% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าทั้งความต้านทานแรงดึงและเปอร์เซ็นความเครียดแรงดึงของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีจำนวนรูเปิดเพิ่มขึ้น เป็นเพราะคุณสมบัติความต่อเนื่องของเส้นใยไฟเบอร์กลาส นอกจากนี้เมื่อมีรูเปิดบนชิ้นงานตัวอย่างทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของการไหลของความเค้น (Stress flow) ทำให้เกิดความเค้นสะสม (Stress concentration) ที่บริเวณขอบของรูเปิด [7], [10] จึงทำให้เกิดความเครียดที่มากขึ้นบริเวณขอบรูเปิด [2] และเมื่อจำนวนรูเปิดเพิ่มขึ้นทำให้ความเค้นสะสมกระจายไปยังตำแหน่งรูเปิดบนชิ้นงาน และเมื่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเกิดการกระจายความการเสียหายไปยังบริเวณขอบรอบพื้นที่รูเปิด



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Tensile stress กับ Tensile strain ชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ ไม่เจาะรูเปิด 1 2 และ 3 รู



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Tensile stress กับ Tensile strain ชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง ไม่เจาะรูเปิด 1 2 และ 3 รู

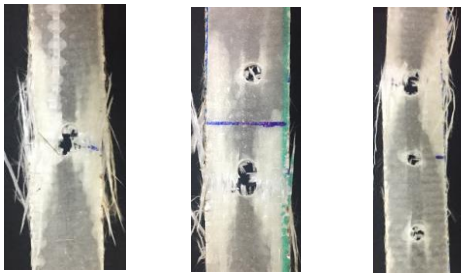
และเมื่อพิจารณาชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง มีจำนวนรูเปิด 1 2 และ 3 รู แสดงในรูปที่ 4 พบว่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 66.3 62.7 และ 59.6 MPa ตามลำดับ ส่วนความเครียดแรงดึงเท่ากับ 2.47% 2.41% และ 2.45% ตามลำดับ พบว่าผลกระทบของจำนวนรูเปิดที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงดึงของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง สังเกตได้จากความต้านทานแรงดึงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เนื่องจากเส้นใยไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง มีการเรียงตัวของเส้นใยที่ไม่ต่อเนื่องและไม่มีทิศทาง ทำให้การเรียงตัวของอะตอมไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นเมื่อมีแรงมากระทำต่อชิ้นงานตัวอย่างความเค้นที่เกิดบริเวณอะตอมที่ถูกแรงกระทำจะถูกส่งไปยังอะตอมของโพลีเอสเทอร์เรซิ่น (355E) [12] ซึ่งมีความสามารถรับแรงดึงอยู่ที่ 55 MPa จึงทำให้เกิดการแตกหัก จนกระทั่งความเครียดเพิ่มขึ้นถึงค่าที่โพลีเอสเทอร์เรซิ่นจะรับได้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความเค้นสูงสุด ค่าเฉลี่ยความเครียด ของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ และแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง

รูเปิด	ค่าเฉลี่ย	หน่วย	แบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$	แบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง
0	$\sigma_{u,avg}$	MPa	364.1	96.7
	ε_{avg}	%	4.98	3.22
	E_{chord}	GPa	6.6	2.8

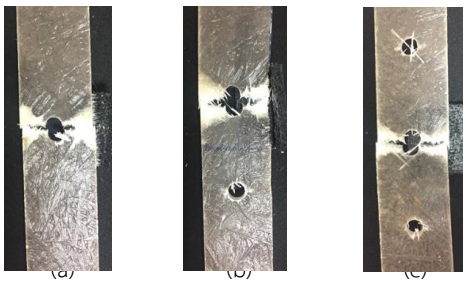
รูเปิด	ค่าเฉลี่ย	หน่วย	แบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$	แบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง
1	$\sigma_{u,avg}$	MPa	227.8	66.3
	ε_{avg}	%	3.83	2.47
	E_{chord}	GPa	5.95	2.8
2	$\sigma_{u,avg}$	MPa	236.9	62.7
	ε_{avg}	%	3.99	2.41
	E_{chord}	GPa	6	3
3	$\sigma_{u,avg}$	MPa	242.8	59.6
	ε_{avg}	%	4.18	2.45
	E_{chord}	GPa	5.4	2.78

หากพิจารณารูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ มีรูเปิด ดังแสดงในรูปที่ 5 เป็นรูปแบบความเสียหายชนิด XGM (eXplosive-Gage-Middle) ส่วนรูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานตัวอย่างวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่องมีรูเปิด ดังแสดงในรูปที่ 6 เป็นรูปแบบความเสียหายชนิด LGM (Lateral-Gage-Middle) [9] ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนทั้งสองชิ้นงานเกิดจากระหว่างการทดสอบแรงดึง รอยแตก (Cracks) จะเริ่มเกิดขึ้นบนขอบของรูเปิดและจะขยายออกด้านข้างอย่างช้า ๆ หลังจากนั้นจะเริ่มขยายกว้างขึ้นจนกระทั่งแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นงานเสียหาย [13] นอกจากนี้ในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ที่จำนวนรูเปิด 2 และ 3 รู ยังพบรอยแตกที่บริเวณขอบของรูเปิดที่ไม่ใช้ตำแหน่งรูเปิดแตกหัก บ่งชี้ได้ว่าเกิดความเครียดและความเค้นสะสมที่ขอบของรูเปิดนั้น



(a) (b) (c)

รูปที่ 5 ความเสียหายของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ (a) 1 รูเปิด (b) 2 รูเปิด (c) 3 รูเปิด



(a) (b) (c)

รูปที่ 6 ความเสียหายของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง (a) 1 รูเปิด (b) 2 รูเปิด (c) 3 รูเปิด

เมื่อพิจารณาความต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ และวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง โดยพิจารณาจากค่าโมดูลัสแบบคอร์ดซึ่งเกิดจากการคำนวณความชัน (Slop) ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด ดังแสดงในสมการที่ 2 จากการคำนวณค่าโมดูลัสแบบคอร์ดแสดงในตารางที่ 2 พบว่าจำนวนรูเปิดที่เพิ่มขึ้นนั้นจะส่งผลให้ความต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ และวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่องลดลง ซึ่งสามารถสังเกตได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดในรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 สำหรับวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ ที่รูเปิด 1 2 และ 3 รู มีค่าโมดูลัส 6.6 5.95 และ 5.4 GPa ตาลำดับ ขณะที่วัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง มีค่าโมดูลัส 2.8 3 และ 2.78 GPa ตามลำดับ พบว่าวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0°/90°]_5$ สามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ดีกว่าวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง จากข้อมูลการวิจัยนี้ยังบ่งชี้ได้ว่าคุณสมบัติต้านทานแรงดึงสูงสุดของวัสดุประกอบไฟเบอร์กลาสขึ้นอยู่กับจำนวนรูเปิด และชนิดของไฟเบอร์กลาส

4. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงผลกระทบของจำนวนรูเปิดต่อความแข็งแรงดึงของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0^{o}/90^{o}]_5$ และวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งไม่มีรูเปิด และจำนวนรูเปิด 1 2 และ 3 รู โดยรูเปิดแต่ระรูขนาดขนาด 6 mm จะถูกนำมาศึกษา ผลการทดลองสรุปได้ว่าจำนวนรูเปิดที่เพิ่มขึ้นบนชิ้นงานตัวอย่างมีผลต่อคุณสมบัติความแข็งแรงดึงสูงสุดของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบทอทำมุม $[0^{o}/90^{o}]_5$ ทำให้ความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้น ขณะที่จำนวนรูเปิดเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติความแข็งแรงดึงสูงสุดของวัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากความเค้นสูงสุดและความเครียดสูงสุดมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เพราะความไม่ต่อเนื่องของเส้นใยไฟเบอร์กลาสแบบสุ่ม-ไม่ต่อเนื่อง ความเค้นสะสมที่เกิดบริเวณขอบรูเปิดกระจายไปยังโพลีเอสเทอร์เรซิ่นและเมื่อเกิดความเครียดเพียงเล็กน้อยจึงทำให้เกิดการเสียหายหรือแตกหักทันที

การเลือกใช้วัสดุประกอบเสริมแรงไฟเบอร์กลาสให้เหมาะสมกับงานที่ออกแบบ หรือใช้กับงานอื่น ๆ เช่น งานด้านการเกษตร งานเพื่อซ่อมแซง เป็นต้น สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม จึงทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ในการให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทดสอบวัสดุ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทีได้อนุญาตให้ใช้เครื่อง Universal Testing Machine และสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณ ทีมวิจัย และนักศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนครพนม รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ คณาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม ทุกท่านที่ได้ช่วยแนะนำจนทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินการด้วยความราบรื่นและสำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

[1] Zhang J., Chaisombat K., He S. and Wang C. H., 2012. Hybrid Composite Laminates Reinforced with Glass/Carbon Woven Fabrics for Lightweight Load Bearing Structures, Materials & Design, Vol. 36, p. 75-80.

[2] O'Higgins R. M., Mccarthy M. A. and Mccarthy C.T., 2008. Comparison of Open-Hole Tension Characteristics of High Strength Glass and Carbon Fibre-Reinforced Composite Materials, Composites Science and Technology, Vol. 68(13), p. 2770-2801

[3] Yasuhide S., Shinya W., Tomo T., Fumio N., Takuya M. and Satoru Y., 2011. Numerical and experimental evaluation of cryogenic tensile strength of woven fabric-reinforced glass/epoxy composites using open hole specimens, Journal of Mechanics of Materials and Structures 6(1-4), p. 545-556

[4] Haleh A. H., Rizal Z., Wahyu K. And Yakub M. T., 2012. Tensile strength of notched woven fabric hybrid glass carbon/epoxy composite laminates, Journal of Industrial Textiles published, p. 1-13.

[5] Norazean S., Aidah J., Shahrul A.A. and Ahmad Z.H., 2015. Effect of hybridization on open-hole tension properties of woven Kevlar/glass fiber hybrid composite laminates, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 76(9), p. 91–96.

[6] Norazean S. and Aidah J., 2017. Hole Size Effects on the Open Hole Tensile Properties of Woven Kevlar-Glass Fibre Hybrid Composite Laminates, Pertanika J. Sci. & Technol., 25 (S), p. 309 - 318.

[7] Donghyun Y., Sangdeok K., Jaehoon K., and Youngdae D., 2019. Development and Evaluation of Crack Band Model Implemented Progressive Failure Analysis Method for Notched Composite Laminate, Applied Sciences 2019(9), p. 1–22.

[8] American Society for Testing and Materials. 2002. ASTM D3039: Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. ASTM International, United States.

[9] American Society for Testing and Materials. 2003. ASTM D5766: Standard Test Method for Open Hole Tensile Strength of Polymer Matrix Composite Laminates. ASTM International, United States.

[10] ชาวสวน กาญจโนมัย. 2552. ความเสียหายของวัสดุทางวิศวกรรม, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพ.

[11] Salleh Z., Berhan M. N., Hyie K. M., Taib Y. M., Kalam A. and Roselina N.R.N., 2013. Open Hole Tensile Properties of Kenaf Composite and Kenaf/Fibreglass Hybrid Composite Laminates, The Malaysian International Tribology Conference 2013, 68(2013), p. 399 – 404.

[12] ไพโรจน์ สิงหฉนัดกิจ. 2559. กลศาสตร์ของวัสดุคอมโพสิ, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

[13] Zhiyuan Z., Yuqiu Y. and Hiroyuki H., 2012. Mechanical Property of Glass Mat Composite With Open Hole, Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, 2012, p. 1 – 6

ID107

การเปรียบเทียบเวลาในการอพยพหนีไฟระหว่างการอพยพจริงและการอพยพด้วยโปรแกรม Pathfinder : กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์

Comparison of Fire Evacuation Time between Actual Evacuation and Evacuation Simulations by Pathfinder Software: Case Study Carbon Fiber Reinforced Polymers Industry

สกุลตลา เกิดพร[1*] และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]
[1]นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: sukultala.k@ku.th, k.sakultala@hotmail.com

Sakultala Kerdporn[1*] and Supat Patvihaichod1[2]
[1]Master of Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: sukultala.k@ku.th, k.sakultala@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ศึกษาการจำลองการอพยพหนีไฟออกจากอาคารซึ่งเป็นอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์ขณะเกิดเพลิงไหม้ โดยใช้โปรแกรมจำลองการอพยพ Pathfinder เปรียบเทียบกับการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟประจำปี ซึ่งอาคารเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก มีขนาดกว้าง 68 เมตร ยาว 176 เมตร และมีความสูงวัดจากพื้นดินถึงยอดหลังคาโดยประมาณเท่ากับ 13 เมตร จำนวน 2 ชั้น ขนาดพื้นที่ 14,958 ตารางเมตร ชั้นที่ 1 มีขนาดพื้นที่ 9,639 ตารางเมตร ชั้นที่ 2 มีขนาดพื้นที่ 5,319 ตารางเมตร อาคารมีบันได 4 บันได ซึ่ง 2 บันไดอยู่คนละฝั่งของอาคาร และอีก 2 บันไดอยู่กลางอาคาร พนักงานที่ปฏิบัติงานชั้นที่ 1 มีประตูทางออกทั้งหมด 2 ประตู พนักงานที่ปฏิบัติงานบนชั้นที่ 2 มีประตูทางออก 1 ประตู ในการจำลองสถานการณ์มีจำนวนผู้อพยพ 288 คน ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมจำลองการอพยพใช้เวลาในการอพยพ 131.5 วินาที หรือ 2 นาที 12 วินาที พนักงานใช้ประตูทางออกที่ 1 จำนวน 79 คน ประตูทางออกที่ 2 จำนวน 93 คน และประตูที่ออกที่ 3 จำนวน 116 คน ซึ่งการอพยพจริงใช้เวลาไปทั้งสิ้น 4.35 นาที (เวลามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้คือไม่เกิน 5 นาที) เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาจากการจำลองการอพยพพบว่าการจำลองการอพยพโดยโปรแกรมใช้เวลาน้อยกว่าการอพยพจริง 2.23 นาที

คำหลัก การจำลองการอพยพหนีไฟ การอพยพจริง เส้นทางหนีไฟ

Abstract

This paper studied the evacuation simulation from Carbon Fiber Reinforced Polymers Industry. This building wide of 68 meters, length 176 meters and height 13 meters and total area is 14,958 square-meter. The first-floor area is 9,639 square-meter and second floor area is 5,319 square-meter. The building has four stairwells on both ends. The first floor has 2 exits and second floor has only one exit of the building. This case is characterized by 288 people. The study found the evacuation simulation program takes evacuation time 131.5 seconds (2.12 minutes.) Employees uses the exit door 1 total 79 peoples, the exit door 2 total 93 peoples and the exit door 3 total 116 peoples. The actual evacuation takes 6.35 minutes. (Standard time required by law of Thailand is no more than 5 minutes). After compared to time from the evacuation simulation, found that the simulation of the evacuation by the program takes 4.23 minutes less than the actual evacuation.

Keywords: Fire Evacuation Simulation, Actual Evacuation, Means of Egress

1. บทนำ

ในยุค 4.0 อุตสาหกรรมเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว รวมถึงอุสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยมีการขยายตัว 7-9 % ต่อปี มีการพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างอย่างต่อเนื่อง ในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก มีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้นในเขตนิคมอุตสาหกรรม และยังสามารถก่อสร้างขึ้นด้วยความรวดเร็ว ส่งผลให้มีประชากรเข้ามาทำงานในโรงงานเพิ่มตามมา สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นลำดับแรกก็คือเรื่องของความปลอดภัยของพนักงานที่เข้ามาปฏิบัติงานในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม

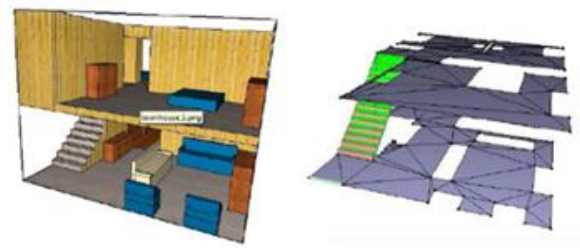
จากกฎกระทรวงเรื่องกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555 [1] กำหนดให้นายจ้างจัดให้มีการฝึกซ้อมอพยพลูกจ้างในอาคารไปตามเส้นทางหนีไฟที่กำหนด และนายจ้างต้องจัดให้มีการฝึกซ้อมดับเพลิง การฝึกซ้อมหนีไฟอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง รวมทั้งข้อกำหนดอื่นๆในการบริหารจัดการด้านการป้องกันการเกิดอัคคีภัย ซึ่งสาเหตุของการเสียชีวิตส่วนใหญ่มาจากการสำลักควันไฟมากกว่าจากความร้อนของเปลวไฟ ดังนั้นการป้องกันการเสียชีวิตจากอัคคีภัยจึงเน้นไปที่เส้นทางเพื่อใช้ในการอพยพและการป้องกันไม่ให้ควันไฟลุกลามหรือแพร่กระจาย ซึ่งในการอพยพหนีไฟเวลาที่ใช้ในการอพยพเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เวลาขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ เช่น จำนวนของประชากร ลักษณะของอาคาร การจัดวางผังภายในอาคาร ถึงแม้จะมีการจัดวางผังที่ดีแล้วก็ตาม ก็ยังต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพและขีดความสามารถในการหนีไฟ เวลาที่ใช้ในการอพยพ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการรับรู้ว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ ช่วงเวลาที่ตอบสนองต่อเหตุการณ์เพลิงไหม้ และช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ปลอดภัย โดยโปรแกรมจำลองการอพยพ Pathfinder [2] สามารถคำนวณได้เฉพาะในส่วนของเวลาที่ใช้ในการอพยพเท่านั้น ซึ่งสถานการณ์สามารถเกิดขึ้นหลายแบบ

วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาการจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder เปรียบเทียบกับการอพยพหนีไฟจริง และนำผลการวิเคราะห์มากำหนดประตูทางออกและกลยุทธ์การอพยพที่เหมาะสม ซึ่งการใช้โปรแกรม Pathfinder มาเป็นเครื่องมือในการจำลองการอพยพหนีไฟนั้น ทำให้เห็นศักยภาพหรือข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นในแต่ละสถานการณ์ อีกทั้งยังช่วยประหยัดในเรื่องของเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลองซักซ้อมทำแผนอพยพและหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

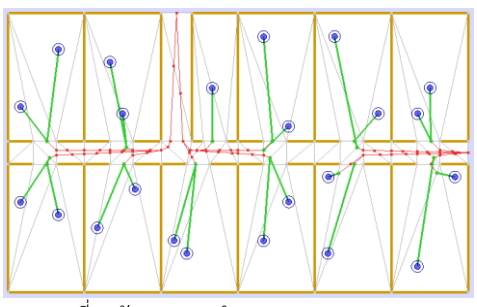
2.1 โปรแกรม Pathfinder

โปรแกรม Pathfinder เป็นโปรแกรมจำจองการเคลื่อนไหวในการหาทางออกของมนุษย์ สามารถใช้วิเคราะห์ได้ทั้งสองมิติและสามมิติ ซึ่งการใช้โปรแกรม Pathfinder มาวิเคราะห์หาเวลาที่ผู้ใช้อาคารอพยพ (Required Safe Egress Time, RSET) โปรแกรม Pathfinder ถูกสร้างขึ้นจากแนวคิดของการสร้างพื้นที่ทางเดินเป็นหลักรวมถึงสิ่งกีดขวางและบันไดต่างๆ โดยรูปทรงเรขาคณิตที่เกิดขึ้นเป็นแบบจำลองที่เกิดจากการสร้างกริดรูปสามเหลี่ยมติดกันเรียกว่า navigation mesh และการเคลื่อนไหวของผู้อพยพก็จะเกิดอยู่ในระดับนี้ด้วย ดังแสดงตามรูปที่ 1 โดยโปรแกรม Pathfinder นี้สามารถจำแนกการเคลื่อนที่ได้ทั้งหมดสองลักษณะดังนี้ [3]



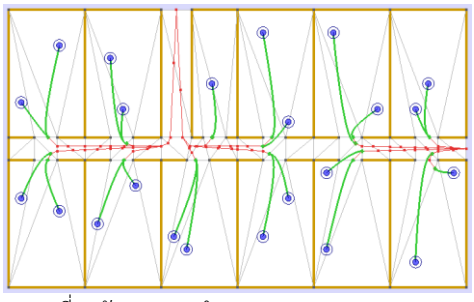
รูปที่ 1 ซ้าย: แสดงแบบจำลอง 3 มิติ ขวา: แสดง navigation mesh

ลักษณะเด่นของโปรแกรม Pathfinder คือ เป็นการอพยพที่เป็นระเบียบมีแบบแผน โดยมีการจำลองการอพยพ 2 รูปแบบ คือ แบบ SFPE ลักษณะการเคลื่อนที่จะเป็นเส้นตรงตลอดทาง ส่วนความเร็วจะพิจารณาจากความหนาแน่นของผู้อพยพตามเส้นทางหนีไฟและความกว้างของประตูจะกำหนดความเร็วของผู้อพยพ ดังแสดงตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะการจำลองแบบ SFPE Mode

แบบ Steering เป็นรูปแบบการจำลองที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติของการอพยพของมนุษย์ ลักษณะการจำลองจะมีการเดินหลบหลีกสิ่งกีดขวาง มีการเว้นระยะห่างระหว่างการเดิน และเลือกเส้นทางการอพยพที่ใกล้ที่สุด ดังแสดงตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะการจำลองแบบ Steering Mode

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนผลงานวิจัยพบว่าผู้วิจัยหลายท่านได้นำโปรแกรม Pathfinder มาประเมินและวิเคราะห์การอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารดังนี้ ชลธิชา วงศ์เสงี่ยม ได้ศึกษาและวิเคราะห์เชิงสมรรถนะเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตในโรงงานผลิตยางรถยนต์ และจำลองการอพยพหนีไฟเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการอพยพ (Required Safe Egress Time, RSET) โดยใช้โปรแกรม Pathfinder และทำการวิเคราะห์หาเวลาอพยพ โดยกำหนดการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ 3 สถานการณ์ ผลจากการวิจัยพบว่าผู้ใช้งานภายในอาคารผลิตยางรถยนต์ปลอดภัยทุกคน [4] กรทิพย์ ศรีพรม ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเวลาในการอพยพหนีไฟระหว่างการอพยพแบบปกติและการอพยพแบบหน่วงเวลาด้วยโปรแกรม Pathfinder [5] นิชาภา ทรงวัฒนา ได้ศึกษาเวลาอพยพหนีไฟในอาคารที่พักอาศัย โดยได้จำลองสถานการณ์ทั้งสิ้น 6 สถานการณ์ ผลการวิจัยพบว่าทุกสถานการณ์ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพออกจากอาคารภายในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ตามที่กฎหมายกำหนด และพบว่าการอพยพเกิดการล่าช้ากรณีที่บันไดหนีไฟใช้ได้ 1 บันได [6] วิภา สุกง ได้จำลองการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารหอพักบุคลากรอาคาร 19 ของมหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา มีจำนวนความจุของผู้ใช้อาคารทั้งสิ้น 351 คน แบ่งออกเป็น 2ลักษณะ คือ แบบกำหนดเส้นทางหนีไฟ และการอพยพแบบไม่กำหนด

เส้นทางหนีไฟ ซึ่งพบว่าใช้เวลาอพยพลดลงเท่ากับ 41.1% ,61% และ19% ตามลำดับ [7] ธีระศักดิ์ ต่ายเนาว์ดง ได้ศึกษาการจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารที่มีการใช้สอยแบบผสมผสาน ระหว่างการใช้ห้องประชุม ห้องสัมมนา จัดเลี้ยง กิจการร้านค้า และที่จอดรถอยู่รวมในอาคารเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่าทุกสถานการณ์เวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ มีค่าน้อยกว่า 1 ชั่วโมง ไม่เกินระยะเวลาที่ใช้ในการลำเลียงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคาร [8] และจากการทบทวนผลงานวิจัยพบว่าโปรแกรม Pathfinder นั้นเป็นโปรแกรมที่น่าเชื่อถือทำให้เราสามารถคาดการณ์เวลาในการอพยพหนีไฟและเหตุการณ์ในการเกิดเพลิงไหม้ได้ ทำให้เราสามารถวิเคราะห์สมรรถนะของอาคารและสามารถจำลองปรับปรุงตัวอาคารก่อนนำไปปรับปรุงจริงได้โดยไม่ต้องไปทำการทดลองจากสถานที่จริงซึ่งทำได้ค่อนข้างยาก

2.3 เวลาในการอพยพหนีไฟ (Fire Evacuation Time)

ช่วงเวลาอพยพของผู้ใช้อาคารที่อพยพจากภายในอาคารจนออกจากอาคาร หรือมาถึงจุดที่ปลอดภัย ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ [9] ดังนี้

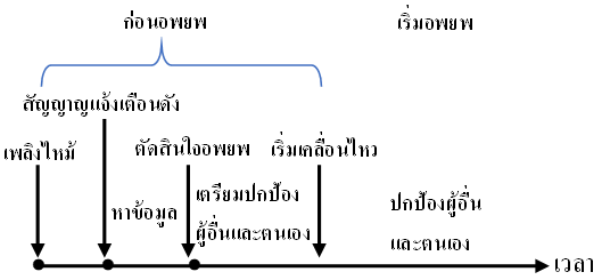
1. ระยะเวลาในการรับรู้เหตุ (Notification time, t_n) คือ เวลาตั้งแต่เริ่มเกิดเหตุจนถึงมีการรับรู้ของผู้ใช้อาคาร เช่น การได้ยินเสียงกริ่งเตือนภัยของระบบตรวจจับควันหรือความร้อน การได้กลิ่นควันไฟ การสัมผัสถึงไอความร้อน การเห็นประกายไฟ การรับทราบจากการประกาศแจ้งเตือน การได้ยินเสียงการแตกของกระจก การแตกของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

2. ระยะเวลาในการตอบสนองต่อการรับรู้เหตุ (Reaction time, t_r) คือ เวลาตั้งแต่ผู้ใช้อาคารได้รับรู้ว่ามีเหตุเกิดขึ้นถึงระยะเวลาการตัดสินใจว่าจะทำอย่างไร ซึ่งระยะดังกล่าวนี้จะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ เช่น ความสามารถในการได้ยิน การมองเห็น อายุ การตื่นตัวของผู้ใช้อาคาร

3. ระยะเวลาเตรียมการอพยพ (Pre-evacuation activity time, t_p) คือ เวลาตั้งแต่ที่ตัดสินใจว่าจะอพยพจนถึงการเริ่มอพยพออกจากจุดที่อยู่ไปยังประตูทางออก

4. ระยะเวลาในการอพยพ (Travel time, t_t) คือเวลาตั้งแต่เริ่มอพยพจนกระทั่งออกสู่พื้นที่ปลอดภัยหรือออกสู่ภายนอกอาคาร

องค์ประกอบในข้อที่ 1-3 เรียกว่า "เวลาล่าช้า" (Delay time) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเวลาที่ใช้ในการอพยพรวม (Evacuation time) มีองค์ประกอบด้วยกัน 2 ส่วน คือ Delay time คือ ช่วงเวลาก่อนการอพยพ หรือเวลาล่าช้า และ Travel time คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนตัวอพยพไปยังจุดที่ปลอดภัย [10] ดังแสดงตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงระยะเวลาของการตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินจากเหตุไฟไหม้ของมนุษย์

โปรแกรมจำลองการอพยพสามารถคำนวณได้เฉพาะเวลาที่ใช้ในการอพยพเท่านั้น ซึ่งปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวกับเวลาในการอพยพ คือ จำนวนผู้ใช้อาคาร ความเร็วในการอพยพของผู้ใช้อาคาร ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร ความกว้างของประตู และเส้นทางอพยพ ระยะทางที่ไปยังสถานที่ปลอดภัย ขนาดรูปทรงของอาคาร พฤติกรรมและความคุ้นเคยกับพื้นที่ จะต้องนำปัจจัยเหล่านี้มาพิจารณาเพื่อจัดทำแผนอพยพด้วย

3. วิธีการ

3.1 ศึกษาข้อมูลของอาคารและปัจจัยที่มีผลต่อการอพยพหนีไฟ

1. พื้นที่อาคาร (หน่วยตารางเมตร)
2. จำนวนประตูทางออกจากอาคาร (หน่วยจุด)
3. ความกว้างของประตูทางออก (หน่วยเมตร)
4. ความเร็วในการเดินของผู้ใช้อาคารเมื่ออพยพ (เมตรต่อวินาที)
5. จำนวนผู้อพยพ (หน่วยคน)

จากการศึกษาข้อมูลของอาคารและปัจจัยที่มีผลต่อการ

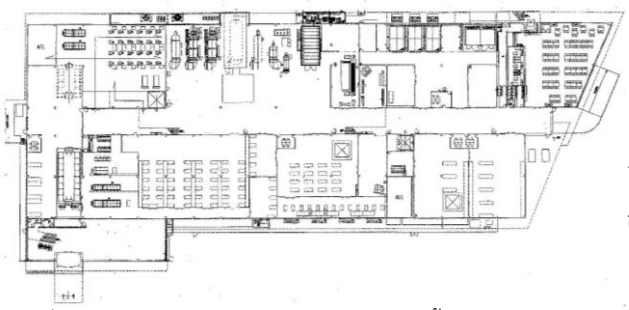
อพยพหนีไฟสรุปได้ดังนี้ อาคารผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก มีขนาดความกว้าง 68 เมตร ความยาว 176 เมตร และมีความสูงวัดจากพื้นดินถึงยอดหลังคาโดยประมาณเท่ากับ 13 เมตร ขนาดพื้นที่ทั้งหมด 14,958 ตารางเมตร ชั้นที่ 1 มีขนาดพื้นที่ 9,639 ตารางเมตร ชั้นที่ 2 มีขนาดพื้นที่ 5,319 ตารางเมตร อาคารมีจำนวนทั้งสิ้น 2 ชั้น ประตูที่ใช้สำหรับการอพยพมีทั้งสิ้น 3 ประตู ดังนี้ ประตูทางออกที่ 1 , ประตูทางออกที่ 2 และประตูทางออกที่ 3 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนพนักงานปฏิบัติงานในอาคาร

ชั้นที่	ห้อง	จำนวน ผู้ใช้งาน (คน)	ประตูทางออก
1	Cutting	6	2
1	Laminate	81	2
1	Maintenance	6	2
1	Assembly	43	3
1	Painting	33	3
1	QA/QC	35	3
1	Packing	5	3
2	Cutting JC	2	1
2	Assembly JC	22	1
2	Laminate JC	12	1
2	Office	43	1

3.2 การสร้างแบบจำลองการอพยพหนีไฟ

จำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม Pathfinder โดยใช้ข้อมูลทั่วไปของอาคารผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์ ซึ่งจำลองลักษณะทางกายภาพของอาคารทั้งหมดเพื่อให้ได้อัตราส่วนที่ใกล้เคียงที่สุด ดังแสดงตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงลักษณะทางกายภาพของอาคารผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์

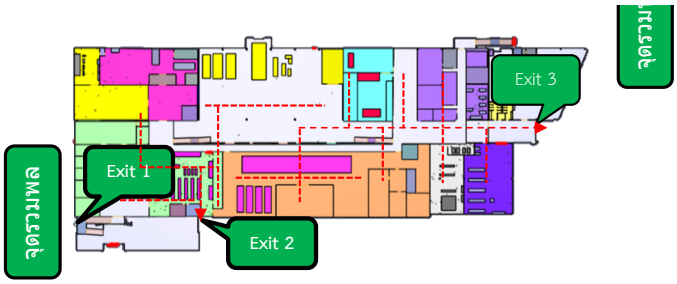
การออกแบบการจำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม Pathfinder ดังแสดงตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 การออกแบบและจำลองโดยใช้โปรแกรม Pathfinder

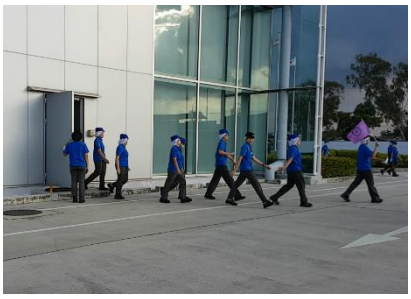
3.2 พฤติกรรมการอพยพตามแผนฝึกซ้อมของอาคาร

การอพยพตามแผนฝึกซ้อมของอาคาร จะแบ่งโซนออกเป็น 3 โซนตามจำนวนประตูทางออก โดยกลุ่มที่ 1 คือ พนักงานที่ปฏิบัติงานชั้นที่ 1 จำนวน 4 แผนก ได้แก่ แผนกรับเข้า แผนกซ่อมบำรุง แผนกตัดและแผนกขึ้นรูปจะอพยพหนีไฟโดยใช้ประตูทางออกที่ 2, กลุ่มที่ 2 คือพนักงานที่ปฏิบัติงานชั้นที่ 1 จำนวน 4 แผนก ได้แก่ แผนกประกอบ แผนกพ่นสี แผนกควบคุมคุณภาพและแผนกส่งออกจะอพยพหนีไฟโดยใช้ประตูทางออกที่ 3 และกลุ่มที่ 3 คือพนักงานที่ปฏิบัติงานชั้นที่ 2 ทั้งหมดจะอพยพหนีไฟโดยใช้บันไดเพื่อลงไปสู่ประตูทางออกที่ 3 เพื่ออพยพไปยังจุดรวมพล ดังแสดงตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงแผนผังการฝึกซ้อมของอาคาร

พนักงานทั้งหมดที่อพยพออกจากอาคารของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์แต่ละประตูทางออก ดังแสดงตามรูปที่ 8, รูปที่ 9 และรูปที่ 10



รูปที่ 8 แสดงการอพยพออกจากอาคาร โดยใช้ประตูทางออกที่ 1



รูปที่ 9 แสดงการอพยพออกจากอาคาร โดยใช้ประตูทางออกที่ 2



รูปที่ 10 แสดงการอพยพออกจากอาคาร โดยใช้ประตูทางออกที่ 3

จำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานในอาคารทั้งหมดขณะอพยพออกจากอาคารของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์ โดยแยกตามประตูทางออกที่ 1,ประตูทางออกที่ 2 และประตูทางออกที่ 3 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนพนักงานทั้งหมดที่อพยพออกจากอาคาร

ประตูทางออกที่	จำนวนผู้อพยพ (คน)	ชาย	หญิง
1	79	42	37
2	93	17	76
3	116	90	26
รวมผู้อพยพ	288	149	139

3.3 สร้างแบบจำลองอาคารโดยโปรแกรม Pathfinder

ในการจำลองการอพยพของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์ ผู้ศึกษาได้ทำการกำหนดเงื่อนไขไว้ดังนี้

1.กำหนดให้มีจำนวนผู้ใช้งานอาคารตามตารางที่ 1 โดยกำหนดลักษณะของผู้ใช้งานอาคารเป็นแบบสุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้มีอายุต่ำกว่า 30 ปี, กลุ่มผู้มีอายุ 30 – 50 ปี และกลุ่มผู้มีอายุมากกว่า 50 ปี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงเพศและอายุการอพยพออกจากอาคาร

อายุ	ชาย	หญิง
<30	80	62
30 - 50	66	77
>50	3	0
คิดเป็น %	51.74	48.26

2.ลักษณะของการอพยพเป็นแบบปกติ

3.กำหนดความเร็วในการอพยพหนีไฟ โดยกำหนดให้เพศหญิงที่อายุต่ำกว่า 30 ปี ใช้ความเร็วในการอพยพ = [0.93 m/s, 1.55 m/s] เพศหญิงอายุ 30-50 ปี ใช้ความเร็วในการอพยพ = [0.71 m/s, 1.19 m/s] เพศชายที่อายุต่ำกว่า 30 ปี ใช้ความเร็วในการอพยพ = [1.11 m/s, 1.85 m/s] เพศชายอายุ 30-50 ปีใช้ความเร็วในการอพยพ = [0.97 m/s, 1.62 m/s] และเพศชายที่อายุมากกว่า 50 ปี ใช้ความเร็วในการอพยพ =[0.84 m/s, 1.4 m/s]

4.กำหนดให้ผู้ปฏิบัติงานชั้นที่ 1 ทั้งหมด อพยพโดยใช้ประตูทางออกที่ 2 และประตูทางออกที่ 3 และผู้อพยพจากชั้นที่ 2 ออกประตูทางออกที่ 1 ดังแสดงตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงแบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Pathfinder

4. ผลการศึกษา

จากการจำลองการอพยพโดยใช้โปรแกรม Pathfinder ตามลักษณะของอาคารและจำนวนผู้ใช้อาคาร ซึ่งเวลาที่ใช้ในการอพยพประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการรับรู้ว่าเกิดเหตุเพลิงไหม้ ช่วงเวลาที่ตอบสนองต่อเหตุการณ์เพลิงไหม้ และช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ปลอดภัย สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการอพยพออกจากอาคาร

ประตูทางออกที่	จำนวนผู้อพยพ (คน)	ผู้อพยพคนแรก	ผู้อพยพคนสุดท้าย
1	79	วินาทีที่ 42.1	วินาทีที่ 131.3
2	93	วินาทีที่ 4.4	วินาทีที่ 124.5
3	116	วินาทีที่ 17.8	วินาทีที่ 90.0

ปัจจัยที่ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการอพยพมากหรือน้อย คือ เพศ อายุ ความเร็วในการอพยพของผู้ใช้อาคาร ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร ความกว้างของประตู และเส้นทางอพยพ ระยะทางไปยังสถานที่ปลอดภัย ขนาดรูปทรงของอาคาร พฤติกรรมและความคุ้นเคยกับพื้นที่ สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงเวลาที่ใช้ในการอพยพแบ่งตามเพศและช่วงอายุ

เพศ/อายุ	ใช้เวลาอพยพน้อยที่สุด	ใช้เวลาอพยพมากที่สุด	ค่าเฉลี่ย
เพศหญิง 30-50 ปี	4.4 วินาที	129.6 วินาที	69.4
เพศหญิง < 30 ปี	5.8 วินาที	131.2 วินาที	52.4
เพศชาย 30-50 ปี	11.6 วินาที	125.5 วินาที	67.9
เพศชาย < 30 ปี	7.5 วินาที	127.8 วินาที	64.1
เพศชาย > 50 ปี	47.0 วินาที	88.5 วินาที	67.7

5. สรุป

การศึกษาครั้งนี้ได้แสดงการใช้แบบจำลองการอพยพหนีไฟ เพื่อจำลองการอพยพของอาคารในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเสริมคาร์บอนไฟเบอร์ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยจากอัคคีภัยให้กับพนักงาน ซึ่งมีจำนวนผู้ใช้อาคารทั้งสิ้น 288 คน แบ่งเป็นผู้ใช้อาคารชั้นที่ 1 จำนวน 209 คน และผู้ใช้อาคารชั้นที่ 2 จำนวน 79 คน ผลจากโปรแกรมจำลองการอพยพใช้เวลาในการอพยพ 131.5 วินาที หรือ 2 นาที 12 วินาที พนักงานใช้ประตูทางออกที่ 1 จำนวน 79 คน ประตูทางออกที่ 2 จำนวน 93 คน และประตูที่ออกที่ 3 จำนวน 116 คน ซึ่งการอพยพจริงใช้เวลาไปทั้งสิ้น 4.35 นาที (เวลาที่พนักงานคนสุดท้ายถึงประตูทางออก)

เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาจากการจำลองการอพยพ พบว่าการจำลองการอพยพโดยโปรแกรมใช้เวลาน้อยกว่าการอพยพจริง 2.23 นาที ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนด (เวลามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้คือไม่เกิน 5 นาที) รวมถึงขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟในแต่ละชั้นพบว่ามีความเพียงพอต่อการอพยพ มีเส้นทางหนีไฟเพียงพอตามมาตรฐาน NFPA กำหนดทั้ง 2 ชั้น แต่พบว่าการอยพยพจริงนั้น พนักงานส่วนใหญ่จะอพยพโดยใช้ประตูทางออกที่ 2 ซึ่งมีขนาดความกว้าง 118 เซนติเมตร ทำให้เกิดการติดขัดของการเดินทาง (congestion) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดจุดคอขวดในการอพยพ รวมทั้งมีพนักงานบางส่วนวิ่งย้อนกลับเข้าอาคาร โดยวิ่งสวนทางกับผู้อพยพ จึงส่งผลถึงเวลาโดยรวมในการอพยพจริงสูงกว่าเวลาจากการจำลองการอพยพโดยโปรแกรม จึงแนะนำให้เพิ่มประตูทางออกสำหรับการอพยพทั้งชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 อีกชั้นละ 1 ประตูทางออก เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการอพยพ รวมถึงการปรับปรุงป้ายบอกเส้นทางหนีไฟ และกำหนดเส้นทางหนีไฟ ประตูทางออกในแต่ละชั้นของอาคารไว้ในแผนการอพยพหนีไฟอย่างชัดเจน

การศึกษาครั้งนี้ได้นำผลการศึกษามาปรับปรุงแก้ไขแผนการอพยพหนีไฟของอาคารและวางแผนป้องกันเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้เพื่อความปลอดภัยของพนักงาน รวมทั้งปฏิบัติตามข้อกำหนดอื่นๆ ในการบริหารจัดการด้านการป้องกันการเกิดอัคคีภัย ก่อนการจัดให้มีการฝึกซ้อมอพยพลูกจ้างไปตามเส้นทางหนีไฟตามที่กำหนดในครั้งถัดไป

6.ข้อเสนอแนะ

การจำลองการอพยพโดยโปรแกรมจะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งหากนำไปใช้ตั้งแต่ช่วงการออกแบบอาคาร และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนป้องกันเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ เพื่อความปลอดภัยของพนักงาน และเป็นการลดการแก้ไขหรือปรับปรุงเส้นทางการอพยพในภาพหลัง ซึ่งต้องคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของผู้อพยพ ตัวแปรที่ส่งผลต่อการอพยพ และไหวพริบในการอพยพของผู้ใช้อาคารประกอบด้วย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยตั้งแต่ต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงแรงงาน. 2555. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ.2555.

[2] Thunderhead Engineering. 2020. Pathfinder User Manual. Manhattan.

[3] Thunderhead Engineering. 2020. Pathfinder Technical Reference Manual. Manhattan.

[4] ชลธิชา วงศ์เสงี่ยม, ประทีป ชัยเสริมเทวัญ และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. 2561. การจำลองการอพยพหนีไฟของโรงงานผลิตยางรถยนต์ โดยใช้โปรแกรม Pathfinder, ในรายงานการประชุมการประชุมวิชาการวิศวกรรมความปลอดภัยแห่งชาติ ครั้งที่ 9, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี.

[5] กรทิพย์ ศรีพรม, ประทีป ชัยเสริมเทวัญ และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. 2560. การเปรียบเทียบเวลาในการอพยพหนีไฟระหว่างการอพยพแบบปกติและการอพยพแบบหน่วงเวลาด้วยโปรแกรม Pathfinder. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2560, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] นิชาภา ทรงวัฒนา, ประทีป ชัยเสริมเทวัญ และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. 2561. การจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารพักอาศัย ด้วยโปรแกรม Pathfinder, ในรายงานการประชุมการประชุมวิชาการวิศวกรรมความปลอดภัยแห่งชาติ ครั้งที่ 9, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี.

[7] วิภา สุกง และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. 2561. การจำลองการอพยพบุคลากรของมหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จากอาคารพักอาศัย ด้วยโปรแกรม Pathfinder, ในรายงานการประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 2, ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่.

[8] ธีระศักดิ์ ต่ายเนาว์ดง และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. 2561. การจำลองเวลาอพยพหนีไฟสำหรับอาคารแบบผสมผสานด้วยโปรแกรม Pathfinder, ในรายงานการประชุมการประชุมวิชาการวิศวกรรมความปลอดภัยแห่งชาติ ครั้งที่ 9, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี.

[9] National Fire Protection Association. 2018. NFPA 101 Life Safety Code.

[10] Morgan J. Hurley. 2016. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 58 Human Behavior in Fire. 5th ed. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering.

ID108

การจำลองเชิงสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง กรณีศึกษาอาคารจัดเก็บเม็ดพลาสติก HDPE

PERFORMANCE ANALYSIS OF FIRE SPRINKLER SYSTEM; CASE STUDY HDPE WAREHOUSE

ลลิดา จอดนอก[1*], ประทีป ชัยเสริมเทวัญ[2] และ สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[3]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[3]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: lalida.jod@ku.ac.th, leklalida@gmail.com

Lalida Jodnok[1*], Prateep Chaisermtawan[2] and Supat Patvihaichod[3]
[1]Department of Engineering Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[3]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: lalida.jod@ku.ac.th, leklalida@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายในอาคารเก็บเม็ดพลาสติก HDPE ของสถานประกอบการแห่งหนึ่ง เป็นอาคาร 1 ชั้น กำแพงสูง 5 เมตรและความสูง ณ จุดสูงสุดเท่ากับ 8.15 เมตร เป็นพื้นที่สำหรับจัดเก็บเม็ดพลาสติก HDPE ขนาดกว้าง 42 เมตร ยาว 50 เมตร เท่ากับ 2,100 ตารางเมตร ปริมาณการจัดเก็บเม็ดพลาสติก HDPE มากกว่า 1,000 ตันต่อวัน จัดเป็นพื้นที่เสี่ยงอัคคีภัยระดับปานกลาง มีการติดตั้งท่อและระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ตามมาตรฐานการเดินท่อภายในอาคาร วสท.1004-16 หมวดที่ 4 รายการวิศวกรรมสุขาภิบาล และป้องกันอัคคีภัย เพื่อช่วยระงับเหตุเพลิงไหม้และลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน เนื่องจากการทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงจริงนั้น กระทำได้ยาก ผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Pyrosim ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงทางพลศาสตร์อัคคีภัยมาทดสอบ โดยได้จำลองสถานการณ์ กรณีเกิดเพลิงไหม้ 6 สถานการณ์ เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ บริเวณกลางห้อง ริมห้อง และมุมห้องเก็บเม็ดพลาสติก HDPE แบบไม่มีและมีการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส จากผลการจำลองสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ ทั้ง 6 สถานการณ์ พบว่า หัวกระจายน้ำดับเพลิงสามารถช่วยลดอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ได้ดี ในสถานการณ์ที่ 2 และ 6 ตามลำดับ แต่สำหรับสถานการณ์ที่ 4 เกิดเพลิงไหม้บริเวณริมห้อง ไม่สามารถช่วยลดอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ แต่ก็ยังไม่เกินอุณหภูมิทนไฟของเหล็กที่ใช้เป็นคานรับน้ำหนักส่วนบนของอาคาร ตามมาตรฐาน ASTM E119 ซึ่งกำหนดไว้ที่ 538 องศาเซลเซียส

คำหลัก การจำลองเชิงตัวเลข ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง อาคารจัดเก็บเม็ดพลาสติก

Abstract

This research is the study of the performance of the fire sprinkler system installed inside the HDPE warehouse building of an establishment. It is a 1-story building with 5 meters high wall and the highest point at 8.15 meters as storage space HDPE. Storage area for HDPE 42 meters wide, 50 meters long, equal to 2,100 square meters. The storage amount of HDPE bigbags more than 1,000 tons per day, classified as a Ordinary Hazard fire area. Installation of Pipe and fire sprinkler systems according to the standard piping in the building The Engineering Institute of Thailand Standard 1004-16 Section 4 Sanitation engineering list and fire protection to help suppress fires and reduce damage to life and property. Since the performance testing of the fire sprinkler system is difficult. The researcher therefore introduced the Pyrosim computer program, which is used to create virtual fire simulation by simulating the situation in the event of a fire in 6 situations to compare the temperature during the fire in the center of the room, the edge of the room and the corner of the storage room of HDPE without and having a fire sprinkler system installed at a temperature of 68 degrees Celsius. From the simulation of the fire situation in all 6 situations, it is found that the fire sprinkler can help to reduce the temperature during a fire well in situations 2 and 6 respectively, but for situation 4 a fire in the edge of the room unable to help reduce the temperature during a fire. But it is still not over the fire resistance of steel used as the weight beam on the top of the building in accordance with ASTM E119 which is set at 538 degrees Celsius.

Keywords: Numerical Simulation, Fire Sprinkler System, HDPE WAREHOUSE

1. บทนำ

จากข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุในโรงงาน โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า การเกิดอัคคีภัยเป็นอุบัติเหตุอันดับแรกที่เกิดขึ้นมากที่สุด ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินมูลค่ามหาศาล ในปี 2561 [1] พบว่า มีการเกิดอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง เช่น โรงงานผลิตเครื่องสำอาง จ.นนทบุรี พบผู้เสียชีวิตถูกไฟคลอก 1 ราย บริเวณจุดที่มีถังแอลกอฮอล์และเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเครื่องสำอาง โดยใช้เวลาราว 1 ชั่วโมง จึงสามารถควบคุมเพลิงไว้ได้ โรงงานผลิตดินสอ พบกลุ่มควันและแสงเพลิงจำนวนมากเกิดขึ้นภายในตัวโรงงาน เพลิงลุกไหม้อย่างรวดเร็วเพราะโรงงานมีไม้เป็นเชื้อเพลิงอย่างดี เจ้าหน้าที่ดับเพลิงหลายสถานีใช้น้ำฉีดอยู่ประมาณ 1 ชั่วโมง แสงเพลิงจึงหมดไป เหลือแต่กลุ่มควัน จะเห็นได้ว่า เมื่อเกิดเพลิงไหม้แล้วถึงแม้ว่าจะมีระบบรองรับเหตุฉุกเฉิน แต่ก็ยังก่อให้เกิดความเสียหายทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน เช่นกัน โครงสร้างของอาคารเมื่อได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่อง จึงไม่สามารถทนสภาพได้ ก็อาจจะถล่มลงมาทำให้เกิดความเสียหายทั้งหมด ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ที่อาจจะเกิดขึ้นในบริเวณใดบริเวณหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมและมีโอกาสที่จะลุกลาม เนื่องจากมีเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ความร้อนจากเปลวไฟและปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการเกิดไฟ การติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง เพื่อลดอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ เป็นวิธีการดับเพลิงโดยการลดความร้อน โดยใช้โปรแกรม Pyrosim ในการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงทางพลศาสตร์อัคคีภัยมาทดสอบ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ที่ติดตั้งในอาคารเก็บเม็ดพลาสติก HDPE ว่าสามารถลดอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ไม่ให้เกินอุณหภูมิทนไฟของเหล็กที่ใช้เป็นคานรับน้ำหนักส่วนบนของอาคาร ตามมาตรฐาน ASTM E119 [2] ซึ่งกำหนดไว้ที่ 538 องศาเซลเซียส

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในต่างประเทศนั้นได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเกิดอัคคีภัยเป็นอย่างมาก มีการศึกษาทางด้านพลศาสตร์อัคคีภัยและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างภาพจำลองเสมือนจริงด้านพลศาสตร์อัคคีภัย จนมีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย

2.1 การจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยโดยใช้โปรแกรมจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamic Simulation, FDS)

การศึกษาการเคลื่อนที่ของไฟเมื่อเกิดอัคคีภัยในลักษณะต่างๆ โดยใช้หลักการ Computational Fluid Dynamics Model (CFD) มาสร้างภาพจำลองเสมือนจริงด้านพลศาสตร์อัคคีภัยในคอมพิวเตอร์ และต่อมาทางสถาบัน National Institute of Standards and Technology (NIST) ได้นำหลักการดังกล่าวมาพัฒนาและเรียกโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นว่า โปรแกรม Fire Dynamics Simulator (FDS) ซึ่งโปรแกรม FDS นี้มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่น การศึกษาการพัฒนาตัว การเคลื่อนที่ของไฟและควันการศึกษาการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และระบบดับเพลิงอัตโนมัติ การศึกษาผลกระทบของอัคคีภัยต่อโครงสร้างของตัวอาคาร การศึกษาการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีของไฟ เป็นต้น

ในประเทศไทยก็มีทีมนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้โดยใช้โปรแกรมแบบจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย (Fire Dynamics Simulator, FDS) การจำลองเวลาตอบสนองของหัวกระจายน้ำดับเพลิงด้วยโปรแกรม FDS โดยควบคุมให้อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงเปลี่ยนแปลง [3], การกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ เพื่อศึกษาสมรรถนะของระบบดับเพลิงที่มีอยู่ รวมถึงหาแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะของระบบดับเพลิงให้ดีขึ้น เพื่อลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินลงได้ [4], รวมถึงการจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยสำหรับ ศูนย์กระจายสินค้าขนาดใหญ่ [5] และยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอีกมากมายด้านการจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย

2.2 โปรแกรม Pyrosim

โปรแกรม Pyrosim [6] เป็นโปรแกรมจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย, อุณหพลศาสตร์, การเผาไหม้และการถ่ายเทความร้อน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถจำลองเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ ลดค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบจำลองจริง ช่วยให้เกิดความปลอดภัย สามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้ว่าสถานการณ์เพลิงไหม้ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น มีความรุนแรงอยู่ในระดับใด จะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการด้านความปลอดภัยจากอัคคีภัย โดยสามารถใช้โปรแกรม Pyrosim ได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) การกำหนดขนาดโครงข่าย (Mesh) การจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย จะดำเนินการภายในโครงข่าย (Mesh) ที่กำหนด วัตถุและจุดเกิดเพลิงไหม้ จะถูกประมวณผลโดยอัตโนมัติ ซึ่งการกำหนดขนาดโครงข่าย (Mesh) มีผลต่อการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ โดยใช้สูตรการคำนวณจะได้ขนาดโครงข่าย (Mesh) แบบหยาบ แบบปานกลางและแบบละเอียด ซึ่งงานวิจัยนี้ ได้กำหนดขนาดโครงข่าย (Mesh) แบบหยาบ เท่ากับ 0.25

2) การกำหนดวัตถุ (Materials) พื้นผิวของวัตถุ (Surfaces) และคุณสมบัติทางพลศาสตร์อัคคีภัยที่ใช้ในการจำลอง โดยเฉพาะคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้

3) สร้างแบบจำลองอาคารหรือพื้นที่ที่ต้องการศึกษาโดยใช้เครื่องมือต่างๆ ที่อยู่ในโปรแกรมซึ่งสามารถแสดงผลในรูปแบบ 2 มิติหรือ3 มิติ เพื่อให้เหมือนกับโครงสร้างจริง

4) การกำหนดการเกิดปฏิกิริยา (Reactions) โดยโปรแกรมจะมีข้อมูลให้เลือกใช้ โดยกำหนดคุณสมบัติที่สำคัญของการเกิดการเผาไหม้ ดังนี้ สูตรทางเคมีของเชื้อเพลิง อุณหภูมิลุกติดไฟ อัตราการปลดปล่อยความร้อน ฯลฯ เป็นต้น

5) การติดตั้งอุปกรณ์ (Devices) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งในแบบจำลองเพื่อบันทึกและสามารถแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้เสมือนจริง เช่น หัวกระจายน้ำดับเพลิง (Sprinklers), อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouples), แผ่นวัดความดัน, อุณหภูมิและทิศทางลม (Slice planes) เป็นต้น

6) การระบายความร้อน (HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) เป็นระบบการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยระบายความร้อน ได้แก่ ท่อ, จุดติดตั้งพัดลมดูดและระบาย

ควัน, พัดลมระบายอากาศและตัวกรองต่างๆ เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพื้นที่เกิดอัคคีภัยได้

7) การแสดงผลข้อมูล (Output Controls) ผู้ใช้งานสามารถกำหนดให้มีการแสดงผลข้อมูลได้ตามความต้องการ โดยใช้คำสั่งต่างในเมนูแสดงผล (Output) ได้แก่

7.1) แผ่นวัดความดัน, อุณหภูมิและทิศทางลม (Slice planes) แสดงผลโดยใช้เมนู Smoke view,

7.2) ขอบเขตการแสดงผล (Boundary quantities) เช่น แสดงอุณหภูมิที่ผนัง แสดงผลโดยใช้เมนู Smoke view

7.3) การแสดงผลแบบ Isosurfaces ใช้เพื่อแสดงผลการเกิดเพลิงไหม้แบบสามมิติแสดงปริมาณก๊าซจากการเผาไหม้ ข้อมูลนี้สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวโดยใช้เมนู Smoke view

7.4) การแสดงผล 3 มิติ (Plot3D) เป็นไฟล์มาตรฐานและสามารถใช้การแสดงผลแบบ 2มิติ, การแสดงทิศทางเวคเตอร์ ข้อมูลนี้สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวโดยใช้เมนู Smoke view

7.5) ข้อมูลทางสถิติ (Statistics) โดยแสดงผลข้อมูลของอุปกรณ์ (Devices) ที่ติดตั้งทางสถิติ ได้แก่ ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด, ค่าเฉลี่ย ในโครงข่าย (Mesh) ที่กำหนด โดยสามารถแสดงผลเป็นกราฟได้ ซึ่งข้อมูลทางสถิตินี้ สามารถช่วยในการตัดสินใจได้ชัดเจนมากขึ้น

2.3 การติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

สำหรับงานระบบป้องกันอัคคีภัยที่สำคัญและพื้นที่นั้นมีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัย ตามกฎหมายได้กำหนดให้มีการติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติ ได้แก่ ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง โดยต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดและมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐาน การป้องกันอัคคีภัยของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (EIT Standard) NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems โดยการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะต้องติดตั้งให้เหมาะสมกับระดับความเป็นอันตรายของพื้นที่นั้น โดย มาตรฐาน NFPA 13 [7] ได้แบ่งพื้นที่ครอบครองออกเป็น 3 ประเภทคือ 1. พื้นที่ครอบครองอันตรายน้อย (Light Hazard) โดยวัตถุที่มีอยู่ในพื้นที่ไม่ใช่สารไวไฟ ไม่สามารถลุกติดไฟได้เอง เช่น ที่พักอาศัย สำนักงานทั่วไป ฯลฯ เป็นต้น, 2. พื้นที่ครอบครองอันตรายปานกลาง (Ordinary Hazard) โดยวัตถุที่มีหรือมีการใช้งานที่มีความสามารถในการติดไฟในระดับปานกลาง ไม่เป็นวัตถุระเบิด เช่น ที่จอดรถและห้องแสดงรถยนต์ โรงงานผลิตอุปกรณ์อีเลคทรอนิคส์ โรงงงานผลิตเครื่องบริโภคประวัน, สำนักงานที่เป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่, ซูเปอร์สโตร์ที่เก็บสินค้าสูงไม่เกิน 3.6 เมตร ฯลฯ เป็นต้น, และ 3. พื้นที่ครอบครองอันตรายมาก (Extra Hazard) เป็นพื้นที่ที่มีหรือมีการใช้งานวัตถุไวไฟ วัตถุที่สามารถระเบิดได้และวัตถุที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน เช่น โรงเก็บและซ่อมเครื่องบิน, พื้นที่ที่ใช้งานโดยมีของเหลวไฮดรอลิคติดไฟได้, โรงหล่อด้วยแบบโลหะ ขึ้นรูปโลหะ โรงงานสิ่งทอ, อุตสาหกรรมพลาสติก ฯลฯ เป็นต้น

3. การดำเนินงานวิจัย

จากปัญหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น รวมถึงวัตถุประสงค์ในการดำเนินการวิจัยสามารถกำหนดวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 การสร้างแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย โดยการการศึกษาโครงสร้างอาคารจากอาคารจริงและแบบที่วิศวกรลงนาม

1) ลักษณะอาคาร เป็นอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่สำหรับจัดเก็บวัตถุดิบเพื่อการผลิต คือ เม็ดพลาสติกชนิด HDPE บรรจุในถุง BigBag ขนาดถุงละ 454 กิโลกรัม วางซ้อนกัน 3 ชั้น การจัดวางเว้นระยะสำหรับรถฟอร์คลิฟท์สามารถเข้าออกได้ รวมปริมาณการจัดเก็บมากกว่า 1 พันตัน

2) พื้นที่จัดเก็บเม็ดพลาสติก HDPE กำแพงสูง 5 เมตรและความสูง ณ จุดสูงสุดเท่ากับ 8.15 เมตร ขนาดกว้าง 42 เมตร ยาว 50 เมตร เท่ากับ 2,100 ตารางเมตร ลักษณะโล่งเป็นโครงหลังคาโค้ง ไม่มีฝ้า เพดาน

3) อาคารก่อสร้างในปี 2545 ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ตามมาตรฐาน วสท. 1004-16 [8] สุขาภิบาลและการป้องกันอัคคีภัย โดยกำหนดให้การติดตั้งท่อแนวท่อต้องตรง และได้ดิ่ง โดยขนาน หรือตั้งฉากกับตัวอาคาร และติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ตามแนวขนานกับแนวท่อ ซึ่งส่งผลให้ระยะห่างระหว่างหัวสปริงเกอร์กับหลังคาของอาคารมากกว่างเกณฑ์ที่กฎหมายและมาตรฐานกำหนด

4) มีผู้ปฏิบัติงานในอาคาร 3 คน เป็นพนักงานขับรถขนส่งเม็ดพลาสติก โดยใช้รถฟอร์คลิฟท์ เวลาปฏิบัติงาน 08.00 – 17.00 น.

3.2 การกำหนดขนาดโครงข่าย (Mesh) [9] ขนาดของ Mesh มีผลต่อความละเอียดในการจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย การคำนวณขนาดของ Mesh (dx) จะอ้างอิงตามค่า D* คือ characteristic fire diameter ซึ่งหาได้จากสมการ

$$D^* = \left(\frac{Q}{\rho C_p T_0 \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad (1)$$

กำหนดให้ Q คือ อัตราการปลดปล่อยความร้อนของเพลิง (heat release rate, HRR) ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (air density) C_p คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศ (air specific heat) T_0 คือ อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ (ambient temperature) และ g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (gravity acceleration)

ขนาดและจำนวนของ Mesh ที่มีความละเอียด จะสามารถแสดงผลได้เหมือนจริง โดยขนาดของ Mesh แบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ แบบหยาบ (Course), แบบปานกลาง (Moderate) และแบบละเอียด (Fine)

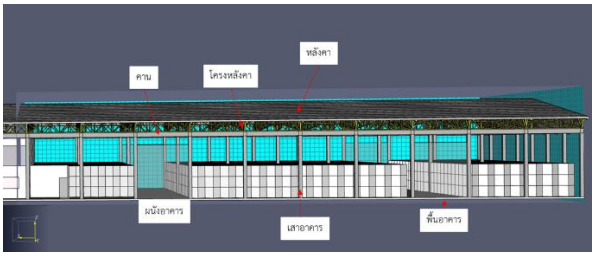
สำหรับงานวิจัยนี้ ได้เลือกขนาด Mesh แบบหยาบ เท่ากับ 0.25 เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีขนาดใหญ่ และใช้เวลาในการประมวณผลของโปรแกรมในแต่ละสถานการณ์เฉลี่ยประมาณ 120 ชั่วโมง

3.3 การกำหนดลักษณะวัตถุและพื้นผิวของวัตถุ การกำหนดคุณสมบัติของวัตถุและพื้นผิวของวัตถุที่นำมาเป็นส่วนประกอบของแบบจำลอง เช่น ของแข็ง ของเหลว แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยโปรแกรมได้มีการสร้างรายการวัตถุในเลือกใช้ในเมนู Material และ Surface โดยแบบจำลองอาคารในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดวัตถุและพื้นผิวของวัตถุ ดังตารางที่ 1 ตารางกำหนดลักษณะวัตถุและพื้นผิวของวัตถุ

ตารางที่ 1 ตารางกำหนดลักษณะวัตถุและพื้นผิวของวัตถุ

ส่วนประกอบของอาคาร	ประเภทวัตถุ	พื้นผิววัตถุ
พื้นอาคาร	CONCRETE	CONCRETE
ผนังอาคาร	CONCRETE	CONCRETE
เสาอาคาร	CONCRETE	CONCRETE
คาน	CONCRETE	CONCRETE
โครงหลังคา	STEEL	STEEL
หลังคา	METAL SHEET	METAL SHEET

สำหรับแบบจำลองอาคารเก็บเม็ดพลาสติก HDPE ดังภาพที่ 1 แบบจำลองอาคารเก็บเม็ดพลาสติก HDPE โดยกำหนดขนาดโครงข่าย (Mesh) ครอบคลุมเฉพาะจุดที่ต้องการศึกษา



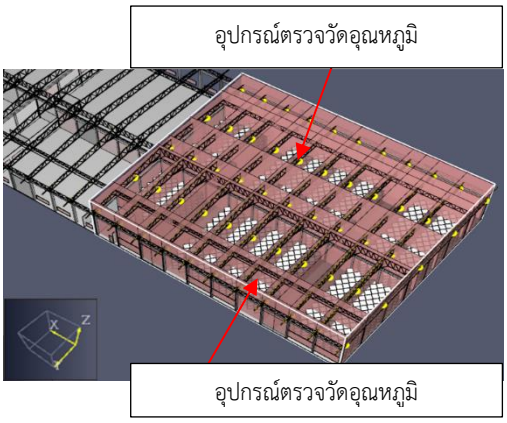
ภาพที่ 1 แบบจำลองอาคารเก็บเม็ดพลาสติก HDPE

3.4 การกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Slice plan) และหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Fire Sprinkler)

1) **อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple)** ติดตั้งบริเวณใต้คานเหล็ก ห่างกัน 10 เมตร ดังภาพที่ 2 ภาพตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouples) และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Slice plans)

2) ตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Slice plans) ติดตั้งบริเวณคานเหล็ก, แนวประตูทางออกและจุดเกิดเพลิงไหม้ ดังภาพที่ 2 ภาพตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouples) และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Slice plans) สำหรับพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Slice plans) ดังตารางที่ 2 ตาราง

แสดงพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Slice plans)

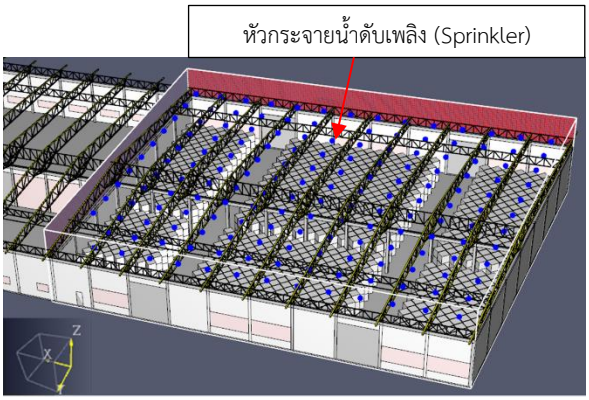


ภาพที่ 2 ภาพตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouples) และตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Slice plans)

ตารางที่ 2 ตารางพิกัดการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม (Slice plans)

No.	XYZ Plane	Plane Value	Gas Phase Quantity	Use Vector?	Cell Centered?
1	X	1.0	Velocity	Yes	Yes
2	X	1.0	Temperature	No	Yes
3	X	6.0	Velocity	Yes	Yes
4	X	6.0	Temperature	No	Yes
5	X	11.0	Velocity	Yes	Yes
6	X	11.0	Temperature	No	Yes
7	X	13.5	Velocity	Yes	Yes
8	X	13.5	Temperature	No	Yes
9	X	16.0	Velocity	Yes	Yes
10	X	16.0	Temperature	No	Yes
11	X	21.0	Velocity	Yes	Yes
12	X	21.0	Temperature	No	Yes
13	X	26.0	Velocity	Yes	Yes
14	X	26.0	Temperature	No	Yes
15	X	31.0	Velocity	Yes	Yes
16	X	31.0	Temperature	No	Yes
17	X	36.0	Velocity	Yes	Yes
18	X	36.0	Temperature	No	Yes
19	X	38.5	Velocity	Yes	Yes
20	X	38.5	Temperature	No	Yes
21	X	41.0	Velocity	Yes	Yes
22	X	41.0	Temperature	No	Yes
23	X	46.0	Velocity	Yes	Yes
24	X	46.0	Temperature	No	Yes
25	X	51.0	Velocity	Yes	Yes
26	X	51.0	Temperature	No	Yes
27	Y	35.25	Velocity	Yes	Yes
28	Y	35.25	Temperature	No	Yes
29	Y	39.27	Velocity	Yes	Yes
30	Y	39.27	Temperature	No	Yes
31	Y	41.0	Velocity	Yes	Yes
32	Y	41.0	Temperature	No	Yes
33	Y	50.03	Velocity	Yes	Yes
34	Y	50.03	Temperature	No	Yes
35	Y	56.03	Velocity	Yes	Yes
36	Y	56.03	Temperature	No	Yes
37	Y	59.0	Velocity	Yes	Yes
38	Y	59.0	Temperature	No	Yes
39	Y	71.0	Velocity	Yes	Yes
40	Y	71.0	Temperature	No	Yes
41	Y	76.5	Velocity	Yes	Yes
42	Y	76.5	Temperature	No	Yes

3) หัวกระจายน้ำดับเพลิง (Fire Sprinkler) ติดตั้งตามแบบของอาคารเก็บเม็ดพลาสติก HDPE ระยะห่าง ของแต่ละหัว เท่ากับ 3.57 เมตรและระยะห่างระหว่างแนวท่อ เท่ากับ 3.5 เมตร ดังภาพที่ 3 ภาพตำแหน่งของการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Sprinkler)



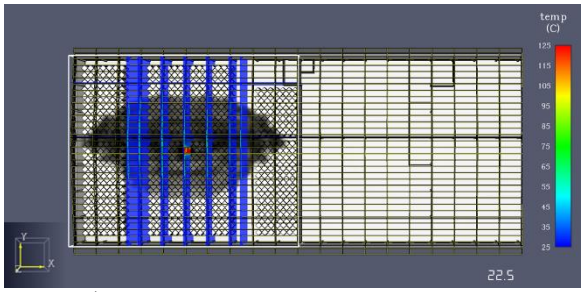
ภาพที่ 3 ภาพตำแหน่งของการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Sprinkler)

3.5) การกำหนดขนาดและตำแหน่งของเพลิงไหม้

กำหนดให้กองเพลิงมีขนาด 2*2 เมตร อัตราการปลดปล่อยความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ (Heat Release Rate Per Unit Area (HRRPUA)) เท่ากับ 1,000 kW/m^2 [10] เกิดเพลิงไหม้ 3 จุด ได้แก่ บริเวณกลางห้อง, บริเวณริมห้องและบริเวณมุมห้อง เพื่อศึกษาการกระจายความร้อนและการเคลื่อนที่ของควันไฟ ในรูปแบบ 360 องศา, 180 องศา และ 90 องศา

4. ผลการวิจัย

สถานการณ์ที่ 1 เกิดเพลิงไหม้บริเวณกลางห้องเก็บเม็ดพลาสติก HDPE และไม่มีการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การจำลองสถานการณ์ที่ 1 ดังภาพที่ 4 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 1 พบว่า การกระจายของควันแพร่ไปได้โดยรอบ 360 องศา อุณหภูมิสูงสุด ณ จุดเกิดเพลิงไหม้ที่ 245 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิเริ่มคงที่



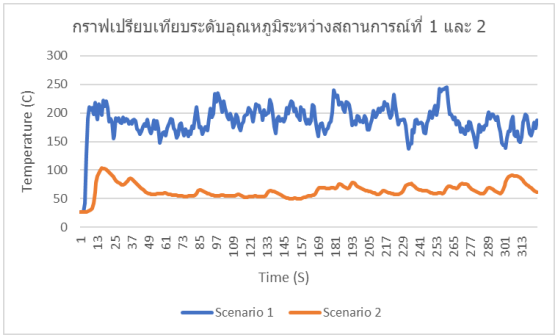
ภาพที่ 4 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์เกิดเพลิงไหม้ที่ 1

สถานการณ์ที่ 2 เกิดเพลิงไหม้บริเวณกลางห้องเก็บเม็ดพลาสติก HDPE และระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงานปกติ การจำลองสถานการณ์ที่ 2 ดังภาพที่ 5 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 2 พบว่า การกระจายของควันแพร่ไปได้โดยรอบ 360 องศา หัวกระจายน้ำดับเพลิงเริ่มทำงาน ณ วินาทีที่ 3.6 อุณหภูมิสูงสุด ณ จุดเกิดเพลิงไหม้ที่ 113.4 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิเริ่มลดลง



ภาพที่ 5 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 2

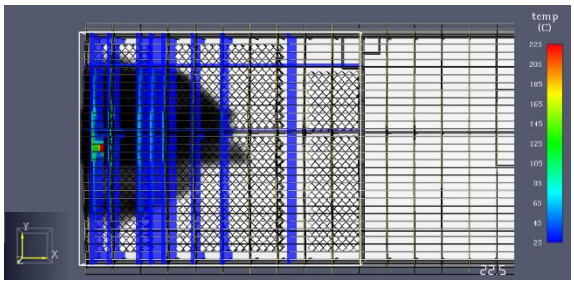
ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ ระหว่างสถานการณ์ที่ 1 และ 2 ดังกราฟที่ 1 กราฟเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิระหว่างสถานการณ์ที่ 1 และ 2 ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงสามารถลดอุณหภูมิลงได้ 65%



กราฟที่ 1 กราฟเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิระหว่างสถานการณ์ที่ 1 และ 2

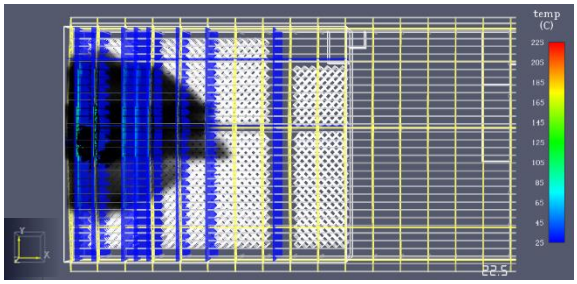
สถานการณ์ที่ 3 เกิดเพลิงไหม้บริเวณริมห้องเก็บเม็ดพลาสติก HDPE และไม่มีการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การจำลองสถานการณ์ที่ 3 ดังภาพที่ 6 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิง

ไหม้ที่ 3 การกระจายของควันแพร่ไปได้ 180 องศา พบว่า อุณหภูมิสูงสุด ณ จุดเกิดเพลิงไหม้ที่ 202 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิเริ่มคงที่



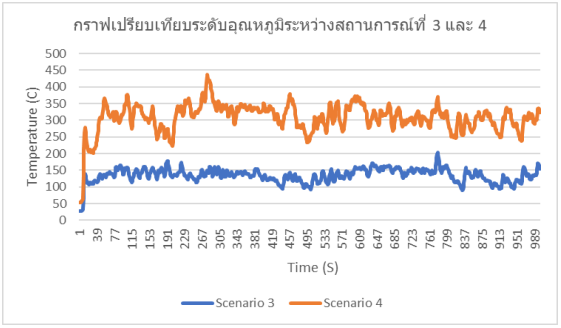
ภาพที่ 6 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 3

สถานการณ์ที่ 4 เกิดเพลิงไหม้บริเวณริมห้องเก็บเม็ดพลาสติก HDPE และระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงานปกติ การจำลองสถานการณ์ที่ 4 ดังภาพที่ 7 ภาพแสดงการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 4 พบว่า หัวกระจายน้ำดับเพลิงเริ่มทำงาน ณ วินาทีที่ 4 แต่อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิสูงสุด ณ จุดเกิดเพลิงไหม้ที่ 285 องศาเซลเซียส



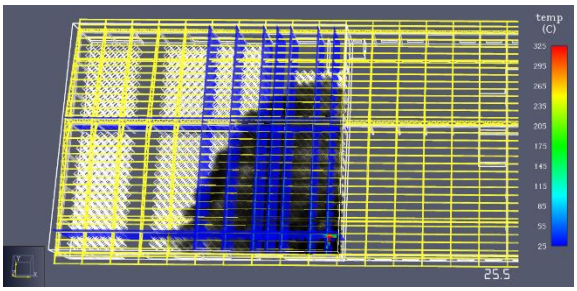
ภาพที่ 7 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 4

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ ระหว่างสถานการณ์ที่ 3 และ 4 ดังแสดงในกราฟที่ 2 กราฟเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิระหว่างสถานการณ์ที่ 3 และ 4 ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงไม่สามารถลดอุณหภูมิในขณะเกิดเพลิงไหม้ได้ แต่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 27%



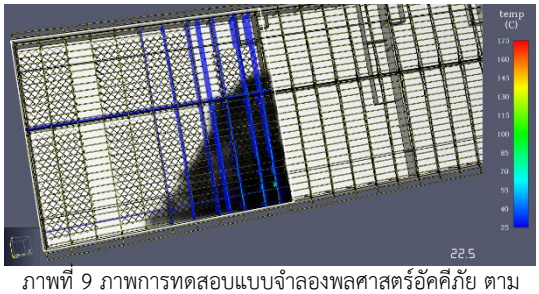
กราฟที่ 2 กราฟเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิระหว่างสถานการณ์ที่ 3 และ 4

สถานการณ์ที่ 5 เกิดเพลิงไหม้บริเวณริมห้องเก็บเม็ดพลาสติก HDPE และไม่มีการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การจำลองสถานการณ์ที่ 5 ดังภาพที่ 8 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 5 การกระจายของควันแพร่ไปได้ 90° พบว่า อุณหภูมิสูงสุด ณ จุดเกิดเพลิงไหม้ที่ 199 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิเริ่มคงที่



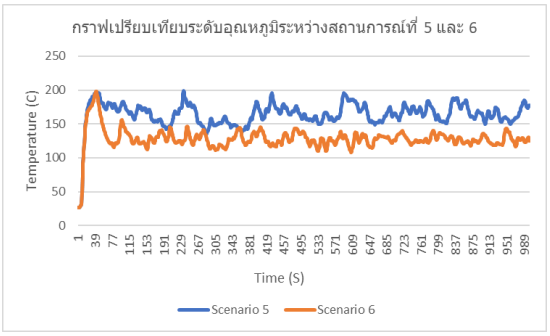
ภาพที่ 8 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 5

สถานการณ์ที่ 6 เกิดเพลิงไหม้บริเวณมุมห้องเก็บเม็ดพลาสติก HDPE และระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงานปกติ การจำลองสถานการณ์ที่ 6 ดังภาพที่ 9 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 6 พบว่า หัวกระจายน้ำดับเพลิงเริ่มทำงาน ณ วินาทีที่ 3 อุณหภูมิสูงสุด ณ จุดเกิดเพลิงไหม้ที่ 198 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิเริ่มคงที่



ภาพที่ 9 ภาพการทดสอบแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ตามสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ที่ 6

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ ระหว่างสถานการณ์ที่ 5 และ 6 ดังกราฟที่ 9 กราฟเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิระหว่างสถานการณ์ที่ 5 และ 6 ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงสามารถลดอุณหภูมิลงได้ 21%



กราฟที่ 3 กราฟเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิระหว่างสถานการณ์ที่ 5 และ 6

5. สรุป

จากผลการจำลองสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ ทั้ง 6 สถานการณ์ เพื่อศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ที่ติดตั้งในอาคารเก็บเม็ดพลาสติก HDPE พบว่า หัวกระจายน้ำดับเพลิง สามารถช่วยลดอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ได้ดี ในสถานการณ์ที่ 2 และ 6 ตามลำดับ แต่สำหรับสถานการณ์ที่ 4 เกิดเพลิงไหม้บริเวณริมห้อง ไม่สามารถช่วยลดอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ แต่ก็ยังไม่เกินอุณหภูมิทนไฟของเหล็กที่ใช้เป็นคานรับน้ำหนักส่วนบนของอาคาร ตามมาตรฐาน ASTM E119 ซึ่งกำหนดไว้ที่ 538 องศาเซลเซียส

6. ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาการจำลองสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ โดยใช้โปรแกรมจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย เพื่อทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉินที่มีอยู่แล้ว และเพิ่มเติมอุปกรณ์แจ้งเตือนหรืออุปกรณ์ระงับเหตุเพลิงไหม้อื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระงับเหตุเพลิงไหม้ ช่วยลดความเสียหายต่อทรัพย์สิน รวมถึงลดโอกาสการเสียชีวิตลงได้

การใช้โปรแกรมจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกประเภทอาคาร เช่น อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ อาคารจอดรถ ฯลฯ ที่มีการติดตั้งและยังไม่มีการติดตั้งระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย เพื่อทวนสอบระดับความรุนแรงหากเกิดเพลิงไหม้ และปรับปรุงด้านความปลอดภัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. สรุปรายงานการตรวจสอบและการสอบสวนอุบัติเหตุและอุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรม. 2561. แหล่งที่มา: http://reg3.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2016/02/accident61.pdf

[2] White, R. H., & Nordheim, E. V. (1992). Charring rate of wood for ASTM E 119 exposure. Fire technology, 28(1), 5-30.

[3] Nonsawat, P., & Patvichaichod, S. (2020, January). Performance analysis of automatic sprinkler systems in warehouses using fire dynamic simulation. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 715, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.

[4] ว่าที่ร้อยตรีปรัชญา บุญรักษา ผศ.ดร.สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ. (2559). การจำลองเวลาตอบสนองของหัวกระจายน้ำดับเพลิงโดยโปรแกรม FDS. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ประจำปี 2559, ชลบุรี.

[5] อุษณีย์ ธำรงค์ประดิษฐ์, เกียรติไกร อายุวัฒน์, & ธงไชย ศรีนพคุณ. (2012). การจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย สำหรับศูนย์กระจายสินค้าขนาดใหญ่.

[6] Thunderhead Engineering. (2019). PyroSim User Manual. https://www.thunderheadeng.com/, March 3, 2020.

[7] Mayer, N., Parisian, K., & Gleason, A. (2010). NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems. National Fire Protection Association.

[8] คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา 2527-2528. มาตรฐาน ว.ส.ท. 1004-16 มาตรฐานการเดินท่อภายในอาคาร พิมพ์ครั้งที่ 4. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2527-2528.

[9] UT Fire Research Group. 2018. FDS Mesh Size Calculator. Available Source: https://www.utfireresearch.com/fds-mesh, December 20, 2018.

[10] Luche, J., Mathis, E., Rogaume, T., Richard, F., & Guillaume, E. (2012). High-density polyethylene thermal degradation and gaseous compound evolution in a cone calorimeter. Fire safety journal, 54, 24-35.

ID109

การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ

Set up Time Reduction for Vacuum Thermoforming Machine

ศรายุธ ผลจันทร์[1*] และ ระพี กาญจนะ[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[*]E-mail: sarayut_p@mail.rmutt.ac.th

Sarayut Ponjan[1*]and Rapee Kanchana[1]
[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
[*]E-mail: sarayut_p@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปด้วยระบบสุญญากาศโดยบริษัทกำหนดเวลาการปรับตั้งเครื่องไม่เกิน 5400 วินาที ขั้นตอนดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจากการนำแผนภูมิกระบวนการมาใช้ในวิเคราะห์เวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอน จากนั้นนำเทคนิค Why-Why analysisมาใช้วิเคราะห์หาต้นเหตุของปัญหาเพื่อนำสู่แนวทางการแก้ไขที่เป็นไปได้ จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่ามี 4 ขั้นตอนที่ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องนานได้แก่ การรออุณหภูมิ การตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีดการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัดและการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์การดำเนินการแก้ไขได้นำเทคนิค SMED มาประยุกต์ใช้เพื่อแยกงานตั้งเครื่องภายในและงานตั้งเครื่องภายนอกร่วมกับเทคนิคECRS เพื่อปรับปรุงขั้นตอนการทำงานผลจากการปรับปรุงพบว่าสามารถลดขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรลดจาก 31 ขั้นตอนเหลือ 18 ขั้นตอน ส่งผลให้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศลดลงจากเดิม 7275 วินาที เหลือ 3075 วินาที คิดเป็นร้อยละ 57.73 ของเวลาที่ลดลง ซึ่งทั้งนี้ทำให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์และเวลาปรับตั้งเครื่องเป็นตามเวลาที่บริษัทตั้งไว้

คำหลัก การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักร เครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ เทคนิค SMED

Abstract

This research aims to reduce setup time of vacuum thermoforming machine. Typically, the setup time was set by company must not be greater than 5400 second. The research methodology began with applying a flow process chart to analyze process time at each step. Why-Why analysis technique was then used to investigate a root cause of the problems so as to find the possible solution. From data analysis, it found that there were 4 steps used long setup time; temperature waiting, distance setting between knife block and chopping board, changing and installing the cutting knife block, and changing and installing the mold. The integration of SMED and ECRS techniques were applied to classify internal and external work and improve the work process. The results after improvement illustrated that the setup processes were reduced from 31 steps to 18 steps. It leads to the vacuum thermoforming machine set up time was reduced from7275second to 3075second with 57.73 percent of time reduction. This means that the objective can

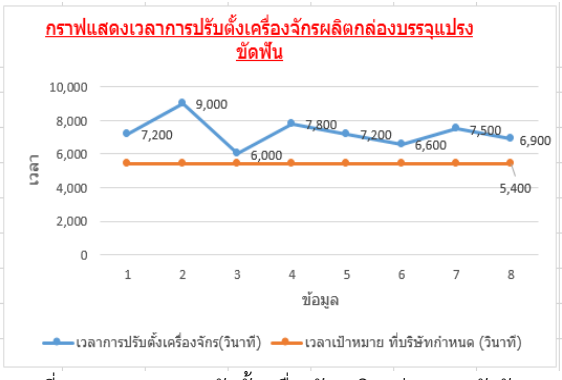
be achieved and the machine setup time is also within the target time of company.

Keywords: set up time reduction, vacuum thermoforming machine, SMED technique

1. บทนำ

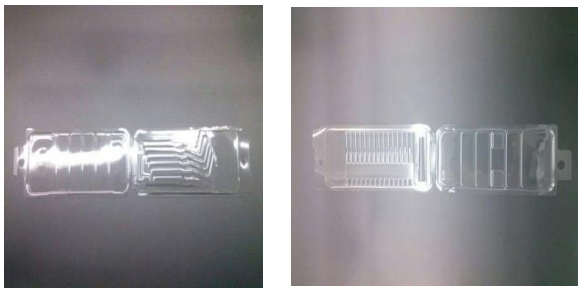
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันภาพรวมของอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกในประเทศไทย แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การผลิตส่งภายในประเทศและอีกส่วนหนึ่งคือการผลิตเพื่อส่งออกจะเห็นได้ว่ามีจำนวนผู้ประกอบการรับขึ้นรูปพลาสติกแผ่น (Thermoforming) มีจำนวนไม่น้อยมีการแข่งขันกันเป็นอย่างมากทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัยสินค้าที่ออกมาก็จะได้มาตรฐาน มีความรวดเร็ว มีความผิดพลาดน้อยและส่งมอบตรงเวลาเป็นที่น่าพอใจต่อลูกค้า บริษัทกรณีศึกษามีกระบวนการผลิตแบบขึ้นรูปพลาสติกแผ่น (Thermoforming) คือให้ความร้อนแก่แผ่นพลาสติก PET 0.25 จนพลาสติกเริ่มอ่อนตัวจากนั้นก็ใช้แรงกดอัดให้เป็นไปตามแม่พิมพ์โดยการดูดขึ้นรูป บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานจำพวกที่ 1 มีคนงานไม่เกิน 20 คน เป็นโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกคือกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน จากการเก็บข้อมูลเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเปลี่ยนรูปแบบการผลิตที่ผ่านมาระหว่างเดือนกันยายน – พฤศจิกายน ปี 62 มีการปรับตั้งเครื่องจักรทั้งหมด 8 ครั้งแสดงดัง รูปที่1



รูปที่ 1 แสดงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องแปรงขัดฟัน

จากรูปที่ 1จะเป็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องในแต่ละครั้งเกินเป้าหมายของบริษัท ส่งผลให้ยอดการผลิตลดลงและทำให้พนักงานเกิดการว่างงานเมื่อมีการหยุดเครื่องจักรเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิต รูปชิ้นงานมี2รูปแบบ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กล่องแปรงขัดฟัน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้การปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลาเกิน 5400วินาที และศึกษาเวลาที่สูญเสียไปจากการปรับตั้งเครื่องจักรเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขโดยการนำเทคนิควิธีการ SMED (Single Minute Exchange Of Dies)และ ECRS มาประยุกต์ใช้เพื่อแยกขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เป็นงานภายในเปลี่ยนให้เป็นงานภายนอกเพื่อลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้ง่ายต่อการปรับตั้งครั้งต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปด้วยระบบสุญญากาศ ให้ใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องไม่เกิน 5400.00 วินาที ที่บริษัทกำหนดไว้

1.2.2 เพื่อปรับปรุงกระบวนการทำงานการปรับตั้งเครื่องจักร

2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วโดยเทคนิค SMED มี 3 ขั้นตอนดังนี้ [1]

2.1.1 แยกการตั้งค่าทั้งภายในและภายนอก (Separating Internal and External Setup) งานบางอย่างสามารถทำเสร็จก่อนที่เครื่องจะหยุดทำงานเพื่อเปลี่ยน การจัดเตรียมชิ้นส่วนและเครื่องมือการซ่อมแซมและนำชิ้นส่วนและเครื่องมือต่าง ๆ เข้าใกล้อุปกรณ์ มีสาม

เทคนิคการปฏิบัติในการทำเช่นนี้

- พัฒนาและรายการตรวจสอบการเปลี่ยน
- ดำเนินการตรวจสอบชิ้นส่วนและเครื่องมือต่าง ๆ
- ลดการขนส่งหรือเครื่องมือชิ้นส่วนและวัสดุการแบ่งงานเหล่านี้และการปฏิบัติงานเหล่านี้เป็นการตั้งค่าภายนอกสามารถลดเวลาในการเปลี่ยนได้มากถึง 30% ถึง 50%

2.1.2. แปลงการตั้งค่าภายในไปเป็นการตั้งค่าภายนอก(Convert Internal to External Setup)ขั้นที่ 1 จะไม่ลดระยะเวลาการตั้งค่าภายในภายในช่วงนาทีเดียว ดังนั้นควรปรับใช้ขั้นตอนที่ 2 มีสองขั้นตอนหลักในขั้นที่ 2

- ดูฟังก์ชันและจุดประสงค์ที่แท้จริงของการดำเนินงานในการตั้งค่าภายในของคุณในปัจจุบัน
- ค้นหาวิธีการเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าภายในเป็นการตั้งค่าภายนอก

กุญแจสำคัญในการดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 คือการมองไปที่ฟังก์ชันเสมือนว่าคุณยังใหม่ สามเทคนิคการปฏิบัติช่วยเปลี่ยนงานการตั้งค่าภายในเพื่อตั้งค่าภายนอก เทคนิคเหล่านี้คือ1. เตรียมการปฏิบัติงานล่วงหน้า2. มาตรฐานการทำงานและ 3.ใช้ตัวกลาง

2.1.3 ปรับปรุงองค์ประกอบภายในและภายนอก (Streamlining All Aspects of the Setup Operation) ในขั้นตอนที่สามและขั้นตอนสุดท้ายการปรับปรุงการตั้งค่าภายในและภายนอกทั้งหมดที่เหลืออยู่จะดีขึ้น ซึ่งสามารถทำได้โดยดูอย่างใกล้ชิดในแต่ละฟังก์ชันการดำเนินงานและจุดประสงค์อีกครั้งหนึ่ง โดยเฉพาะการปรับปรุงขั้นที่ 3 สามารถแบ่งออกเป็นส่วนปรับปรุงภายนอกและภายในได้ สี่วิธีพื้นฐานเพื่อบรรลุข้อนี้คือการตั้งค่าภายนอก

- ดูแลสถานที่ทำงานที่มีการจัดวางภาพ

การตั้งค่าภายใน

- ใช้การดำเนินงานแบบขนาน
- ขจัดความไม่จำเป็นในการปรับเปลี่ยน
- ใช้ฟังก์ชั่นยึด
- กลไกการทำงานของเครื่องจักร

2.2 แผนภูมิกระบวนการไหล

แผนภูมิกระบวนการไหล เป็นแผนภูมิที่มีความสำคัญมากที่สุด เป็นการวิเคราะห์รายละเอียดของการทำงานตั้งแต่ต้นจนจบที่ใช้สัญลักษณ์มาตรฐานเข้ามาเกี่ยวข้อง มีรายละเอียดของข้อมูลมากพอที่จะใช้วิเคราะห์กระบวนการและเพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงาน [4]

2.3 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิคWhy-Why analysis

การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิค Why-Why analysis จะเป็นการวิเคราะห์ หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยหากเราสามารถค้นพบสาเหตุรากเหง้าและกำจัดได้แล้ว ปัญหาเดิมจะไม่เกิดซ้ำ หากปัญหาเดิมเกิดซ้ำ แสดงว่าการวิเคราะห์ของเรานั้นมาผิดทาง หรือ อาจมีบางสาเหตุตกหล่นไป อาจจะต้องมาทำการวิเคราะห์ใหม่ [2]

2.4 หลักการ ECRS

เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และ การทำให้ง่าย (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่ายๆ ที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเปล่าหรือ MUDA ลงได้เป็นอย่างดี [3]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการนำเทคนิคSMEDมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาการใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ได้แก่ วัชรากรและบุญชัย[5]ใช้เทคนิคของการปรับตั้ง คาเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว(SMED)เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตและลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศจากการวิเคราะห์พบข้อสรุปได้วาการปรับตั้งเครื่องจักรส่ง ผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน จึงได้จำแนกขั้นตอนการทำงานของพนักงานออกเป็นงานภายในและงานภายนอก จากนั้นเปลี่ยนงานภายในเป็นงานภายนอกด้วยเทคนิค SMED เพื่อลดขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรสามารถลดระยะเวลาและขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรลง 6 ขั้นตอนโดยลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจากเดิม 345 นาทีเหลือ 281 นาทีต่อครั้งต่อการผลิต1,000 ชิ้น เช่นเดียวกับ ชานิดาและปริญญา[6] ได้พบว่าการตั้งค่าเครื่องรีดพลาสติกแผ่นในแต่ละวันของกระบวนการนี้มีค่ามากถึง46%ของเวลาทำงานทั้งหมด จึงทำการวิเคราะห์หา

สาเหตุของความสูญเปล่านำเทคนิค SMED มาวิเคราะห์และจัดการเวลาสูญเสียเบื้องต้นของงานโดยการปรับปรุงครั้งนี้สามารถลดเวลาในการตั้งค่าจาก 46 นาทีต่อครั้งเป็น 38 นาทีต่อครั้งหรือลดลงเท่ากับ 17.39% ของเวลาทำงานทั้งหมดทำให้ลดต้นทุนค่าแรงทางตรงของพนักงานได้ 29,200 บาทต่อปีส่วนโกสินทร์และจิตรา [7]ได้พัฒนาและปรับปรุงกระบวนการลดเวลาการปรับตั้งลูกอัดสำหรับการผลิตไม้ฝาสังเคราะห์เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวใช้เวลาสูงสุดในการปรับตั้งเครื่องจักรในแต่ละครั้ง โดยงานวิจัยนี้ปรับปรุงอยู่บนความรู้ด้านศึกษาเวลา และศึกษาวิธีการทำงานและใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรสำหรับการปรับตั้งเครื่องด้วยเทคนิค SMED เพื่อออกแบบและปรับปรุงการตั้งค่าการขึ้นรูปกระบวนการม้วน ดังนั้นกำลังคน 18 ต่อ 6 เครื่องสามารถลดและตั้งค่าเวลาลดจาก 298-302 นาทีเป็น164-166 นาทีต่อครั้ง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานเพื่อลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1. ศึกษาสภาพปัญหา

สภาพการปรับตั้งเครื่องจักรพบว่าพนักงานไม่ได้กำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างชัดเจน ขึ้นอยู่กับพนักงานจะทำอะไรก่อนหลัง ทำให้การปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลานาน เพราะต้องรอให้เครื่องจักรหยุดทำงานก่อนจึงเริ่มปฏิบัติงานได้จากการศึกษาการทำงานสามารถนำมาเขียนได้ดังตารางที่ 1 มีขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรอยู่ 7 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

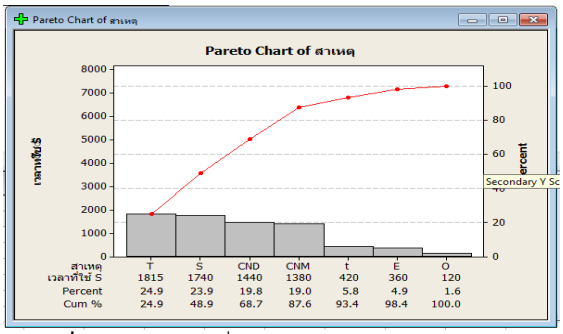
1. จัดเตรียมแม่พิมพ์ บล็อกมีดตัดและเครื่องมืออุปกรณ์
2. เปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์
3. เปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด
4. ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด
5. เปิดฮีตเตอร์อุณหภูมิเครื่องจักร
6. ทดลองเปิดเครื่องจักร
7. ตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน

3.2 การวิเคราะห์ปรับปรุงกระบวนการทำงานโดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

จากตารางที่ 1 สามารถสรุปกิจกรรมและเวลาได้ดังนี้ รวมเวลาทุกขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ 7275 วินาที แบ่งเป็นการทำงาน 24 ขั้นตอน เวลา 4875 วินาที เวลาการรอคอย 1 ขั้นตอน 1800 วินาที เวลาการเดินค้นหาอุปกรณ์3 ขั้นตอน เวลา 360 วินาที ระยะทาง 216 เมตร และเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบชิ้นงาน 3 ขั้นตอน เวลา 240 วินาที

3.3 วิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้เกิดการใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรนานในแต่ละกระบวนการ

3.3.1คัดเลือกปัญหาในขั้นตอนการทำงานที่ทำให้เกิดการใช้เวลาปรับตั้งเครื่องจักรนานด้วยแผนภาพพาเรโต ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3แสดงปัญหาที่ต้องแก้ไขด้วยแผนภาพพาเรโต

จากรูปที่ 3 พบว่า มี 4 ขั้นตอน ที่ใช้เวลาในการทำงานค่อนข้างมากโดยมีเวลารวมเฉลี่ย 6375 วินาทีจากเวลาทั้งหมด7275วินาที ได้แก่ 1.การเปิดอุณหภูมิเครื่องจักร(T) 2.ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด(S) 3.การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด(CND) และ 4.การเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์(CNM) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงควรเลือกที่จะดำเนินการแก้ไข้ปัญหาที่เกิดขึ้นใน 4 ขั้นตอนนี้

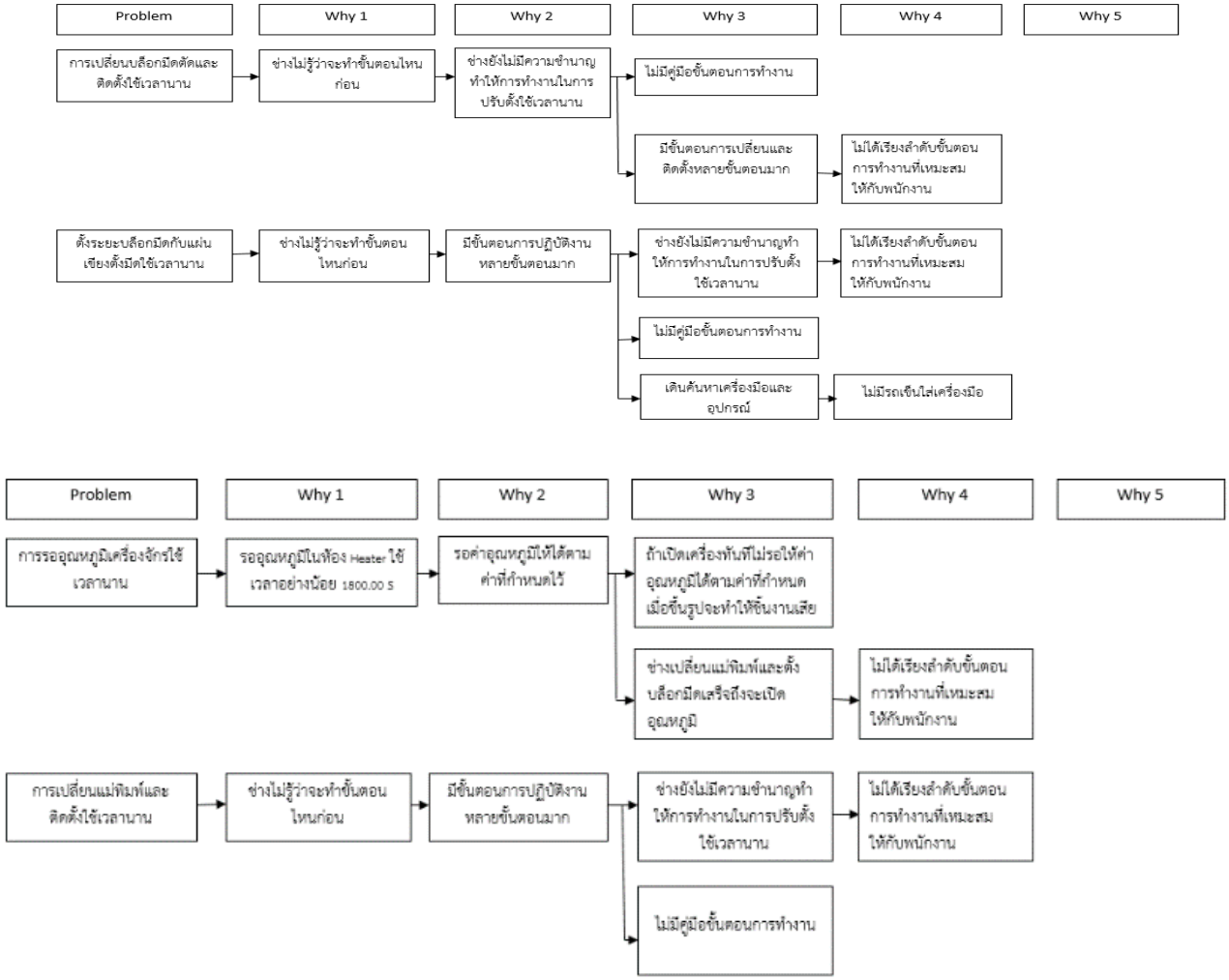
ตารางที่ 1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร

Flow Process Chart

คำอธิบาย	เดินทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์				
1.เตรียมอุปกรณ์, เครื่องมือ							
1.1 เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	100	120					
1.2 เดินไปหยิบบล็อกมีด	16	120					
1.3 เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	100	120					
2.ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์							
2.1 ขันนอตยึดตะแกรงตัวกดออก		120					
2.2 ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก		60					
2.3ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก		300					
2.4 ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น		300					
2.5 ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ		180					
2.6 ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด		240					
2.7 ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น		60					
2.8 ใส่ตะแกรงที่ตัวกด		120					
3.การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด							
3.1 เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเพทเหล็ก		300					
3.2 ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก		120					
3.3ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้		180					
3.4 ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้		60					
3.5 ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้		120					
3.6 ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น		180					
3.7 ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของมีด		60					
3.8 ยกมีดขึ้นเครื่องจักร		240					
3.9 ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเพทเหล็กที่เครื่อง		180					
4.ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด							
4.1 เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด		300					
4.2 ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงลองตัด		600					
4.3 ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก		120					
4.4 เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่		300					
4.5 ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า		300					
4.6 ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน		60					
4.7 ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด		60					
5.การเปิดอุณหภูมิเครื่องจักร							
5.1. ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร		15					
5.2 เปิดอุณหภูมิเครื่องจักรเมื่อเปลี่ยนแม่พิมพ์เสร็จและตั้งมีดเสร็จ		1800					
6.ทดลองเปิดเครื่อง							
6.1 ขึ้นรูปแผ่นพลาสติก		420					
7.ตรวจสอบคุณภาพ							
7.1 ตรวจดูชิ้นงานตรงตามคุณภาพหรือไม่		120					
รวมเวลาและระยะทางที่ใช้ทั้งหมด	**216**	**7275**	**24**	**3**	**1**	**3**	**-**

3.3.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหา ทำลักษณะกิจกรรมกลุ่มย่อย (Small Group Activity) เป็นการรวมกลุ่มคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟัน ประกอบด้วย หัวหน้าช่างควบคุมเครื่องจักร และช่างซ่อมบำรุง โดยการนำเทคนิค Why-Why analysis มาร่วมวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาดังกล่าว ดังรูปที่ 4

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหาทั้ง 4 ประเภท สามารถสรุปสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาดังตารางที่ 2แต่เนื่องจากบางสาเหตุส่งผลต่อปัญหามากกว่า 1 ปัญหา ทำให้สามารถสรุปสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและหาแนวทางแก้ไขดังตารางที่ 3



รูปที่ 4 การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาด้วยเทคนิค Why-Why Analysis

ตารางที่ 2 สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาทั้ง 4 ประเภท

ประเภทของปัญหา	สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา
1.การรออุณหภูมิเครื่องจักรใช้เวลานาน	1.ถ้าเปิดเครื่องทันทีไม่รอให้ค่าอุณหภูมิได้ตามค่าที่กำหนดเมื่อขึ้นรูปจะทำให้ชิ้นงานเสีย
	2.ไม่ได้เรียงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมให้กับพนักงาน
2.การเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งใช้เวลานาน	1.ไม่ได้จัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสม ให้กับพนักงาน
	2.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการทำงาน
3. การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้ง ใช้เวลานาน	1.ไม่ได้จัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสม ให้กับพนักงาน
	2.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการทำงาน
4. ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด ใช้เวลานาน	1.ไม่ได้จัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสม ให้กับพนักงาน
	2.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการทำงาน
	3.ไม่มีรถเข็น

ตารางที่ 3 สาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา

สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา	แนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้น
1.ถ้าเปิดเครื่องทันทีไม่รอให้ค่าอุณหภูมิได้ตามค่าที่กำหนดเมื่อขึ้นรูปจะทำให้ชิ้นงานเสีย	-จัดเรียงขั้นตอนการทำงาน (Rearrange) ให้ขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิเปิดทันทีเมื่อมีการหยุดเครื่องเพื่อเปลี่ยนแม่พิมพ์และสามารถปฏิบัติงานขั้นตอนต่อไปได้เลย
2.ไม่ได้เรียงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมให้กับพนักงาน	
3.ไม่ได้จัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมให้กับพนักงาน	-จัดเรียงขั้นตอนการทำงาน (Rearrange) -อบรมและจัดทำคู่มือปฏิบัติงานให้กับพนักงาน -ใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว SMED เปลี่ยนงานในให้เป็นงานนอก และทำขั้นตอนย่อยๆให้ง่ายต่อการทำงาน (Simplify)
4.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการทำงาน	
5.ไม่ได้จัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมให้กับพนักงาน	-จัดเรียงขั้นตอนการทำงาน (Rearrange)
6.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการทำงาน	-อบรมและจัดทำคู่มือปฏิบัติงานให้กับพนักงาน -ใช้เทคนิคการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว SMED เปลี่ยนงานในให้เป็นงานนอก และทำขั้นตอนย่อยๆให้ง่ายต่อการทำงาน (Simplify)
7.ไม่ได้จัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงานที่เหมาสมให้กับพนักงาน	-จัดเรียงขั้นตอนการทำงาน (Rearrange) -อบรมและจัดทำคู่มือปฏิบัติงานให้กับพนักงาน -ใช้เทคนิค SMED เปลี่ยนงานในให้เป็นงานนอกทำขั้นตอนย่อยๆให้ง่ายต่อการทำงาน (Simplify)และขจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออก (Eliminate) -สร้างรถเข็นเพื่อจัดเตรียมเครื่องมือ
8.ไม่มีคู่มือขั้นตอนการทำงาน	
9.ไม่มีรถเข็นใส่เครื่องมือ	

3.4 ปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร

3.4.1แยกกิจกรรมระหว่างกิจกรรมภายนอก (External)และกิจกรรมภายใน (Internal)

หลังจากได้ทำการศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรจากขั้นตอนย่อยๆทั้งหมดมี 31ขั้นตอนย่อย สามารถแยกขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องภายในได้ 18 ขั้นตอน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องทำหลังจากเครื่องจักรหยุดทำงานแล้วเท่านั้น และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนงานที่เป็นกิจกรรมภายในใหม่ให้มีความเหมาะสม โดยการจัดกลุ่มงาน แบ่งการทำงานให้กับพนักงาน A ,พนักงาน B,พนักงาน C, พนักงาน และT,ช่างเทคนิค ให้ชัดเจนให้เวลาในการทำงานของกิจกรรมภายในลดลง ดังที่แสดงในตารางที่ 3 ทำให้เวลาลดลงจากเวลา 7275 วินาที เหลือ 3075 วินาที หรือลดลง 4200 คิดเป็น 57.73% แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงเวลาหลังจากมีการแบ่งงานและจัดกลุ่มงานใหม่

ตารางแสดงกิจกรรมภายในหลังได้นำมาจัดกลุ่มใหม่ (Re arrange)				
ขั้นตอน	ขั้นตอนที่ไม่สามารถทำพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้	ขั้นตอน	ขั้นตอนที่สามารถทำพร้อมกับขั้นตอนอื่นได้	เวลา (วินาที)
		1	**ขั้นตอนการเปิดอุณหภูมิ**	
		1.1	A:ใส่ข้อมูลให้กับเครื่องจักร	1
		1.2	A:เปิดอุณหภูมิเครื่องจักร	-
		2	**ขั้นตอนการเปลี่ยนแม่พิมพ์และติดตั้งแม่พิมพ์**	
		2.1	A,B:ขันนอตถอดตะแกรงตัวกดออก	60
		2.2	B:ขันนอตถอดตัวกดเก่าออก	60
		2.3	A,B:ขันนอตถอดแม่พิมพ์เก่าออก	300
		2.4	A,B:ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ขันนอตให้แน่น	300
		2.5	A,B:ติดตั้งตัวกดใหม่ขันนอตหลวมๆ	180
		2.6	A:ทดลองประกบแม่พิมพ์กับตัวกด	240
		2.7	B:ขันนอตยึดตัวกดให้แน่น	60
		2.8	A,B:ใส่ตะแกรงที่ตัวกด	60
		3	**การเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดตัด**	
		3.1	C:เปิดลมปล่อยตัวล็อกมีดเก่าออกและยกมีดลงจากเทฟเทฟลิก	240
		3.2	T:ตรวจสอบอุดความเรียบร้อยของมีดใหม่	60
		3.3	C:ยกมีดขึ้นเครื่องจักร	180
		3.4	C:ล็อกแผ่นไม้ยึดมีดกับเทฟเทฟลิกที่เครื่อง	64
4	ตั้งระยะบล็อกมีดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			
4.1	T:เปลี่ยนแผ่นเขียงตั้งมีด			300
4.2	T:ตั้งมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีด			550
4.3	C:ถอดแผ่นเขียงตั้งมีดออก			120
4.4	C:เปลี่ยนแผ่นเขียงลองตัดใหม่			300
		เวลารวมที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน (รวม)		3075

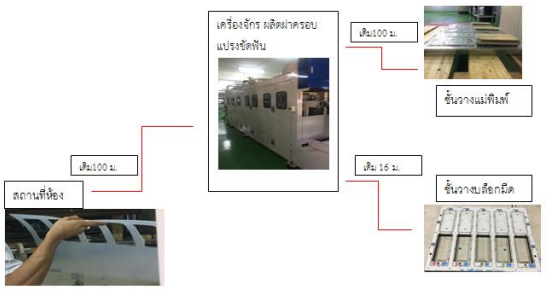
3.4.2 ทำการปรับปรุงการเดินค้นหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร

ก่อนการปรับปรุง เมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิต พนักงานก็ทำงานปรับตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และเครื่องมือ เมื่อต้องการใช้ก็จะเดินค้นหาอุปกรณ์ตามสถานที่ ที่เอาไปเก็บไว้จึงทำให้ใช้เวลาในการเดินค้นหาอุปกรณ์ 360 วินาที มีระยะทาง 216 เมตร เมื่อได้ศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วจึงได้สำรวจอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรจัดเตรียมไว้ล่วงหน้า โดยแยกงานให้เป็นงานนอก ดังนี้

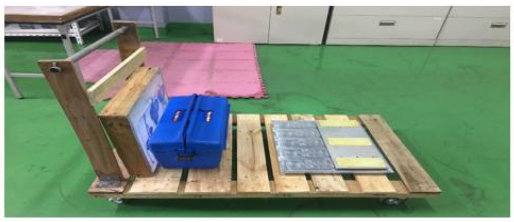
รายละเอียดการปรับตั้งเครื่องจักร	ระยะทางเมตร	เวลา S	In/Ex
เดินไปหยิบแม่พิมพ์ที่ชั้นแม่พิมพ์	100	120	Ex
เดินไปหยิบบล็อกมีด	16	120	Ex
เดินไปหยิบแผ่นเขียงตั้งมีดที่ห้องช่าง	100	120	Ex

สามารถลดเวลาและระยะทางลง 360 วินาที 216 เมตร

ก่อนการปรับปรุง



หลังการปรับปรุง



รูปที่ 5 ปรับปรุงขั้นตอนการขนย้ายและจัดเตรียมเครื่องมือ,อุปกรณ์

3.4.3 เปลี่ยนขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดให้ไปเป็นงานภายนอกดังนี้

รายละเอียดการปรับตั้งเครื่องจักร	เวลา S	In/Ex
ขันสกรูที่ยึดมีดกับแผ่นไม้ออก	120	Ex
ยกมีดเก่าออกและทำความสะอาดแผ่นไม้	180	Ex
ยกมีดใหม่ใส่กับแผ่นไม้	60	Ex
ตั้งระยะมีดให้ได้กึ่งกลางของแผ่นไม้	120	Ex
ขันสกรูยึดมีดกับแผ่นไม้ให้แน่น	180	Ex

ทำการปรับปรุงโดยการจัดเตรียมชุดบล็อกมีดไว้ล่วงหน้าก่อนที่เครื่องจักรจะหยุดทำงานสามารถลดเวลาลงได้ 660 วินาทีแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การจัดเตรียมชุดบล็อกมีดตัดก่อนหยุดเครื่อง

3.4.4 เปลี่ยนขั้นตอนการตั้งระยะบล็อกมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีดให้ไปเป็นงานภายนอก ได้แก่ขั้นตอน 2 ขั้นตอน ดังนี้

รายละเอียดการปรับตั้งเครื่องจักร	เวลา S	In/Ex
ทดสอบตัดชิ้นงานเฟรมเปล่า	300	Eliminate
ตรวจสอบรอยตัดที่ตัดลงบนชิ้นงาน	60	Ex
ตั้งระยะเซ็นเซอร์ของมีดตัด	60	Ex

สามารถปรับเปลี่ยน 2 ขั้นตอน ให้สามารถปรับตั้งภายนอกได้และขจัดขั้นตอนที่ไม่จำออก 1 ขั้นตอน สามารถลดเวลาลงได้ 420 วินาที แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เปลี่ยนขั้นตอนการตั้งระยะเซ็นเซอร์ให้เป็นงาน External

3.4.5 จัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่เพื่อแบ่งงานให้ช่างเพื่อให้ง่ายต่อการทำงานและสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้สามารถปฏิบัติงานพร้อมกันได้ โดยใช้ช่างเทคนิคจำนวน 1 คน ช่างซ่อมบำรุงจำนวน 2 คน และผู้ช่วยช่าง 1 คน แบ่งงานให้ปฏิบัติแสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แบ่งหน้าที่การทำงาน

4. ผลการวิจัย

จากการวิจัยสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นรูปแบบสุญญากาศลงได้ ดังตารางที่ 5

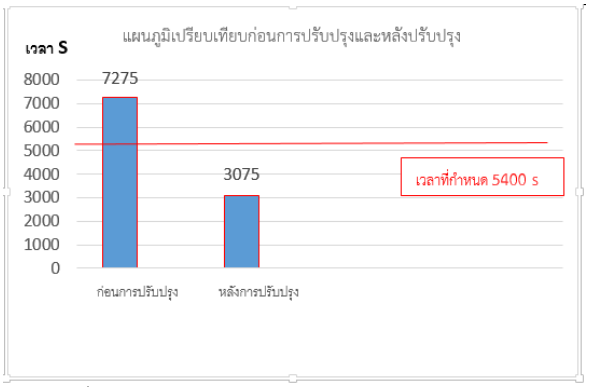
ตารางที่ 5 แสดงเวลาที่ลดลงจากการปรับปรุงกระบวนการและการปรับปรุงอุปกรณ์

ลำดับ	ขั้นตอนที่ปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เวลาที่ลดลง
1	แยกกิจกรรมระหว่างกิจกรรมภายนอก (External)และกิจกรรมภายใน (Internal)ให้เหลือเฉพาะกิจกรรมภายใน	31ขั้นตอน เวลา 7275 วินาที	18 ขั้นตอน เวลา 3075 วินาที	4200 วินาที (57.73%)
2	ทำการปรับปรุงการเดินค้นหาเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร	360 วินาที	ไม่มีการเดินค้นหาอุปกรณ์	360 วินาที (100%)
3	เปลี่ยนขั้นตอนการเปลี่ยนบล็อกมีดตัดและติดตั้งบล็อกมีดให้ไปเป็นงานภายนอก	660 วินาที	จัดเตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนที่เครื่องจักรจะหยุด	660 วินาที (100%)
4	เปลี่ยนขั้นตอนการตั้งระยะบล็อกมีดตัดกับแผ่นเขียงตั้งมีดให้ไปเป็นงานภายนอก	420 วินาที	ปรับเปลี่ยนให้เป็นงาน External	420 วินาที (100%)

หลังจากการแยกงานให้เหลือเฉพาะกิจกรรมภายในและปรับปรุงอุปกรณ์แล้วทำให้กิจกรรมการปรับตั้งเครื่องจักรลดลงเหลือ 3075 วินาที จากเดิมก่อนการปรับปรุงใช้เวลารวมการปรับตั้งเครื่องจักร 7275 วินาที หรือลดลง 4200 วินาที คิดเป็น 57.73 %

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่พบ ในโรงงานกรณีศึกษาพบปัญหาการปรับตั้งเครื่องจักรผลิตกล่องบรรจุแปรงขัดฟันใช้เวลาเกินค่าเป้าหมายของบริษัทที่กำหนดการปรับตั้งเครื่องจักรควรใช้เวลาปรับตั้งไม่เกิน 5400 วินาที ต่อการปรับตั้งเครื่อง 1 ครั้ง ทางผู้วิจัยจึงได้นำหลักการศึกษาเวลาการปฏิบัติงานโดยใช้แผนภูมิการไหลกระบวนการ เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานแล้วนำหลักการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED) และ ECRS เข้ามาแก้ไข้ปัญหาแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุง

สามารถอธิบายได้ว่า ผลหลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรให้ต่ำกว่าเวลา5400 วินาทีที่บริษัทกำหนด โดยลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร เหลือ 3075 วินาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์หลังการปรับปรุง 57.73% ทั้งนี้จากการปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้หลักการ SMED และ ECRS ช่วยให้ ลดเวลาการรอคอย ลดเวลาการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น ปรับปรุงขั้นตอนการทำงานให้พนักงานทำงานมีประสิทธิภาพและสะดวกมากขึ้น ใช้เวลาหยุดเครื่องน้อยลงเวลาการผลิตก็เพิ่มขึ้นซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และผลที่ได้จากการศึกษาสอดคล้องกับผลการศึกษาของวัชรากร [5], ชานิดา [6] และโกสินทร์ [7]

เอกสารอ้างอิง

[1] WEBMASTER, WHAT IS SMED AND ITS IMPORTANCE? , ข้อมูลจากhttp://www.olic-thailand.com (วันที่สืบค้นข้อมูล20 ตุลาคม 2562).

[2] Unknown, การแก้ไขปัญหาหน้างานอย่างมีประสิทธิภาพด้วย Why Why Analysis, ข้อมูลจาก http://leanmanufacturing-tawatchai.blogspot.com (วันที่สืบค้นข้อมูล25 พฤศจิกายน 2562).

[3] ผศ.ประเสริฐ อัครประถมพงศ์, การลดความสูญเปล่าด้วยหลักการ ECRS, ข้อมูลจาก https://cpico.wordpress.com/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 63).

[4] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. 2552.การศึกษางานอุตสาหกรรม, สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด, กรุงเทพ.

[5] วัชรากร อรุณวิรามและบุญชัย. 2558.การลดเวลาสูญเปล่าและของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ, น.394-408. ในรายงานการประชุมวิชาการปัญญาภิวัฒน์ครั้งที่ 5 สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์.

[6] ชาณิดา พิทยานนท์และปริญญา. 2560.วิธีการลดเวลาการเปลี่ยนลูกกลิ้งและปรับตั้งเครื่องรีดพลาสติกแผ่นด้วยเทคนิค SMED, ในรายงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[7] โกสินทร์ เจริญวรเกียรติและจิตรา. 2555.การลดเวลาในการปรับตั้งลูกอัดสำหรับการผลิตไม้ฝาสังเคราะห์, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 22 ฉบับที่ 2

ID110

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว โดยชลประทานสปริงเกลอร์และน้ำหยด

A Study of Water Footprint of Rice using Sprinkler and Drip Irrigation

นายธนกาญจน์ คนึงคิด[1*] รศ.ดร. อดิชัย พรพรหมินทร์ และ รศ. สุรชัย ลิปิวัฒนาการ
[1]ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: Kaneungkid_28@hotmail.com

Thanakarn Kaneungkid[1*] Associate Professor Dr. Adichai Pornprommin and
Associate Professor Surachai Lipwattanakarn
[1] Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
*E-mail: Kaneungkid_28@hotmail.com

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยแต่การปลูกข้าวจำเป็นต้องใช้น้ำในปริมาณมาก ในขณะที่ทรัพยากรน้ำเริ่มขาดแคลน ทำให้มีแนวคิดการให้น้ำข้าวด้วยวิธีชลประทานสปริงเกลอร์และชลประทานน้ำหยดในฤดูแล้ง และได้มีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลการเติบโตและปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่ชลประทาน สถานีการทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 6 (เพชรบุรี) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว โดยการให้น้ำแบบชลประทานสปริงเกลอร์และชลประทานน้ำหยด โดยทำการศึกษาในแปลงทดลอง จำนวน 2 แปลง ที่ให้น้ำโดยวิธีที่แตกต่างกัน ในช่วงฤดูฝน ตั้งแต่เดือนกันยายน 2559 – ธันวาคม 2559 และทำการเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นท์ของปริมาณการใช้น้ำระหว่างการปลูกข้าวแบบใช้น้ำหยดและการปลูกข้าวแบบใช้สปริงเกลอร์ ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำที่จ่ายโดยชลประทานน้ำหยดและสปริงเกลอร์ไม่แตกต่างกันมากนักมีค่าเท่ากับ 285.7 และ 284.2 มม./ไร่ ตามลำดับ การเจริญเติบโตของต้นข้าวกรณีชลประทานน้ำหยดมีค่าเฉลี่ย 98.63 ซม. สูงน้อยกว่ากรณีชลประทานสปริงเกลอร์ที่สูงเฉลี่ย 118.03 ซม. รวมทั้งผลผลิตของข้าวกรณีชลประทานน้ำหยดมีค่า 604.25 กก./ไร่ ในขณะที่กรณีชลประทานสปริงเกลอร์ให้ผลผลิต 682.25 กก./ไร่ กรณีชลประทานน้ำหยด ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) มีค่าเท่ากับ 1,078.76 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) มีค่าเท่ากับ 756.55 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{grey}) มีค่าเท่ากับ 26.34 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมเท่ากับ 1,861.64 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ส่วนกรณีชลประทานสปริงเกลอร์ ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) มีค่าเท่ากับ 875.22 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) มีค่าเท่ากับ 666.53 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{grey}) มีค่าเท่ากับ 16.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมเท่ากับ 1,558.32 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้นการให้น้ำข้าวแบบชลประทานสปริงเกลอร์ให้ค่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมต่ำกว่าการให้น้ำแบบชลประทานน้ำหยดประมาณ 303.32 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน เนื่องจากให้ผลผลิตที่ดีกว่าในขณะที่ใช้น้ำปริมาณใกล้เคียงกัน

คำหลัก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ข้าว ชลประทานสปริงเกลอร์ ชลประทานน้ำหยด

Abstract

Rice is a major economic crop in Thailand. Normally, rice farming requires ample water while water resources are becoming scarce. The concept of rice farming using sprinkler irrigation and drip irrigation

during the dry season is proposed. The experimental plots using both irrigation methods were researched in Phetchaburi Irrigation Water Management Research Station**.** The objective of this research was to assess and compare the water footprint of rice using sprinkler and drip irrigations with two experimental plots from September 2016 – December 2016. The results showed that water irrigated by drip and sprinkler methods was not different from each other with the values of 285.7 and 284.2 mm./rai, respectively. The average growth of rice plants from drip irrigation was 98.63 cm. which was smaller than the average growth from sprinkler irrigation of 118.03 cm. The yield from drip irrigation was 604.25 kg./rai while the yield from sprinkler irrigation was 682.25 kg./rai. The results showed that in the case of drip irrigation: the blue water footprint (WF_{blue}) was 1,078.76 m^3/ton, the green water footprint (WF_{green}) was 756.55 m^3/ton, the grey water footprint (WF_{grey}) was 26.34 m^3/ton, and the total water footprint was 1,861.64 m^3/ ton. In the case of sprinkler irrigation: the blue water footprint (WF_{blue}) was 875.22 m^3/ton, the green water footprint (WF_{green}) was 666.53 m^3/ton, the grey water footprint (WF_{grey}) was 16.57 m^3/ton, and the total water footprint was 1,558.32 m^3/ ton. Therefore, rice cultivation using sprinkler irrigation had less total water footprint than drip irrigation by 303.32 m^3/ton mainly because it had a higher yield while consumed a similar amount of water.

Keywords: water footprint, rice, drip irrigation, sprinkler irrigation

1. บทนำ

ข้าว เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจของไทยและเป็นพืชอาหารหลักของคนส่วนใหญ่ในทวีปเอเชีย ประเทศไทยเป็นแหล่งที่พบหลักฐานการปลูกข้าวที่เก่าแก่ที่สุดในโลก จากอดีตจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยผลิตข้าวได้มากพอสำหรับความต้องการใช้ในประเทศ และเหลือจนสามารถส่งออกเป็นรายได้หลักทางภาคการเกษตร ในปี 2559 ประเทศไทยปลูกข้าวนาปี ใช้เนื้อที่ 58.06 ล้านไร่ ได้ผลผลิต 24.31 ล้านตัน คิดเป็น 419 กก.ต่อไร่ และปลูกข้าวนาปรังใช้เนื้อที่ 6.06 ล้านไร่ ได้ผลผลิต 3.77 ล้านตัน คิดเป็น 623 กก.ต่อไร่ โดยค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวเปลือกเฉลี่ยทั้งโลกมีค่าเท่ากับ 1,325 ลบ.ม./ตัน และค่าเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 1,617 ลบ.ม./ตัน ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในประเทศไทยที่มีการศึกษามาก่อนหน้านี้จะมาจากการใช้วิธีการเพาะปลูกแบบนาหว่านน้ำตม [1] และวิธีการเพาะปลูกแบบนาดำและนาเปียกสลับแห้ง [2] โดยพบว่าวิธีการเพาะปลูกแบบนาเปียกสลับแห้งมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น

เนื่องจากในพื้นที่สถานีการทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 6 (จังหวัดเพชรบุรี) ได้ทดลองการให้น้ำด้วยวิธีชลประทานน้ำหยดและชลประทานสปริงเกลอร์ในการปลูกข้าว ซึ่งยังไม่มีการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกข้าวด้วยวิธีดังกล่าว ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากกรณีการให้น้ำด้วยวิธีชลประทานน้ำหยดและชลประทานสปริงเกลอร์ โดยทำการตรวจวัดการเจริญเติบโตและการให้น้ำจากแปลงทดลอง ทั้งนี้การมีข้อมูลค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ถูกต้องจะช่วยให้เกษตรกรและผู้กำหนดนโยบายสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกข้าวด้วยวิธีใดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับต้นทุนน้ำที่มีอยู่ อันจะทำให้การผลิตข้าวที่เป็นหนึ่งพืชเศรษฐกิจของประเทศมีประสิทธิภาพการใช้น้ำมากขึ้น และเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต่อไป

2. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

แนวคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เริ่มคิดค้นโดยศาสตราจารย์ Hoekstra และคณะ ในปี ค.ศ. 2002 โดยแรกเริ่มเป็นการศึกษาเรื่องน้ำเสมือน (Virtual water) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและ

บริการทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อปีหรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี [3] ซึ่งวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (Blue Water Footprint, WF_{blue}) หมายถึง ปริมาณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เช่น น้ำบาดาล น้ำชลประทาน ที่ถูกนำไปใช้เพื่อผลิตสินค้า

2)วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (Green Water Footprint, WF_{green}) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ถูกนำไปใช้เพื่อผลิตสินค้า

3)วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (Grey Water Footprint, WF_{grey}) หมายถึง ปริมาณน้ำสะอาดที่นำไปชะล้างน้ำเสียหรือบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในภาค เกษตรกรรม ของ Mekonnen และ Hoekstra [4] ได้ แสดงวิธีการหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดที่เกิดจาก การเพาะปลูกพืชหรือต้นไม้ (Total water footprint of process of growing crop or tree, $WF_{proc,crop}$) ดังสมการต่อไปนี้

$$WF_{proc,crop} = WF_{blue} + WF_{green} + WF_{grey} \quad (1)$$

$$WFblue = \frac{CWUblue}{Y} \quad (2)$$

$$WFgreen = \frac{CWUgreen}{Y} \quad (3)$$

$$WFgrey = \frac{(\alpha xAR)/(Cmax-Cnatural)}{Y} \quad (4)$$

โดยที่ CWU (Crop Water Use) คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก คำนวณได้จากการคายระเหยต่อวัน (ET: มม./วัน) ของพืชสะสมตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะปลูก

α คือ สัดส่วนการชะล้าง

AR คือ อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่เพาะปลูก (กิโลกรัม/ไร่)

Cmax คือ ความเข้มข้นของมลพิษสูงสุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัม/ลบ.ม.) โดยในที่นี้จะใช้ปริมาณไนโตรเจน (N) ในปุ๋ยและกำหนดให้ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 [5]

Cnatural คือ ความเข้มข้นของมลพิษที่มีอยู่ในธรรมชาติ (กิโลกรัม/ลบ.ม.) โดยกำหนดให้เท่ากับศูนย์

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

3. วิธีการดำเนินการ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองเพาะปลูกข้าวในพื้นที่สถานีการทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 6 (จังหวัดเพชรบุรี)โดยมีวิธีการทดลอง ดังนี้

3.1) พื้นที่แปลงทดลอง

การเตรียมแปลงเพาะปลูก

1) แปลงทดลองแบบน้ำหยด ขนาด ความกว้าง 10 เมตร ความยาว 10 เมตร ยกคันดินสูง 30 เซนติเมตร

2) แปลงทดลองแบบสปริงเกลอร์ ขนาด ความกว้าง 10 เมตร ความยาว 10 เมตร ยกคันดินสูง 30 เซนติเมตร

วิธีการเพาะปลูก

การปลูกข้าวด้วยระบบน้ำหยด

1) การปลูก – เพาะต้นกล้าในถาดเพาะเมล็ด (ทำการแช่ข้าวก่อน 1 วันก่อนเพาะ) เพาะไว้ ประมาณ 2 สัปดาห์ จึงนำไปปักลงในแปลง

2) การวางสายน้ำหยด - วางทุกๆ 80 ซม.1 เส้น และเจาะหัวน้ำหยดทุกๆ 30 ซม.

3) การเปิดน้ำ – เปิดทุกวัน ถ้าฝนตกต้องหยุดให้น้ำ

4) การจัดการวัชพืช - หลังปลูกเสร็จ 2 สัปดาห์ ฉีดพ่นยาฆ่าหญ้า

5) การจ่ายปุ๋ยทางน้ำ เริ่มวันที่ 14 หลังปลูก และจ่ายเรื่อยไป สัปดาห์ละครั้ง จนข้าวตั้งท้อง

การปลูกข้าวด้วยระบบสปริงเกลอร์

1) การปลูก – เพาะต้นกล้าในถาดเพาะเมล็ด (ทำการแช่ข้าวก่อน 1 วันก่อนเพาะ) เพาะไว้ ประมาณ 2 สัปดาห์ จึงนำไปปักลงในแปลง

2) ทำการติดตั้งท่อระบบสปริงเกลอร์ลงในแปลงเพาะปลูก

3) การเปิดน้ำ – เปิดทุกวัน โดยปริมาณน้ำที่ให้จะขึ้นอยู่กับความชื้นของดินเมื่อมีความชื้นที่เหมาะสมควรหยุดให้น้ำทันที หรือถ้าฝนตกต้องหยุดให้น้ำเช่นกัน

4) การจัดการวัชพืช - หลังปลูกเสร็จ 2 สัปดาห์ ฉีดพ่น

ยาฆ่าหญ้า

5) การจ่ายปุ๋ยทางน้ำ เริ่มวันที่ 14 หลังปลูก และจ่ายเรื่อยไป สัปดาห์ละครั้ง จนข้าวตั้งท้อง

การบันทึกข้อมูลการใช้น้ำ

1) ระบบน้ำหยด วัดจากการจดบันทึกข้อมูลเมื่อมีการจ่ายน้ำเข้าสู่แปลงทดลอง โดยดูได้จากถังเก็บน้ำ ขนาด 1,000 ลิตร

2) ระบบสปริงเกลอร์ วัดจากการจดบันทึกข้อมูลเมื่อมีการจ่ายน้ำเข้าสู่แปลงนา โดยดูได้เลขมิเตอร์ที่ติดไว้ก่อนจะจ่ายน้ำเข้าสู้แปลงทดลอง

3.2) วิธีการวิเคราะห์

1) ศึกษาข้อมูลการเพาะปลูกนาปีในช่วง ปี 2559

2) ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดในพื้นที่ศึกษา

3) ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) ใช้สมการ Penman Monteith [6]

3) ประเมินและวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว

4) สรุปผลการศึกษา

4. ผลการศึกษา

จากการทดลองเพาะปลูกข้าวในแปลงทดลอง ขนาด 94 ตารางเมตร ในพื้นที่สถานีการทดลองใช้น้ำชลประทานที่ 6 (จังหวัดเพชรบุรี) พบว่า

4.1) การเจริญเติบโตของข้าวระบบน้ำหยด

ระยะเวลา 7 วันหลังจากลงแปลงเพาะปลูก ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ย 11.70 เซนติเมตร ระยะเวลา 36 วันหลังจากลงแปลงเพาะปลูก ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ย 70.40 เซนติเมตร ระยะเวลา 65 วันหลังจากลงแปลงเพาะปลูก ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ย 99.20 เซนติเมตร ระยะเวลา 103 วันหลังจากลงแปลงเพาะปลูก ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ย 107.60 เซนติเมตร โดยปริมาณน้ำที่จ่ายในการเพาะปลูก มีค่าเท่ากับ 285.7 มม./ไร่ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

4.2) การเจริญเติบโตของข้าวระบบสปริงเกลอร์ ระยะเวลา 7 วันหลังจากลงแปลงเพาะปลูก ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ย 13.30 เซนติเมตร ระยะเวลา 36 วันหลังจากลงแปลงเพาะปลูก ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ย 54.10 เซนติเมตร ระยะเวลา 65 วันหลังจากลงแปลงเพาะปลูก ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ย 90.90 เซนติเมตร ระยะเวลา 103 วันหลังจากลงแปลงเพาะปลูก ต้นข้าวมีความสูงเฉลี่ย 118.70 เซนติเมตร โดยปริมาณน้ำที่จ่ายในการเพาะปลูก มีค่าเท่ากับ 284.2 มม./ไร่ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการศึกษาค่าวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในแปลงทดลองเพาะปลูกข้าวที่ให้น้ำทั้ง 2 ระบบ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ค่าวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของวิธีการให้น้ำแบบชลประทานน้ำหยดมีค่าเฉลี่ย 1,861.64 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน สูงกว่าค่าวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของวิธีการให้น้ำแบบชลประทานสปริงเกลอร์ที่มีค่าเฉลี่ย 1,558.32 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งถือว่ามีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ปลูกโดยวิธีนาหว่านน้ำตมในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี [1] ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,818.53 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน แต่ยังมีค่าที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยวอเตอร์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ปลูกโดยวิธีนาเปียกสลับแห้ง [2] ที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 1,358.2 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้นการปลูกข้าวโดยวิธีชลประทานน้ำหยดและชลประทานสปริงเกลอร์จึงอาจเป็นหนึ่งในทางเลือกของการให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพนอกเหนือจากวิธีนาเปียกสลับแห้ง

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของข้าวระบบน้ำหยด

ลำดับที่	วันที่	ความสูงของต้นข้าว ในแต่ละแถว (ซม.)										รวม (ซม.)	เฉลี่ย (ซม.)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	28 ก.ย. 59	12	10	11	11	10	12	13	13	13	12	117	11.70
2	5 ต.ค. 59	24	22	22	23	20	24	26	29	28	27	245	24.50
3	12 ต.ค. 59	41	40	38	39	38	36	39	40	40	40	391	39.10
4	19 ต.ค. 59	63	64	57	62	67	59	63	53	56	60	604	60.40
5	26 ต.ค. 59	74	74	69	74	73	72	69	62	65	72	704	70.40
6	2 พ.ย. 59	82	83	80	83	81	80	74	76	74	82	795	79.50
7	9 พ.ย. 59	88	86	89	87	85	87	82	85	80	87	856	85.60
8	16 พ.ย. 59	96	90	97	98	92	94	91	95	90	90	933	93.30
9	23 พ.ย. 59	101	93	104	103	96	102	98	103	99	93	992	99.20
10	30 ธ.ค. 59	117	103	107	113	102	105	105	116	108	100	1076	107.60

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของข้าวระบบสปริงเกลอร์

ลำดับที่	วันที่	ความสูงของต้นข้าว ในแต่ละแถว (ซม.)										รวม (ซม.)	เฉลี่ย (ซม.)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	28 ก.ย. 59	13	14	13	13	14	14	13	13	14	12	133	13.30
2	5 ต.ค. 59	26	29	26	27	29	28	25	26	30	25	271	27.10
3	12 ต.ค. 59	34	33	35	32	35	37	34	33	36	34	343	34.30
4	19 ต.ค. 59	53	40	44	40	43	49	47	46	47	43	452	45.20
5	26 ต.ค. 59	62	49	50	48	47	58	56	59	58	54	541	54.10
6	2 พ.ย. 59	75	60	57	59	54	64	62	68	66	63	628	62.80
7	9 พ.ย. 59	82	71	68	69	62	73	71	78	73	70	717	71.70
8	16 พ.ย. 59	93	82	76	74	73	81	82	89	84	82	816	81.60
9	23 พ.ย. 59	100	99	88	86	81	87	87	100	91	90	909	90.90
10	30 ธ.ค. 59	122	119	121	118	120	120	113	119	115	120	1187	118.70

ตารางที่ 3 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

	ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)	
	ชลประทานน้ำหยด	ชลประทานสปริงเกลอร์
WF_{blue}	1,078.76	875.22
WF_{green}	756.55	666.53
WF_{grey}	26.34	16.57
$Wf_{proc,crop}$	1,861.64	1,558.32

5. สรุป

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำที่จ่ายโดยชลประทานน้ำหยดและสปริงเกลอร์ไม่แตกต่างกันมากนักมีค่าเท่ากับ 285.7 และ 284.2 มม./ไร่ ตามลำดับ การเจริญเติบโตของต้นข้าวกรณีชลประทานน้ำหยดมีค่าเฉลี่ย 98.63 ซม. สูงน้อยกว่ากรณีชลประทานสปริงเกลอร์ที่สูงเฉลี่ย 118.03 ซม. รวมทั้งผลผลิตของข้าวกรณีชลประทานน้ำหยดมีค่า 604.25 กก./ไร่ ในขณะที่กรณีชลประทานสปริงเกลอร์ให้ผลผลิต 682.25 กก./ไร่ กรณีชลประทานน้ำหยด ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) มีค่าเท่ากับ 1,078.76 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) มีค่าเท่ากับ 756.55 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WFgrey) มีค่าเท่ากับ 26.34 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมเท่ากับ 1,861.64 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ส่วนกรณีชลประทานสปริงเกลอร์ ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) มีค่าเท่ากับ 875.22 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) มีค่าเท่ากับ 666.53 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WFgrey) มีค่าเท่ากับ 16.57 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมเท่ากับ 1,558.32 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้นการให้น้ำข้าวแบบชลประทานสปริงเกลอร์ให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์โดยรวมต่ำกว่าการให้น้ำแบบชลประทานน้ำหยดประมาณ 303.32 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน เนื่องจากให้ผลผลิตที่ดีกว่าในขณะที่ใช้น้ำปริมาณใกล้เคียงกัน

ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากแปลงทดลองเพาะปลูกมีขนาดเล็กประมาณ 94 ตารางเมตร และทำการทดลองเพียงวิธีการละ 1 แปลง ทำให้ค่าต่างๆ ที่ได้อาจไม่เป็นตัวแทนที่ครบถ้วนสมบูรณ์ และอาจส่งผลต่อค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ดังนั้นควรมีการศึกษาในพื้นที่การเพาะปลูกจริง เพื่อให้ได้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ถูกต้องในพื้นที่การเกษตร

เอกสารอ้างอิง

[1] อรวิกา สีทอง, 2561. การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว ในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 16 ฉบับที่ 1, หน้า 23-32.

[2] มาณพ พรมดี, อดิชัย พรพรหมินทร์ และ สุรชัย ลิปิวัฒนาการ, 2557. วอเตอร์ฟุตปริ้นของการปลูกข้าวแบบนาเปียกสลับแห้ง, 9th THAICID National Symposium, 18 มิถุนายน 2557, หน้า 1-12.

[3] Chapagain A. K., Hoekstra A. Y., Savenije H. H. G., and Gautam R., 2006. “The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries,” Ecological Economics. 60: 186-203.

[4] Mekonnen M. M. and Hoekstra A. Y., 2011 “The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products” , Hydrology and Earth System Sciences. 15: 1577- 1600.

[5] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537), 2537. กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 111 ตอน16ง.

[6] Monteith J. L., 1965. “ Evaporation and environment,” Symp Soc Exp Biol.19: 205-34.

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Economics and Applied Economics

ID007

การพยากรณ์ราคายางแผ่นดิบคุณภาพดีด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

Forecasting for the prices of Rubber Unsmoked Sheet by Box-Jenkins Method

พิชญาภรณ์ ตวงกิจกูล[1] และ อรรถพล สืบพงศกร[2]
[1]ภาควิชาสหกรณ์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาสหกรณ์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]E-mail: pitcha.bumbim@hotmail.com, fecoapsu@ku.ac,th

Pitchayaporn Tuangkitkun[1*] and Auttapol Suebpongsakorn[2]
[1]Department of Cooperatives, Faculty of Economics, Kasetsart University
[2]Assistant Professor Department of Cooperatives, Faculty of Economics, Kasetsart University
[*]E-mail: pitcha.bumbim@hotmail.com, fecoapsu@ku.ac,th

บทความหมายเลข ID007
เรื่อง Forecasting for the prices of Rubber Unsmoked Sheet by Box-Jenkins Method
ได้รับคัดเลือกให้ตีพิมพ์เผยแพร่ใน
“วารสารวิชาการศิลปศาสตร์ประยุกต์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ”
วารสารที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 2 สาขา Social Sciences

ID022

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

Factors Affecting Foreign Capital Movement in the Stock Exchange of Thailand

กัณฑ์ศิษฏ์ฏา กิจวรรณ[1*] และ เรวัตร ธรรมาอภิรมย์[2]
ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
*E-mail: kansitta.ki@ku.th

Kansitta Kichawan[1*] and Rewat Thamma-Apiroam[2]
Department of Economics, Faculty of Economics at Kasetsart University
Department of Economics, Faculty of Economics at Kasetsart University
*E-mail: kansitta.ki@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และสาเหตุของความผันผวนต่อการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิอนุกรมเวลารายเดือน ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 จำนวน 156 เดือน ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยแบบจำลอง GARCH in Mean ผลการศึกษาพบว่า อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม และดัชนีราคาผู้บริโภค มีความสัมพันธ์กับการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในทิศทางเดียวกัน ส่วนอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (บาท/ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา) และอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (บาท/ปอนด์สเตอร์ลิง) มีความสัมพันธ์กับการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในทิศทางตรงกันข้าม และจากการวิเคราะห์สาเหตุของความผันผวนของการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย พบว่าการเปลี่ยนแปลงทางการเมืองเป็นสาเหตุของความผันผวนของการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

คำหลัก การเคลื่อนย้ายเงินทุน ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

Abstract

The purpose of this study is to investigate factors affecting Foreign Capital Movement in the Stock Exchange of Thailand and find the determinant of volatility of Foreign Capital Movement in the Stock Exchange of Thailand using monthly data between January 2007 to December 2019 totaling to 156 months and estimated the coefficients by GARCH in Mean. The result indicates that the Return of stock in Thailand Manufacturing Production Index (MPI) and Consumer Price Index (CPI) have the positive effect on Foreign

Capital Movement in the Stock Exchange of Thailand. On the other hand, real exchange rate (Baht/USD) and real exchange rate (Baht/GBP) have the negative effect on Foreign Capital Movement in the Stock Exchange of Thailand. The analysis of the determinants of the volatility of Foreign Capital Movement in the Stock Exchange of Thailand indicates that the political movement is the cause of the volatility of Foreign Capital Movement in the Stock Exchange of Thailand.

Keywords: Capital Movement, Stock Exchange of Thailand

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาที่นักลงทุนต่างชาติให้ความสนใจเข้ามาลงทุน เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยมีโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปจากการพึ่งพาเกษตรกรรมเป็นหลักมามุ่งเน้นการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมและบริการเพื่อทดแทนการนำเข้า และเพื่อการส่งออก จากโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้ประเทศไทยมีความต้องการเงินทุนจากภายนอกเพื่อมาพัฒนาเศรษฐกิจ และการขยายกิจการในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเงินออมเบื้องต้นของประเทศไม่สามารถตอบสนองต่อระดับความต้องการด้านการลงทุนเบื้องต้นของประเทศได้ จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติฉบับที่ 2 ได้บรรจุแผนพัฒนาตลาดทุนโดยเน้นให้มีบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งระดมเงินทุน เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเป็นสถาบันสำคัญแห่งหนึ่งในการส่งเสริมการออม และระดมเงินทุน โดยจะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2518 มีบริษัทเข้ามาจดทะเบียนซื้อขายหลักทรัพย์เพียง 21 หลักทรัพย์ โดยมีมูลค่าซื้อขายทั้งปีเพียง 559.54 ล้านบาท แต่ในปัจจุบัน พ.ศ. 2560 มีบริษัทจดทะเบียนทั้งสิ้น 556 หลักทรัพย์ โดยมีมูลค่าการซื้อขาย 12,802,291 ล้านบาท (รายงานประจำปีของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2560: 15) ซึ่งการเติบโตของตลาดหลักทรัพย์จะสะท้อนให้เห็นถึงพื้นฐานทางเศรษฐกิจของประเทศที่มีอัตราการขยายตัวในระดับสูง โดยอัตราผลตอบแทนของการลงทุนในประเทศไทยเป็นปัจจัยหนึ่งที่ดึงดูดเงินลงทุนจากต่างประเทศ กลุ่มนักลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยแบ่งออกเป็น นักลงทุนในประเทศ นักลงทุนต่างประเทศ นักลงทุนสถาบัน ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาเฉพาะนักลงทุนจากต่างประเทศ เนื่องจากเป็นนักลงทุนภายนอกที่มีบทบาทอย่างยิ่งต่อความเคลื่อนไหวในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

จากการเปิดเสรีทางการเงินในปี พ.ศ 2533 โดยรับพันธะข้อ 8 ของกองทุนการเงินระหว่างประเทศ (International Monetary Fund: IMF) ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายเงินทุนระหว่างประเทศเป็นไปได้โดยเสรี สะดวกและรวดเร็วขึ้น เนื่องจากการลดขั้นตอนในการขออนุญาตซื้อขายเงินตราต่างประเทศ และข้อตกลงทั่วไปว่าด้วยภาษีศุลกากรและการค้า (GATT) และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และคมนาคมทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายเงินทุนระหว่างประเทศเพื่อแสวงหาผลตอบแทนที่สูงกว่า จะเห็นได้ว่าสัดส่วนมูลค่าการซื้อขายของนักลงทุนต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยตั้งแต่ปี 2560-2562 สูงถึงร้อยละ 36 (รายงานประจำปีของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2562: 29) โดยประเทศที่เข้ามาลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ไทยมากที่สุด คิดเป็น 3 อันดับแรก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ และสิงคโปร์ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2563)

การลงทุนจากนักลงทุนต่างประเทศมีผลต่ออัตราผลตอบแทน สภาพคล่องและความผันผวนของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ดังนั้นเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยที่มีความผันผวนย่อมส่งผลต่อเสถียรภาพของตลาดหลักทรัพย์ และระบบการเงินของประเทศ นอกจากนี้ ในการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยของนักลงทุนพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการลงทุนของนักลงทุนต่างชาติคือ สถานการณ์ทางการเมือง ซึ่งเป็นตัวกำหนดภาวการณ์ลงทุน

เสถียรภาพทางการเมืองที่มั่นคงจะเป็นตัวดึงดูดนักลงทุนให้หันมาลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ไทยมากขึ้น ขณะที่ประเทศไทยเกิดวิกฤตการณ์ทางการเมือง เช่น การชุมนุมบ่อยครั้ง ดังนั้นการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อและความผันผวนของการเคลื่อนย้ายเงินลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางนโยบาย และกำหนดมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ให้สอดคล้องกับสภาวะทางเศรษฐกิจ และเพื่อให้เกิดความมีเสถียรภาพของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาว่าวิกฤตการณ์ทางการเมืองเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันผวนต่อการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยหรือไม่

2. แนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยมีแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้ การลงทุนในกลุ่มหลักทรัพย์ต่างประเทศ (ธีรบูลย์, 2535: 407-409) ทฤษฎีดั้งเดิมทางธุรกิจว่าด้วยการเคลื่อนย้ายเงินทุนระหว่างประเทศ (Business School Theory of Capital Movement) (รุจิรา, 2554) การวิเคราะห์หลักทรัพย์โดยใช้ปัจจัยพื้นฐาน (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2558) ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยระหว่างประเทศ (Nurkse, 1972: 98-100) และทฤษฎีความเสมอภาคของอำนาจซื้อ (Ajayi and Mougoue, 1996) เป็นตัวกำหนดตัวแปรที่นำมาใช้ในการศึกษา ซึ่งทฤษฎีการเคลื่อนย้ายเงินทุนระหว่างประเทศ เป็นตัวกำหนดตัวแปรอัตราผลตอบแทนของประเทศ และอัตราผลตอบแทนของต่างประเทศ การวิเคราะห์หลักทรัพย์โดยใช้ปัจจัยพื้นฐาน สะท้อนเสถียรภาพของระบบเศรษฐกิจ ตัวแปรที่นำมาศึกษาคือ ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม ดัชนีราคาผู้บริโภค ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยระหว่างประเทศ เป็นตัวกำหนดส่วนต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยในประเทศและต่างประเทศ และทฤษฎีความเสมอภาคของอำนาจซื้อ สะท้อนเกี่ยวกับอัตราแลกเปลี่ยนที่แท้จริง ซึ่งเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ใช้ข้อมูลทุติยภูมิแบบอนุกรมเวลา เวลา (Secondary Time Series Data) ประเภทรายเดือน โดยทำการรวบรวมตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2550 จนถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 รวม 156 เดือน ตัวแปรที่นำมาใช้ในการศึกษาได้แก่อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์นิวยอร์ก อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์ลอนดอน อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์สิงคโปร์ ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม ดัชนีราคาผู้บริโภค ส่วนต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทยกับสหรัฐอเมริกา ส่วนต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทยกับอังกฤษ ส่วนต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทยกับสิงคโปร์ อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (บาท/ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (บาท/ปอนด์สเตอร์ลิง) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (บาท/ดอลลาร์สิงคโปร์) และวิกฤตการณ์ทางการเมืองภายในประเทศไทยซึ่งเป็นตัวแปรหุ่น โดยรวบรวมข้อมูลสถิติจากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ กองดัชนีผู้บริโภค กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ วารสารและบทความต่าง ๆ

3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้ทำการทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Stationary) และนำตัวแปรไปใช้ในแบบจำลอง GARCH-M โดยพิจารณา Lag ที่เหมาะสมของ ARCH Term และ GARCH Term จากค่า AIC (Akaike Information Criterion)

และประมาณค่าแบบจำลองด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation)

3.2.1 การทดสอบความนิ่งของข้อมูล และการทดสอบ Unit Root

การทดสอบอนุกรมเวลาจะต้องนำข้อมูลที่ใช้มาวิเคราะห์ความนิ่ง (Stationary) คือการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ทางสถิติว่าไม่แปรผันตามกาลเวลา โดยข้อมูลที่มีลักษณะนิ่งต้องมีคุณสมบัติคือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความแปรปรวน (Variance) ต้องคงที่ (ศุภกิจ และ ภูมิฐาน, 2561)

3.2.1.1 วิธีการทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller Test)

การทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller Test) มีการพัฒนามาจาก Dickey-Fuller Test เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาของการเกิด Autocorrelation ปัญหาดังกล่าวทำให้ค่าสถิตินั้นขาดความถูกต้อง จึงมีการปรับโดยใส่ตัวแปรล่าช้า (Lag) ของ ΔX ในลำดับที่สูงขึ้น ในการตรวจสอบว่าข้อมูลมีลักษณะนิ่งหรือไม่ เปรียบเทียบจากค่าสถิติ t ที่คำนวณได้กับค่าวิกฤตในตาราง ADF โดยมีสมการที่ต้องทดสอบ 3 สมการที่ระดับ (Level)

$$\Delta X_t = \gamma X_{t-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \emptyset i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

(random walk process)

$$\Delta X_t = \alpha + \gamma X_{t-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \emptyset i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

(random walk with drift)

$$\Delta X_t = \alpha + \beta_t + \gamma X_{t-1} + \sum_{i=1}^{\rho} \emptyset i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

(random walk with drift and linear trend)

สมมติฐานที่ทดสอบ $H_0 : \gamma = 0$

$H_1 : \gamma \neq 0$

ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่า X_t มีลักษณะไม่นิ่ง (Non-stationary) แสดงว่าค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป และถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าข้อมูลนั้นมีลักษณะนิ่ง (Stationary) แสดงว่าค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

3.2.2 การเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุด

การเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดพิจารณาจากค่า AIC (Akaike Information Criterion) โดยรูปแบบจำลองที่ให้ค่าน้อยที่สุดจะเป็นรูปแบบจำลองที่ดีที่สุดซึ่งคำนวณได้จาก

$$AIC = -2t / \eta + 2k / \eta \quad (4)$$

โดยที่ k คือจำนวนของพารามิเตอร์ที่ทำการประมาณค่า η คือจำนวนของค่าสังเกต และ t คือค่าของ Log likelihood function ที่ใช้พารามิเตอร์ที่ถูกประมาณค่า k ตัว

3.2.3 แบบจำลอง GARCH in Mean (GARCH-M)

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่นำเอาความแปรปรวนระยะสั้นมาใช้เป็นตัวแปรตัวหนึ่งในสมการค่าเฉลี่ย

$$PFI_t = \alpha_0 + \beta_1 RTS_t + \beta_2 RTD_t + \beta_3 RTFT_t + \beta_4 RTST_t + \beta_5 MPI_t + \beta_6 CPI_t + \beta_7 IRD_US_t + \beta_8 IRD_UK_t + \beta_9 IRD_SG_t + \beta_{10} EX_US_t + \beta_{11} EX_UK_t + \beta_{12} EX_SG_t + \beta_{13}\sigma_t^2 + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t v_t \quad (6)$$

$$VAR(\varepsilon_t | I_{t-1}) = \sigma_t^2 = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{m} \gamma_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{p} \theta_i \sigma_{t-i}^2 + \beta_{14} POL_t \quad (7)$$

โดยที่ ε_t คือค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น White noise v_t คือ White noise มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 γ_i คือ ค่าพารามิเตอร์ของ ARCH และ θ_i คือ ค่าพารามิเตอร์ของ GARCH (ภูมิฐาน, 2556: 186-187)

4. ผลการวิเคราะห์

จากการทดสอบ Unit Root โดยวิธี ADF ที่ระดับ (Level) พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) ได้แก่ อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (RTS) อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์นิวยอร์ก (RTD) อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์ลอนดอน (RTFT) อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์สิงคโปร์ (RTST) ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (MPI) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ Unit Root โดยวิธี Augmented Dickey-Fuller Test (ADF Test) ที่ระดับ (Level)

Variable	ADF Test Statistic	Critical Value 1%	Status
RTS	-10.71573	-2.579967	Stationary
RTD	-12.90054	-2.579967	Stationary
RTFT	-3.666747	-2.580164	Stationary
RTST	-11.11893	-2.579967	Stationary
MPI*	-4.181167	-3.472813	Stationary

หมายเหตุ: *ทดสอบโดยใช้ Stationary with Intercept
** ทดสอบโดยใช้ Stationary with Trend and Intercept
ที่มา: จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

จากการทดสอบ Unit Root โดยวิธี ADF ที่ระดับ 1st Difference พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) ได้แก่ ดัชนีราคาผู้บริโภค (CPI) ส่วนต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยส่วนต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทยกับสหรัฐอเมริกา (IRD_US) ส่วนต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทยกับอังกฤษ (IRD_UK) ส่วนต่างระหว่างอัตราดอกเบี้ยของประเทศไทยกับสิงคโปร์ (IRD_SG) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (บาท/ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา) (EX_US) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (บาท/ปอนด์สเตอร์ลิง) (EX_UK) อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ (บาท/ดอลลาร์สิงคโปร์) (EX_SG) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ Unit Root โดยวิธี Augmented Dickey-Fuller Test (ADF Test) ที่ระดับ 1st Difference

Variable	ADF Test Statistic	Critical Value 1%	Status
CPI**	-8.655146	-4.018748	Stationary
IRD_US	-5.585753	-2.580366	Stationary
IRD_UK	-8.027617	-2.580065	Stationary
IRD_SG	-11.35691	-2.580065	Stationary
EX_US*	-8.791544	-3.473382	Stationary
EX_UK*	-8.712992	-3.473096	Stationary
EX_SG*	-8.411914	-3.473096	Stationary

หมายเหตุ: *ทดสอบโดยใช้ Stationary with Intercept
** ทดสอบโดยใช้ Stationary with Trend and Intercept
ที่มา: จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ด้วยค่า AIC ที่มีค่าน้อยที่สุด ได้แบบจำลองที่มีความเหมาะสมคือ GARCH(1,1) โดย GARCH-M สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$PFI_t = 64.0066 + 0.9242RTS + 0.3725RTD$$
$$(3.2750)^{***}\ (1.9641)^{**}\quad (0.6124)^{NS}$$
$$+ 0.2274RTFT + 0.5084RTST + 0.7688MPI$$
$$(0.6241)^{NS}\quad (0.8796)^{NS}\quad (3.7961)^{***}$$
$$+ 9.1069CPI - 8.2094IRD_US - 0.2622IRD_UK$$
$$(1.7183)^{*}\quad (-1.3091)^{NS}\quad (-0.0226)^{NS}$$
$$+ 6.2102IRD_SG - 20.6057EX_US$$
$$(0.5875)^{NS}\quad (-1.6671)^{*}$$
$$- 4.4054EX_UK - 3.4491EX_SG$$
$$(-27704)^{***}\quad (-0.5130)^{NS}$$
$$- 0.0203\sigma_t^2 + \varepsilon_t$$
$$(0.0259)^{**}$$

$$\sigma_t^2 = 8.5917 - 0.0589\varepsilon_{t-1}^2 + 1.0421\sigma_{t-1}^2$$
$$(1.5573)^{*}\ (-2.6854)^{***}\quad (4610.852)^{***}$$
$$- 7.3612POL$$
$$(-1.7984)^{**}$$

หมายเหตุ: ค่าในวงเล็บ คือ ค่า t-statistic
*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10
NS ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากสมการค่าเฉลี่ย (Mean Equation) ซึ่งแสดงถึงลักษณะความสัมพันธ์ของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยกับตัวแปรอิสระต่างๆ ดังนี้

อัตราผลตอบแทนจากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (RTS) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (PFI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานกล่าวคือผลตอบแทนจากการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้การลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเพิ่มขึ้น 0.9242 พันล้านบาท เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ เมื่อผลตอบแทนจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น ทำให้นักลงทุนเลือกที่จะนำเงินมาลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันหากผลตอบแทนจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยลดลง จะทำให้นักลงทุนเคลื่อนย้ายเงินลงทุนออกจากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

สำหรับดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม (MPI) พบความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (PFI) อย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน กล่าวคือดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมมีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้การลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเพิ่มขึ้น 0.7688 พันล้านบาท เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่

ดัชนีราคาผู้บริโภค (CPI) มีความสัมพันธ์ในทิศเดียวกันกับมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (PFI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมุติฐาน กล่าวคือดัชนีราคาผู้บริโภคเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้การมูลค่าลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเพิ่มขึ้น 9.1069 พันล้านบาท เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ แสดงให้เห็นว่าเมื่อดัชนีผู้บริโภคสูงขึ้นจะเป็นตัวสะท้อนของอัตราเงินเฟ้อในประเทศ ซึ่งหากอัตราเงินอยู่ในระดับที่เหมาะสม จะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจและตลาดหุ้นเนื่องจากบ่งบอกการฟื้นตัวของเศษฐกิจซึ่งเป็นโอกาสที่ดีในการลงทุน เนื่องจากนักลงทุนอาจมองลักษณะการถือหลักทรัพย์ในลักษณะที่ให้ความมั่งคั่ง เป็นผลให้นักลงทุนจะตัดสินใจเข้ามาลงทุนเพิ่มมากกว่าคำนึงถึงผลของอัตราเงินเฟ้อต่อผลตอบแทนที่จะได้รับ

จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราแลกเปลี่ยนที่แท้จริง (บาท/ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา) (EX_US) พบว่าตัวแปรนี้มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกันกับมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (PFI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.10 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน กล่าวคืออัตราแลกเปลี่ยนที่แท้จริง (บาท/ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา) หากมีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้มูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยลดลง 20.6057 พันล้านบาท เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ เมื่ออัตราแลกเปลี่ยนที่แท้จริง (บาท/ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา) เพิ่มขึ้นแสดงว่าเงินบาทอ่อนค่าลง ทำให้ผลตอบแทนที่ชาวต่างประเทศจะได้รับจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยลดลง ส่งผลให้นักลงทุนถอนการลงทุนออกจากตลาดหลักทรัพย์

จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราแลกเปลี่ยนที่แท้จริง (บาท/ปอนด์สเตอร์ลิง) (EX_UK) พบว่าตัวแปรนี้มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกันกับมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (PFI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน กล่าวคืออัตราแลกเปลี่ยนที่แท้จริง (บาท/ปอนด์สเตอร์ลิง) หากมีเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้การลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยลดลง 4.4054 พันล้านบาท เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่กล่าวคือเมื่ออัตราแลกเปลี่ยนที่แท้จริง (บาท/ปอนด์สเตอร์ลิง) เพิ่มขึ้นแสดงว่าเงินบาทอ่อนค่าลง ทำให้ผลตอบแทนที่ชาวต่างประเทศจะได้รับจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยลดลง ส่งผลให้นักลงทุนถอนการลงทุนออกจากตลาดหลักทรัพย์

สำหรับความแปรปรวนของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยพบว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกันกับมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (PFI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 กล่าวคือความแปรปรวนของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะส่งผลให้มูลค่าเงินลงทุนในหลักทรัพย์จากต่างประเทศลดลง 0.0230

จากสมการ Condition of variance ซึ่งแสดงถึงลักษณะความสัมพันธ์ของความแปรปรวนของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยกับค่าความคลาดเคลื่อนของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์ไทยในอดีต ความแปรปรวนอย่างมีเงื่อนไขของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในอดีต และวิกฤตการณ์ทางการเมือง

ค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา t-1 มีค่าเท่ากับ -0.0589 ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา t-1 จึงมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับความแปรปรวนของการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยเมื่อค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาที่ t-1 เพิ่มขึ้น จะทำให้ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนลดลง 0.0589 หน่วย

ความแปรปรวนอย่างมีเงื่อนไขของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในช่วงเวลา t-1 มีค่าเท่ากับ 1.0421 ซึ่งความแปรปรวนอย่างมีเงื่อนไขของการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในช่วงเวลา t-1 มีความสัมพันธ์กับในทิศทาง

เดียวกันกับความแปรปรวนของการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยเมื่อความแปรปรวนอย่างมีเงื่อนไขของการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในช่วงเวลา t-1 เพิ่มขึ้น จะทำให้ความแปรปรวนของการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย เพิ่มขึ้น 1.0421

ค่าสัมประสิทธิ์ของวิกฤตการณ์ทางการเมืองมีค่าเท่ากับ -7.361 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงทางการเมืองมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกันกับความแปรปรวนของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย กล่าวคือ ความแตกต่างของความแปรปรวนระหว่างการมีและไม่มีเหตุการณ์ทางการเมืองมีค่าเท่ากับ 7.3612

ผลจากการประมาณค่าตัวแปรต่างๆ ในแบบจำลอง ปรากฏว่าค่าสัมประสิทธิ์แห่งการกำหนด (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.395690 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์แห่งการกำหนดที่ปรับค่าแล้ว (Adjusted R^2) ด้วยองศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) มีค่าเท่ากับ 0.3399 ซึ่งแสดงว่าที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ความผันแปรของตัวแปรอิสระทั้งหมดในแบบจำลองมีความสามารถในการอธิบายถึงความผันแปรของตัวแปรตามคือ การเคลื่อนย้ายเงินลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และความแปรปรวนของการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยได้ร้อยละ 39.56

5. สรุป

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายเงินลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ใช้ข้อมูลทุติยภูมิรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2550 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2562 รวมทั้งหมด 156 เดือน โดยใช้แบบจำลอง GARCH-M ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวประกอบด้วย 2 สมการคือ สมการค่าเฉลี่ยของมูลค่าเงินลงทุนสุทธิจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และสมการความแปรปรวนของมูลค่าเงินลงทุนสุทธิจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยทำการประมาณด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator) ก่อนประมาณค่าได้ทำการทดสอบความนิ่งของข้อมูลโดย ADF Test พบว่าตัวแปรมีคุณสมบัตินิ่ง จึงทำการเลือก Lag ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า AIC โดยจำนวน Lag ที่เหมาะสมคือ ARCH 1 Term และ GARCH 1 Term

ผลการประมาณค่าแบบจำลองพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนย้ายเงินทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย คือ อัตราผลตอบแทนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม และดัชนีราคาผู้บริโภค ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐอเมริกา อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อปอนด์สเตอร์ลิง มีความสัมพันธ์กับมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในทิศทางตรงกันข้าม

ผลการประมาณค่าแบบจำลองพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อความแปรปรวนของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในช่วงเวลา t-1 ค่าของความแปรปรวนอย่างมีเงื่อนไขของมูลค่าการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในช่วงเวลาที่ t-1 และวิกฤตการณ์ทางการเมืองเป็นสาเหตุหนึ่งของความแปรปรวนของการลงทุนจากต่างประเทศในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย เนื่องจากวิกฤตการณ์ทางการเมืองมีผลต่อความเชื่อมั่นในการลงทุนของนักลงทุนต่างชาติในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และส่งผลต่อเสถียรภาพของเศรษฐกิจในประเทศไทยอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากรองศาสตราจารย์ ดร. เรวัตร ธรรมาอภิรมย์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือมาตลอดในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2560). รายงานประจำปีของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, ข้อมูลจาก https://www.set.or.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 มีนาคม 2563)

[2] ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2562). รายงานประจำปีของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, ข้อมูลจาก https://www.set.or.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 มีนาคม 2563)

[3] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2563). เงินทุนเคลื่อนย้ายในหลักทรัพย์จำแนกประเทศ, ข้อมูลจาก http://www.bot.or.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 17 มกราคม 2563

[4] ธีระบูลย์ อินทรกำธรชัย. 2535. ธุรกิจการเงินระหว่างประเทศ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพ.

[5] รุจิรา จันทรพล. 2554. ปัจจัยกำหนดการเคลื่อนย้ายเงินทุนต่างประเทศในประเทศไทยและผลกระทบของเงินทุนต่างประเทศต่อความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[6] ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2558) การวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐาน ข้อมูลจาก https://www.set.or.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 กรกฎาคม 2562)

[7] Nurkse,R. 1972. “Causes and Effects of Capital Movement in Dunning” J.C. International Investment, Penguin Book Ltd.

[8] Ajayi. R. A. and Mougoue M. 2011. “On the Dynamic Relation between Stock Price and Exchange Rates” Journal of Financial Research 19(2):193-207.

[9] ศุภกิจ เกลี้ยงชู และภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์. 2561 วิเคราะห์แบบจำลองอนุกรมเวลาที่เหมาะสมในการพยากรณ์มูลค่ากองทุนรวมตามนโยบายการลงทุน, น. 2746-2766. ในรายงานประชุมนำเสนอผลงานระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี

[10] ภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์. 2556. การวิเคราะห์อนุกรมเวลาสำหรับเศรษฐศาสตร์และธุรกิจ Time Series Analysis for Economics and Business. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ID023

ผลกระทบของการลดหย่อนภาษีเพื่อการท่องเที่ยวต่อการจ้างงาน

Employment Effect of Tax Deduction for Tourism

กัลยรัตน์ วินยางค์กูล[1*] และ อธิภัทร มุทิตาเจริญ[1]
[1]คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[*]E-mail: w.kanyarat1995@gmail.com

Kanyarat Winyangkool[1*] and Athiphat Muthitacharoen[1]
[1]Faculty of Economics, Chulalongkorn University
[*]E-mail: w.kanyarat1995@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของมาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ที่ให้กับนักท่องเที่ยวไทยในนโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวภายในประเทศต่อการจ้างงาน โดยการศึกษาครั้งนี้จะประเมินผลกระทบของมาตรการทางภาษีที่ดุลยภาพ (General equilibrium impact) ต่อการจ้างงานโดยรวมในระดับมหภาค (Aggregate outcome) ที่ระดับจังหวัดในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ได้รับผลกระทบโดยตรง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ Spillover Effect ของมาตรการทางภาษีต่อการจ้างงาน ด้วยวิธี difference-in-differences ซึ่งสร้าง Exposure variable ที่วัดระดับผลกระทบของมาตรการทางภาษีต่อภาคการท่องเที่ยวในแต่ละจังหวัด จากอัตราส่วนการจ้างงาน แล้วพิจารณาการจ้างงานภาคการท่องเที่ยวในส่วนของอุตสาหกรรมที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐและการจ้างงานนอกภาคการท่องเที่ยวเป็น Outcome variable จากการศึกษา พบว่า การประกาศใช้นโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวภายในประเทศด้วยการใช้มาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้กับนักท่องเที่ยวไทยจะสามารถมีอิทธิผลส่งผลกระทบต่อการจ้างงานในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ได้รับผลกระทบโดยตรงให้เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ อุตสาหกรรมการบริการอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมการขนส่ง และอุตสาหกรรมศิลปะ ความบันเทิง และการนันทนาการ รวมไปถึงสามารถส่งผลกระทบไปยังนอกภาคอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ทั้งภาคการเกษตร ภาคการผลิต และภาคการค้าและบริการ

คำหลัก การลดหย่อนภาษี การท่องเที่ยว การจ้างงาน

Abstract

This study aims to investigate the effect of the income tax deduction measures for Thai tourists on the domestic tourism promotion policy on employment by evaluating the general equilibrium effect of the measures on the provincial aggregate employment outcomes of industries that are directly affected by the tax incentives measures, i.e., the spillover effect of the measures on the employment. In this analysis, a difference-in-differences method was used, which creates an exposure variable that measures the province's exposure to the tax incentives measures by considering the employment ratio. The outcome variables used in this analysis are employment of the tourism industries that do not benefit from the tax

incentive measures and non-tourism employment. The results of this study showed that the implementation of the domestic tourism promotion policy through the use of the income tax deduction measures for Thai tourists can significantly affect the employment of the tourism industries that do not benefit from the tax incentive measures, namely food & beverage industry, transportation industry and arts, entertainment & recreation industries, and the non-tourism employment, namely industries in agriculture sector, manufacturing sector and trade & service sector, to increase.

Keywords: Tax deduction, Tourism, Employment

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมภาคบริการที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เพราะอุตสาหกรรมมีการเติบโตอย่างรวดเร็วจนกระทั่งกลายเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างรายได้ให้แก่ประเทศไทย จากการเพิ่มขึ้นของทั้งจำนวนนักท่องเที่ยวและรายได้จากการท่องเที่ยว [1] โดยรายได้ที่เกิดจากการท่องเที่ยวจะเป็นกุญแจสำคัญในการขับเคลื่อนการขยายตัวของเศรษฐกิจ ดึงดูดการลงทุนจากทั้งภาครัฐและเอกชน สนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบคมนาคมและสาธารณูปโภคต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมให้เกิดการอำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยวให้มาท่องเที่ยวในจังหวัด ส่งผลทำให้เกิดการสร้างงานขึ้นและนำพาไปสู่การกระจายความเจริญยังภูมิภาคต่าง ๆ

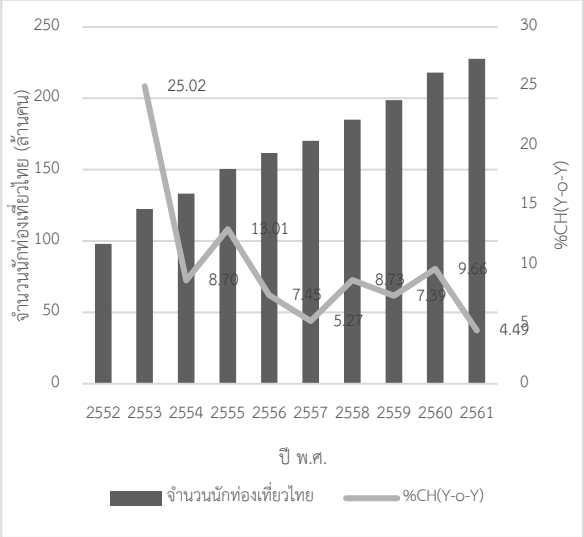
นอกจากนั้นอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวยังเป็นอุตสาหกรรมที่ประกอบด้วยธุรกิจบริการหลายประเภททั้งธุรกิจที่เกี่ยวข้องโดยตรงและโดยอ้อม ซึ่งทำให้เกิดการจ้างงานขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อมหลายล้านตำแหน่ง จึงนับได้ว่าอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเป็นตลาดแรงงานที่สำคัญแห่งหนึ่ง รวมถึงยังช่วยเพิ่มโอกาสให้คนที่มีโอกาสเข้าสู่ตลาดแรงงานได้น้อย เช่น เด็ก ผู้หญิง ผู้พยพ และประชากรในชนบท ได้มีโอกาสเข้าสู่ตลาดแรงงานมากขึ้นอีกด้วย [2] อันนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิต แก้ไขปัญหาความยากจน ลดความเหลื่อมล้ำได้

จากบทบาทของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่เป็นฟันเฟืองสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและการจ้างงาน ทำให้ภาครัฐตระหนักถึงความสำคัญของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวอย่างยิ่ง จึงพยายามพัฒนาและส่งเสริมอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวอย่างต่อเนื่อง โดยหนึ่งในแนวทางที่ภาครัฐดำเนินการ คือ การออกนโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวไทยด้วยการใช้มาตรการทางภาษีเป็นเครื่องมือ โดยการลดหย่อนภาษีเงินได้ให้กับนักท่องเที่ยวไทยทั้งนิติบุคคลและบุคคลธรรมดาที่มีการใช้บริการธุรกิจการท่องเที่ยวในช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อเป็นแรงจูงใจผลักดันให้เกิดอุปสงค์ทางการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวไทยภายในประเทศเพิ่มมากขึ้น และนำไปสู่การเจริญเติบทางเศรษฐกิจของประเทศ

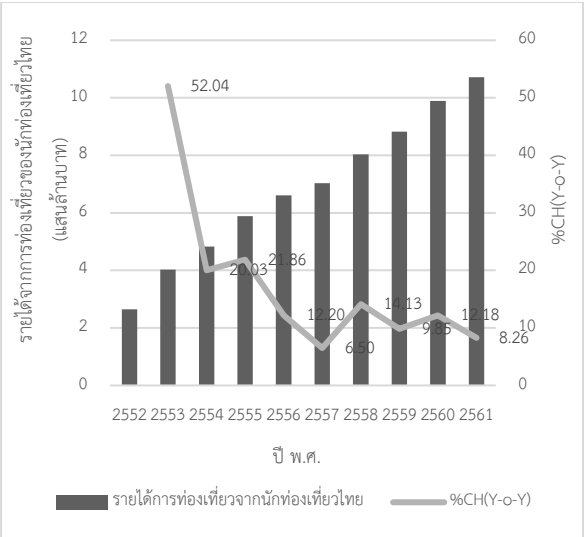
มาตรการลดหย่อนภาษีเพื่อการท่องเที่ยวนี้มีการดำเนินการครั้งแรกในปี พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นการลดหย่อนภาษีเงินได้ให้กับนิติบุคคล (บริษัทหรือห้างหุ้นส่วนนิติบุคคล) ที่ได้จัดอบรมสัมมนาภายในประเทศให้แก่ลูกจ้าง และได้มีรายจ่ายเป็นค่าห้องสัมมนา ค่าห้องพัก ค่าบริการนำเที่ยว หรือรายจ่ายอื่นที่เกี่ยวข้องกับการจัดสัมมนา โดยสามารถนำรายจ่ายเหล่านั้นมาลดหย่อนภาษีได้ 100% แล้วหลังจากนั้นมาตรการนี้ได้มีขึ้นอีกในช่วงปี พ.ศ. 2553 – 2554 ปลายปี พ.ศ. 2557 – 2558 และ ปี พ.ศ. 2559 [3-6]

ส่วนของบุคคลธรรมดา มาตรการลดหย่อนภาษีเพื่อการท่องเที่ยวมีการดำเนินการครั้งแรกในช่วงครึ่งหลังของปี พ.ศ. 2553 เป็นการลดหย่อนภาษีเงินได้สำหรับการเดินทางท่องเที่ยวภายในประเทศ และได้มีรายจ่ายเป็นค่าที่พักหรือค่าบริการนำเที่ยว ซึ่งสามารถนำรายจ่ายเหล่านั้นมาลดหย่อนภาษีเงินได้ไม่เกิน 15,000 บาท [7] แล้วหลังนั้นมาตรการนี้ได้มีขึ้นอีกตั้งแต่ช่วงปลายปี พ.ศ. 2557 จนถึงปลายปี พ.ศ. 2559 [8,9] แต่ปี พ.ศ. 2559 จะสามารถลดหย่อนภาษีได้เพิ่มอีก 15,000 บาท ในช่วง 9 - 17 เมษายน [10] และช่วงเดือนธันวาคม [11] สำหรับปี พ.ศ. 2561 จะสามารถลดหย่อนภาษีเงินได้เฉพาะสำหรับการ

ท่องเที่ยวจังหวัดเมืองรองเท่านั้น [12] และส่วนปี พ.ศ. 2562 ที่มีช่วงระยะเวลาของมาตรการเพียงแค่ไตรมาสที่ 2 ของปี สามารถลดหย่อนภาษีเงินได้ไม่เกิน 15,000 บาท สำหรับการท่องเที่ยวจังหวัดเมืองรอง และ 20,000 บาท สำหรับการท่องเที่ยวจังหวัดเมืองหลัก แต่รวมกันลดหย่อนภาษีเงินได้ไม่เกิน 20,000 บาท [13]



รูปที่ 1 จำนวนนักท่องเที่ยวไทย



รูปที่ 2 รายได้จากการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวไทย

จากรูปที่ 1 - 2 แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มจำนวนนักท่องเที่ยวไทยและรายได้จากการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวไทยเพิ่มขึ้นสูงขึ้นในช่วงปีที่มีการใช้มาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ให้กับนักท่องเที่ยวไทย ดังนั้นการใช้มาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้มาเป็นแรงจูงใจในการกระตุ้นอุปสงค์ทางการท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวไทย สามารถส่งผลต่ออุปทานทางการท่องเที่ยวซึ่งจะส่งผลกระทบต่อไปยังอุปสงค์ของแรงงานหรือการจ้างงานของอุตสาหกรรมที่พักแรมและอุตสาหกรรมธุรกิจนำเที่ยวที่เป็นอุตสาหกรรมในภาคการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบของมาตรการทางภาษีก็อาจจะส่งผลกระทบต่อมายังอุตสาหกรรมอื่นที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐได้อีกด้วย ทั้งอุตสาหกรรมของภาคการท่องเที่ยวที่เหลือและนอกภาคการท่องเที่ยว ด้วยเหตุนี้จึงนำไปสู่คำถามงานวิจัยที่ว่าการประกาศใช้นโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวไทย โดยใช้มาตรการทางภาษีในการลดหย่อนภาษีเงินได้ให้กับนักท่องเที่ยวไทยทั้งนิติบุคคลและบุคคลธรรมดาจะสามารถมีอิทธิพลส่งผลกระทบต่อการจ้างงานของอุตสาหกรรมที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐได้หรือไม่

2. วัตถุประสงค์

ศึกษาผลกระทบของมาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ที่ให้กับนักท่องเที่ยวไทยที่มีการใช้บริการธุรกิจการท่องเที่ยวภายในประเทศต่อการจ้างงานของอุตสาหกรรมที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ

3. ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาผลกระทบมาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้เพื่อการท่องเที่ยวที่ให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีกับนักท่องเที่ยวไทยทั้งนิติบุคคลและบุคคลธรรมดาในช่วงเวลาตรงกัน นั่นคือ ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2557 จนถึงปลายปี พ.ศ. 2559 โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากชุดโครงการสำรวจภาวะการทำงานของประชากร (Labor Force Survey) ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลแบบรายไตรมาส และพิจารณาให้ อุตสาหกรรมที่พักแรมและอุตสาหกรรมธุรกิจนำเที่ยว เป็นตัวแทนของภาคการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ (ภาคการท่องเที่ยว 1) ส่วนอุตสาหกรรมที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ ทั้งอุตสาหกรรมในภาคการท่องเที่ยวที่ไม่ได้

รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีและนอกภาคการท่องเที่ยว จะพิจารณาให้อุตสาหกรรมการบริการอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมการขนส่ง (เฉพาะผู้โดยสาร) และอุตสาหกรรมศิลปะ ความบันเทิง และการนันทนาการ เป็นตัวแทนของภาคการท่องเที่ยวที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ (ภาคการท่องเที่ยว 2) และสำหรับนอกภาคการท่องเที่ยว ที่จะแบ่งเป็น 3 ภาคอุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ 1) ภาคการเกษตร 2) ภาคการผลิต และ 3) ภาคการค้าและบริการ จะพิจารณาให้อุตสาหกรรมตามนิยามดังต่อไปนี้เป็นตัวแทนของแต่ละภาคอุตสาหกรรม

1. ภาคการเกษตร คือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับเกษตรกรรม การป่าไม้ และการประมง
2. ภาคการผลิต คือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป รวมไปถึงอุตสาหกรรมเหมืองแร่
3. ภาคการค้าและบริการ คือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการจำหน่ายสินค้าทั้งการค้าส่งและการค้าปลีก รวมไปถึงการจำหน่ายสินค้าในรูปแบบบริการ

4. วรรณกรรมปริทัศน์

สำหรับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในส่วนนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวและการจ้างงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจทางภาษีและอุปสงค์

ในด้านการศึกษาเกี่ยวกับการท่องเที่ยวและการจ้างงาน มีงานวิจัยหลายชิ้นได้ทำการศึกษาผลกระทบของการท่องเที่ยวต่อการจ้างงาน โดยงานวิจัยของ Eraqi [14] และ Seetanah [15] ให้ผลการวิจัยไปในแนวทางเดียวกันว่าการท่องเที่ยวส่งผลกระทบในเชิงบวกต่อการจ้างงาน ผ่านการลงทุนของทั้งภาครัฐและภาคเอกชน การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ การสะสมทุนมนุษย์ และยังมีงานวิจัยของ Kadiyali and Kosová [16] ที่ชี้ให้เห็นว่าอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวสามารถส่งผลทำให้เกิด Spillover Effect ต่อการจ้างงานในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ตามมาได้อีกด้วย นอกจากนั้นมีงานวิจัยของ Castillo et al. [17] ที่บ่งชี้เพิ่มเติมว่า เมื่อมีการนำนโยบายที่ส่งเสริมอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมาใช้ จะสามารถช่วยเพิ่มการจ้างงานได้ทั้งตอนขณะดำเนินนโยบายอยู่และหลังจากยุติการดำเนินนโยบายไปแล้ว 2 - 7 ปี

ส่วนด้านการศึกษาเกี่ยวกับแรงจูงใจทางภาษีและอุปสงค์ก็มีหลายงานวิจัยที่ให้ความสนใจที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบการใช้แรงจูงใจทางภาษีในรูปแบบต่าง ๆ ของภาครัฐต่ออุปสงค์ของสินค้าและบริการ โดยจากงานวิจัยของ Marwell and McGranahan [18] และ Agarwal et al. [19] ยืนยันว่า แรงจูงใจทางภาษีในรูปแบบ Sales tax holidays สามารถเพิ่มอุปสงค์ในสินค้าและบริการได้ แต่ถ้าเป็นแรงจูงใจทางภาษีในรูปแบบการคืนภาษีเงินได้ จากงานวิจัยของ Shapiro and Slemrod [20] ระบุว่าในการกระตุ้นเศรษฐกิจระยะสั้นให้ประสิทธิผลค่อนข้างน้อยในการเพิ่มอุปสงค์ และงานวิจัยของ ธนิสา ทวิชศรี [21] ยังบ่งชี้เพิ่มเติมว่า ถ้าเป็นการคืนภาษีการบริโภคมีประสิทธิภาพมากกว่าภาษีเงินได้ เพราะสามารถดึงอุปสงค์จากอนาคตมาได้มาก จากราคาที่ลดลงชั่วคราวผ่าน Substitution effect และ Income effect ในขณะที่การลดหย่อนภาษีเงินได้จะมีแค่ Income effect เท่านั้น นอกจากนั้นสำหรับภาคการท่องเที่ยว แรงจูงใจทางภาษีที่ถูกนำมาใช้ในการกระตุ้นเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว อย่างการลดภาษีท่องเที่ยวและการลดอัตราภาษีมูลค่าเพิ่มสำหรับสินค้าและบริการการท่องเที่ยว จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ในสินค้าและบริการทางการท่องเที่ยว ซึ่งเห็นผลเชิงประจักษ์จากงานวิจัยของ Manente and Zanette [22] และ Callaghan and Tol [23]

จากงานวิจัยที่ผ่านมาข้างต้นจะเห็นว่าอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวส่งผลกระทบต่อการจ้างงานไปในแนวโน้มทางบวก และแรงจูงใจทางภาษีสามารถเป็นตัวกระตุ้นอุปสงค์ของนักท่องเที่ยวให้เกิดความต้องการในสินค้าและบริการการท่องเที่ยวมากขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมายังมองข้ามความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันระหว่างแรงจูงใจทางภาษีที่กระตุ้นการท่องเที่ยวกับการจ้างงาน ซึ่งเป็นประเด็นที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยว เนื่องจากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเป็นตลาดแรงงานที่สำคัญแห่งหนึ่ง ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงอยากมุ่งศึกษาถึงผลกระทบจากมาตรการสิทธิประโยชน์ทางภาษีที่อาจมีต่อตลาดแรงงาน

5. วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยศึกษาผลกระทบของมาตรการลดหย่อนภาษีเพื่อการท่องเที่ยวต่อการจ้างงานประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา และส่วนของข้อมูล

5.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาผลกระทบของมาตรการทางภาษีที่ลดหย่อนภาษีเงินได้ที่ให้กับนักท่องเที่ยวไทยในนโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวภายในประเทศต่อการจ้างงาน จะพิจารณาประเมินผลกระทบของมาตรการทางภาษีที่ดุลยภาพ (General equilibrium impact) ต่อการจ้างงานโดยรวมในระดับมหภาค (Aggregate outcome) ที่ระดับจังหวัดในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ Spillover Effect ของมาตรการทางภาษีต่อการจ้างงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี difference-in-differences ในการประเมินผลกระทบที่ดุลยภาพของมาตรการทางภาษีต่อการจ้างงาน โดยสร้าง Exposure variable ที่วัดระดับผลกระทบของมาตรการภาษีต่อภาคการท่องเที่ยวในแต่ละจังหวัด จากอัตราส่วนการจ้างงาน ซึ่งคือ อัตราส่วนของการจ้างงานของอุตสาหกรรมในภาคการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐต่อการจ้างงานทั้งหมด ส่วน Outcome variable ที่สนใจนั่นคือ การจ้างงาน โดยพิจารณาเป็น การจ้างงานของภาคการท่องเที่ยวในส่วนของอุตสาหกรรมที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ และการจ้างงานของนอกภาคการท่องเที่ยวซึ่งแบ่งแยกย่อยเป็น ภาคการเกษตร ภาคการผลิต และภาคการค้าและบริการ แล้ววิเคราะห์ผ่านสมการที่ 1

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{exposure}_i + \beta_2 \text{post}_t + \beta_3 \text{exposure}_i \cdot \text{post}_t + \text{timeFE} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

โดยที่ y_{it} เป็น Outcome variable ซึ่งเป็นค่าลอการิทึมของการจ้างงานของจังหวัด i และไตรมาส t มีหน่วยเป็น คน ส่วน exposure_i เป็น Exposure variable เป็น อัตราส่วนการจ้างงาน ซึ่งคือ อัตราส่วนของการจ้างงานของอุตสาหกรรมในภาคการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐต่อการจ้างงานทั้งหมด ในจังหวัด i มีค่าในช่วง 0 - 1 สำหรับ ตัวแปร post_t จะแสดง ช่วงเวลาที่มีการใช้มาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ให้กับนักท่องเที่ยวไทย โดยจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเป็นเวลาที่มีการใช้มาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ให้กับนักท่องเที่ยวไทย และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นเวลาอื่น ๆ และ $\text{exposure}_i \cdot \text{post}_t$ เป็น Interaction term ระหว่าง Exposure variable กับช่วงเวลา ที่แสดงถึงผลกระทบของมาตรการทางภาษีต่อการจ้างงาน ผ่านสัมประสิทธิ์ β_3 นอกจากนั้นในสมการจะกำหนดให้มี timeFE ซึ่งเป็น Time fixed effects เพื่อกำจัดอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่แฝงอยู่ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์การจ้างงานออกไปจากสมการ ไม่ให้มารบกวนการวิเคราะห์

5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาผลกระทบของมาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ที่ให้กับนักท่องเที่ยวไทยในนโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวภายในประเทศต่อการจ้างงาน จะใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากชุดโครงการสำรวจภาวะการทำงานของประชากร (Labor Force Survey) ในการคำนวณการจ้างงานของทั้งภาคการท่องเที่ยวและนอกภาคการท่องเที่ยว ในรายจังหวัด แต่ละไตรมาส นอกจากนั้นยังคำนวณอัตราส่วนการจ้างงาน ณ ไตรมาสก่อนที่จะเริ่มดำเนินการมาตรการทางภาษีซึ่งคือไตรมาสที่ 3 ของปี พ.ศ. 2557 โดยที่ใช้จำนวนแรงงานเป็นค่าตัวแทนของการจ้างงาน

ในการคำนวณจะใช้อุตสาหกรรมที่พักแรมและอุตสาหกรรมธุรกิจนำเที่ยว เป็นตัวแทนของภาคการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ (ภาคการท่องเที่ยว 1) ส่วนภาคการท่องเที่ยวที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ (ภาคการท่องเที่ยว 2) จะเป็นอุตสาหกรรมการบริการอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมการขนส่ง (เฉพาะผู้โดยสาร) และอุตสาหกรรมศิลปะ ความบันเทิง และการนันทนาการ สำหรับการคำนวณของนอกภาคการท่องเที่ยวจะใช้ 18 อุตสาหกรรม เป็นตัวแทนของนอกภาคการท่องเที่ยวซึ่งแบ่งเป็น 3 ภาคอุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ 1) ภาคการเกษตร 2) ภาคการผลิต และ 3) ภาค

การค้าและบริการ โดยประกอบด้วยอุตสาหกรรมดังต่อไปนี้

1. ภาคการเกษตร
    - เกษตรกรรม การป่าไม้ และการประมง
2. ภาคการผลิต
    - การทำเหมืองแร่และเหมืองหิน
    - การผลิต
    - ไฟฟ้า ก๊าซ ไอน้ำ และระบบปรับอากาศ
    - การจัดหาน้ำ การจัดการและการบำบัดน้ำเสีย ของเสีย และสิ่งปฏิกูล
    - การก่อสร้าง
3. ภาคการค้าและบริการ
    - การขายส่งและการขายปลีก การซ่อมแซมยานยนต์และรถจักรยานยนต์
    - การขนส่ง (เฉพาะสิ่งของ) และสถานที่เก็บสินค้า
    - ข้อมูลข่าวสารและการสื่อสาร
    - กิจการทางการเงินและการประกันภัย
    - กิจกรรมอสังหาริมทรัพย์
    - กิจกรรมทางวิชาชีพ วิทยาศาสตร์ และเทคนิค
    - กิจกรรมการบริหารและการบริการสนับสนุน
    - การบริหารราชการ การป้องกันประเทศ และการประกันสังคมภาคบังคับ
    - การศึกษา
    - กิจกรรมด้านสุขภาพและงานสังคมสงเคราะห์
    - กิจกรรมบริการด้านอื่น ๆ
    - กิจกรรมการจ้างงานในครัวเรือนส่วนบุคคล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์แบบรายไตรมาส โดยจะพิจารณาผลกระทบของการประกาศใช้มาตรการทางภาษีในช่วงปลายปี พ.ศ. 2557 จนถึงปลายปี พ.ศ. 2559 ซึ่งจะแบ่งช่วงเวลาการศึกษาเป็นช่วงก่อนกับช่วงที่มีการดำเนินการมาตรการทางภาษี ดังนี้ ช่วงก่อนดำเนินการ ตั้งแต่ ไตรมาสที่ 1 ของปี พ.ศ. 2555 ถึง ไตรมาสที่ 3 ของปี พ.ศ. 2557 และช่วงดำเนินการ ตั้งแต่ ไตรมาสที่ 4 ของปี พ.ศ. 2557 ถึง ไตรมาสที่ 4 ของปี พ.ศ. 2559

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะมีจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ 1,540 observations สำหรับแต่ละภาคอุตสาหกรรม

6. ผลการศึกษา

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงผลกระทบของมาตรการลดหย่อนภาษีเพื่อการท่องเที่ยวที่ดุลยภาพต่อการจ้างงาน โดยรวมในระดับมหภาคที่ระดับจังหวัดในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ หรือ Spillover Effect ของมาตรการทางภาษีต่อการจ้างงาน

ส่วนแรกของตารางที่ 1 เป็นการแสดง Spillover Effect ของมาตรการทางภาษีไปยังการจ้างงานของอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ ที่ระดับจังหวัดในภาพรวมทั้งประเทศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจังหวัดที่มีระดับรับผลกระทบของมาตรการภาษีได้สูงกว่า (ค่า Exposure variable สูงกว่า) จะได้รับผลกระทบทำให้เกิดการจ้างงานในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากสิทธิประโยชน์ทางภาษีที่ภาครัฐกำหนดให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยสำหรับภาคการท่องเที่ยว 2 ที่จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเช่นกัน นั่นคือ อุตสาหกรรมการบริการอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมการขนส่ง และอุตสาหกรรมศิลปะ ความบันเทิง และการนันทนาการ แต่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี เกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้น 106.2% ส่วนนอกภาคการท่องเที่ยวเกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้น 127.4% และเมื่อพิจารณาแบ่งแยกเป็นแต่ละภาคอุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ ภาคการเกษตร ภาคการผลิต และภาคการค้าและบริการ เกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้น 66% 114.6% และ 113.5% ตามลำดับ

ในส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ของตารางที่ 1 เป็นการแสดง Spillover Effect ของมาตรการทางภาษีไปยังการจ้างงานของอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐ ที่ระดับจังหวัด แบบพิจารณาแยกกันระหว่างจังหวัดเมืองหลักของการท่องเที่ยวกับจังหวัดเมืองรองของการท่องเที่ยว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลกระทบของมาตรการทางภาษีต่อการจ้างงานในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษีจากภาครัฐมีความแตกต่างกันระหว่างจังหวัดเมืองหลักของการท่องเที่ยวกับจังหวัดเมืองรองของการท่องเที่ยว โดยสำหรับ

จังหวัดเมืองหลัก มาตรการทางภาษีจะส่งผลกระทบต่อการจ้างงานในภาคการท่องเที่ยว 2 ให้เพิ่มสูงขึ้น 34.6% อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นมาตรการทางภาษียังส่งผลกระทบต่อการจ้างงานนอกภาคการท่องเที่ยวด้วย โดยเฉพาะที่เป็นภาคการผลิต และภาคการค้าและบริการ ให้เกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้น 51.3% 31.9% และ 60.9% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับจังหวัดเมืองรอง มาตรการทางภาษีจะส่งผลกระทบต่อการจ้างงานนอกภาคการท่องเที่ยว ซึ่งทำให้เกิดการจ้างงานเพิ่มสูงขึ้นถึง 380.8% อย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลกระทบต่อการจ้างงานเฉพาะภาคการเกษตรและภาคการค้าและบริการเพิ่มขึ้น 512.8% และ 417% ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 ผลกระทบของมาตรการลดหย่อนภาษีเพื่อการท่องเที่ยวต่อการจ้างงาน

	(1) ภาคการท่องเที่ยว 2	(2) นอกภาคการท่องเที่ยว	(3) ภาคการเกษตร	(4) ภาคการผลิต	(5) ภาคการค้าและบริการ
การจ้างงาน					
Exposure*post	1.062***	1.274***	0.660**	1.146***	1.135***
	(0.220)	(0.222)	(0.265)	(0.259)	(0.220)
Observations	1,540	1,540	1,540	1,540	1,540
Number of provinces	77	77	77	77	77
Time FE	YES	YES	YES	YES	YES
การจ้างงาน (เมืองหลัก)					
Exposure*post	0.346***	0.513***	0.0210	0.319**	0.609***
	(0.119)	(0.0979)	(0.219)	(0.147)	(0.106)
Observations	440	440	440	440	440
Number of provinces	22	22	22	22	22
Time FE	YES	YES	YES	YES	YES
การจ้างงาน (เมืองรอง)					
Exposure*post	0.576	3.808***	5.128***	2.551	4.170***
	(2.233)	(0.605)	(1.186)	(1.752)	(0.748)
Observations	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100
Number of provinces	55	55	55	55	55
Time FE	YES	YES	YES	YES	YES

หมายเหตุ: Robust Standard errors ในวงเล็บ *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การประกาศใช้นโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวไทย โดยใช้มาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ให้กับนักท่องเที่ยวไทยจะสามารถมีอิทธิผลส่งผลกระทบต่อไปยังการจ้างงานในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากสิทธิประโยชน์ทางภาษีที่ภาครัฐกำหนดให้เพิ่มสูงขึ้นได้ด้วย ทั้งในภาคการท่องเที่ยวที่เป็นอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวที่ไม่ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี

อย่างอุตสาหกรรมการบริการอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมการขนส่ง และอุตสาหกรรมศิลปะ ความบันเทิง และการนันทนาการ รวมไปถึงสามารถส่งผลกระทบไปยังนอกภาคอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ทั้งภาคการเกษตร ภาคการผลิต และภาคการค้าและบริการ

ดังนั้นภาครัฐควรที่จะสนับสนุนและส่งเสริมการกำหนดนโยบายที่จะกระตุ้นให้นักท่องเที่ยวเกิดอุปสงค์ในการท่องเที่ยวให้เพิ่มขึ้น ดังเช่น การใช้มาตรการลดหย่อนภาษีเงินได้ให้กับนักท่องเที่ยวไทย เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวและพัฒนาเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวให้เจริญเติบโต และนำพาให้อุตสาหกรรมอื่นเติบโตตามไปด้วย เกิดการขยายธุรกิจและการลงทุนเพิ่ม เกิดการจ้างงานที่เพิ่มขึ้นตามมา พร้อมกันนั้นควรมีการวางแผนและพัฒนาเพิ่มศักยภาพของแรงงานให้มีศักยภาพสูงยิ่งขึ้นควบคู่ไปด้วย

อย่างไรก็ตามมีสิ่งหนึ่งที่ภาครัฐควรคำนึงถึงด้วยว่ารายได้จากการจัดเก็บภาษีที่ภาครัฐสูญเสียไปกับมาตรการนี้คุ้มค่ากับการสิ่งที่ได้กลับมาหรือไม่ หรือควรไปใช้มาตรการของนโยบายพัฒนาอื่นที่มีจุดประสงค์เพิ่มการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานหรือสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ซึ่งสุดท้ายแล้วก็สามารถเป็นแรงจูงใจให้นักท่องเที่ยวเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวได้ง่ายขึ้น แล้วนำไปสู่การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และเกิดการจ้างงานเพิ่มขึ้นได้เช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานสถิติแห่งชาติที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการจัดทำงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณ ผศ.ดร.อธิภัทร มุทิตาเจริญ ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, สถิตินักท่องเที่ยว, ข้อมูลจาก https://www.mots.go.th /more_news.php?cid=411 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[2] World Tourism Organization, Tourism highlights (2014 Edition), ข้อมูลจาก https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284416226 (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[3] กรมสรรพากร, พระราชกฤษฎีกาฉบับที่ 482, ข้อมูลจาก https://www.rd.go.th/publish/40925.0.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[4] กรมสรรพากร, พระราชกฤษฎีกาฉบับที่ 506, ข้อมูลจาก https://www.rd.go.th/publish/43500.0.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[5] กรมสรรพากร, พระราชกฤษฎีกาฉบับที่ 580, ข้อมูลจาก https://www.rd.go.th/publish/54449.0.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[6] กรมสรรพากร, พระราชกฤษฎีกาฉบับที่ 611, ข้อมูลจาก https://www.rd.go.th/publish/fileadmin/user_upload/kormor/newlaw/dc611.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[7] กรมสรรพากร, กฎกระทรวงฉบับที่ 278, ข้อมูลจาก https://www.rd.go.th/publish/ 43503.0.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[8] กรมสรรพากร, กฎกระทรวงฉบับที่ 305, ข้อมูลจาก http://www.rd.go.th/publish/ 49940.0.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[9] กรมสรรพากร, กฎกระทรวงฉบับที่ 316, ข้อมูลจาก http://www.rd.go.th/publish/fileadmin/user_upload/kormor/newlaw/mr316.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[10] กรมสรรพากร, กฎกระทรวงฉบับที่ 315, ข้อมูลจาก https://www.rd.go.th/publish/fileadmin/user_upload/kormor/newlaw/mr315.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[11] กรมสรรพากร, กฎกระทรวงฉบับที่ 322, ข้อมูลจาก http://www.rd.go.th/publish/fileadmin/user_upload/kormor/newlaw/mr322.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[12] กรมสรรพากร, กฎกระทรวงฉบับที่ 335, ข้อมูลจาก http://www.rd.go.th/publish/fileadmin/user_up

load/kormor/newlaw/mr335.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[13] กรมสรรพากร, กฎกระทรวงฉบับที่ 344, ข้อมูลจาก https://www.rd.go.th/publish/fileadmin/user_upload/kormor/newlaw/mr344.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มีนาคม 2562).

[14] Eraqi, M. I. 2007. Local Communities' Attitudes toward Impacts of Tourism Development in Egypt. Tourism Analysis, 12(3), 191–200.

[15] Seetanah, B. 2011. Assessing the Dynamic Economic Impact of Tourism for Island Economies. Annals of Tourism Research, 38(1), 291-308.

[16] Kadiyali, V., & Kosová, R. 2013. Inter-Industry Employment Spillovers from Tourism Inflows. Regional Science and Urban Economics, 43, 272–281.

[17] Castillo, V., Garone, L. F., Maffioli, A., & Salazar, L. 2015. Tourism Policy, a Big Push to Employment? Evidence from a Multiple Synthetic Control Approach. IDB Working Paper, 572.

[18] Marwell, N. & McGranahan, L. 2010. The Effect of Sales Tax Holidays on Household Consumption Patterns. FRB of Chicago Working Paper, 2010-06.

[19] Agarwal, S., Marwell, N., & McGranahan, L. 2013. Consumption Responses to Temporary Tax Incentives: Evidence from State Sales Holidays. American Economic Journal: Economic Policy, 9(4), 1-27.

[20] Shapiro, M. D., Slemrod, J., Matthew, B., & Slemrod, J. 2015. Did the 2008 Tax Rebates Stimulate Spending ?. American Economic Association, 99(2), 374–379.

[21] ธนิสา ทวิชศรี, มาตรการกระตุ้นการคลัง ใครได้ ใครเสีย มุมมองจากแบบจำลองตามช่วงอายุของครัวเรือน, ข้อมูลจาก https://www.pier.or.th/?abridged=มาตรการกระตุ้นการคลัง (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2562).

[22] Manente, M., & Zanette, M. 2010. Macroeconomic Effects of Vat Reduction in the Italian Hotels and Restaurants Industry. Economic Systems Research, 22(4), 407–425.

[23] Callaghan, N., & Tol, R. S. J. 2013. UK Tourists, the Great Recession and Irish Tourism Policy. Economic and Social Review, 44(1), 103-116.

ID040

SOME FINDINGS FROM OPEN BUDGET SURVEY: PROMOTING TRANSPARENCY FOR SUPREME AUDIT INSTITUTION

Dr. Sutthi Suntharanurak, Pitikhun Nilthanom, Pattarawarin Boonchoo, Sutthida Paiboon, Pimlapas Somla, and Phongsawat Maneewong*

State Audit Office of the Kingdom of Thailand

*E-mail: phongsawat.ma@gmail.com

บทความหมายเลข ID040

เรื่อง SOME FINDINGS FROM OPEN BUDGET SURVEY: PROMOTING TRANSPARENCY FOR SUPREME AUDIT INSTITUTION

ได้รับคัดเลือกให้ตีพิมพ์เผยแพร่ใน

“วารสารวิชาการศิลปศาสตร์ประยุกต์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ”

วารสารที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 2 สาขา Social Sciences

ID043

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

Factors Affecting the Purchasing Decision on the Plant Chaengwattana Ratchapruek Single Housing Project by Pruksa Real Estate Public Company Limited

อารยา ทองแท้ 1* และเสาวลักษณ์ กู้เจริญประสิทธิ์2
[1]บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ 10400
[2]ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
*E-mail: araya.t@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนบุคคลและส่วนประสมทางการตลาด และวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายใน ภายนอก (SWOT Analysis) ในมุมมองผู้ขายบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) โดยใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล กลุ่มตัวอย่างคือลูกค้าที่ตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) จำนวน 111 คน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบสมมติฐานด้วยค่าสถิติ t-Test และ F-Test ผลการศึกษา พบว่า เพศ สถานภาพ อาชีพ รายได้ ของลูกค้าที่แตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ไม่ต่างกัน และพบว่า อายุ ระดับการศึกษา จำนวนสมาชิกในครอบครัว ของลูกค้าที่แตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ต่างกัน โดยพิจารณา ด้านกระบวนการ เป็นอันดับแรก คือมีระบบการจองบ้านสะดวก รวดเร็ว ด้านราคา คือคุ้มค่ากับคุณภาพและทำเล ด้านลักษณะทางกายภาพ คือภูมิทัศน์โครงการสวยงาม ด้านบุคลากร คือพนักงานเอาใจใส่ ดูแลลูกค้าเป็นอย่างดี ด้านการส่งเสริมการตลาด คือมีการโฆษณาสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณาผ่านช่องทางออนไลน์ ด้านผลิตภัณฑ์ คือมีความหลากหลายของรูปแบบบ้าน และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย คือมีสำนักงานขายตั้งอยู่ประจำที่โครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ตามลำดับ

คำหลัก การตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยว โครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

Abstract

The purposes of this study were to the importance of personal factors and marketing mix. And SWOT Analysis in the view of single housing sellers on the Plant Chaengwattana-Ratchapruek project by Pruksa Real Estate Public Company Limited. The questionnaire was used to collect data from 111 customers who purchasing decision single housing on the Plant Chaengwattana-Ratchapruek project. by Pruksa Real Estate Public Company Limited. The statistics used for data analysis were frequency, percentage, mean, and standard deviation. Hypothesis testing using t-Test and F-Test statistics. The results show that gender, status, occupation, income of customers are different. Affecting the purchasing decision single housing on the Plant Chaengwattana-Ratchapruek by Pruksa Real Estate Public Company Limited is no different. And found that age, education level Number of family members different customers have different purchasing decision single housing on the Plant Chaengwattana-Ratchapruek project by Pruksa Real Estate Public Company Limited. Consider the process first. There is a fast and convenient house reservation system. The price is worth the quality and location. The physical aspect is the beautiful project landscape.

Personnel are employees, taking good care of customers. In terms of marketing promotion, there are advertisements for print media and online advertisements. The product side is that there are a variety of house styles. And the distribution channel is that there are sales offices located at the Plant Chaengwattana-Ratchapruek respectively.

Keywords: The purchasing decision single housing The Plant Chaengwattana-Ratchapruek Project Pruksa Real Estate Public Company Limited.

ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

นอกจากบ้านจะเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์แล้ว บ้านยังเป็นเครื่องชี้วัดคุณภาพของชีวิตและฐานะทางสังคมอีกด้วย จากเหตุผลเหล่านี้จึงมีธุรกิจอสังหาริมทรัพย์เกิดขึ้นมากมาย เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งพฤติกรรมในการเลือกซื้อบ้านของผู้บริโภคต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้าน ผู้บริโภคจึงมีทางเลือกในการซื้อที่อยู่อาศัยมากขึ้น ดังนั้นบริษัทอสังหาริมทรัพย์หลายๆแบรนด์ จึงทำการตลาด เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในแบรนด์ของตน ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ซึ่งหนึ่งในบริษัทอสังหาริมทรัพย์ที่ใหญ่ที่สุดในไทย คือ บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) โดยคุณทองมา วิจิตรพงศ์พันธุ์ ก่อตั้งเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2536 เพื่อประกอบธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ประเภท ทาวน์เฮ้าส์ บ้านเดี่ยว และอาคารชุด มีทุนจดทะเบียนเริ่มแรก 50 ล้านบาท และได้แปรสภาพเป็นบริษัทมหาชนจำกัด เมื่อที่ 27 เมษายน 2548 ปัจจุบัน บริษัทฯ พัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์ทั้งในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในต่างจังหวัดที่มีศักยภาพและการเจริญเติบโตสูง รวมถึงในต่างประเทศ โดยมีการกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ วัฒนธรรมองค์กร และค่านิยมมุ่งมั่นเพื่อลูกค้า โดยมุ่งมั่น ค้นหา และเข้าใจ เพื่อตอบสนองความต้องการของทุกกลุ่มลูกค้าด้วยบ้านที่มีคุณค่าและบริการที่ประทับใจ บริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) มีความได้เปรียบด้านการก่อสร้างด้วยเทคโนโลยีพรีคาสท์ที่ล้ำหน้า เป็นจุดแข็งของพฤกษา ทำให้สามารถบริหารต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เรียกว่าก่อสร้างได้เร็วขึ้น ประหยัดต้นทุนได้มากขึ้น และสามารถตั้งราคาขายได้ต่ำกว่าผู้ประกอบการทั่วไปเฉลี่ยร้อยละ 10-15 บริษัทมีแบรนด์สินค้าประเภทบ้านเดี่ยวได้แก่ 1.Passorn 2.The Palm 3.The Plant ซึ่งหนึ่งในนั้นคือโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ เป็นโครงการบ้านเดี่ยว ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) มีบ้านทั้งหมดในโครงการ 205 ยูนิต ตั้งอยู่ในตำบลบางคูวัต อำเภอเมืองปทุมธานี เข้าและออกได้ 2 เส้นทาง ทั้งถนนแจ้งวัฒนะและถนนราชพฤกษ์ ขนาดที่ดินเริ่มต้น 37 ตารางวา – 111 ตารางวา ราคาเริ่มต้น 3,720,000 บาท – 8,866,000 บาท ซึ่งมีโครงการบ้านเดี่ยวของบริษัทรายอื่นในราคาและทำเลใกล้เคียงกัน 3 โครงการหลัก ดังนี้ (1)โครงการบ้านเดี่ยวเพอร์เฟคพาร์ค แจ้งวัฒนะ ของบริษัทพร็อพเพอร์ตี้ เพอร์เฟค จำกัด (มหาชน) ราคาเริ่มต้น 3,990,000 บาท (2)โครงการเซนโทร ราชพฤกษ์-แจ้งวัฒนะ ของบริษัทเอพี ไทยแลนด์ จำกัด (มหาชน) ราคาเริ่มต้น 4,990,000 บาท (3)โครงการสัมมากร ชัยพฤกษ์-วงแหวน 2 ของบริษัทสัมมากร จำกัด (มหาชน) ราคาเริ่มต้น 4,500,000 บาท ซึ่งทั้ง 3 โครงการนี้เป็นโครงการบ้านเดี่ยวคู่แข่งกับโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนบุคคลและส่วนประสมทางการตลาด ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อบ้านเดี่ยว กรณีศึกษาโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

2. เพื่อวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายใน และภายนอก (SWOT Analysis) ในมุมมองผู้ขาย

แนวคิดทฤษฎี บทความที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

พฤติกรรมผู้บริโภค หมายถึง การกระทำของบุคคล บุคคลหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดหาให้ได้มาและการใช้ซึ่งสินค้าและบริการ ทั้งนี้หมายรวมถึง กระบวนการตัดสินใจซึ่งมีมาอยู่ก่อนแล้ว และซึ่งมีส่วนในการกำหนดให้มีการกระทำดังกล่าว (Holt, Rinehart and Winston, 1968, p.5 อ้างถึงใน ธงชัย สันติวงษ์ 2546, หน้า 278)

ประเภทของการบริโภค สามารถแบ่งได้ตามลักษณะของสินค้าเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 การบริโภคสินค้าไม่คงทน (nondurable

goods consumption) คือการบริโภคสิ่งของชนิดที่สิ้นเปลืองหรือใช้หมดไป เรียกว่า destruction

1.2 การบริโภคสินค้าคงทน (durable goods consumption) คือการบริโภคสิ่งของที่ยังคงใช้ได้อีก ลักษณะนี้เรียกว่า diminution อย่างไรก็ตาม สินค้าประเภทนี้ก็จะค่อยๆสึกหรอไป จนในที่สุดจะไม่สามารถนำมาใช้ได้อีก

2. แนวคิดส่วนประสมการตลาดบริการ

ธุรกิจในอุตสาหกรรมบริการ (Service Industry) มีความแตกต่างจากธุรกิจอุตสาหกรรรมสินค้าอุปโภคและบริโภคทั่วไปเพราะมีทั้งผลิตภัณฑ์ที่จับต้องได้ (Tangible Product) และผลิตภัณฑ์ที่จับต้องไม่ได้ (Intangible Product) เป็นสินค้าและบริการที่นำเสนอต่อลูกค้าหรือตลาดกลยุทธ์การตลาดที่นำมาใช้กับธุรกิจการบริการจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีส่วนประสมทางการตลาดที่แตกต่างจากการตลาดโดยทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งธุรกิจที่มีการต้อนรับเป็นหัวใจหลักในการทำธุรกิจ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจที่ให้บริการซึ่งเป็นธุรกิจที่แตกต่างสินค้าอุปโภคและบริโภคทั่วไปจำเป็นจะต้องใช้ส่วนประสมการตลาด (Marketing Mix) 7 อย่าง หรือ 7P's ในการกำหนดกลยุทธ์การตลาดซึ่งประกอบด้วย 1.ด้านผลิตภัณฑ์ (Product) 2.ด้านราคา (Price) 3.ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place) 4.ด้านการส่งเสริม (Promotions) 5.ด้านบุคคล (People) 6.ด้านกายภาพและการนำเสนอ (Physical Evidence/Environment and Presentation) 7.ด้านกระบวนการ (Process)

2. แนวคิดวิเคราะห์สภาพขององค์กร SWOT Analysis SWOT

เป็นคำย่อมาจากคำว่า Strengths Weaknesses Opportunities and Threats โดย Strengths คือ จุดแข็ง หมายถึง ความสามารถและสถานการณ์ภายในองค์กรที่เป็นบวก ซึ่งองค์กรนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการทำงานเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์หรือหมายถึง การดำเนินงานภายในที่องค์กรทำได้ดี Weaknesses คือ จุดอ่อน หมายถึง สถานการณ์ภายในองค์กรที่เป็นลบและด้อยความสามารถ ซึ่งองค์กรไม่สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการทำงานเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์หรือหมายถึง การดำเนินงานภายในที่องค์กรทำได้ไม่ดี Opportunities คือ โอกาส หมายถึง ปัจจัยและสถานการณ์ภายนอกที่เอื้ออำนวยให้การทำงานขององค์กร บรรลุวัตถุประสงค์หรือหมายถึง สภาพแวดล้อมภายนอกที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการขององค์กร Threats คือ อุปสรรค หมายถึง ปัจจัยและสถานการณ์ภายนอกที่ขัดขวางการทำงานขององค์กรไม่ให้บรรลุวัตถุประสงค์ หรือหมายถึง สภาพแวดล้อมภายนอกที่เป็นปัญหาต่อองค์กร บางครั้งการจำแนกโอกาสและอุปสรรคเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เพราะทั้งสองสิ่งนี้สามารถเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้สถานการณ์ที่เคยเป็นโอกาสกลับกลายเป็นอุปสรรคได้ และในทางกลับกัน อุปสรรคอาจกลับกลายเป็นโอกาสได้เช่นกัน ด้วยเหตุนี้องค์กรมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ของตนให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์แวดล้อม

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัย ในเชิงพรรณนาและใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง มีขั้นตอนและระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง คือลูกค้าที่จดจำนองเรียบร้อยแล้วซึ่งมีชื่ออยู่หลังโฉนด ในโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ที่จดจำนองแล้ว จำนวน 111 ยูนิต

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบถามปลายปิดที่กำหนดไว้เป็นโครงสร้าง ให้ครอบคลุมหัวข้อที่ต้องการศึกษา ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของลูกค้าโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) มีจำนวน 7 ข้อ ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครอบครัว เป็นคำถามปลายปิด (Close Ended) แบบให้เลือกตอบเพียงข้อเดียว ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อที่อยู่อาศัยโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการประกอบด้วย ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ และ ด้านลักษณะทางกายภาพ เป็นคำถามปลายปิด (Close Ended) แบบให้ผู้ตอบเลือกตอบเพียงข้อเดียว โดยใช้มาตรวัดแบบ Likert Scale ให้ผู้ตอบเลือกตอบเพียงข้อเดียว โดยใช้มาตรวัดแบบ Rating Scale ที่มีคำตอบให้เลือก 5 ระดับคะแนนจากพฤติกรรมของผู้บริโภคและการตัดสินใจซื้อที่อยู่อาศัย กรณีศึกษาโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท

จำกัด (มหาชน) และอ่านเรียงคะแนนจากน้อยไปมาก

3. การทดสอบเครื่องมือในงานวิจัย การทดสอบเครื่องมือผู้ศึกษาได้สร้างแบบสอบถามตามกรอบแนวคิดในการศึกษาแล้ว จึงทำการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของแบบสอบถามโดยตรวจสอบถึงความถูกต้องของเนื้อหา และทำการทดสอบแบบสอบถาม Try Out กับกลุ่มที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มพนักงานบริษัท ตัวอย่างใช้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยผลทดสอบความเชื่อถือและความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (Test of Reliability) โดยวิธีการวัดน่าเชื่อถือของแบบสอบตามแนวคิดครอนบัค (Cronbach Alpha) ซึ่งเรียกว่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) โดยถ้าแบบสอบถามมีค่าระหว่าง $0 \leq \alpha \leq 1$ ค่าใกล้เคียงกับ 1 มาก แสดงว่ามีความเชื่อถือระดับสูงและจะต้องมีค่าระดับความเชื่อมั่นของแบบสอบถามให้มากกว่า 0.7 (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2550) จึงถือได้ว่าแบบสอบถาม มีความเชื่อถือได้ และสามารถนำไปที่การศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจริงได้ โดยผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา 0.99 ดังนั้นแสดงว่า มีค่าความน่าเชื่อถือสามารถนำไปที่การศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจริงได้

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้ (1) แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการศึกษาค้นคว้าจากข้อมูลที่มีผู้รวบรวม ดังนี้ เอกสาร ตำรา บทความ สารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ และรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (2) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยใช้แบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 111 คน

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้ (1) การศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลของลูกค้าโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) เป็นการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ (2) การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) เป็นการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (3) การศึกษาการเปรียบเทียบการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของลูกค้า โครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)ได้แก่ สถิติวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (One way analysis of variance : One Way ANOVA) การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ประชากร (Independent Sample t-Test) ได้แก่ เพศ สถานภาพสมรส จากค่าสถิติแบบ t – test การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป จากสถิติแบบ F – Test สมมติฐานที่ 2 ในด้าน อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน เมื่อพบความแตกต่างจึงดำเนินการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยค่าสถิติ เพื่อหาความแตกต่าง (Scheffe Test)

สรุปผลการวิจัย

1. ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และจำนวนสมาชิกในครอบครัว จากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่าง คือ ลูกค้า The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) จำนวน 111 คน ส่วนใหญ่เป็น เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 58.6 อายุ 31-40 ปี จำนวน 61 คน คิดเป็นร้อยละ 55.0 สถานภาพสมรส จำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 83.8 ระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 90.1 ส่วนใหญ่มีอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 70 คนคิดเป็นร้อยละ 63.1 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ระหว่าง 20,001- 50,000 บาท จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 91.9 จำนวนสมาชิกในครอบครัว 2 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 52.3

2. ข้อมูลระดับการตัดสินใจซื้อที่อยู่อาศัยของลูกค้าโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) จากการศึกษาพบว่า ภาพรวมค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการตัดสินใจซื้อที่อยู่อาศัยของลูกค้าโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ คือ ด้านกระบวนการ ด้านราคา ด้านลักษณะทางกายภาพ ด้านบุคลากร ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านผลิตภัณฑ์ และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ตามลำดับ

ผลการทดสอบสมมติฐาน ลักษณะส่วนบุคคลของลูกค้าแตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 สรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน ลักษณะส่วนบุคคลของลูกค้าแตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)

ปัจจัยส่วนบุคคล	การตัดสินใจซื้อที่อยู่อาศัยโครงการ The Plant			
	ด้านผลิตภัณฑ์	ด้านราคา	ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย	ด้านการส่งเสริมการตลาด
ส่วนที่ 1				
เพศ	×	×	×	×
อายุ	✓	✓	✓	×
สถานภาพ	×	×	×	×
ระดับการศึกษา	✓	×	×	×
อาชีพ	×	×	×	×
รายได้ต่อเดือน	✓	×	×	×
จำนวนสมาชิก	✓	✓	✓	✓

ส่วนที่ 2	ด้านบุคลากร	ด้านกระบวนการ	ด้านลักษณะทางกายภาพ
เพศ	×	×	×
อายุ	×	×	×
สถานภาพ	×	×	×
ระดับการศึกษา	×	×	✓
อาชีพ	×	×	×
รายได้ต่อเดือน	×	×	✓
จำนวนสมาชิก	✓	✓	✓

ยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ = ✓ ปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ = ×

จากตารางที่ 1 พบว่า ลักษณะส่วนบุคคลของลูกค้า ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และจำนวนสมาชิกในครอบครัว แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) แตกต่างกัน

เพศของลูกค้าที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ ด้านลักษณะทางกายภาพ ไม่แตกต่างกัน

อายุของลูกค้าที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย แตกต่างกัน และอายุของลูกค้าที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ และด้านลักษณะทางกายภาพ ไม่แตกต่างกัน

สถานภาพของลูกค้าที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน)ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ ด้านลักษณะทางกายภาพ ไม่แตกต่างกัน

ระดับการศึกษาของลูกค้าที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ด้านผลิตภัณฑ์ และด้านลักษณะทางกายภาพ แตกต่างกัน ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ ไม่แตกต่าง

อาชีพของลูกค้าที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ ด้านลักษณะทางกายภาพ ไม่แตกต่างกัน

รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ของลูกค้าที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ด้านผลิตภัณฑ์ และด้านลักษณะทางกายภาพ แตกต่างกัน สำหรับด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ ไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากข้อมูลบางกลุ่ม มีค่าน้อยกว่า 2

จำนวนสมาชิกในครอบครัว ของลูกค้าที่แตกต่างกัน มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ ด้านลักษณะทางกายภาพ แตกต่างกัน

อภิปรายผล

1. จากผลการศึกษา พบว่า กลุ่มลูกค้าที่ตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) มี

พฤติกรรมการตัดสินใจเลือกซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ โดยวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายใน ภายนอก (SWOT Analysis) ในมุมมองผู้ขาย ด้านผลิตภัณฑ์คือมีความหลากหลายของรูปแบบบ้าน ในรูปแบบของบ้านเดี่ยวและบ้านแฝด ขนาดที่ดินเริ่มต้นที่ 37-120 ตารางวา ด้านราคาคือคุ้มค่ากับคุณภาพและทำเล โดยราคาเริ่มต้นที่ 3,720,000 บาท – 8,866,000 บาท เหตุผลในการซื้อเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยของตนเอง ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายคือมีสำนักงานขายตั้งอยู่ประจำที่โครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ทำเลที่ตั้งของโครงการเดินทางสะดวก ด้านกระบวนการคือมีระบบการจองบ้านสะดวก รวดเร็วในการส่งมอบหรือการตรวจบ้าน และขั้นตอนการประสานงานอย่างมีระบบ ด้านการส่งเสริมการตลาดคือมีการโฆษณาสื่อสิ่งพิมพ์ ได้แก่ ป้ายโฆษณาบิลบอร์ด รวมถึงป้ายบอกทางเข้าโครงการ และโฆษณาผ่านช่องทางออนไลน์ ได้แก่ Facebook และเว็บไซต์ต่างๆ ด้านบุคลากรคือพนักงานเอาใจใส่ ดูแลลูกค้าเป็นอย่างดี ด้านลักษณะทางกายภาพคือภูมิทัศน์โครงการสวยงาม ได้แก่ คลับเฮ้าส์และพื้นที่สวนสาธารณะในโครงการ มีการดูแลให้อยู่ในสภาพที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อทิตา เอกกฤตกัณฑ์ (2548) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการซื้อบ้านจัดสรรกับปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมในจังหวัดนนทบุรี การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ความต้องการบ้านจัดสรรทั้งในด้านลักษณะของผู้ที่มีความต้องการซื้อบ้านจัดสรรและลักษณะของบ้านจัดสรรที่ต้องการในเขตจังหวัดนนทบุรีโดยศึกษาพฤติกรรมการซื้อที่อยู่อาศัยจากกลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่ต้องการซื้อบ้านจัดสรรในเขตจังหวัดนนทบุรีจำนวน 972 ราย ผลการศึกษาพบว่าจากข้อมูลปี พ.ศ.2547 จังหวัดนนทบุรีสามารถรองรับผู้ที่ต้องการอาศัยในบ้านจัดสรรได้ถึง 13,668 ครัวเรือน หรือ 41,004 คน ประเภทของบ้านจัดสรรที่คนมีความต้องการมากที่สุดคือ บ้านเดี่ยว ขนาดพื้นที่ใช้สอยอยู่ในช่วงระหว่าง 40 ถึง 100 ตารางเมตร ขนาด ที่ดิน 50 ถึง 80 ตารางวา โดยมีความต้องการสูงในเขตพื้นที่บริเวณถนนประชาชื่น หรือถนนนครอินทร์ ซึ่งบ้านที่ต้องการซื้อมากที่สุดมีมูลค่าอยู่ในช่วง 1 ถึง 2.9 ล้านบาท และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นนท์ สหายา (2545) ได้ทำการศึกษาปัจจัยการตัดสินใจซื้อบ้านมือสองผ่านบริษัทตัวแทนขาย กรณีศึกษาบริษัทโรยัล แอสเซ็ทส์ คอนเซ้าท์แทนต์ จำกัด จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยการตัดสินใจซื้อบ้านมือสองผ่านบริษัทตัวแทนขายนั้น เป็นเพราะผู้ซื้อให้ความสำคัญในเรื่องการอำนวยความสะดวกด้านการบริการความคุ้มค่าในด้านราคาและเวลา ดังนั้นข้อเสนอแนะสำหรับบริษัทตัวแทนขายจะต้องสร้างความเข้าใจกับผู้ซื้อบ้านมือสอง โดยการแยกระหว่างสินค้าและการบริการ โดยจะต้องเพิ่มการบริการให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวบ้านมากขึ้น เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในสินค้าเพิ่มขึ้น จากการให้บริการ อำนวยความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อให้ผู้ซื้อบ้านมือสองได้รับประโยชน์และรู้สึกคุ้มค่ากับค่าใช้จ่าย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรัณย์พร อินทร์ใจเอื้อ (2559) ได้ทำการศึกษาทัศนคติและพฤติกรรมการเลือกซื้อบ้านเดี่ยวของประชากรในแต่ละช่วงอายุในกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่าทุกช่วงอายุมีความคิดเห็นต่อปัจจัยการตลาดด้านราคาและช่องทางการจัดจำหน่ายคล้ายกัน คือ ราคามีความเหมาะสมกับรายได้ และต้องการช่องทางการติดต่อหลากหลาย เช่นเดียวกันกับปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ทุกกลุ่มให้ความสนใจกับบรรยากาศโดยรวมของโครงการและที่อยู่อาศัยอยู่ในทำเลที่ต้องการ รองลงมาคือการมีพื้นที่ว่างสำหรับใช้ประโยชน์ได้หลากหลายอย่างไรก็ดี สำหรับปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด นอกจากทุกกลุ่มอายุจะต้องการการยกเว้นค่าธรรมเนียมต่างๆแล้ว ยังพบปัจจัยอื่นๆที่มีความสำคัญรองลงมาต่างกันในแต่ละช่วงอายุด้วย กล่าวคือ กลุ่ม 20-34 ปี, 35-45 ปี และ46-55 ปี ต้องการส่วนลดราคาพิเศษ ซึ่งต่างจากกลุ่มช่วงอายุ 56 ปีขึ้นไปที่ให้ความสำคัญกับการมีของแถม เช่น เฟอร์นิเจอร์บริการแต่งสวน

2. จากผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มลูกค้าที่ตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ส่วนใหญ่เป็น เพศหญิง สถานภาพสมรส อายุ 31 - 40 ปี ปริญญาตรี อาชีพพนักงานเอกชน รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001 - 50,000 บาท จำนวนสมาชิกในครอบครัว 2 ท่าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รักชาติ แก้วผดุง (2536) ได้ทำการศึกษาอุปสงค์ที่อยู่อาศัยประเภทบ้านจัดสรรในเขตผังเมืองรวมเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่าประมาณสองในสามของผู้อาศัยในหมู่บ้านจัดสรรในเขตผังเมืองรวมเชียงใหม่จะนิยมอยู่อาศัยในบ้านเดี่ยว และหัวหน้าครัวเรือนที่มีอายุระหว่าง 31-40 ปี มีอยู่ประมาณครึ่งหนึ่งของหัวหน้าครัวเรือนทั้งหมด โดยมีขนาดของครัวเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 คนต่อครัวเรือน จะเห็นได้ว่า ครัวเรือนในหมู่บ้านจัดสรรจะเป็นครัวเรือนใหม่จึงมีขนาดครัวเรือนค่อนข้างเล็ก สำหรับการศึกษาหัวหน้าครัวเรือนกว่าครึ่งหนึ่งจะมีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีและสูงกว่า อาชีพของหัวหน้าครัวเรือนประมาณสองในสามประกอบอาชีพในภาคเอกชน (ร้อยละ 35 ประกอบด้วยค้าขาย หรือทำธุรกิจส่วนตัว และร้อยละ 31.7 มีอาชีพที่ทำงานในบริษัทหรือ

หน่วยงานเอกชน) รายได้เฉลี่ยของครัวเรือนเท่ากับ 35,643.33 บาทต่อเดือน ขณะที่ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยจะเท่ากับ 11,401.52 บาทต่อเดือน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประไพ แสงประสิทธิ์ (2554) ได้ทำการศึกษากลยุทธ์การตลาดโครงการบ้านเดี่ยวระดับบน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลผลการวิจัยพบว่าผู้บริโภคเป็นเพศชายและเพศหญิงมีจำนวนใกล้เคียงกัน มีอายุระหว่าง 30-50 ปี สถานภาพสมรส สมาชิกในครอบครัว 3-5 คน มีคนรับใช้ 1 คน มีรถยนต์มากกว่า 3 คัน มีระดับการศึกษาปริญญาตรีหรือสูงกว่าปริญญาตรี อาชีพเป็นเจ้าของกิจการหรือเจ้าของโรงงาน มีรายได้ 300,000 บาทต่อเดือนขึ้นไป พฤติกรรมในการพิจารณาเลือกซื้อบ้านเดี่ยวระดับบน ผู้บริโภคได้รับทราบข่าวสารโครงการบ้านที่เปิดตัวใหม่จากสื่อป้ายโฆษณามากที่สุด สื่อทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นหากต้องการซื้อบ้าน คือเพื่อนหรือญาติแนะนำ ส่วนสื่อที่สร้างความเชื่อมั่นเมื่อตัดสินใจซื้อบ้านคือเพื่อนหรือญาติ โดยผู้บริโภคแวะชมโครงการ 1-6 โครงการก่อนตัดสินใจซื้อบ้าน ระยะเวลาที่ใช้ตัดสินใจซื้อบ้าน 1 เดือนขึ้นไป แบบบ้านที่ชื่นชอบมากที่สุดเป็นแบบร่วมสมัย ขนาดพื้นที่ใช้สอยที่ต้องการ 201-400 ตารางเมตร เนื้อที่ใช้สอยที่ต้องการคือ 3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ เนื้อที่ใช้สอยพิเศษที่มีผลต่อการพิจารณาเลือกซื้อบ้าน คือห้องโฮมเธียเตอร์ ขณะที่ห้องนอนเป็นห้องที่สำคัญหรือใช้ประโยชน์มากที่สุด ส่วนเงื่อนไขการชำระเงินในการซื้อบ้าน คือ กู้กับสถาบันการเงินบางส่วน เหตุผลที่ตระหนักในการซื้อบ้านคือซื้อเพื่ออยู่อาศัยกลยุทธ์การตลาด สรุปได้ว่า ต้องเน้นผู้บริโภคในรัศมี 15 กิโลเมตรจากที่ตั้งโครงการ เน้นผู้ที่เป็นเจ้าของกิจการคนไทยเชื้อสายจีน โดยต้องมีภาพลักษณ์หรูหรา ไม่จำเป็นต้องมีการ ลด แลก แจก แถม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐวดี อุณยะวงศ์ (2558) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะประชากรศาสตร์และส่วนประสมทางการตลาดบริการต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อบ้านจัดสรรของผู้บริโภค อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ผลการวิจัย พบว่า 1) ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุ 31 ถึง 35 ปี มีอาชีพเป็น เจ้าของกิจการหรือทำธุรกิจส่วนตัว มีระดับการศึกษาปริญญาตรีสูงสุด สมรสหรืออยู่ด้วยกัน มีรายได้ต่อ เดือนของครอบครัวเฉลี่ย 30,001 ถึง 40,000 บาท 2) มีพฤติกรรมการเลือกซื้อบ้านราคา 1,000,001 ถึง 2,000,000 บาท บุคคลที่มีอิทธิพลในการเลือกซื้อบ้านมากที่สุด คือ ตนเอง ช่องทางในการรับรู้ข้อมูล ได้มาจากป้ายโฆษณา และประเภทที่อยู่อาศัยต้องการซื้อมากที่สุด คือ บ้านเดี่ยว 3) ความสัมพันธ์ของ ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการกับพฤติกรรมการเลือกซื้อบ้านจัดสรรของผู้บริโภค อำเภอบ้าน โป่ง จังหวัดราชบุรี พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดบริการโดยรวมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเลือกซื้อบ้านจัดสรร ด้านปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อบ้าน ด้านเหตุผลในการซื้อบ้าน ด้านระยะเวลาในการผ่อนชำระกับสถาบันทางการเงิน และด้านลักษณะของบ้านจัดสรร

3. จากผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเลือกซื้อบ้าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงใจ เชยสาคร (2548) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อบ้านเดี่ยวของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษา พบว่ารูปแบบบ้านเดี่ยว มีความสัมพันธ์กับ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพ จำนวนสมาชิกในครอบครัว ประเภทที่พักอาศัยเดิม และลักษณะการครอบครองที่อยู่อาศัย วัตถุประสงค์ในการซื้อบ้านเดี่ยวของผู้บริโภค มีความสัมพันธ์กับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพ จำนวนสมาชิกในครอบครัว และประเภทที่พักอาศัยเดิม เหตุผลในการซื้อบ้านเดี่ยว มีความสัมพันธ์กับ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพสถานภาพ จำนวนสมาชิกในครอบครัว ประเภทที่พักอาศัยเดิม และลักษณะการครอบครองที่อยู่อาศัย จำนวนโครงการเปรียบเทียบก่อนตัดสินใจซื้อมีความสัมพันธ์กับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และจำนวนสมาชิกในครอบครัว ระดับราคาบ้านเดี่ยวที่ซื้อมีความสัมพันธ์กับระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ครอบครัวเฉลี่ยต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครอบครัว และลักษณะการครอบครองที่อยู่อาศัย ผู้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจซื้อมีความสัมพันธ์กับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ สถานภาพ จำนวนสมาชิกในครอบครัว ประเภทที่พักอาศัยเดิม และลักษณะการครอบครองที่อยู่อาศัย การติดต่อซื้อบ้านเดี่ยวมีความสัมพันธ์กับเพศ อายุ อาชีพ สถานภาพ รายได้ครอบครัวเฉลี่ยต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครอบครัว ประเภทที่พักอาศัยเดิมและลักษณะการครอบครองที่อยู่อาศัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อบ้านเดี่ยวของผู้บริโภคที่ซื้อบ้านเดี่ยว คือจำนวนโครงการเปรียบเทียบก่อนตัดสินใจซื้อ รูปแบบบ้านเดี่ยว ระดับราคาบ้านเดี่ยว และผู้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจซื้อ

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มลูกค้าที่ตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant โดยพิจารณาจากปัจจัย

ด้านกระบวนการ อยู่ในระดับมากเป็นอันดับแรก ซึ่งบ่งบอกได้ว่ากระบวนการขายบ้านของบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) เป็นระบบ ทำให้เกิดความสะดวกสบายกับลูกค้าในกระบวนการซื้อบ้าน

2. ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มลูกค้าที่ตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ ในเครือบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) มีการตัดสินใจซื้อบ้านเดี่ยวโครงการ The Plant โดยพิจารณาจากปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย อยู่ในระดับน้อยที่สุด ดังนั้นบริษัทจึงควรจัดกิจกรรมออกบูธงานมหกรรมบ้านและคอนโดโดยเน้นทำเลใกล้ๆกับโครงการ The Plant แจ้งวัฒนะ-ราชพฤกษ์ และประชาสัมพันธ์ มีข้อมูลใหม่ๆในหน้าเว็บไซต์

เอกสารอ้างอิง

[1] กระบวนการวิเคราะห์ SWOT, ข้อมูลจาก http://www. plandmsc.com/images/Download/Monitor-paper/SOWT.pdf, (วันที่สืบค้นข้อมูล 26 กรกฎาคม 2562).

[2] กัลยา วานิชย์บัญชา, สถิติสำหรับงานวิจัย,สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

[3] ชลทิพย์ รัตนะ และเกวริน สังข์เมือง, กระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค, ข้อมูลจาก https://sites.google.com/site/bunrienonline2/krabwnkar-tadsin-ci-sux-khxng-phu-briphokh-buying-decision-process (วันที่สืบค้นข้อมูล 26 กรกฎาคม 2562).

[4] ดวงใจ เชยสาคร. 2548. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อบ้านเดี่ยวของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์มหาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพ

[5] นนท์ สหายา. 2545. ปัจจัยการตัดสินใจซื้อบ้านมือสองผ่านบริษัทตัวแทนขาย กรณีศึกษาบริษัท โรยัล แอสเซ็ทส์ คอนเซ้าท์แทนต์ จำกัด, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ

[6] บริษัทพฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน), ประวัติบริษัทพฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน), ข้อมูลจาก https://www.pruksa.com/about-us/company-history (วันที่สืบค้น 21 มิถุนายน 2562).

[7] ประไพ แสงประสิทธิ์. 2554. กลยุทธ์การตลาด โครงการบ้านเดี่ยวระดับบน ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพ

[8] รักชาติ แก้วผดุง. 2536. อุปสงค์ที่อยู่อาศัยประเภทบ้านจัดสรรในเขตผังเมืองรวมเชียงใหม่, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[9] ศรัณย์พร อินทร์ใจเอื้อ. 2559. ทัศนคติและพฤติกรรมการเลือกซื้อบ้านเดี่ยวของประชากรในแต่ละช่วงอายุในกรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพ.

[10] อทิตา เอกกฤตกัณฑ์. 2548. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการซื้อบ้านจัดสรรกับปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมในจังหวัดนนทบุรี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพ.

[11] Cited James F Engel; David T Kollat; Roger D Blackwell.1986. Consumer behavior: P.5, Holt, Rinehart and Winston. New York.

ID050

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. (สถานีเดินรถหัวหิน)
Factors Influencing the Selection of Bus Transport of the Transport Co.,Ltd. (Hua Hin Station)

อาทิตย์ สีหสิทธิ์ [1] ผศ.ดร.ปิยะพรรณ ช่างวัฒนชัย [2]
[1] ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2] อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
*E-mail: arthit.sih.ku.th

Arthit Sihasiddh [1] Asst. Prof. Piyaphan Changwatchai (Ph.D.) [2]
[1] Master of Economics, Major Field: Business Economics, Department of Economics, Kasetsart University
[2] Independence Study Advisor of Economics, Department of Economics, Kasetsart University
*E-mail: arthit.sih.ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับส่วนประสมการตลาด (7Ps) ของผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง บขส. รถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่น 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้โดยสารที่เลือกใช้บริการรถโดยสารประจำทาง บขส. เปรียบเทียบกับผู้โดยสารที่เลือกใช้บริการรถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่น โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้โดยสารจำนวน 400 คน ใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ t-Test F-Test และการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้ Scheffe ผลการศึกษา พบว่า เพศหญิงให้ความสำคัญด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านราคา ด้านการส่งเสริมทางการตลาด และด้านกระบวนการให้บริการ มากกว่าเพศชาย ช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปีให้ความสำคัญด้านการส่งเสริมการตลาดมากกว่าช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป สัญชาติจีนให้ความสำคัญด้านราคามากกว่าสัญชาติอื่นๆ สถานภาพสมรสให้ความสำคัญด้านลักษณะทางกายภาพมากกว่าสถานภาพอื่นๆ ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรีให้ความสำคัญด้านการส่งเสริมการตลาดมากกว่าระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี อาชีพพ่อบ้าน/แม่บ้านให้ความสำคัญด้านการส่งเสริมการตลาดมากกว่าอาชีพอื่นๆ ระดับรายได้ต่อเดือน 15,001-25,000 บาท ให้ความสำคัญด้านราคามากกว่าระดับรายได้ต่อเดือนมากกว่า 35,000 บาท โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้านความไว้วางใจมากที่สุด และผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสาร บขส. มีความพึงพอใจน้อยกว่า ผู้โดยสารที่ใช้บริการรถไฟและรถโดยสารประเภทอื่นทั้งหมด โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้น ธุรกิจสามารถเข้าร่วมกับโรงแรมที่พักหรือแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ โดยออกคูปองส่วนลดเพื่อจูงใจให้กลุ่มเป้าหมายมาใช้บริการรถโดยสารภายใต้เศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงธุรกิจควรมีการต่อยอดนวัตกรรมที่มีอยู่เดิม คือ การนำระบบ GPS มาผนวกให้เข้ากับระบบจำหน่ายตั๋วเพื่อให้ผู้ใช้บริการมองเห็นพิกัดรถโดยสารและเลือกที่นั่งได้ในเวลาพร้อมกัน

คำหลัก รถโดยสารประจำทางของ บขส. รถร่วม บขส. (รถเอกชน) รถโดยสารประจำทางหมวด 3

Abstract

The objectives of this study were 1) to analyze the relationship between personal factors and marketing mix (7Ps) of passengers using Transport Co., Ltd.'s bus service, train, and other types of buses, and 2) to conduct comparative study of the satisfaction of passengers using Transport Co., Ltd.'s bus service, train, and other types of buses. The sample of this study was 400 passengers. A questionnaire was used as a research instrument to collect data, which was analyzed by using t-Test, F-Test and Scheffé Test. The results of this study indicated that female respondents place higher importance on product/service, price, promotion, process than male respondents. The respondents aged under 20 years old placed higher importance on promotion than those aged 60 years old or above. Chinese respondents

placed the importance on price than other nationals. Married respondents placed higher importance on physical evidence than other marital status. The respondents gradated with below bachelor's degree placed higher importance on promotion than those graduated with higher bachelor's degree. The respondents worked as butler/housewives placed higher importance on promotion than those with other occupations. The respondents with monthly income of 15,001-25,000 baht placed higher importance on price than those earned the monthly income of more than 35,000 baht with a statistical significance level of 0.05. Furthermore, the satisfaction of passengers using Transport Co., Ltd.'s bus service had lower satisfaction than those using train and other types of buses with a statistical significance level of 0.05. Therefore, businesses may coordinate with hotels, accommodations or various tourist attractions by offering a discount coupon to motivate the target to use the bus service under the changing economy. Besides, existing innovation should be extended such as the integration of GPS with the ticketing system so that users can see the bus coordinates and choose seats simultaneously.

Keywords: Bus Bor Khor Sor, Car sharing company, Category 3 cars

1. บทนำ

รถโดยสารประจำทางถือเป็นธุรกิจการให้บริการ เพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชนทางด้าน การคมนาคมและการขนส่ง ปัจจุบันธุรกิจเดินรถโดยสารประจำทางมีการขยายตัวให้ครอบคลุมทั้งเมืองหลักและเมืองรอง รวมถึงมีการเชื่อมโยงทั่วทุกภูมิภาคเพื่อให้ผู้โดยสารมีทางเลือกในการใช้บริการที่มีความสะดวกสบายมากขึ้น บริษัท ขนส่ง จำกัด (บขส.) เป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงคมนาคมเป็นผู้ดูแลสัมปทานเส้นทางเดินรถระหว่างกรุงเทพฯ ไปยังจังหวัดต่างๆ (หมวด 2) และมีรถเอกชนมาร่วมวิ่งในเส้นทางตามที่กำหนด สำหรับสถานีเดินรถหัวหิน (บขส.หัวหิน) เป็นสถานีเดินรถระหว่างทางซึ่งเป็นทางผ่านระหว่างสถานีขนส่งผู้โดยสารต้นทาง 2 แห่งคือ สถานีขนส่งผู้โดยสารจตุจักร (หมอชิต 2) และสถานีขนส่งผู้โดยสารสายใต้ใหม่ ไปยังสถานีเดินรถปลายทางหลายแห่งในพื้นที่ภาคใต้ รวมถึงอำเภอหัวหินมีความเจริญทางเศรษฐกิจทั้งด้านการพาณิชย์และการท่องเที่ยว จึงมีนักท่องเที่ยว ผู้ใช้แรงงาน ข้าราชการ เป็นต้น มาใช้บริการรถโดยสารจากอำเภอหัวหินไปยังจังหวัดต่างๆ ในพื้นที่ภาคใต้

จากการสำรวจการใช้บริการของผู้โดยสารในพื้นที่อำเภอหัวหิน สามารถวิเคราะห์ส่วนแบ่งการตลาดของจำนวนผู้โดยสารในพื้นที่อำเภอหัวหิน พบว่าผู้โดยสารใช้บริการรถตู้โดยสารมากที่สุดจำนวน 862 รายต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 54 รองลงมา คือ รถไฟจำนวน 300 รายต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 19 รถประจำทางหมวด 3 จำนวน 267 รายต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 17 รถร่วม บขส. จำนวน 112 รายต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 7 และรถโดยสาร บขส. มีจำนวนผู้โดยสารใช้บริการน้อยที่สุดจำนวน 59 รายต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 3

สำหรับส่วนแบ่งการตลาดของรายได้จากการจำหน่ายตั๋วโดยสารในพื้นที่อำเภอหัวหิน พบว่า รถตู้โดยสารมีรายได้มากที่สุดเป็นจำนวนเงิน 155,160 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 37 รองลงมา คือ รถประจำทางหมวด 3 เป็นจำนวนเงิน 121,657 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 29 รถไฟเป็นจำนวนเงิน 68,701 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 17 รถโดยสาร บขส. เป็นจำนวนเงิน 40,957 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 10 โดยรถร่วม บขส. มีรายได้จากการจำหน่ายตั๋วโดยสารน้อยที่สุดเป็นจำนวนเงิน 30,043 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 7

จากช่องทางการเลือกใช้บริการของผู้โดยสารที่เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับความพยายามในดำเนินงานของสถานีเดินรถหัวหิน (บขส.หัวหิน) เพื่อให้บริการแก่ประชาชนอย่างมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเพื่อปรับปรุงและพัฒนากลยุทธ์การให้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. จากสถานีเดินรถหัวหิน (บขส.หัวหิน) ไปยังจังหวัดต่างๆ ในพื้นที่ภาคใต้ให้สอดคล้องกับความต้องการของประชาชนผู้ใช้บริการ

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับส่วนประสมการตลาด (7Ps) ของผู้โดยสารที่ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง บขส. ผู้โดยสารที่ใช้บริการรถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่น

2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้โดยสารที่เลือกใช้บริการรถโดยสารประจำทาง บขส. เปรียบเทียบกับผู้โดยสารที่เลือกใช้บริการรถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่น

1.2 ขอบเขตการวิจัย/การศึกษา

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตการวิจัย/การศึกษาไว้ 2 ประการดังนี้

1) ขอบเขตด้านพื้นที่ เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการรถโดยสาร บขส. รถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่นของผู้ใช้บริการในพื้นที่อำเภอหัวหิน

2) ขอบเขตด้านระยะเวลา การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ โดยใช้วิธีเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้โดยสารที่เคยใช้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. ผู้โดยสารที่ใช้บริการรถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่น จากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน โดยใช้เวลาเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน 2562 – 31 ธันวาคม 2562

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ผลการศึกษานำไปสู่การพัฒนากลยุทธ์การให้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการในพื้นที่อำเภอหัวหิน ทำให้เกิดการตัดสินใจเลือกใช้บริการรถโดยสารประจำทางที่สถานีเดินรถหัวหิน (บขส. หัวหิน) รวมถึงมีข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผนการเดินทางอย่างมีประสิทธิภาพ

2) สามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนระบบการดำเนินงาน เพื่อพัฒนาการให้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. นำไปสู่การสร้างรายได้ให้กับสถานีเดินรถหัวหิน (บขส. หัวหิน) เพิ่มมากขึ้น

3) ผลการศึกษานำไปสู่การพัฒนาการบริการให้เป็นที่พึงพอใจของผู้โดยสาร ทำให้ผู้โดยสารมาใช้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. เพิ่มมากขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฉัตยาพร เสมอใจ (2549) ให้ความสำคัญของหลักการที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคของตลาด 7 ประการ (6Ws 1H) โดยพิจารณาจากลักษณะต่างๆ ของตลาดเพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการทราบ 7 ประการ (7Os) ประกอบด้วย 1) ใครอยู่ในตลาดเป้าหมาย คือ ใครมีแนวโน้มเป็นลูกค้าของธุรกิจ 2) ผู้บริโภคซื้ออะไร คือ สิ่งที่ผู้บริโภคต้องการซื้อ 3) ทำไมผู้บริโภคจึงซื้อ คือ วัตถุประสงค์ในการซื้อเพื่อสนองความจำเป็นหรือความต้องการของผู้บริโภค 4) ใครมีส่วนร่วมในการตัดสินใจซื้อ คือ พิจารณาจากกลุ่มอ้างอิงต่างๆ ที่มีอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อ ประกอบด้วย ผู้ริเริ่ม ผู้มีส่วนร่วมผู้ตัดสินใจซื้อ ผู้ซื้อ และผู้ใช้ 5) ผู้บริโภคซื้อเมื่อใด คือ โอกาสในการซื้อสินค้าและบริการ 6) ผู้บริโภคซื้อที่ไหน คือ ช่องทางหรือแหล่งที่ผู้บริโภคนิยมหรือสะดวกไปซื้อ 7) ผู้บริโภคซื้ออย่างไร คือ ขั้นตอนในการตัดสินใจซื้อ ประกอบด้วย การรับรู้ปัญหา การค้นหาข้อมูล การประเมินทางเลือก การตัดสินใจซื้อและความรู้สึกหลังการซื้อ

ธธีร์ธร ธีรขวัญโรจน์ (2546) ให้ความหมายของ ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix) หมายถึง ปัจจัยที่ใช้สำหรับวางแผนการตลาดในการทำการตลาดสินค้าหรือบริการ โดยส่วนประสมทางการตลาดของการบริการ (7Ps) ประกอบด้วย 1) ผลิตภัณฑ์ คือ การบริการที่เป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ความสะดวก ความรวดเร็ว เป็นต้น 2) ราคา ฉลองศรี พิมลสมพงษ์ (2542) เป็นอัตราในการแลกเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ระหว่างกันโดยใช้เงินเป็นสื่อกลาง จึงต้องกำหนดกลยุทธ์ด้านราคาให้เหมาะสมกับสภาวการณ์ต่างๆ เช่น พฤติกรรมและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค การแข่งขันทางการตลาด การใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับกฎของอุปสงค์และอุปทาน เพื่อสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ขององค์กรและกำลังซื้อของผู้บริโภคในตลาด 3) ช่องทางการจัดจำหน่าย เป็นการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดเป้าหมาย โดยการให้บริการด้วยการเปิดร้านค้าแล้วขยายสาขาออกไปเพื่อให้บริการลูกค้าได้สูงสุด 4) การส่งเสริมการตลาด ธธีร์ธร ธีรขวัญโรจน์ (2546) ให้ความสำคัญของการส่งเสริมการตลาดของธุรกิจบริการ เช่น การโฆษณา การประชาสัมพันธ์ การให้ข่าวสาร การลดแลกแจกแถม เป็นต้น 5) บุคลากร ประกอบด้วย บุคคลทั้งหมดในองค์กร ตั้งแต่เจ้าของกิจการหรือผู้บริหาร พนักงานในทุกระดับ ที่มีคุณภาพในการให้บริการ 6) กระบวนการให้บริการ ที่อาศัยพนักงานที่มีประสิทธิภาพ และอุปกรณ์เครื่องมือที่ทันสมัย ทำให้สามารถส่งมอบการบริการที่มีคุณภาพได้ 7) สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ เครื่องมือและอุปกรณ์ ป้ายประชาสัมพันธ์ การแต่งกายของพนักงาน การสนทนา เป็นต้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ลูกค้าใช้เป็นเครื่องหมายแทนคุณภาพการให้บริการ

ธธีร์ธร ธีรขวัญโรจน์ (2546) ให้ความสำคัญของความพึงพอใจ โดยเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าในแต่ละครั้งที่ลูกค้ามีความพึงพอใจมีสาเหตุมาจากปัจจัยใดเป็นหลัก ในทางตรงกันข้ามถ้าลูกค้าไม่มีความพึงพอใจซึ่งไม่สามารถระบุสาเหตุที่ชัดเจนได้เช่นกัน การบริการด้วยเทคนิคแบบเดียวกันอาจทำให้ลูกค้าบางรายเท่านั้นที่เกิดความพึงพอใจ

Berry et al (1985) and Zeithaml and Bitner (1996) ให้ความสำคัญในการวัดคุณภาพของการให้บริการลูกค้าซึ่งมี 5 ประการ ดังนี้

1) รูปลักษณ์ทางกายภาพ (Tangibles) เช่น อาคารของธุรกิจบริการ เครื่องมือและอุปกรณ์ เคาน์เตอร์ให้บริการ ที่จอดรถ ห้องน้ำ ป้ายประชาสัมพันธ์ รวมถึงการแต่งกายของบุคลากร โดยรวม คือ สภาพแวดล้อมทางกายภาพซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ

ส่วนประสมทางการตลาด (7Ps) นอกจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีความสะอาดและสวยงามแล้ว การใช้งานต้องมีประสิทธิภาพ

2) ความไว้วางใจ (Reliability) เป็นความสามารถในการส่งมอบการบริการ เพื่อสนองความต้องการของลูกค้าตามที่ได้สัญญาหรือที่ควรจะเป็นได้อย่างถูกต้อง และตรงตามวัตถุประสงค์ของการบริการนั้นภายในเวลาที่เหมาะสม

3) ความเต็มใจและรวดเร็วในการตอบสนอง (Responsiveness) ความรวดเร็วเป็นความตั้งใจที่จะช่วยเหลือลูกค้าโดยให้บริการอย่างรวดเร็ว เมื่อพบเห็นลูกค้าแล้วต้องรีบต้อนรับให้ความช่วยเหลือ รวมถึงมีการสอบถามถึงการเข้าใช้บริการอย่างไม่ละเลย ความรวดเร็วและเต็มใจต้องมาจากบุคลากรและกระบวนการในการให้บริการที่มีประสิทธิภาพ

4) ความน่าเชื่อถือ (Assurance) เป็นการรับประกันว่าบุคลากรที่ให้บริการมีความรู้ ความสามารถ และมีความสุภาพมีจริยธรรมในการให้บริการ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าว่าจะได้รับการบริการที่เป็นไปตามมาตรฐานและมีความปลอดภัย นอกจากนี้อาจต้องมีการรับประกันถึงมาตรฐานองค์กรด้วย เช่น ISO 9001: 2000 หรือรางวัลจากสถาบันต่างๆ

5) ความเข้าใจลูกค้ารายบุคคล (Empathy) เป็นการดูแลและเอาใจใส่ให้การบริการอย่างตั้งใจ เนื่องจากการเข้าใจปัญหาหรือความต้องการของลูกค้าที่ต้องได้รับการตอบสนอง เน้นการบริการและการแก้ไขปัญหาให้ลูกค้าเป็นรายบุคคล ตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน มีการสื่อสารทำความเข้าใจกับลูกค้าอย่างถ่องแท้

ปรเมศ บุญเปี่ยม (2561) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การให้บริการรถโดยสารระหว่างกรุงเทพฯ –อุดรธานี เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้โดยสารที่มีต่อการให้บริการรถโดยสาร และเพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลตลอดจนปัจจัยเกี่ยวกับการเดินทางที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้โดยสารที่มีต่อการให้บริการรถโดยสาร เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ การทดสอบ t-test F-test และ Scheffe's method ผลการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในการใช้บริการรถโดยสารระหว่างกรุงเทพฯ – อุดรธานี อยู่ในระดับปานกลาง โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในการใช้บริการในด้านพนักงานผู้ให้บริการบนรถมากที่สุด และปัจจัยเกี่ยวกับการเดินทาง ได้แก่ บริษัทที่เลือกใช้บริการ ช่วงเวลาที่ใช้ในการบริการ และระยะเวลาที่รอใช้บริการ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กาญจนา นิกรสังขพินิจ และ ระบิล พันภัย (2561) ได้ทำการศึกษาเรื่อง คุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อความภักดีของผู้ใช้บริการรถตู้โดยสารบุรีรัมย์ – นครราชสีมา เพื่อศึกษาคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อความภักดีของผู้ใช้บริการ โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมถึงใช้การวิเคราะห์แบบพหุถดถอย (Multiple Regression) ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพการบริการ ในภาพรวมอยู่ในความคิดเห็นระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการปฏิสัมพันธ์มีอยู่ในระดับมาก ความภักดีของผู้ใช้บริการ ในภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านพฤติกรรมการใช้ซ้ำมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก คุณภาพการบริการส่งผลต่อความภักดีของผู้ใช้บริการมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพ มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยสูงสุด

อาริยา หมัดหลี (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารของบริษัท วีระกร จำกัด เส้นทางหาดใหญ่ – สุไหงโกลก เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารของบริษัท วีระกร จำกัด และเพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารของบริษัท วีระกร จำกัด จำแนกตามเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ การทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-Test และ F-Test ผลการศึกษาพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารของบริษัท วีระกร จำกัด เส้นทางหาดใหญ่ – สุไหงโกลก โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารทุกด้านอยู่ในระดับมาก คือ ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการให้บริการ ด้านความปลอดภัย และด้านอาคารสถานที่ตามลำดับ ประชาชนที่มีเพศและรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารโดยรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนอายุที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารโดยรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และระดับการศึกษาอาชีพ ที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารโดยรวมที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สุรัชนี ตันเวทยานนท์ และ กุลเชษฐ์ มงคล (2558) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการรถโดยสารชั้น 1 : กรณีศึกษาบริษัท ราชบุรีกลุ่ม 76 จำกัด เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการรถโดยสารและความสัมพันธ์ของส่วนประสมทางการตลาดกับพฤติกรรมการตัดสินใจในการใช้บริการรถโดยสาร เครื่องมือที่ใช้ศึกษาคือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สถิติและการทดสอบค่าไคร์-สแควร์ (Chi-square) ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจในการใช้บริการรถโดยสาร ยกเว้นด้านเพศซึ่งมีผลต่อ

พฤติกรรมการตัดสินใจเลือกใช้บริการไม่แตกต่างกัน

ปพิชญา แทนประสาน (2557) ได้ทำการศึกษาเรื่องการตัดสินใจใช้บริการรถตู้สาธารณะของผู้โดยสาร ท่ารถตู้สายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ เพื่อศึกษาความแตกต่างของปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้บริการรถตู้สาธารณะ และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของส่วนประสมทางการตลาดบริการของรถตู้สาธารณะที่ท่ารถตู้สายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ เครื่องมือที่ใช้ศึกษาคือการทดสอบ t-Test F-Test และวิธี MRA ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันและพฤติกรรมการใช้บริการที่แตกต่างกัน มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการที่แตกต่างกัน โดยส่วนประสมทางการตลาดมีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจใช้บริการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

อนุภาค เสาร์เสาวภาคย์ ชูเกียรติ ชัยบุญศรี และวรวรรณ บุญเสนอ (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์การใช้บริการรถสาธารณะ (สี่ล้อแดง) กรณีศึกษา : กลุ่มวัยรุ่นในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์ของกลุ่มวัยรุ่นต่อการใช้บริการรถสาธารณะ (สี่ล้อแดง) รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นของระบบขนส่งดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ศึกษาคือวิธี Conditional Logit Model ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์การใช้บริการ ได้แก่ ระยะเวลาการเดินทาง ความสะดวก รวดเร็ว ความปลอดภัยและความจำเป็นในการเดินทาง ปัจจัยทางลบ ได้แก่ รายได้และการมีรถส่วนตัว

Budiono (2009) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความพึงพอใจของผู้เดินทางในการขนส่งรถโดยสารสาธารณะ : กรณีศึกษาการรับรู้ของผู้เดินทางในประเทศอินโดนีเซีย เพื่อให้ความสำคัญกับความพึงพอใจของผู้เดินทางด้วยคุณภาพการบริการ โดยการใช้แบบสอบถามเพื่อวัดผลความพึงพอใจโดยรวมของผู้เดินทางและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการขนส่งสาธารณะ เครื่องมือที่ใช้ศึกษา คือ สถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ การวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์การถดถอย ผลการศึกษาพบว่า ผู้เดินทางไม่พอใจกับการใช้บริการขนส่งสาธารณะ จึงควรให้ความสำคัญกับปัจจัยตามหน้าที่เพื่อปรับปรุงและพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะให้น่าสนใจและเป็นที่ต้องการของตลาด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนกับผู้โดยสารในการเลือกใช้บริการ บขส. ผู้โดยสารที่ใช้บริการรถไฟและรถโดยสารประเภทอื่น (ระหว่างจังหวัด) ในพื้นที่อำเภอหัวหินจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยใช้สูตรดังนี้

$$n = Z2\,[P\,(1\text{-}P)]/E2$$

โดยที่ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง Z คือ คะแนนมาตรฐานตามระดับความเชื่อมั่น (จากตารางแจกแจงแบบปกติ) P คือ สัดส่วนของประชากร และ E คือ ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (เท่ากับ 0.05)

ในการคำนวณเพื่อหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 5 (วุฒิ สุขเจริญ, 2561) จากผลการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ จึงได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ 400 ราย

3.2 วิธีการสุ่มตัวอย่าง

โดยมีการสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้หลักความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยใช้ประชากรเป้าหมายที่เลือกใช้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. รถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่นที่แตกต่างกันแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม คือ รถโดยสาร บขส. รถร่วม บขส. รถตู้ รถประจำทางหมวด 3 และรถไฟ จำนวนกลุ่มละ 80 ตัวอย่าง

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาได้นำแบบสอบถามไปทดลองเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ตัวอย่าง และนำผลที่ได้มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbachs' alpha coefficient) โดยผลการทดสอบแบบสอบถามพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค เท่ากับ 0.80 ถือว่ามีความเชื่อมั่นในการนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ศึกษานำแบบสอบถามมารวบรวม ตรวจสอบความถูกต้อง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อตอบวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้

สำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 คือ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลส่วนประสมการตลาด (7Ps) ของผู้โดยสารที่ใช้บริการ บขส. รถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่น โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน t-Test เพื่อต้องการค่าเฉลี่ยของประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มเป็นอิสระต่อกัน การทดสอบสมมติฐาน F-Test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระที่มีค่าย่อยมากกว่า 2 ค่าขึ้นไป และการทดสอบสมมติฐาน Scheffe

เพื่อทดสอบความแตกต่างกันเป็นรายคู่ว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2560)

สำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 คือ ศึกษาความพึงพอใจของผู้โดยสารที่เลือกใช้บริการ บขส. เปรียบเทียบกับผู้โดยสารที่เลือกใช้บริการรถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่น ซึ่งให้คะแนนจากการที่ผู้ตอบแบบสอบถามเรียงลำดับความพึงพอใจด้านต่างๆ เช่น รูปลักษณ์ทางกายภาพ, ความไว้วางใจ, ความเต็มใจและรวดเร็วในการตอบสนอง, ความน่าเชื่อถือ และความเข้าใจลูกค้ารายบุคคล โดยการทดสอบสมมติฐาน t-Test เพื่อต้องการค่าเฉลี่ยของประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มเป็นอิสระต่อกัน กรณีที่ประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีค่าความแปรปรวนของข้อมูลแตกต่างกันสามารถใช้สถิติทดสอบได้ดังนี้ (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2560)

4. ผลการวิจัย

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลกับความสำคัญของส่วนประสมทางการตลาดของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เพศหญิงให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดมากกว่าเพศชาย โดยให้ความสำคัญด้านกระบวนการให้บริการมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ช่วงอายุ 20-29 ปีให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดมากกว่าช่วงอายุ 50-59 ปีและช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป โดยให้ความสำคัญด้านบุคลากรมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สัญชาติจีนให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดมากกว่าสัญชาติอเมริกัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย และสัญชาติอื่นๆ โดยให้ความสำคัญด้านลักษณะทางกายภาพมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สถานภาพสมรสให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดมากกว่าสถานภาพอื่นๆ โดยให้ความสำคัญด้านลักษณะทางกายภาพมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระดับการศึกษาปริญญาตรีให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดมากกว่าระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี โดยให้ความสำคัญด้านราคามากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อาชีพนักเรียน/นักศึกษาให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดมากกว่าอาชีพอื่นๆ โดยให้ความสำคัญด้านผลิตภัณฑ์และบริการมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระดับรายได้ต่อเดือน 15,001-25,000 บาทให้ความสำคัญมากกว่าระดับรายได้ต่อเดือนมากกว่า 35,000 บาท โดยให้ความสำคัญด้านบุคลากรมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างของระดับนัยสำคัญของความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้ใช้บริการรถร่วม บขส. มีความพึงพอใจในภาพรวมมากกว่าผู้ใช้บริการรถโดยสาร บขส. โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รวมถึงให้ความพึงพอใจด้านความไว้วางใจมากที่สุด ผู้ใช้บริการรถตู้โดยสารมีความพึงพอใจในภาพรวมมากกว่าผู้ใช้บริการรถโดยสาร บขส. โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผู้ใช้บริการรถประจำทางหมวด 3 มีความพึงพอใจในภาพรวมมากกว่าผู้ใช้บริการรถโดยสาร บขส. โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รวมถึงให้ความพึงพอใจด้านความไว้วางใจมากที่สุด ผู้ใช้บริการรถไฟมีความพึงพอใจในภาพรวมมากกว่าผู้ใช้บริการรถโดยสาร บขส. โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย/การศึกษา

การศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส.หัวหิน (สถานีเดินรถหัวหิน) เมื่อพิจารณาระดับความพึงพอใจในด้านต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่างจากการใช้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. (สถานีเดินรถหัวหิน) พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ อาริยา หมัดหลี (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่องความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารของบริษัท วีระกร จำกัด เส้นทางหาดใหญ่ – สุไหงโกลก เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ และเพื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ โดยจำแนกตามเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพและรายได้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ที่ใช้บริการรถโดยสารของบริษัท วีระกร จำกัด จำนวน 367 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามโดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.942 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับแบบสอบถามใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อคำนวณหาค่าสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-Test และ F-Test ผลการศึกษาพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารทุกด้านอยู่ในระดับมาก คือ ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการให้บริการ ด้านความปลอดภัย และด้านอาคารสถานที่ตามลำดับ ประชาชนที่มีเพศและรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทางโดยรวมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนอายุที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารในภาพรวม ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และระดับการศึกษา อาชีพ ที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจของผู้ใช้บริการรถโดยสารใน

ภาพรวมที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

6. ข้อเสนอแนะ

1) จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับส่วนประสมการตลาด พบว่า เพศหญิงให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดมากกว่าเพศชาย โดยเพศหญิงให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดด้านกระบวนการให้บริการมากที่สุด ดังนั้นธุรกิจควรให้ความสำคัญในประเด็นการมีจำนวนพนักงานในการให้บริการผู้โดยสารอย่างเพียงพอ โดยให้ความสำคัญกับกลุ่มเป้าหมายเพศหญิงที่มีความต้องการให้พนักงานใส่ใจในการให้บริการมากกว่าเพศชาย รวมถึงเพศหญิงมีการวางแผนข้อมูลในการเดินทางมากกว่าเพศชาย เช่น การให้พนักงานช่วยถือสัมภาระไปส่งเมื่อรถโดยสารมาถึงสถานี การให้ข้อมูลการเชื่อมต่อรถโดยสารเส้นทางต่างๆ จากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทาง เป็นต้น ทำให้กลุ่มเป้าหมายเกิดความประทับใจและเกิดการใช้บริการซ้ำในครั้งต่อไป

2) จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับส่วนประสมการตลาดด้านการส่งเสริมการตลาด พบว่า ช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปีให้ความสำคัญด้านการส่งเสริมการตลาดมากกว่าช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรีให้ความสำคัญด้านการส่งเสริมการตลาดมากกว่าระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี และอาชีพพ่อบ้าน/แม่บ้านให้ความสำคัญด้านการส่งเสริมการตลาดมากกว่าอาชีพอื่นๆ ดังนั้นธุรกิจควรให้ความสำคัญในประเด็นการโฆษณา/ประชาสัมพันธ์จองตั๋วชัวร์ทั่วไทยโดยแสดงวันหยุดยาวของแต่ละเดือน เพื่อเตือนให้ผู้โดยสารจองตั๋วเดินทาง โดยให้ความสำคัญกับกลุ่มเป้าหมายช่วงอายุต่ำกว่า 20 ปี ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี และอาชีพพ่อบ้าน/แม่บ้าน ซึ่งกลุ่มเป้าหมายดังกล่าวจะเน้นการบริโภคสื่อต่างๆ เช่น เฟสบุ๊ค ไลน์ อินสตาแกรม เป็นต้น รวมถึงมีการเดินทางกลับภูมิลำเนาตรงกับช่วงเทศกาลวันหยุดยาวต่างๆ ซึ่งธุรกิจสามารถนำการส่งเสริมการขายที่มีอยู่เดิม เช่น การให้ส่วนลดตั๋วไป-กลับ การให้ส่วนลดสมาชิก 5% และการให้ผู้โดยสารสะสมตั๋วโดยสาร 10 ใบเพื่อใช้สิทธิแลกตั๋วเดินทางฟรี 1 ใบ รวมถึงธุรกิจมีความถี่ในการโฆษณา/ประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างการรับรู้ให้ผู้ใช้บริการมากขึ้น เช่น สัปดาห์ละครั้ง ทำให้กลุ่มเป้าหมายสนใจมาใช้บริการรถโดยสารเพิ่มมากขึ้น

3) จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับส่วนประสมการตลาดด้านราคา พบว่า สัญชาติจีนให้ความสำคัญด้านราคามากกว่าสัญชาติอื่นๆ และระดับรายได้ต่อเดือน 15,001-25,000 บาท ให้ความสำคัญด้านราคามากกว่าระดับรายได้ต่อเดือนมากกว่า 35,000 บาท ดังนั้นธุรกิจควรให้ความสำคัญในประเด็นของสภาพเศรษฐกิจที่มีผลต่อการตัดสินใจเดินทางด้วยรถโดยสาร โดยให้ความสำคัญกับกลุ่มเป้าหมายสัญชาติจีน และระดับรายได้ต่อเดือน 15,001-25,000 บาท ซึ่งถ้าอยู่ในช่วงเศรษฐกิจถดถอยกลุ่มเป้าหมายจะลดการใช้จ่ายและออมเงินมากขึ้น รวมถึงมีการเปลี่ยนจุดหมายการท่องเที่ยวจากเดิมที่มีการใช้จ่ายในราคาสูงเป็นการใช้จ่ายที่มีราคาประหยัดขึ้น ด้วยเหตุนี้ธุรกิจสามารถจัดแพ็คเกจต่างๆ เช่น การเข้าร่วมกับโรงแรมที่พักหรือแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ โดยออกคูปองส่วนลด ตัวอย่างเช่น ถ้ากลุ่มเป้าหมายมีการใช้บริการรถโดยสาร บขส. แบบไป-กลับในเส้นทางกรุงเทพฯ-กระบี่ จะได้ส่วนลด 10% รวมถึงได้คูปองส่วนลดจากการเข้าพักโรงแรม ทริปดำน้ำดูปะการัง และส่วนลดในการซื้อสินค้าจากศูนย์การค้าต่างๆ ในจังหวัดกระบี่สถานที่ละ 10% ส่งผลทำให้กลุ่มเป้าหมายรู้สึกถึงความคุ้มค่าต่อการใช้จ่ายและสนใจมาใช้บริการได้มากขึ้น

4) จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับส่วนประสมการตลาดด้านลักษณะทางกายภาพ พบว่า สถานภาพสมรสให้ความสำคัญด้านลักษณะทางกายภาพมากกว่าสถานภาพอื่นๆ ดังนั้นธุรกิจควรให้ความสำคัญในประเด็นของสถานีเดินรถ/จุดจอด มีความสะอาด ปลอดภัยและทันสมัย โดยให้ความสำคัญกับกลุ่มเป้าหมายที่มีสถานภาพสมรส ซึ่งมีรูปแบบการเดินทางเป็นครอบครัวที่ต้องการความสะดวกสบายและมีความปลอดภัยเป็นสำคัญ ดังนั้นพื้นที่สถานีเดินรถ/จุดจอดจะต้องมีความสะอาดและปลอดภัย เช่น ห้องสุขามีการทำความสะอาดสม่ำเสมอและไม่มืดทึบ ที่นั่งรอรถโดยสารที่สามารถลุกนั่งได้สะดวกไม่แออัด เป็นต้น รวมถึงธุรกิจควรมีการต่อยอดนวัตกรรมที่มีอยู่เดิม ได้แก่ ระบบ GPS ที่มีการแจ้งจุดพิกัดรถโดยสาร และระบบจำหน่ายตั๋วของสถานีเดินรถระหว่างทางรวมถึงระบบจองตั๋วออนไลน์ต่างๆ ที่แสดงผังที่นั่งโดยสารให้ผู้โดยสารเลือกที่นั่ง โดยนำมาผนวกเข้าด้วยกัน คือ การมีระบบ GPS ที่มีการแจ้งจุดพิกัดรถโดยสารในหน้าจอของระบบจำหน่ายตั๋ว กรณีที่ผู้โดยสารต้องการซื้อตั๋วรถโดยสารพร้อมเดินทางทันที ผู้โดยสารจะทราบทันทีว่ารถโดยสารเดินทางอยู่จุดใดและใช้เวลาเท่าไรที่รถโดยสารคันดังกล่าวจะถึงสถานีเดินรถนั้นๆ

5) จากผลการศึกษาของการเปรียบเทียบความพึงพอใจ พบว่า ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจจากการใช้บริการรถโดยสารประจำทางของ บขส. (สถานีเดินรถหัวหิน) ด้านความเต็มใจและรวดเร็วในการตอบสนอง น้อยที่สุด และมีความพึงพอใจน้อยกว่ารถร่วม บขส. และรถประจำทางหมวด 3 ดังนั้นธุรกิจควรพัฒนาให้พนักงานมีทักษะในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว เช่น กรณีระบบขายตั๋วล่มพนักงานเตรียม

ตั๋วมือเพื่อให้บริการแทน กรณีรถโดยสารไม่ตรงต่อเวลา พนักงานมีการตรวจสอบพิกัดรถโดยสารผ่านระบบ GPS แล้วแจ้งผู้ใช้บริการทราบ เป็นต้น ทำให้ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจสูงสุด รวมถึงมีความมั่นใจและมาใช้บริการรถโดยสารในครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ผศ.ดร.ปิยะพรรณ ช่างวัฒนชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ในการให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ดียิ่ง และ ผศ.ดร.ศิวพงศ์ ธีรอำพน ในการให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์และเจ้าหน้าที่โครงการปริญญาโทเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ ภาคพิเศษ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขนทุกท่าน ที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่งมาโดยตลอด รวมถึงผู้ใช้บริการรถโดยสาร บขส. รถไฟ และรถโดยสารประเภทอื่นทุกท่านในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถาม ผู้ประกอบการรถร่วม บขส. รถตู้โดยสาร รถประจำทางหมวด 3 และนายสถานีรถไฟหัวหินที่ให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาครั้งนี้ รวมถึงนายสถานีเดินรถหัวหินและเพื่อนร่วมงานที่ทำให้ผู้ศึกษาได้มีแนวคิดริเริ่มต่อการศึกษาครั้งนี้ เพื่อพัฒนาการให้บริการรถโดยสาร บขส. ให้มีประสิทธิภาพ นำไปสู่การสร้างรายได้ที่เพิ่มขึ้นให้สถานีเดินรถหัวหิน

เอกสารอ้างอิง

[1] กาญจนา นิกรสังขพินิจ และ ระบิล พันภัย. 2561 คุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อความภักดีของผู้ใช้บริการรถตู้โดยสารประจำทางบุรีรัมย์ – นครราชสีมา. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2. คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 16-29.

[2] ฉัตยาพร เสมอใจ. 2549 การบริหารการตลาด. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[3] ฉลองศรี พิมลสมพงษ์. 2542 การวางแผนและพัฒนาตลาดการท่องเที่ยว. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[4] ธธีร์ธร ธีรขวัญโรจน์. 2546 การตลาดบริการ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[5] ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2560 การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS. กรุงเทพฯ : บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี.

[6] ปพิชญา แทนประสาน. 2557 การตัดสินใจใช้บริการรถตู้สาธารณะของผู้โดยสาร ท่ารถตู้สายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ. วารสารการเงิน การลงทุน การตลาด และการบริหารธุรกิจ ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 : เมษายน – มิถุนายน 2557. การศึกษาค้นคว้าอิสระ สาขาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรังสิต. 612-626.

[7] ปรเมศ บุญเปี่ยม. 2561 การให้บริการรถโดยสารปรับอากาศระหว่างกรุงเทพฯ – อุดรธานี. วารสารการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18 ปีที่ 4. สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 657-672.

[8] วุฒิ สุขเจริญ. 2561 วิจัยการตลาด. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[9] สุรัชนี ตันเวทยานนท์ และ กุลเชษฐ์ มงคล. 2558 ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจใช้บริการรถโดยสารปรับอากาศชั้น 1 : กรณีศึกษาบริษัท ราชบุรีกลุ่ม 76 จำกัด. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มข. 8 ฉบับที่ 1 : มกราคม – มิถุนายน 2558. สาขาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิทยาลัยศึกษาการจัดการมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 63-74.

[10] อนุภาค เสาร์เสาวภาคย์ ชูเกียรติ ชัยบุญศรี และ วรวรรณ บุญเสนอ. 2554 ปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์การใช้บริการรถสาธารณะ (สี่ล้อแดง) กรณีศึกษา : กลุ่มวัยรุ่นในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิทยาการจัดการ ปีที่ 28 ฉบับที่ 1 : มกราคม – มิถุนายน 2554. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 17-31.

[11] Berry et al. 1985 Quality Counts in Services, too. Business Horizons, May-June, pp. 44-52,

[12] Budiono, O. A. 2009 Customer Satisfaction In Publicic Bus Transport : A study of travelers'perception in Indonesia. Master Thesis Service Science Program Karlstad University

[13] Zeithaml, V. A. & Bitner, M. J. 1996 Services Marketing. 1st ed., McGraw-Hill, New York,

ID061

พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจของกำลังแรงงานที่ทำประกันกับบริษัท ธนชาตประกันภัย จำกัด บริษัท ประกันคุ้มภัย จำกัด (มหาชน) บริษัท เมืองไทยประกันภัย จำกัด (มหาชน) บริษัท วิริยะประกันภัย จำกัด บริษัท สินมั่นคงประกันภัย จำกัด (มหาชน)

Consumer behavior and factors affecting the decision to renew the voluntary motor insurance policy of the labor force insuring.

นันทนา พงษ์ยศ
ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail: npphongyod@gmail.com

Nantana Phongyod
Department of Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University
E-mail: npphongyod@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งที่มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์และปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่ออัตราค่าเบี้ยประกันภัย ศึกษาความแตกต่างของการให้ระดับความสำคัญของปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจต่ออายุประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจกับบริษัทประกันวินาศภัยเดิม ศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยด้านประชากรศาสตร์กับการตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจกับบริษัทประกันวินาศภัยเดิม โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 400 ชุด วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และทดสอบถึงความแตกต่างที่ตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีต่อตัวแปรตามใช้การทดสอบวิเคราะห์แบบออเดอร์โปรบิต (Ordered Probit Regression) และการทดสอบวิเคราะห์แบบโลจิสติก (Logistic Regression) เพื่อทดสอบสมมติฐาน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มผู้ที่มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมน้อยกว่ากลุ่มผู้ที่มีการศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าปริญญาตรีที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กลุ่มผู้ประกอบอาชีพข้าราชการมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมน้อยกว่ากลุ่มผู้ประกอบอาชีพนักเรียน/นักศึกษาที่ระดับความเชื่อมั่น 90% เหตุผลในการซื้อประกันภัยเพื่อป้องกันทรัพย์สินและคุ้มครองตนเองจะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมน้อยกว่ากลุ่มที่มีเหตุผลในการซื้อประกันภัยเพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การให้ระดับความสำคัญของปัจจัยทางการตลาดกับการตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจกับบริษัทเดิม ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญและมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกับบริษัทเดิมน้อยลงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้แก่ ปัจจัยความหลากหลายของรูปแบบประกัน และปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญและมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกับบริษัทเดิมมากขึ้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้แก่ ปัจจัยความคุ้มค่าของค่าเบี้ยประกันภัยต่อการซื้อประกัน ปัจจัยการมีสาขาและตัวแทนครอบคลุมทั่วประเทศ ปัจจัยการให้ส่วนลดประกันภัยต่างๆ ปัจจัยของการมีสำนักงานสาขามีที่จอดรถเพียงพอ ปัจจัยการมีสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสำนักงาน เช่น เครื่องดื่ม ของว่าง ปัจจัยในการถึงสถานที่เกิดเหตุรวดเร็ว ปัจจัยการพิจารณาและจ่ายค่าสินไหมที่รวดเร็ว

คำหลัก การประกันภัยรถยนต์, การต่อประกันภัยรถยนต์, ทุนเอาประกันภัยหรือจำนวนเงินที่เอาประกันภัย, เบี้ยประกันภัย

Abstract

The purpose of this research was to study consumer behavior. Demographic factors and marketing factors affecting insurance rates study the differences in the level of importance of marketing factors affecting the decision to renew the voluntary car insurance with the original insurance company. Study consumer behavior and demographic factors and the decision to renew the voluntary car insurance policy with the original insurance company. By using the questionnaire for collecting data in 400 sets, analyzing data by using descriptive statistics and testing the differences that each independent variable has to the variables using order analysis. Ordered Probit Regression and Logistic Regression to test hypotheses. The results showed that those with a bachelor's degree are less likely to decide to renew their policy with the same company than those with a bachelor's degree with a 95% confidence. Civil servant career is less likely to decide to renew the policy with the same company more than the student group at a confidence level of 90%. The reason for buying insurance for protection of assets and self-protection will decide to renew the policy with the same company less than the group that has reason to buy insurance to reduce the burden of expenses when the accident occurs at the level of 95% confidence. The importance of marketing factors with the decision to renew the voluntary car insurance policy with the same company. The results showed that Factors that the sample group pays less attention to and the probability of renewing the same company at the 95% confidence level is the variety of insurance forms and the factors that the samples give importance to and are more likely to decide to renew with the same company at the 95% confidence level, the value of the insurance premiums for purchasing insurance Factors of having branches and agents nationwide Various insurance discount factors The factor of having a branch office with sufficient parking space Factors that have office facilities such as beverages, snacks, and quick access to crime scene Factors for considering and paying fast claims

Keywords: car insurance, car renew-insurance, sum insure, insurance premium

1. บทนำ

ปัจจุบันการประกันภัยรถยนต์มีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของพฤติกรรมของผู้บริโภค เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมในการดำเนินธุรกิจ ซึ่งมีผลทำให้ธุรกิจประกันภัยมีความจำเป็นที่จะต้องปรับตัวรับกับสิ่งใหม่ๆเพื่อให้บริษัทประกันภัยอยู่รอด การประกันรถยนต์ขณะนี้ไม่ได้มีอัตราการแข่งขันรุนแรงมาก เพราะบริษัทประกันวินาศภัยที่คิดราคาเบี้ยประกันภัยในอัตราที่ถูกเพื่อแข่งขั้นนั้นต่างเห็นผลจากการขาดทุนที่สะท้อนออกมา ประกอบกับค่าซ่อม ค่าอะไหล่และค่าชดเชยบุคคลที่สาม (third-party) ที่มีความเสียหายเกี่ยวเนื่องตามมาค่อนข้างมาก ส่งผลให้ค่าสินไหมเพิ่มขึ้น โดยรูปแบบการแข่งขันแบบใหม่จะเน้นการให้บริการและออกใหม่ ๆ มากขึ้น ประกอบกับเทคโนโลยี (อินชัวร์เทค) จะเข้ามามีผลต่อการขายประกัน ทำให้บริษัทประกันต้องพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ออกมาแข่งขันมากขึ้น ซึ่งจะเห็นการแข่งขันด้านบริการมากกว่าด้านราคา การส่งเสริมพัฒนาธุรกิจประกันภัยให้มีประสิทธิภาพ โปร่งใส น่าเชื่อถือ และคุ้มครองผู้บริโภคให้ได้รับสิทธิประโยชน์จากการประกันภัยอย่างรวดเร็ว ถูกต้องและครบถ้วนรวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประกันภัยใหม่ๆ อาทิ ปรับปรุงระบบขอรับความเห็นชอบอัตราเบี้ยประกันภัย แบบและข้อความกรมธรรม์ประกันภัย ให้ผู้บริโภคเข้าใจง่ายส่งเสริมให้มีการพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ ผ่านศูนย์ Center of InsurTech,Thailand (CIT) พัฒนาระบบ E-Claim Gateway เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการ

ค่าสินไหมทดแทนกรณีประกันภัยรถยนต์ ในการประกันภัยบริษัทประกันภัยก็ต้องการปริมาณหรือเบี้ยประกันภัยที่เพียงพอ โดยแหล่งที่มาของเบี้ยควรจะเริ่มจากการรักษาฐานลูกค้าเดิมไว้ ทั้งนี้เพื่อใช้จ่ายในค่าสินไหมทดแทนและอีกส่วนที่เป็นกำไรเพื่อให้บริษัทดำเนินการต่อไปได้และความต้องการของผู้บริโภคที่สูงขึ้นซึ่งเป็นความต้องการทางด้านคุณภาพ ไม่ว่าจะเป็นบริการที่เร็วขึ้น หรือผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับความต้องการ ทางผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการเพื่อให้ตรงความต้องการของผู้บริโภค จึงเป็นที่มาของการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจของกำลังแรงงาน

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยด้านประชากรศาสตร์กับการตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจกับบริษัทประกันวินาศภัยเดิม

2.2 เพื่อศึกษาความแตกต่างของการให้ระดับความสำคัญของปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจต่ออายุประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจกับบริษัทประกันวินาศภัยเดิม

2.3 เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคปัจจัยด้านประชากรศาสตร์และปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่ออัตราค่าเบี้ยประกันภัย

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในหัวข้อพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจของกำลังแรงงานที่ทำประกันกับบริษัท ธนชาตประกันภัย จำกัด บริษัท ประกันคุ้มภัย จำกัด (มหาชน) บริษัท เมืองไทยประกันภัย จำกัด (มหาชน) บริษัท วิริยะประกันภัย จำกัด บริษัท สินมั่นคงประกันภัย จำกัด (มหาชน) ซึ่งการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้วิธีการวิจัยเชิงการสำรวจ (Survey Research) ผ่านการเก็บข้อมูลทางแบบสอบถาม (Questionnaire) และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อสรุปผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นผู้ที่มีกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ (Voluntary Motor Insurance) ซึ่งเป็นผู้ที่เคยตัดสินใจซื้อประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว ผู้วิจัยอ้างอิงจากจำนวนรถจดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31มกราคม 2561 มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 38,428,304 คัน [กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมขนส่งทางบก, 2561] ซึ่งในจำนวนนี้เป็นรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ และกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบก ซึ่งจำเป็นต้องทำประกันภัยรถยนต์ภาคบังคับตามกฎหมาย แต่ไม่ทราบจำนวนรถยนต์ที่ทำประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจ จึงทำให้ไม่ทราบถึงจำนวนประชากรที่แน่นอนได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะกำหนดกลุ่มตัวอย่างตามกรณีที่ไม่ทราบจำนวนประชากร

สูตรของ W.G. Cochran

$$n = \frac{P(1-P)Z^2}{d^2} \quad (1)$$

กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และ P = 0.5

โดยที่ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

Z คือ ค่าสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

P คือ สัดส่วนของประชากร

d คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากกลุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ โดยในงานวิจัยนี้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5% เมื่อนำไปแทนค่าในสูตร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย ค่า z = 1.96

แทนค่า

$$n = \frac{(0.5)(1-0.5)(1.96)^2}{(0.05)^2} \quad (2)$$

ดังนั้น n = 384.16

จากการคำนวณข้างต้นพบว่า ในกรณีไม่ทราบจำนวนประชากร ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% จะได้กลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเท่ากับ 385 ตัวอย่าง (เก็บข้อมูลจริง 400 ชุด)

การถดถอยโลจีสติก (Logistic Regression) ใช้ในการวิเคราะห์ตัวแปรเชิงพหุที่มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าหรือทำนายเหตุการณ์ที่สนใจว่าจะเกิดหรือไม่เกิดเหตุการณ์นั้นภายใต้อิทธิพลของตัวปัจจัยต่างๆ แบบจำลองโลจีสติกประกอบด้วยตัวแปรตาม (หรือตัวแปรเกณฑ์) ที่ต้องเป็นตัวแปรแบบทวินาม (Dichotomous Variable) คือมีได้สองค่า เช่น “ต่ออายุ” กับ “ไม่ต่ออายุ” และตัวแปรอิสระ

แบบจำลองการถดถอยโลจีสติก เป็นการประมาณค่า

ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ มีตัวแบบ มาจากฟังก์ชันโลจีสติก หากมีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวฟังก์ชันจีสติก จะแสดงความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่มีรูปดังต่อไปนี้

$$\text{Prob(event)} = \frac{e^{(\beta_0+\beta_1 x)}}{1+e^{(\beta_0+\beta_1 x)}} \quad (3)$$

$$\text{หรือProb(event)} = \frac{1}{1+e^{-(\beta_0+\beta_1 x)}} \quad (4)$$

เมื่อ β_0 คือ ค่าคงที่ (เมื่อไม่มีอิทธิพลจากตัวแปรอิสระใด)

β_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ (ประมาณได้จากข้อมูลสังเกต)

x คือ ตัวแปรอิสระ (ตัวแปรทำนาย)

e คือ ลอการิทึมธรรมชาติ (มีค่าประมาณ 2.71828....)

ในกรณีที่มีตัวแปรทำนายหลายตัว (n) ฟังก์ชันโลจีสติกจะแสดงในรูปดังนี้

$$\text{Prob(event)} = \frac{e^z}{1+e^z} \quad (5)$$

$$\text{หรือ Prob(event)} = \frac{1}{1+e^{-z}} \quad (6)$$

เมื่อ Z คือ Linear Combination ที่อยู่ในรูป

$$Z = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x + \cdots + \beta_n x_n \quad (7)$$

เมื่อการเกิดเหตุการณ์แสดงเป็นความน่าจะเป็น ดังนั้นความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์ ก็คือ

$$\text{Prob(no event)} = 1 - \text{Prob(event)} \quad (8)$$

ถ้าแทน Prob (event) ด้วย P_y และแทนค่า Z ตามสมการก็จะได้รูปฟังก์ชัน ดังนี้

$$P_y = \frac{1}{1+e^{-(\beta_0+\beta_1 x+\beta_2 x+\cdots+\beta_n x_n)}} \quad (9)$$

ในการวิเคราะห์การถดถอยโลจีสติก อัตราส่วนของโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์แสดงในรูปต่อไปนี้

$$\text{odds} = \frac{P_y}{1-P_y} \quad (10)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรทำนายที่ไม่ได้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น จึงต้องแปลงฟังก์ชันให้อยู่ในรูปเชิงเส้น (Logistic Transformation) จะได้ Log of odds ที่เรียกว่า logit ซึ่งก็ คือแบบจำลองโลจิตที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรทำนายที่อยู่ในรูปต่อไปนี้

$$\log(\text{odds}) = \ln\left(\frac{P_y}{1-P_y}\right) \quad (11)$$

โดยสามารถแสดงให้อยู่ในรูปสมการถดถอยเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\log(\text{odds}) = \text{logit} = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x + \cdots + \beta_n x_n \quad (12)$$

การทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยวิธีLikelihood Ratio Test การทดสอบอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น เป็นการพิจารณาค่า Log-Likelihood (LL) ของ แบบจำลองโลจีสติกกรณีที่ไม่มีตัวแปรอิสระ (baseline) กับกรณีที่มีตัวแปรอิสระ โดยการเปรียบเทียบผลต่าง ระหว่างค่า -2LLs ที่มีการแจกแจงแบบ Chi-square หรืออาจเรียกว่า ค่าพฤติกรรมเบี่ยงเบน (Deviance) หากมีค่าสูงแสดงว่าการเพิ่มตัวแปรอิสระเข้าไปในแบบจำลองมีส่วนช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่ยังไม่สามารถ อธิบายได้ จะทำการทดสอบไคสแคว์เพื่อประเมินว่า ค่า -2LLs ระหว่างโมเดลฐานกับโมเดลที่มีตัวแปรอิสระมี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

Test of Model Coefficients

$$LL = \sum_{i=1}^{n} y_i \ln(\hat{Y}_i) + (1 - Y_i)\ln(1 - \hat{Y}_i) \quad (13)$$

$$\lambda^2 = 2[(LL_{base\ model} - LL_{new\ model})] \quad (14)$$

ตัวแปรต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์การตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์มีดังนี้ sex แทน เพศของกลุ่มตัวอย่าง age แทน ช่วงอายุของกลุ่มตัวอย่าง edu แทน ระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง inc แทน ช่วงรายได้ของกลุ่มตัวอย่าง ocu แทน อาชีพของกลุ่มตัวอย่าง num แทน จำนวนรถยนต์ที่ทำประกันภาคสมัครใจของกลุ่มตัวอย่าง yea แทน อายุรถยนต์ของกลุ่มตัวอย่าง typ แทน ประเภทกรมธรรม์ของกลุ่มตัวอย่าง com แทน บริษัทประกันที่กลุ่มตัวอย่างเลือกใช้ sob แทน ช่องทางการซื้อประกันของกลุ่มตัวอย่าง cau แทน เหตุผลในการทำประกันของกลุ่มตัวอย่าง cps แทน บุคคลที่มีอิทธิพลในการตัดสินใจเลือกซื้อประกันของกลุ่มตัวอย่าง pay แทน ช่องทางการชำระค่าเบี้ยประกันของกลุ่มตัวอย่าง rep แทน ชื่อเสียงของบริษัท con แทน เงื่อนไขความคุ้มครอง gar แทน จำนวนศูนย์บริการหรืออู่ในเครือบริษัท var แทน ความหลากหลายของรูปแบบประกัน wor แทน ความคุ้มค่าของค่าเบี้ยประกันภัย rig แทน เบี้ยที่ถูกกว่าเมื่อเทียบกับบริษัทอื่น dd แทน ค่าเสียหายส่วนแรก way แทน ช่อองทางการจัดจำหน่าย bra แทน การมีสาขาและตัวแทนที่ครอบคลุมทั่วประเทศ loc แทน สถานที่ตั้งสาขาสะดวกต่อการติดต่อ ads แทน การประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่างๆ dis แทน การให้ส่วนลดประกันภัยต่างๆ ren แทน การส่งใบเตือนแจ้งก่อนกรมธรรม์หมดอายุ ent แทน ความกระตือรือร้นในการให้บริการของพนักงาน eff แทน ความช่วยเหลือและแก้ปัญหาในการบริการอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วของพนักงาน kno แทน ความเชี่ยวชาญในการ

ให้คำแนะนำเกี่ยวกับรายละเอียดของกรมธรรม์ประกันภัย ของพนักงาน dre แทน การแต่งกายสุภาพและเหมาะสมของ พนักงาน par แทน สำนักงานสาขามีที่จอดรถเพียงพอ fac แทน สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสำนักงาน เช่น เครื่องดื่ม ของว่าง bea แทน อุปกรณ์การทำงานที่ทันสมัย ของบริษัท sta แทน การทำงานถูกต้องและเป็นมาตรฐาน fas แทน การถึงสถานที่เกิดเหตุรวดเร็ว sfa แทน การ พิจารณาและจ่ายค่าสินไหมที่รวดเร็วและตัวแปรตามที่ใช้ใน การวิเคราะห์การตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์ คือ Y_1 แทน การ ตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์และ Y_2 แทน ค่าเบี้ยประกันภัยของ กลุ่มตัวอย่าง

4. ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจต่ออายุประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจกับบริษัทประกันวินาศภัยเดิม

Y1	Coef.	Std.Err.	Z	P>|z|
2.sex	-0.0238737	0.4726192	-0.05	0.96
age				
2	2.418658	2.38099	1.02	0.310
3	2.125565	2.381878	0.89	0.372
4	3.450317	2.416375	1.43	0.153
edu				
2	-3.755778	1.272629	-2.95	0.003
inc				
2	-0.4160798	2.124582	-0.20	0.845
3	-0.5523015	2.695479	-0.20	0.838
4	0.3592228	2.755088	0.13	0.896
5	-1.67876	2.797595	-0.6	0.548
ocu				
2	-1.836922	0.9505539	-1.93	0.053
num				
2	0.0137823	0.7418366	0.02	0.985
yea				
2	-0.060731	1.324629	-0.05	0.963
3	-13.68024	785.921	-0.02	0.986
typ				
4	0.3581271	1.260237	0.28	0.776
5	13.87661	785.9195	0.02	0.986
com				
2	0.8960363	0.5837208	1.54	0.125
3	'-0.0332732	0.5633726	'-0.06	0.923
4	0.4408555	0.7038222	0.58	0.562
5	0.208347	0.5159756	0.40	0.686
Y2	0.3121104	0.2016896	1.55	0.122
sob				
2	0.7306531	0.6505058	1.12	0.261
3	0.7671851	0.7172498	1.07	0.285
4	'-1.051421	0.9291913	-1.13	0.258
5	0.1229626	0.7059867	0.17	0.862
cau	-			
2	0.97117806	0.7694174	-1.26	0.207
3	-1.500543	0.4784783	-3.14	0.002
4	-0.7292157	0.5902174	-1.24	0.217
cps				
2	0.4403307	0.4765641	0.92	0.356
3	0.1675978	0.5514792	0.30	0.761
4	1.161807	0.760124	1.53	0.126
5	1.448612	0.9281815	1.56	0.119
pay				
2	0.0409066	0.5217206	0.08	0.938
3	-0.4522121	0.5034612	-0.90	0.369
4	-0.8591891	0.891955	-0.96	0.335
rep	0.1331298	0.2951214	0.45	0.652
con	-0.2766803	0.2226768	-1.24	0.214
gar	-0.1334462	0.4114801	-0.32	0.746
var	-0.5475855	0.1935536	-2.83	0.005
wor	0.67445	0.216758	3.11	0.002
rig	-0.1614525	0.3966903	-0.41	0.684
ded	0.486394	0.4415672	1.10	0.271
way	0.5725732	0.55013349	1.14	0.253
bra	1.745018	0.6827737	2.56	0.011
loc	-0.0643721	0.4643544	-0.14	0.89
ads	-0.2181321	0.6190304	-0.35	0.725
dis	1.2211454	0.5532763	2.21	0.027
ren	0.2935797	0.4885671	0.6	0.547
ent	-0.0081006	0.3844936	-0.02	0.938
eff	0.290091	0.402412	0.72	0.471
kno	0.2253682	0.3302875	0.68	0.495
dre	-0.0422146	0.2494315	-0.17	0.866
par	0.9402267	0.3460396	2.72	0.007

Y1	Coef.	Std.Err.	Z	P>|z|
fac	0.8901774	0.3712226	2.4	0.016
bea	0.2104029	0.4892612	0.43	0.667
sta	0.4695169	0.3499317	1.34	0.18
fas	0.7256056	0.2936629	2.47	0.013
sfa	0.5087987	0.2380585	2.14	0.033

ผลการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยด้านประชากรศาสตร์พบว่า กลุ่มผู้ที่มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมน้อยกว่ากลุ่มผู้ที่มีการศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าปริญญาตรีที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กลุ่มผู้ประกอบอาชีพข้าราชการมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมน้อยกว่ากลุ่มผู้ประกอบอาชีพนักเรียน/นักศึกษาที่ระดับความเชื่อมั่น 90% เหตุผลในการซื้อประกันภัยเพื่อป้องกันทรัพย์สินและคุ้มครองตนเองจะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมน้อยกว่ากลุ่มที่มีเหตุผลในการซื้อประกันภัยเพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การให้ระดับความสำคัญของปัจจัยทางการตลาดกับการตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์ประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจกับบริษัทเดิม ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญและมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกับบริษัทเดิมน้อยลงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้แก่ ปัจจัยความหลากหลายของรูปแบบประกัน และปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญและมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกับบริษัทเดิมมากขึ้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้แก่ ปัจจัยความคุ้มค่าของค่าเบี้ยประกันภัยต่อการซื้อประกัน ปัจจัยการมีสาขาและตัวแทนครอบคลุมทั่วประเทศ ปัจจัยการให้ส่วนลดประกันภัยต่างๆ ปัจจัยของการมีสำนักงานสาขามีที่จอดรถเพียงพอ ปัจจัยการมีสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสำนักงาน เช่น เครื่องดื่ม ของว่าง ปัจจัยในการถึงสถานที่เกิดเหตุรวดเร็ว ปัจจัยการพิจารณาและจ่ายค่าสินไหมที่รวดเร็ว

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราค่าเบี้ยประกันภัย

Y2	Coef.	Std.Err.	Z	P>|z|
2.sex	0.440622	0.1436486	0.31	0.759
age				
2	-1.042682	0.876347	-1.19	0.234
3	-0.8618203	0.8740348	-0.99	0.324
4	-0.9750522	0.8751082	-1.11	0.265
edu				
2	-0.4464012	0.4931296	-0.91	0.365
3	-0.701737	0.529028	-1.33	0.185
inc				
2	1.15229	0.838079	1.37	0.169
3	1.767213	0.9549748	1.85	0.064
4	1.436996	0.9645626	1.49	0.136
5	1.706277	0.9788547	1.74	0.081
ocu				
2	0.2622379	0.3117668	0.84	0.4
num				
2	0.0145209	0.2312885	0.06	0.950
3	'-0.3768914	0.6462035	'-0.58	0.560
yea				
2	-0.9867546	0.4923132	-2.00	0.045
3	-5.575157	1509.877	-0.00	0.997
typ				
3	-16.05811	1936.445	-0.01	0.993
4	-8.443122	177.5672	-0.05	0.962
5	-8.392009	1516.804	-0.01	0.996
com				
2	-0.2739138	0.1874386	-1.46	0.144
3	-0.355173	0.1850402	-1.92	0.055
4	-0.4726296	0.2204556	-1.94	0.832
5	-0.0997567	0.1730659	-0.58	0.564
sob				
2	0.226453	0.2251428	1.01	0.315
3	0.2264083	0.2393258	0.95	0.344
4	0.3469243	0.3616088	0.96	0.337
5	0.1124162	0.2600255	0.43	0.666
6	-0.0352938	0.4628473	-0.08	0.939
cau				
2	0.0920606	0.2397526	0.38	0.701
3	0.2438598	0.1482262	1.65	0.100
4	0.2652897	0.1806579	1.47	0.142

Y2	Coef.	Std.Err.	Z	P>|z|
cps				
2	-0.28391	0.1595467	-1.78	0.075
3	0.0356734	0.1903957	0.19	0.851
4	-0.0988085	0.2158351	-0.46	0.647
5	-0.5173735	0.2872181	-1.80	0.072
pay				
2	0.3716144	0.1682852	2.21	0.027
3	-0.0211266	0.1587528	-0.13	0.894
4	0.0692856	0.2824638	0.25	0.806
Y1	0.2813211	0.1810822	1.55	0.12
rep	-0.1903514	0.09847	-1.93	0.053
con	0.1588141	0.0711261	2.23	0.026
gar	0.3524169	0.1261491	2.79	0.005
var	0.0714608	0.0554226	1.29	0.197
wor	0.0303616	0.072047	0.42	0.673
rig	-0.0556418	0.14654	-0.38	0.704
ded	0.3800393	0.1561336	2.43	0.015
way	0.1523518	0.1697063	0.9	0.369
bra	-0.4879133	0.1984702	-2.46	0.014
loc	-0.5721863	0.1637076	-3.5	0.00
ads	0.3001305	0.1881294	1.6	0.11
dis	-0.3586277	0.1817014	-1.97	0.048
ren	-0.3156105	0.1594341	-1.98	0.048
ent	0.0083873	0.1236868	0.07	0.946
eff	-0.2708505	0.1334291	-2.02	0.042
kno	-0.0025747	0.1079316	-0.02	0.981
dre	-0.0248647	0.0836893	-0.3	0.766
par	-0.1612464	0.1061067	-1.52	0.129
fac	-0.094449	0.1153255	-0.82	0.413
bea	-0.1018384	0.1591627	-0.64	0.522
sta	-0.0592273	0.1112487	-0.53	0.594
fas	-0.1034524	0.0792274	-1.31	0.192
sfa	-0.0532463	0.0759355	-0.7	0.483

ผลการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราค่าเบี้ยประกันภัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้ 25001 - 35000 บาทและมากกว่า 45001 บาทมีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้ต่ำกว่า 15000 บาทที่ระดับความเชื่อมั่น 90% กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุรถยนต์ระหว่าง 6 – 10 ปีมีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีอายุรถยนต์ระหว่าง 1 – 5 ปีที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กลุ่มตัวอย่างที่ทำประกันภัยกับบริษัทวิริยะประกันภัยมีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ทำประกันภัยกับบริษัท ธนชาตประกันภัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และกลุ่มตัวอย่างที่ทำประกันภัยกับบริษัท เมืองไทยประกันภัย มีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันน้อยกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ทำประกันภัยกับบริษัท ธนชาตประกันภัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% กลุ่มตัวอย่างที่มีบุคคลผู้อิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อประกันภัยเป็นครอบครัวหรือญาติพี่น้อง บริษัทเช่าซื้อหรือขายรถยนต์มีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันน้อยกว่าผู้ที่ตัดสินใจเลือกซื้อประกันภัยเองที่ระดับความเชื่อมั่น 90% กลุ่มตัวอย่างที่ชำระเงินผ่านช่องทางธนาคารพาณิชย์มีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ชำระเงินผ่านร้านสะดวกซื้อ(Counter service) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กลุ่มตัวอย่างที่ให้ความสำคัญกับเงื่อนไขความคุ้มครอง จำนวนศูนย์บริการหรืออู่ในเครือบริษัทและไม่มีการคิดค่าเสียหายส่วนแรกมีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันแพงกว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กลุ่มตัวอย่างที่ให้ความสำคัญกับชื่อเสียงบริษัทมีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันถูกกว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 90% กลุ่มตัวอย่างที่ให้ความสำคัญกับการมีสาขาและตัวแทนครอบคลุมทั่วประเทศ มีการให้ส่วนลดประกันภัยต่างๆ มีการส่งใบเตือนแจ้งก่อนกรมธรรม์หมดอายุ พนักงานให้ความช่วยเหลือและแก้ปัญหาในการบริการอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วมีความน่าจะเป็นที่จะยินยอมจ่ายเบี้ยประกันถูกกว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5. สรุปผล

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจต่ออายุประกันภัยรถยนต์ภาคสมัครใจกับบริษัทประกันวินาศภัยเดิม ได้แก่ ผู้ที่มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี กลุ่มผู้ประกอบอาชีพข้าราชการ เหตุผลในการซื้อประกันภัยเพื่อป้องกันทรัพย์สินและคุ้มครองตนเอง กลุ่มตัวอย่างที่ให้ความสำคัญกับความหลากหลายของรูปแบบประกัน ความคุ้มค่าของค่าเบี้ยประกันภัยต่อการซื้อประกัน มีสาขาและตัวแทนครอบคลุมทั่วประเทศ มีการให้ส่วนลดประกันภัยต่างๆ สำนักงานสาขามีที่จอดรถเพียงพอ มีสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสำนักงาน เช่น เครื่องดื่ม ของว่าง การถึงสถานที่เกิดเหตุรวดเร็ว การ

พิจารณาและจ่ายค่าสินไหมที่รวดเร็ว ส่วนปัจจัยที่มีผลต่ออัตราค่าเบี้ยประกันภัย ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่มีรายได้ 25001 - 35000 บาทและมากกว่า 45001 บาท กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุรถยนต์ระหว่าง 6 – 10 ปี กลุ่มตัวอย่างที่ทำประกันภัยกับบริษัท วิริยะประกันภัย และบริษัท เมืองไทยประกันภัย กลุ่มตัวอย่างที่มีบุคคลผู้อิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อประกันภัยเป็นครอบครัวหรือญาติพี่น้อง บริษัทเช่าซื้อหรือขายรถยนต์ กลุ่มตัวอย่างที่ชำระเงินผ่านช่องทางธนาคารพาณิชย์ กลุ่มตัวอย่างที่ให้ความสำคัญกับเงื่อนไขความคุ้มครอง จำนวนศูนย์บริการหรืออู่ในเครือบริษัทและไม่มีการคิดค่าเสียหายส่วนแรก กลุ่มตัวอย่างที่ให้ความสำคัญกับชื่อเสียงบริษัท กลุ่มตัวอย่างที่ให้ความสำคัญกับการมีสาขาและตัวแทนครอบคลุมทั่วประเทศ มีการให้ส่วนลดประกันภัยต่างๆ มีการส่งใบเตือนแจ้งก่อนกรมธรรม์หมดอายุ พนักงานให้ความช่วยเหลือและแก้ปัญหาในการบริการอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว

ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิจัยกับทฤษฎีพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีความน่าจะเป็นในการต่ออายุกับบริษัทเดิมวัดจาก $6W_s1H$ โดยต้องมุ่งเน้นไปที่กลุ่มเป้าหมายที่มีเหตุผลในการซื้อประกันภัยเพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดอุบัติเหตุ จะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมมากกว่ากลุ่มที่มีเหตุผลในการซื้อประกันภัยเพื่อป้องกันทรัพย์สินและคุ้มครองตนเอง

ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิจัยกับทฤษฎีประชากรศาสตร์ที่มีความน่าจะเป็นในการต่ออายุกับบริษัทเดิม โดยระดับการศึกษาที่มีความน่าจะเป็นในการต่ออายุกับบริษัทเดิม คือ กลุ่มผู้ที่มีการศึกษาอยู่ในระดับต่ำกว่าปริญญาตรี ส่วนกลุ่มผู้ประกอบอาชีพข้าราชการมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมน้อยกว่ากลุ่มผู้ประกอบอาชีพนักเรียน/นักศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิจัยกับทฤษฎีปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดโดยปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญและมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกับบริษัทเดิมน้อยลง ได้แก่ ปัจจัยความหลากหลายของรูปแบบประกัน และปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญและมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกับบริษัทเดิมมากขึ้น ได้แก่ ปัจจัยความคุ้มค่าของค่าเบี้ยประกันภัยต่อการซื้อประกัน ปัจจัยการมีสาขาและตัวแทนครอบคลุมทั่วประเทศ ปัจจัยการให้ส่วนลดประกันภัยต่างๆ ปัจจัยของการมีสำนักงานสาขามีที่จอดรถเพียงพอ ปัจจัยการมีสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสำนักงาน เช่น เครื่องดื่ม ของว่าง ปัจจัยในการถึงสถานที่เกิดเหตุรวดเร็ว ปัจจัยการพิจารณาและจ่ายค่าสินไหมที่รวดเร็ว

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยด้านประชากรศาสตร์พบว่ากลุ่มผู้ประกอบอาชีพข้าราชการมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกรมธรรม์กับบริษัทเดิมน้อยกว่ากลุ่มผู้ประกอบอาชีพนักเรียน/นักศึกษา ทั้งที่เป็นกลุ่มผู้มีรายได้จากการประกอบอาชีพและมีความสามารถในการจ่ายเบี้ยประกัน ดังนั้นบริษัทประกันภัยควรทำการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้กลุ่มผู้ประกอบอาชีพข้าราชการตัดสินใจไม่ต่อประกันกับบริษัทฯเดิมหรือจัดทำผลิตภัณฑ์เพื่อดึงดูดให้มีอัตราการต่อประกันภัยในอัตราที่สูงขึ้น โดยอาจจะทำการวิจัยแบบ Focus group เพื่อศึกษาถึงสาเหตุที่แท้จริงและนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆเพื่อให้ตรงกับความต้องการที่เปลี่ยนไปของผู้บริโภคซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญและมีความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจต่ออายุกับบริษัทเดิมน้อยลงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ ปัจจัยความหลากหลายของรูปแบบประกัน แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่ตรงความต้องการผู้บริโภคเท่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ปัจจัยความคุ้มค่าของค่าเบี้ยประกันภัยต่อการซื้อประกันก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ตัดสินใจต่ออายุประกันภัยกับบริษัทฯเดิม

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ธนสิน ถนอมพงษ์พันธ์ (ที่ปรึกษาหลัก) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. ศิวพงศ์ ธีรอำพน (ที่ปรึกษาร่วม)

8. เอกสารอ้างอิง

[1] จำนวนรถจดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31มกราคม 2561 ข้อมูลจาก https://web.dlt.go.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 เมษายน 2562)

[2] สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย.2562 ข้อมูลสถิติประกันวินาศภัย ประจำปี 2560 (Online). www.oic.or.th 22 สิงหาคม 2561

[3] ประสพชัย พสุนนท์ 2556 วิจัยไม่ใช่เรื่องยาก วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

[4] กาญจน์เขจร ชูชีพ 2561 การถดถอยโลจีสติก (Logistic Regression) ข้อมูลจากhttp://forest-admin.forest.ku.ac.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 กรกฎาคม 2563)

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Management

ID008

ตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายสินค้าที่เหมาะสมเพื่อวางแผนการผลิต กรณีศึกษา ธุรกิจร้านอาหารจานด่วน

Optimization Sales Forecasting Model for Production Planning: A Case Study of Fast Food Restaurant

ลลิลธร มะระกานนท์[1*] เสาวนีย์ มีภู่[1] จุฑามาศ บุญช่วย[1] ศิริมา วิสารทลีลาพันธ์[1]
[1]แขนงวิชาการจัดการอุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[*]E-mail: m.lalinthorn@gmail.com

Lalinthorn Marakanon[1*], Saowanee Meephoo[1], Juthamat Boonchuay[1] and Sirima Wisaradilaphanphan[1]
Major in Industrial Management, Program in Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology at Thepsatri Rajabhat University
[*]E-mail: m.lalinthorn@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ยอดขายสินค้า ในครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลา 2 วิธี คือ วิธีวินเตอร์และวิธีการแยกองค์ประกอบ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 42 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2559 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2562 มาทำการวิเคราะห์ผล ปรากฏว่า วิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยพิจารณาจากค่า MAPE, ค่า MAD และค่า ซึ่งน้อยว่าวิธีวินเตอร์แบบคูณและวิธีวินเตอร์แบบบวก นั่นหมายความว่าวิธีการแยกองค์ประกอบ มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ของอนุกรมเวลาชุดนี้ ผลจากการใช้หลายเทคนิคในการพยากรณ์ ซึ่งต้องเหมาะสมกับข้อมูลในอดีตแล้วเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และเมื่อทำการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าอีก 18 เดือน จะเห็นว่ายอดขายที่ได้จากการพยากรณ์มีค่าอยู่ระหว่าง 3,676,731 บาท ถึง 4,883,459 บาท หรือโดยเฉลี่ย 4,280,095 บาท ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำมาใช้ในการประกอบการวางแผนธุรกิจ การสั่งซื้อวัตถุดิบ การวางแผนการขาย การจัดสรรกำลังคน เพื่อให้ธุรกิจมีความพร้อมต่อการบริการลูกค้าให้มากที่สุด

คำหลัก ตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา การพยากรณ์ความต้องการสินค้า

Abstract

The study of sales forecasting models using two methods of time series forecasting analysis, namely the Winters' forecasting method, and the decomposition method. By using the historical data 42 months from January 2016 to June 2019 to analyze the results, it appears that the method of multiplicative decomposition method has the smallest error value of MAPE, MAD, and MSE, which is less than the Winters' multiplicative forecasting method and Winters' additive forecasting method. That means the method for decomposition method suitable for forecasting this time series data. The result of using by many forecasting techniques which must be suitable for historical data and select the prediction technique with the smallest error value. And then predicting the sales in advance for another 18 months, which can be seen that the forecasted sales are between 3,676,731 baht and 4,883,459 baht, or average sales about 4,280,095 baht. The results obtained from this research can be used in the business planning, ordering raw materials, sales planning, and human resource allocation in order to be ready for customer service.

Keywords: Optimization Forecasting Model, Time Series Forecasting, Demand Forecasting

1. บทนำ

เมื่อสภาพการดำเนินธุรกิจของไทยในปัจจุบันอยู่ในสภาพอ่อนไหวต่อปัจจัยภายนอกที่จะเข้ามามีผลกระทบ ไม่ว่าจะเป็นสงครามการค้า มาตรการต่างๆ ตลาดเกิดใหม่ สภาพคล่องของอัตราดอกเบี้ย ตลอดการขยายตัวทางเศรษฐกิจ จากการบริโภคภายในประเทศ อีกทั้งการคาดการณ์แนวโน้มเศรษฐกิจโลกจะมีการชะลอตัวแน่นอน ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงต้องมีความระมัดระวังในการประกอบธุรกิจหรือลงทุน และเน้นการระบายสต๊อกเก่าให้ได้มากที่สุด

ธุรกิจหนึ่งที่มีบทบาทเป็นอย่างมากทั้งในแง่ของการลงทุนและการตลาดของผู้บริโภค คือ ธุรกิจร้านอาหารจานด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้างสรรพสินค้า ส่วนธุรกิจร้านอาหารจานด่วนที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากความต้องการสินค้ามีความผันผวนไปตามฤดูกาลในแต่ละช่วงเดือนของแต่ละปี ดังนั้นยอดขายในแต่ละช่วงจึงไม่เท่าเดิม ซึ่งปัญหาในปัจจุบันในตอนนี้คือยอดขายลดลงจากเดิม ทางบริษัทจึงทำการคิดหาวิธีการสร้างยอดขายโดยใช้การสร้างโปรโมชั่นที่น่าสนใจให้กับลูกค้าเพื่อดึงดูดลูกค้าให้เข้ามาสนใจในสินค้าในร้าน เพื่อเป็นการคาดการณ์ให้มีความแม่นยำมากที่สุด เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จึงมีความสนใจที่จะศึกษาจากตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายที่เหมาะสมจากเทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา ซึ่งเป็นการคาดคะเนหรือการทำนายถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาในอนาคต โดยศึกษารูปแบบการเกิดของเหตุการณ์จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมอย่างมีระบบ จะใช้ข้อมูลในอดีตมาเป็นตัวแปรวิเคราะห์หาตัวแบบที่สามารถอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ต้องการศึกษาหรือค่าสังเกตที่เก็บตามลำดับเวลา และใช้ตัวแบบที่มีความแม่นยำสูงสุดมาเป็นตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ค่าที่ต้องการศึกษาหรือค่าสังเกตในอนาคต ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยจำนวนมากที่ได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ เช่น การพยากรณ์ยอดขายของข้าวฮางงอกกรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้อยจอมศรี จังหวัดสกลนคร [1] การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าอุปโภคที่เหมาะสมของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง [2] การวิเคราะห์ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ยอดขายเสื้อผ้า [3] การพยากรณ์ยอดขายกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร [4] ตัวแบบการพยากรณ์เพื่อการวางแผนการสั่งซื้อสินค้ายางนอกล่วงหน้า [5] การศึกษาวิธีการพยากรณ์สำหรับธุรกิจให้บริการด้านอาหาร [6] การเปรียบเทียบตัวแบบรวมถึงการนำมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ยอดขายสินค้า [7] นอกจากนี้ ยังพบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่มีการนำเทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาไปใช้ในหลายอุตสาหกรรมด้วยกัน [8], [9], [10] ซึ่งจะเห็นว่าเป็นเครื่องมือที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

จากที่มาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าวข้างต้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้จึงทำการศึกษาตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายที่เหมาะสมที่สุด โดยอาศัยเทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา และทำการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดซื้อวัตถุดิบให้เพียงพอในการขายให้รองรับกับความต้องการของผู้บริโภคและเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนที่เกี่ยวกับการขาย การกำหนดแผนการตลาด การจัดสรรกำลังคน รวมถึงการวางแผนการผลิตต่อไปในอนาคต

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการพยากรณ์เพื่อหาค่าสถิติต่างๆ ประกอบด้วยการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา ซึ่งจะได้ค่า MAPE หลายค่าตามแต่ละช่วงเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ยเคลื่อนที่จากนั้นเลือกค่า MAPE ที่น้อยที่สุดและเลือกค่า Seasonal Factor และ Adjusted Forecast เพื่อใช้กำหนดทิศทางในการพยากรณ์ยอดขายในช่วงเวลาอื่นๆ โดยสามารถแทนค่าช่วงเวลาที่ต้องการในสมการพยากรณ์ และนำไปสู่การสรุปผลของการพยากรณ์ทั้งหมดว่า ตัวแบบการพยากรณ์ลักษณะใดที่มีค่าการพยากรณ์ใกล้เคียงกับยอดขายจริงมากที่สุด โดยเทียบค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบแต่ละวิธี

การวิเคราะห์ตัวแบบวิเคราะห์ตัวแบบในการพยากรณ์การผลิต เพื่อหาเทคนิคที่เหมาะสม [11], [12], [13] การวิเคราะห์เลือกตัวแบบในการพยากรณ์ที่ความเหมาะสมที่สุด เพื่อเข้าใจง่ายสามารถแบ่งออกได้ 3 กรณี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์เลือกตัวแบบในการพยากรณ์

กรณี 1 ถ้าข้อมูลไม่มีรูปแบบแนวโน้มหรือฤดูกาล	**กรณี 2 ถ้าข้อมูลมีแนวโน้มแต่ไม่มีฤดูกาล**	**กรณี 3 ถ้าข้อมูลมีรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาล**
• วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ • วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลครั้งเดียว • วิธีวิเคราะห์แนวโน้มเส้นตรง	• วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลซ้ำสองครั้ง • วิธีวิเคราะห์แนวโน้มเส้นตรง • วิธี Box และ Jenkins โดยรูปแบบ ARIMA	• วิธีวินเตอร์ • วิธีการแยกองค์ประกอบ • วิธีวิเคราะห์แนวโน้มเส้นตรง

การตัดสินใจเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมนั้น จะเทียบค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ของแต่ละวิธี และตัดสินใจเลือกเทคนิคพยากรณ์ที่เหมาะสมจากเทคนิคที่ให้ค่าความผิดพลาดหรือค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยใช้ดัชนีการประเมิน ได้แก่ ค่ากลางของเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error; MAPE) หรืออาจพิจารณาจากดัชนีอื่นๆ ประกอบด้วย ได้แก่ ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation; MAD) หรือค่ากลางของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Squared Error; MSE)

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

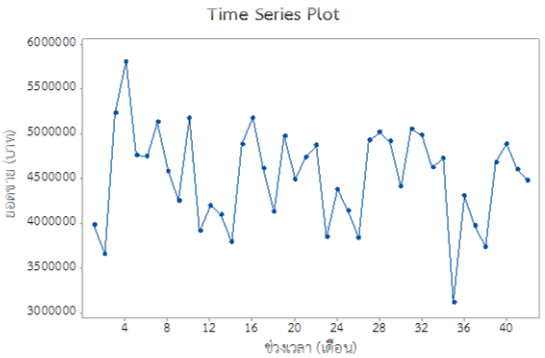
4.1 ผลการรวบรวมและการวิเคราะห์ยอดขาย

จากการรวบรวมข้อมูลยอดขาย (บาท) ที่เป็นรายได้ของสถานประกอบการที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2559 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2562 รวมทั้งสิ้น 42 ช่วงเวลา สามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ยอดขายภัตตาคารอาหารจานด่วนแห่งหนึ่ง

ช่วงเวลา	ยอดขาย (บาท)	ช่วงเวลา	ยอดขาย (บาท)
1	3,976,532.23	22	4,859,639.25
2	3,656,983.18	23	3,839,223.36
3	5,218,880.37	24	4,375,711.21
4	5,798,874.77	25	4,136,947.66
5	4,756,984.33	26	3,837,910.28
6	4,737,600.93	27	4,917,847.66
7	5,119,489.72	28	5,006,402.80
8	4,576,466.36	29	4,905,963.53
9	4,252,842.06	30	4,403,771.03
10	5,172,120.56	31	5,044,324.96
11	3,910,838.32	32	4,971,954.21
12	4,194,490.65	33	4,614,391.59
13	4,091,027.10	34	4,720,472.90
14	3,784,366.36	35	3,118,767.29
15	4,877,583.18	36	4,298,876.93
16	5,171,333.64	37	3,972,759.35
17	4,610,514.02	38	3,732,684.57
18	4,121,013.08	39	4,677,738.75
19	4,967,741.12	40	4,879,898.96
20	4,485,298.13	41	4,598,392.78
21	4,725,244.86	42	4,476,906.06

ผลการสร้าง Time Series Plot โดยนำข้อมูลยอดขายทั้ง 42 ช่วงเวลา มาทำการพล็อตกราฟระหว่างช่วงเวลากับยอดขาย เพื่อดูลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลในเบื้องต้น



รูปที่ 1 Time Series Plot ข้อมูลยอดขายเทียบกับช่วงเวลา

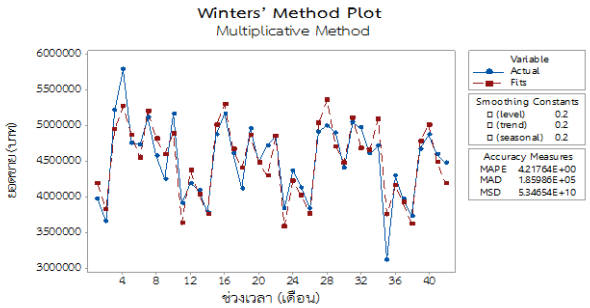
ซึ่งจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลได้ จากลักษณะกราฟที่ได้จะพบว่าข้อมูลมีสภาวะแนวโน้ม และฤดูกาล จึงเห็นได้จากลักษณะของข้อมูล หรือลักษณะกราฟที่ขึ้นลงตามวัฏจักร แสดงกราฟได้ดังรูปที่ 1 ดังนั้น จากลักษณะของ Time Series Plot ข้อมูลยอดขายเทียบกับช่วงเวลานั้นจะเข้ากับกรณี 3 ของตารางที่ 1 ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์เลือกตัวแบบในการพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยสามารถใช้ได้กับวิธีวินเตอร์ วิธีการแยกองค์ประกอบ และวิธีวิเคราะห์แนวโน้มเส้นตรง

4.2 ผลการพยากรณ์ข้อมูล

จากผลการศึกษา ข้อมูลของงานวิจัยนี้เป็นแบบอนุกรมเวลา โดยอาศัยตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเตอร์ และวิธีการแยกองค์ประกอบ [14], [15] สามารถแสดงผลการพยากรณ์ได้ดังนี้

4.2.1 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเตอร์ แบบการคูณ

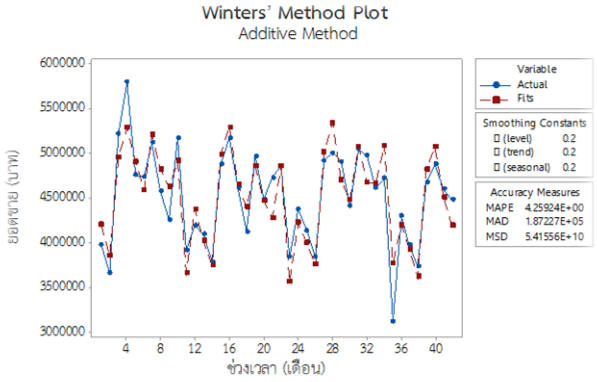
ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเตอร์แบบคูณ กำหนดค่าคงที่ปรับเรียบที่ $\propto$=0.2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเตอร์ แบบการคูณ

4.2.2 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเตอร์ แบบการบวก

ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเตอร์แบบบวก กำหนดค่าคงที่ปรับเรียบที่ α=0.2 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3

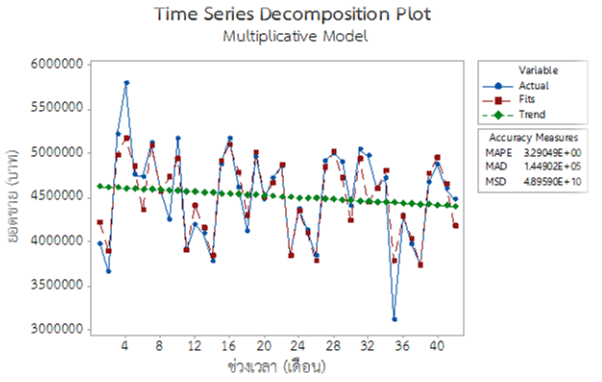


รูปที่ 3 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเตอร์ แบบการบวก

จากรูปที่ 2 และรูปที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบวิธีวินเตอร์แบบการคูณ (α=0.2) กับวิธีวินเตอร์แบบการบวก (α=0.2) จะเห็นได้ว่ามี วิธีวินเตอร์แบบการคูณ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย จึงถือได้ว่ามีความแม่นยำกว่าวิธีวินเตอร์แบบการบวก แต่ในภาพรวมถือว่าค่าความแม่นยำของทั้งสองวิธีนี้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากค่าความคลาดเคลื่อนดังตารางที่ 3

4.2.3 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกองค์ประกอบแบบคูณ

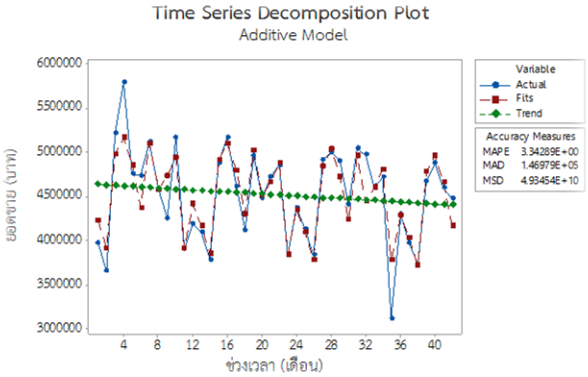
ผลจากการพยากรณ์ด้วยวิธีแยกองค์ประกอบแบบคูณ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกองค์ประกอบแบบการคูณ

4.2.4 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกองค์ประกอบแบบบวก

ผลจากการพยากรณ์ด้วยวิธีแยกองค์ประกอบแบบบวก สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกองค์ประกอบแบบการบวก

จากรูปที่ 4 และรูปที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบวิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณกับวิธีแยกองค์ประกอบแบบการบวกจะเห็นได้ว่าวิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย จึงถือได้ว่ามีความแม่นยำกว่าวิธีแยกองค์ประกอบแบบการบวก ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากค่าความคลาดเคลื่อนดังตารางที่ 3

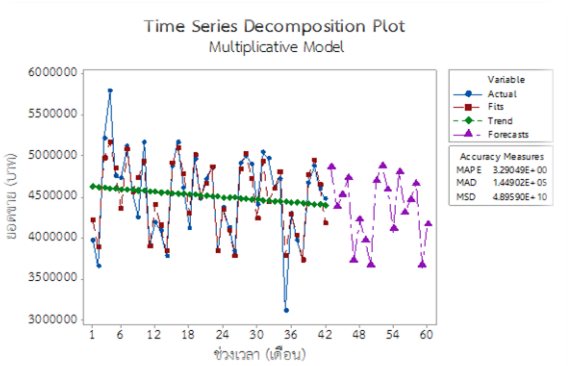
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีวินเตอร์และวิธีแยกองค์ประกอบ

วิธีการพยากรณ์	ค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE)
วิธีวินเตอร์ แบบการคูณ	4.21764
วิธีวินเตอร์ แบบการบวก	4.25924
วิธีการแยกองค์ประกอบแบบการคูณ	3.29049
วิธีการแยกองค์ประกอบแบบการบวก	3.34289

ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของวิธีการพยากรณ์ทุกวิธีดังแสดงในตารางที่ 3 แล้วนั้น จะเห็นได้ว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณ มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกวิธีนี้มาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้า

4.4 ผลการเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า วิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกวิธีนี้มาใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้า 18 เดือน ซึ่งผลการพยากรณ์แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การกระจายตัวของข้อมูลที่ได้จากตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายด้วยวิธีการแยกองค์ประกอบแบบการคูณ และ ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 18 เดือน

เมื่อทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 18 เดือน พบว่ายอดขายได้จากการพยากรณ์มีค่าอยู่ระหว่าง 3,676,731 บาท ถึง 4,883,459 บาท หรือโดยเฉลี่ยแล้วจะมียอดขายอยู่ที่ 4,280,095 บาท แสดงข้อมูลการพยากรณ์ล่วงหน้าได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้า 18 เดือน

ช่วงเวลา	เดือน	ปี พ.ศ.	ค่าพยากรณ์ยอดขาย (บาท)
1	กรกฎาคม	2562	4,873,998
2	สิงหาคม	2562	4,379,426
3	กันยายน	2562	4,533,006
4	ตุลาคม	2562	4,734,727
5	พฤศจิกายน	2562	3,731,461
6	ธันวาคม	2562	4,225,086
7	มกราคม	2563	3,979,782
8	กุมภาพันธ์	2563	3,676,953
9	มีนาคม	2563	4,703,198
10	เมษายน	2563	4,883,459
11	พฤษภาคม	2563	4,585,171
12	มิถุนายน	2563	4,115,767
13	กรกฎาคม	2563	4,802,858
14	สิงหาคม	2563	4,315,426
15	กันยายน	2563	4,466,681
16	ตุลาคม	2563	4,665,367
17	พฤศจิกายน	2563	3,676,731
18	ธันวาคม	2563	4,163,039

ทั้งนี้ ในการเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้นั้น จะต้องมีการพิสูจน์ข้อสมมติฐานทางสถิติก่อนการนำไปใช้ว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์จากค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ในชุดข้อมูลทดสอบ หรือ train set ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางสถิติหรือไม่ เพื่อเลือกแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการนำไปพยากรณ์ยอดขาย หาพิจารณาแล้วว่าค่าความคลาดเคลื่อนว่าอยู่ในเกณฑ์รับได้ ก็จะสามารถนำแบบจำลองที่เหมาะสมดังกล่าวนี้ ไปใช้ในการพยากรณ์อาจเป็นในเดือน ไตรมาส หรือปีตามความต้องการได้

4.5 ผลการวิเคราะห์การนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์สำหรับการช่วยเหลือการตัดสินใจ

จากการประเมินผลข้อมูลที่เกี่ยวกับการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์สำหรับการช่วยเหลือการตัดสินใจ จากผู้จัดการและหัวหน้างาน จำนวน 5 คน ที่เกี่ยวข้องกับการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ซึ่งข้อมูลการประเมินแสดงผลได้ดังตารางที่ 5 โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายตามเกณฑ์การแปลความหมายของลิเคิร์ทสเกล [16] ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์สำหรับช่วยเหลือการตัดสินใจ

รายการประเมิน	คะแนนประเมิน	S.D.	ระดับการประเมิน
1.ด้านการได้ข้อมูลตรงตามความต้องการ	4.40	0.55	มีความพึงพอใจมากที่สุด
2.ด้านความง่ายต่อการทำความเข้าใจผลการพยากรณ์	4.00	0.71	มีความพึงพอใจมาก
3.ด้านความถูกต้องและความแม่นยำของผลลัพธ์	4.20	0.45	มีความพึงพอใจมาก
4.ด้านความสามารถในการช่วยตัดสินใจส่งซื้อวัตถุดิบ	3.80	0.45	มีความพึงพอใจมาก
5.ด้านการวางแผนเกี่ยวกับการขาย	4.40	0.55	มีความพึงพอใจมากที่สุด
6.ด้านการจัดสรรกำลังคน	4.20	0.45	มีความพึงพอใจมาก
ภาพรวม	4.16	0.52	มีความพึงพอใจมาก

จากตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์การนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์สำหรับช่วยเหลือการตัดสินใจ จะเห็นได้ว่า ระดับผลการประเมินในภาพรวมนั้น มีค่าคะแนน 4.16 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก โดยส่วนที่มีระดับประเมินสูงสุด ได้แก่ ด้านการได้ข้อมูลตรงตามความต้องการ รองลงมา ได้แก่ ด้านการวางแผนเกี่ยวกับการขาย ด้านความถูกต้องและความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้ ด้านการจัดสรรกำลังคน ด้านความง่ายต่อการทำความเข้าใจผลการพยากรณ์ และ ด้านความสามารถในการช่วยตัดสินใจส่งซื้อวัตถุดิบ ตามลำดับ

5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ยอดขายของธุรกิจร้านอาหารจานด่วน ด้วยเทคนิคการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา โดยเก็บข้อมูลยอดขายที่เกิดขึ้นจริงในอดีตและปัจจุบันมาทำการวิเคราะห์ตัวแบบในการพยากรณ์ เพื่อหาเทคนิคที่เหมาะสมจากนั้นตัดสินใจเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม ด้วยการเทียบค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบจากการวิเคราะห์แต่ละวิธีและทำการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าไปอีก 18 เดือน เพื่อให้ข้อเสนอแนะต่อสถานประกอบการ ได้นำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการผลิตและประเมินผลการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับช่วยเหลือการตัดสินใจ

การศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ยอดขาย ในครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลา 2 วิธี คือ วิธีวินเตอร์ และวิธีการแยกองค์ประกอบ ผลการวิเคราะห์พบว่า วิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีค่า MAPE = 3.29049 ซึ่งน้อยว่าวิธีวินเตอร์แบบคูณและวิธีวินเตอร์แบบบวก ซึ่งมีค่า MAPE = 4.21764 และ MAPE = 4.25924 ตามลำดับ นั่นหมายความว่าวิธีการแยกองค์ประกอบแบบการคูณ มีความเหมาะสมในการพยากรณ์ของอนุกรมเวลาชุดนี้ จึงทำการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าอีก 18 เดือน จะเห็นได้ว่ายอดขายที่ได้จากการพยากรณ์มียอดขายเฉลี่ยอยู่ที่ 4,280,095 บาท ผลการวิเคราะห์การนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์สำหรับช่วยเหลือการตัดสินใจ จะเห็นได้ว่า ระดับผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก โดยส่วนที่มีระดับประเมินสูงสุด ได้แก่ ด้านการได้ข้อมูลตรงตามความต้องการ จากการวิจัยในครั้งนี้ จึงกล่าวได้ว่า สามารถนำผลการวิเคราะห์ตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายที่เหมาะสมมาใช้ในการประกอบการวางแผนธุรกิจ การสั่งซื้อวัตถุดิบ การวางแผนการขาย การจัดสรรกำลังคน เพื่อให้มีความพร้อมต่อการบริการลูกค้าได้เป็นอย่างดี

6. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ยอดขายของธุรกิจต่างๆ นั้น จะเห็นได้ว่ามีเทคนิควิธีที่มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย แต่ในกรณีของการศึกษาครั้งนี้นั้น จะเห็นว่าข้อมูลของธุรกิจกรณีศึกษาเป็นลักษณะข้อมูลของการที่มีแนวโน้มและมีอิทธิพลของฤดูกาล ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้านี้ในกลุ่มธุรกิจให้บริการด้านอาหารยังพบการรายงานจำนวนไม่มาก

สำหรับวิธีการพยากรณ์ที่ได้นั้น สถานประกอบการจึงสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอนุกรมเวลาชุดอื่นที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่คล้ายคลึงกันได้ หรืออาจใช้การลดระยะเวลาการพยากรณ์ให้สั้นลง รวมทั้งการพยากรณ์ใหม่เมื่อมีข้อมูลใหม่เกิดขึ้นจะสามารถช่วยให้ลดความผิดพลาดลงได้

ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจศึกษาวิธีการพยากรณ์ที่แตกต่างไปควรมีการเพิ่มข้อมูลหรือตัวแปรอื่น ๆ ในการศึกษาครั้งต่อไป เพื่อช่วยในการสร้างเงื่อนไขในการสร้างรูปแบบพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
นอกจากนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ภัทราพล กองทรัพย์ และ นุจิรา กองทรัพย์. 2560. การพยากรณ์ยอดขายของข้าวฮางงอก กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านน้อยจอมศรีจังหวัดสกลนคร, วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 12 ฉบับที่ 2, หน้า 92-108

[2] กนกกาญจน์ มูลผาลา. 2557. การศึกษาเทคนิคการพยากรณ์ยอดขายสินค้าอุปโภคที่เหมาะสมของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง, วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ, ปีที่ 3 ฉบับที่ 1, หน้า 12 – 21.

[3] พรฤดี เนติโสภากุล และ ณัฐทวิช สุภาษา. 2562. การวิเคราะห์ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ยอดขายเสื้อผ้า. วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร, ปีที่ 16 ฉบับที่ 2, หน้า 77-96.

[4] วีระชัย แสงฉาย, ชไมพร ชูทอง, ธนพงษ์ โจภูเขียว และ สาริศ มุ่ยบง. 2561. การพยากรณ์ยอดขายกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรปลายตอกร่วมใจจังหวัดพัทลุง, น.1440-1446 ในรายงานสืบเนื่องการประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, สงขลา.

[5] จารุเดช โตจำศิลป์ และ สิทธิพร พิมพ์สกุล. 2018. ตัวแบบการพยากรณ์เพื่อการวางแผนการสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้าด้วยเทคนิคการปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล. Ladkrabang Engineering Journal, ปีที่ 35

ฉบับที่ 2, หน้า 22-32.

[6] K. Ryu and A. Sanchez. 2013. The evaluation of forecasting methods at an institutional foodservice dining facility, The Journal of Hospitality Financial Management, vol.11, no.1, pp. 27–45.

[7] พรรณิภา คุ้มสิน และ สมศรี บัณฑิตวิไล. 2018. การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ยอดขายเครื่องปรับอากาศ โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์, วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม. Thai Science and Technology Journal, ปีที่ 26 ฉบับที่ 3, หน้า 363-376.

[8] M. M. Hossain and F. Abdulla. 2015. Jute production in Bangladesh: a time series analysis, Journal of Mathematics and Statistics, vol.11, no.3, pp. 93–98.

[9] ปฏิมาพร อุดม. 2556. การพยากรณ์ยอดขายสำหรับผู้แทนจำหน่ายเม็ดพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] S. Hansun. 2016. A new approach of brown's double exponential smoothing method in time series analysis, Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, vol.4, no.2, pp. 75-78.

[11] B. L. Bowerman, R. O'Connell, A. B. Koehler. 2004. Forecasting, Time Series, and Regression: An Applied Approach. 4th. ed. Belmont, CA: Thomson Brook/Cole.

[12] แววดาว พูนสวน. 2550. การศึกษาการพยากรณแบบอนุกรมเวลาเพื่อการวางแผนการผลิต กรณีศึกษา บริษัท เอสบี อุตสาหกรรมเครื่องเรือน จำกัด. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[13] H. Charles. 2004. Forecasting seasonal and trends by exponentially weighted moving averages, International Journal of Forecasting, vol.20, no.1, pp. 5-10.

[14] E. S. Gardner Jr. 1985. Exponential smoothing: The state of the art. Journal of forecasting. 4(1), 1-28.

[15] D. Johnson and M. King. 1988. Basic forecasting techniques, Butterworth, London.

[16] R. A. Likert. 1961. New patterns of management, McGraw-Hill Book Company Inc., New York.

ID021

ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยที่เข้ามาเลือกซื้อพลอย ตลาดพลอยจันทบุรี

Trader's Satisfaction on Buying Gemstone in Chanthaburi Gems Market

ชุติพันธ์ ญาติเฉลิมรัตน์[1] อัครเดช ฐิศุภกร[1, 2*] และ สยมภู หาญภักดีสกุล[1]
[1]สาขาวิชาธุรกิจอัญมณีและเครื่องประดับ คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
[2]หน่วยวิจัยบูรณาการนวัตกรรมวัสดุเครื่องประดับ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี
*E-mail: Akadath@buu.ac.th

Chutipan Yartchalermrat[1] Akadath Thisupakorn[1, 2*] and Sayomphoo Hanpakdeesakul[1]
[1]Department of Gems and Jewelry Business, Faculty of Gems at Chanthaburi, Burapha University
[2]Integrated and Innovation Jewelry Material Research Unit, Faculty of Gems at Chanthaburi, Burapha University
*E-mail: Akadath@go.buu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวไทยและชาวต่างชาติที่เข้ามาเลือกซื้อพลอยภายในตลาดพลอยจันทบุรี โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ค้าพลอยในบริเวณตลาดพลอยจันทบุรี จำนวน 102 คน จำแนกออกเป็นผู้ค้าพลอยชาวไทย จำนวน 50 คน และผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติที่สามารถสื่อสารภาษาอังกฤษได้ จำนวน 52 คน โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผลการศึกษา พบว่า ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวไทยต่อตลาดพลอยจันทบุรี ด้านความพร้อมของตลาดพลอย ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านสถานที่พักและโรงแรมมีเพียงพอต่อผู้ค้าพลอย มีค่าเฉลี่ย 3.80 อยู่ในระดับมาก ด้านสินค้าอัญมณี ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ มีความหลากหลายของอัญมณี มีค่าเฉลี่ย 4.06 อยู่ในระดับมาก ด้านความน่าเชื่อถือ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัญมณีที่ขายของเด็กเดินพลอย มีค่าเฉลี่ย 3.32 อยู่ในระดับปานกลาง และความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติต่อตลาดพลอยจันทบุรี ด้านความพร้อมของตลาดพลอย ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ความเพียงพอของโต๊ะที่ให้เช่าซื้ออัญมณี มีค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับมาก ด้านสินค้าอัญมณี ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ มีความหลากหลายของอัญมณี มีค่าเฉลี่ย 3.96 อยู่ในระดับมาก ด้านความน่าเชื่อถือ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัญมณีที่ขายของเด็กเดินพลอย มีค่าเฉลี่ย 3.30 อยู่ในระดับปานกลาง

คำหลัก ความพึงพอใจ ตลาดพลอย ผู้ค้าพลอย

Abstract

This research focuses on the study of the Thai and Foreign Trader's satisfaction on buying Gemstone in Chanthaburi Gems Market. The representative samples in this research are 102 people of Chanthaburi gem dealers in the gems market, divided into 50 Thais and 52 English-speaking foreigners. The statistical analysis was carried out by percentage, mean ($\bar{x}$), standard deviation (S.D.) and t-test. The research results of satisfaction of Thai dealers towards Chanthaburi gems market represents the highly satisfaction on readiness

of the market with the highest mean towards the accommodation and hotels, representing the mean at 3.80 in the high level. For gemstone products, the highest mean at 4.06 in the high level is presented towards the variety of gemstones. The reliability, the highest mean at 3.32 in the middle level is presented towards the broker's gemstones knowledge and understanding. Satisfaction of foreign dealers towards Chanthaburi gems market represents the highly satisfaction on readiness of the market with the highest mean towards the rent of trading desks, representing the mean at 3.92 in the high level. For gemstone products, the highest mean at 3.96 in the high level is presented towards the variety of gemstones. The reliability, the highest mean at 3.30 in the middle level is presented towards the broker's gemstones knowledge and understanding.

Keywords: Satisfaction, Gems Market, Gems Dealer

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตพลอยที่สำคัญของโลก พลอยที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลกจากแหล่งพลอยในประเทศไทยคือ ทับทิม ไพลิน และบุษราคัม ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ตามแหล่งแร่ของไทย ผู้ค้าพลอยจะแบ่งพลอยออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ พลอยเนื้อแข็งและพลอยเนื้ออ่อน พลอยเนื้อแข็ง หมายถึง ทับทิม และไพลิน ในขณะที่พลอยเนื้ออ่อน หมายถึง พลอยอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าผู้ประกอบกิจการอัญมณีของไทยในอดีตเป็นหนึ่งในด้านการผลิตพลอยเนื้อแข็ง (สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ, 2545)

จังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดในเขตภาคตะวันออก ถือเป็นแหล่งผลิตพลอยที่เป็นที่รู้จักและมีชื่อเสียงแห่งหนึ่งของโลก โดยเฉพาะชื่อเสียงในด้านฝีมือการเผาและการเจียระไนเพื่อเพิ่มมูลค่าของพลอยซึ่งได้รับการยอมรับในระดับโลก (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, 2551) โดยแหล่งการค้าที่สำคัญภายในจังหวัด คือ ย่านตลาดพลอยที่มีผู้ค้าพลอยทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเข้าเลือกซื้ออัญมณีเพื่อนำไปประกอบธุรกิจของตนเอง โดยผู้ค้าพลอยจะเป็นผู้ที่เข้ามาเลือกซื้อพลอยจากเด็กเดินพลอยที่มีหน้าที่นำพลอยมาให้ผู้ค้าพลอยได้เลือกซื้อ หากพอใจในพลอยเม็ดนั้น จึงทำการต่อรองราคา โดยมีเด็กเดินพลอยเป็นคนกลางระหว่างผู้ค้าพลอยและเจ้าของพลอย

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ ในตลาดพลอยจันทบุรี เนื่องจากอัญมณีเป็นสินค้าส่งออกที่ทำกำไรให้กับประเทศลำดับที่ 3 (Thailand Trading Report, 2563) และจากนโยบายที่ผลักดันให้จังหวัดจันทบุรีนั้นเป็นนครอัญมณีโลก (หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ, 2561) ผลที่คาดว่าจะได้รับให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้ทราบถึงข้อมูลที่ควรปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ตลาดพลอยจันทบุรี เป็นศูนย์กลางของการซื้อขายอัญมณีที่มีความเป็นสากล และได้รับการยอมรับจากทั่วโลกและเป็นนครอัญมณี ที่มีความพร้อมในทุกๆ ด้าน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อตลาดพลอยและพฤติกรรมการซื้อพลอยของผู้ค้าพลอยทั้งชาวไทย และชาวต่างชาติ
2. การวิเคราะห์ เปรียบเทียบความพึงพอใจจำแนกตามเชื้อชาติของผู้ค้าพลอย

3. สมมติฐานการวิจัย

ปัจจัยประชากรศาสตร์ของผู้ค้าพลอย ด้านเชื้อชาติ (ผู้ค้าพลอยชาวไทยและผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ) ที่ต่างกันส่งผลต่อความพึงพอใจต่อตลาดพลอยจันทบุรีแตกต่างกัน

4. สำรวจวรรณกรรม

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อสินค้า และการได้รับบริการ หมายถึง ความรู้สึกยินดีของประชาชนที่มีต่อการได้รับบริการในด้านต่างๆ ได้แก่ (เรืองวิทย เทือใหม่, 2558)

- ด้านความสะดวกที่ได้รับ หมายถึง สถานที่ให้บริการมีความพร้อม รวมถึงสถานที่จอดรถที่ให้บริการเพียงพอสะอาด สามารถเข้าถึงสถานที่ได้สะดวก อุปกรณ์ในการให้บริการมีเพียงพอต่อการใช้งาน

- ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ และคุณภาพบริการที่ได้รับ หมายถึง การที่เจ้าหน้าที่ให้บริการแต่งกายเหมาะสม ยิ้มแย้มแจ่มใส ใช้วาจาสุภาพ มีความกระตือรือร้น มีความรู้ในการตอบคำถาม และเชื่อถือได้ รวมถึงการได้รับการบริการที่ถูกต้อง ตรงไปตรงมา จำนวนคนมีเพียงพอต่อการให้บริการ มีคนคอยแนะนำ และมีการแจ้งผลการบริการ

โดย เอนก สุวรรณบัณฑิต และ ภาสกร อดุลพัฒนกิจ (2548) ได้กล่าวว่า ด้านผลิตภัณฑ์บริการ ในการนำเสนอการบริการจะต้องมีผลิตภัณฑ์บริการที่มีคุณภาพ และระดับการให้บริการที่ตรงกับความต้องการของผู้รับบริการ โดยผู้ประกอบการบริการจะต้องแสดงให้ผู้รับบริการเห็นถึงความเอาใจใส่และจริงใจต่อการสร้างเสริมคุณภาพของผลิตภัณฑ์บริการที่จะส่งมอบให้แก่ผู้รับบริการ

ไพรัตน์ มณีวรรณ (2551) ได้ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าเครื่องประดับอัญมณีของผู้บริโภคในอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย พบว่า สิ่งที่คำนึงถึงในการเลือกซื้อเครื่องประดับอัญมณี คือ คุณภาพของสินค้า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อสินค้าเครื่องประดับอัญมณีของผู้บริโภคในอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย โดยภาพรวมมีความสำคัญอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาตามส่วนประสมทางการตลาด พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่ ด้านบุคลากร และปัญหาในการเลือกซื้อสินค้าเครื่องประดับอัญมณีในอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย คือ มีสินค้าปลอมหรือสินค้าเลียนแบบเป็นจำนวนมาก ผู้ขายบอกราคาสูงเกินไป และสินค้าไม่มีคุณภาพ รูปแบบไม่ทันสมัย

อัครินทร์ หาญสมบูรณ์เดช (2558) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงบวกต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องประดับเงินหรือพลอย ของลูกค้าในกรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลเชิงบวกของประสบการณ์ต่อเครื่องประดับ ความรู้เกี่ยวกับเครื่องประดับ การตระหนักรู้เกี่ยวกับราคา การตระหนักรู้เกี่ยวกับเนื้อหาในเว็บไซต์ของผู้บริโภค การตระหนักรู้เกี่ยวกับแฟชั่นที่ทันสมัยของผู้บริโภค การตระหนักรู้ เกี่ยวกับคุณภาพของผู้บริโภค คุณสมบัติของเครื่องประดับ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การกำหนดประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ เป็นผู้ค้าพลอยทั้งชาวไทย และชาวต่างชาติ (สามารถสื่อสารภาษาอังกฤษได้) ที่ทำการเลือกซื้อพลอย บริเวณตลาดพลอย (ตึกจันท์เจมส์ และตรอกกระจ่าง) จังหวัดจันทบุรี โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล ซึ่งแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 4 ตอนดังนี้ แบบสอบถามด้านประชากรศาสตร์ แบบสอบถามด้านพฤติกรรมศาสตร์ แบบสอบถามด้านความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยต่อตลาดพลอยจันทบุรี และข้อเสนอแนะ จากการสำรวจจำนวนประชากร ณ วันที่ 18 มกราคม 2563 มีผู้ค้าพลอย รวม 215 คน แบ่งออกเป็น ผู้ค้าพลอยชาวไทย จำนวน 65 คน และชาวต่างชาติ 150 คน ที่ทำการเลือกซื้อพลอยอยู่ในบริเวณตึกจันท์เจมส์ และตรอกกระจ่าง ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลจากประชากรทั้งหมด

5.2 เครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ

แบบสอบถามสำหรับผู้ค้าพลอย แบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 แบบสอบถามด้านประชากรศาสตร์ ประกอบไปด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ภูมิลำเนา(สำหรับผู้ค้าพลอยชาวไทย) และเชื้อชาติ(สำหรับผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามด้านพฤติกรรมศาสตร์ ประกอบไปด้วย จำนวนของผู้ร่วมเดินทางมาตลาดพลอยในแต่ละครั้ง จำนวนวันในการมาซื้อพลอยที่ตลาดพลอยในแต่ละรอบ เวลาที่เริ่มการซื้อพลอยในบริเวณตลาดพลอย และค่าใช้จ่ายในการซื้อพลอยแต่ละครั้ง

ตอนที่ 3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยต่อตลาดพลอยจันทบุรี ประกอบด้วยกัน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความพร้อมของตลาดพลอย ด้านสินค้าอัญมณี และด้านความน่าเชื่อถือ เป็นการวัดผลแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยกำหนดเป็น 5 ระดับ และแปรผลตาม Likert Scale Proceedings (Rensis Likert, 1967)

ในการแปลความหมายของคะแนนโดยใช้เกณฑ์ประเมินผลจากค่าเฉลี่ย ดังนี้

4.21-5.00 มีความสำคัญระดับมากที่สุด

3.41-4.20 มีความสำคัญระดับมาก

2.61-3.40 มีความสำคัญระดับปานกลาง

1.81-2.60 มีความสำคัญระดับน้อย

1.00-1.80 มีความสำคัญระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Reliability) โดยนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไข ไปหาค่าความเชื่อมั่น โดยนำไปทดลอง (Try out) กับผู้ค้าพลอยในตึก The Silom Galleria เขตสีลม กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 ราย เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิแอลฟา ตามวิธีของครอนบัค (Cronbach) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของความพึงพอใจของผู้ค้าพลอย ด้านความพร้อมของตลาดพลอยที่ระดับ .891 ด้านสินค้าอัญมณีที่ระดับ .915 ด้านความน่าเชื่อถือที่ระดับ .880 และสถิติที่ใช้ในการอธิบายการเปรียบเทียบลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านเชื้อชาติ กับความพึงพอใจของผู้ค้าพลอย ต่อตลาดพลอยจันทบุรี วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ T-test

6. ผลการวิจัย

จากประชากรทั้งหมด 215 คน มีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 102 คน แบ่งออกเป็นผู้ค้าพลอยชาวไทยจำนวน 50 คน และผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติจำนวน 52 คน ทางผู้วิจัยจึงแสดงผลโดยแยกตามเชื้อชาติไทย และชาวต่างชาติ ดังนี้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างผู้ค้าพลอยในตลาดพลอยจันทบุรี จำแนกตามเชื้อชาติ

เชื้อชาติ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ไทย	50	49.02
ปากีสถาน	11	10.79
มาเลเซีย	1	0.98
ฝรั่งเศส	1	0.98
สหรัฐอเมริกา	1	0.98
อินเดีย	33	32.35
แอฟริกา	4	3.92
ฮ่องกง	1	0.98
รวม	102	100

6.1 ข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจและพฤติกรรมของผู้ค้าพลอยเชื้อชาติไทย ที่เข้ามาเลือกซื้อพลอย ตลาดพลอยจันทบุรี

ตอนที่ 1 ข้อมูลปัจจัยทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 66 มีอายุ 31-40 ปี จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38 สถานภาพ สมรส จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 52 มีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดจันทบุรี จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 58 ของผู้ค้าพลอยชาวไทย

ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ส่วนใหญ่เดินทางมาคนเดียว จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38 มาซื้อพลอยเป็นเวลา 2 วัน จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 50 เริ่มซื้อพลอยตั้งแต่เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 52 และพบว่าส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการซื้ออัญมณีแต่ละครั้ง ต่ำกว่า 10,000 บาท จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38

ตอนที่ 3 ข้อมูลด้านความพึงพอใจของผู้ค้าพลอย ต่อตลาดพลอยจันทบุรี ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ด้านความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยด้านความพร้อมของตลาดพลอย ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ด้านสถานที่พักและโรงแรมมีเพียงพอต่อผู้ค้าพลอย มีค่าเฉลี่ย 3.80 อยู่ในระดับมาก (ตารางที่ 2) ด้านสินค้าอัญมณีข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ มีความหลากหลายของอัญมณีมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.06 อยู่ในระดับมาก (ตารางที่ 3) ด้านความน่าเชื่อถือ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัญมณีที่ขายของเด็กเดินพลอย มีค่าเฉลี่ย 3.32 อยู่ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวไทย ด้านความพร้อมของตลาดพลอย

ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวไทย ด้านความพร้อมของตลาดพลอย	$\bar{x}$	S.D.	ระดับสำคัญ	ลำดับ
1. ความสะดวกในการเดินทางมายังจังหวัดจันทบุรี	3.66	1.022	มาก	3
2. ความพร้อมของระบบขนส่งสาธารณะในการเดินทาง	3.42	1.071	มาก	7
3. มีป้ายแสดงการเดินทางมายังตลาดพลอยอย่างชัดเจน	3.48	0.974	มาก	6
4. ความเพียงพอของสถานที่จอดรถ	2.16	1.184	น้อย	15
5. ความเพียงพอของโต๊ะที่ให้เช่าซื้ออัญมณี	3.78	1.036	มาก	2
6. ความเหมาะสมของราคาค่าเช่าโต๊ะ	3.42	0.835	มาก	8
7. ความเหมาะสมของช่วงเวลาการซื้อ-ขาย ในบริเวณตลาดพลอย	3.66	0.772	มาก	4
8. ความปลอดภัยในการซื้อ-ขายอัญมณีในบริเวณตลาดพลอย	3.58	0.928	มาก	5
9. ความสะอาดของตลาดพลอย	3.16	1.113	ปานกลาง	10
10. ความเพียงพอของร้านอาหารบริเวณตลาดพลอย	3.06	1.038	ปานกลาง	11
11. บริเวณตลาดพลอยมีอาหารและเครื่องดื่มให้เลือกอย่างหลากหลาย	2.98	0.915	ปานกลาง	12
12. ราคาอาหารและเครื่องดื่มมีความเหมาะสม	3.22	0.840	ปานกลาง	9
13. มีที่ทิ้งขยะเพียงพอ	2.96	1.087	ปานกลาง	13
14. มีห้องน้ำให้บริการอย่างเพียงพอ	2.52	1.035	น้อย	14
15. สถานที่พักและโรงแรมมีเพียงพอต่อผู้ค้าพลอย	3.80	0.782	มาก	1
รวม	3.26	0.98	ปานกลาง	

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวไทย ด้านสินค้าอัญมณี

ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวไทย ด้านสินค้าอัญมณี	$\bar{x}$	S.D.	ระดับสำคัญ	ลำดับ
1. มีความหลากหลายของอัญมณี	4.06	0.978	มาก	1
2. จำนวนของอัญมณีมีความเพียงพอต่อความต้องการ	3.52	1.015	มาก	3
3. คุณภาพของอัญมณีตรงกับความต้องการ	3.54	0.838	มาก	2
4. ราคาอัญมณีมีความเหมาะสมกับคุณภาพของอัญมณี	3.42	0.758	มาก	4
5. สามารถต่อรองราคาได้อย่างสมเหตุ สมผล	3.26	0.853	ปานกลาง	5
รวม	3.56	0.89	มาก	

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวไทย ด้านความน่าเชื่อถือ

ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวไทย ด้านความน่าเชื่อถือ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับสำคัญ	ลำดับ
1. ความน่าเชื่อถือของเด็กเดินพลอย	3.16	0.792	ปานกลาง	5
2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัญมณีที่ขายของเด็กเดินพลอย	3.32	0.935	ปานกลาง	1
3. ผู้ขายยินดีคืนเงินหากพบว่าอัญมณีไม่ตรงกับคุณภาพที่ผู้ขายกล่าว	3.20	0.969	ปานกลาง	4
4. มีห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณีอยู่ในบริเวณตลาดพลอย	3.28	0.882	ปานกลาง	3
5. ความน่าเชื่อถือของห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณีในตลาดพลอย	3.30	0.886	ปานกลาง	2
รวม	3.25	0.89	ปานกลาง	

6.2 ข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจและพฤติกรรมของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ ที่เข้ามาซื้อเลือกพลอย ตลาดพลอยจันทบุรี

ปัจจัยทางด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 96 มีอายุ 31-40 ปี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 34.6 มีเชื้อชาติอินเดีย จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 63.5 จากผู้ค้าชาวต่างชาติ

ข้อมูลพฤติกรรมศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ส่วนใหญ่เดินทางมา 2 คน จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 38.5 มาซื้อพลอยเป็นเวลา 3 วัน จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 42.3 เริ่มซื้อพลอยตั้งแต่เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 48.1 และพบว่าส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการซื้ออัญมณีแต่ละครั้ง 100,000 บาทขึ้นไป จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 40.5

ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติต่อตลาดพลอยจันทบุรี ด้านความพร้อมของตลาดพลอย ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ความเพียงพอของโต๊ะที่ให้เช่าซื้ออัญมณี มีค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับมาก (ตารางที่ 5) ด้านสินค้าอัญมณีข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ มีความหลากหลายของอัญมณีมาก มีค่าเฉลี่ย 3.96 อยู่ในระดับมาก (ตารางที่ 6) ด้านความน่าเชื่อถือ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัญมณีที่ขายของเด็กเดินพลอย มีค่าเฉลี่ย 3.30 อยู่ในระดับปานกลาง (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ ด้านความพร้อมของตลาดพลอย

ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ ด้านความพร้อมของตลาดพลอย	$\bar{x}$	S.D.	ระดับสำคัญ	ลำดับ
1. ความสะดวกในการเดินทางมายังจังหวัดจันทบุรี	3.76	1.098	มาก	5
2. ความพร้อมของระบบขนส่งสาธารณะในการเดินทาง	2.76	1.061	ปานกลาง	14
3. มีป้ายแสดงการเดินทางมายังตลาดพลอยอย่างชัดเจน	3.74	0.751	มาก	6
4. ความเพียงพอของสถานที่จอดรถ	2.54	1.054	น้อย	15
5. ความเพียงพอของโต๊ะที่ให้เช่าซื้ออัญมณี	3.92	0.724	มาก	1
6. ความเหมาะสมของราคาค่าเช่าโต๊ะ	3.82	0.691	มาก	4
7. ความเหมาะสมของช่วงเวลาการ ซื้อ-ขาย ในบริเวณตลาดพลอย	3.86	0.783	มาก	3
8. ความปลอดภัยในการซื้อ-ขายอัญมณีในบริเวณตลาดพลอย	3.68	0.978	มาก	7
9. ความสะอาดของตลาดพลอย	3.28	1.213	ปานกลาง	12
10. ความเพียงพอของร้านอาหารบริเวณตลาดพลอย	3.42	1.108	มาก	10
11. บริเวณตลาดพลอยมีอาหารและเครื่องดื่มให้เลือกอย่างหลากหลาย	3.40	0.881	ปานกลาง	11
12. ราคาอาหารและเครื่องดื่มมีความเหมาะสม	3.90	0.684	มาก	2
13. มีที่ทิ้งขยะเพียงพอ	3.48	0.886	มาก	9
14. มีห้องน้ำให้บริการอย่างเพียงพอ	3.00	1.050	ปานกลาง	13
15. สถานที่พักและโรงแรม มีเพียงพอต่อผู้ค้าพลอย	3.64	0.749	มาก	8
รวม	3.48	0.91	มาก	

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ ด้านสินค้าอัญมณี

ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ ด้านสินค้าอัญมณี	$\bar{x}$	S.D.	ระดับสำคัญ	ลำดับ
1. มีความหลากหลายของอัญมณี	3.96	1.009	มาก	1
2. จำนวนของอัญมณีมีความเพียงพอต่อความต้องการ	3.46	0.973	มาก	3
3. คุณภาพของอัญมณีตรงกับความต้องการ	3.54	0.973	มาก	2
4. ราคาอัญมณีมีความเหมาะสมกับคุณภาพของอัญมณี	3.18	0.962	ปานกลาง	5
5. สามารถต่อรองราคาได้อย่างสมเหตุสมผล	3.20	1.050	ปานกลาง	4
รวม	3.47	0.99	มาก	

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ ด้านความน่าเชื่อถือ

ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ ด้านความน่าเชื่อถือ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับสำคัญ	ลำดับ
1. ความน่าเชื่อถือของเด็กเดินพลอย	3.28	1.126	ปานกลาง	2
2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัญมณีที่ขายของเด็กเดินพลอย	3.30	1.055	ปานกลาง	1
3. ผู้ขายยินดีคืนเงินหากพบว่าอัญมณีไม่ตรงกับคุณภาพที่ผู้ขายกล่าว	2.92	1.226	ปานกลาง	5
4. มีห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณีอยู่ในบริเวณตลาดพลอย	3.28	0.991	ปานกลาง	3
5. ความน่าเชื่อถือของห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณีในตลาดพลอย	3.18	1.004	ปานกลาง	4
รวม	3.19	1.08	ปานกลาง	

6.3 การวิเคราะห์ เปรียบเทียบความพึงพอใจจำแนกตามเชื้อชาติของผู้ค้าพลอย

สมมติฐานในการวิจัย ปัจจัยประชากรศาสตร์ ด้านเชื้อชาติ (ผู้ค้าพลอยชาวไทยและผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ) ที่ต่างกันส่งผลต่อความพึงพอใจต่อตลาดพลอยจันทบุรี แตกต่างกัน พบว่า ความพึงพอใจของผู้ค้าพลอยต่อตลาดพลอยจันทบุรี ด้านความพร้อมของตลาดพลอย มีค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.102 ด้านสินค้าอัญมณี มีค่านัยสำคัญเท่ากับ .378 และด้านความน่าเชื่อถือ มีค่านัยสำคัญเท่ากับ .352 ซึ่งทั้ง 3 ด้าน มีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่า ปัจจัยประชากรศาสตร์ของผู้ค้าพลอย ด้านเชื้อชาติที่ต่างกัน (ผู้ค้าพลอยชาวไทยและผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ) ส่งผลต่อความพึงพอใจต่อตลาดพลอยจันทบุรี ด้านความพร้อมของตลาดพลอย สินค้าอัญมณี และความน่าเชื่อถือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์สมมติฐาน

ความพึงพอใจ	จำนวนผู้ค้าพลอย (ไทย)(ต่างชาติ)	$\bar{x}$ รวม	Sig.
ด้านความพร้อมของตลาดพลอย	102 (50)(52)	3.37	.102
ด้านสินค้าอัญมณี		3.51	.378
ด้านความน่าเชื่อถือ		3.22	.352

7. สรุปและอภิปรายผล

1. ผู้ค้าพลอยชาวไทย ในด้านความพร้อมของตลาด ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ความเพียงพอของสถานที่จอดรถ มีค่าเฉลี่ย 2.16 รองลงมาคือ ความเพียงพอของห้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 2.52 ที่ทิ้งขยะเพียงพอ มีค่าเฉลี่ย 2.96 ด้านสินค้าอัญมณี ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ สามารถต่อรองราคาได้อย่างสมเหตุสมผล มีค่าเฉลี่ย 3.26 รองลงมาคือ ราคาอัญมณีมีความเหมาะสมกับคุณภาพของอัญมณี มีค่าเฉลี่ย 3.42 ด้านความน่าเชื่อถือ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของเด็กเดินพลอย มีค่าเฉลี่ย 3.16 รองลงมาคือ ผู้ขายยินดีคืนเงินหากพบว่าอัญมณีไม่ตรงกับคุณภาพที่ผู้ขายกล่าว มีค่าเฉลี่ย 3.20

2. ผู้ค้าพลอยชาวต่างชาติ ในด้านความพร้อมของตลาด ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ความเพียงพอของสถานที่จอดรถ มีค่าเฉลี่ย 2.54 รองลงมาคือ ความพร้อมของระบบขนส่งสาธารณะในการเดินทาง มีค่าเฉลี่ย 2.76 ความเพียงพอของห้องน้ำ มีค่าเฉลี่ย 3.00 ด้านสินค้าอัญมณี ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ราคาอัญมณีมีความเหมาะสมกับคุณภาพของอัญมณี มีค่าเฉลี่ย 3.18 รองลงมาคือ สามารถต่อรองราคาได้อย่างสมเหตุสมผล มีค่าเฉลี่ย 3.20 ด้านความน่าเชื่อถือ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ผู้ขายยินดีคืนเงินหากพบว่าอัญมณีไม่ตรงกับคุณภาพที่ผู้ขายกล่าว มีค่าเฉลี่ย 2.92 รองลงมาคือ ความน่าเชื่อถือของห้องปฏิบัติการตรวจสอบอัญมณีในตลาดพลอย มีค่าเฉลี่ย 3.18

3. ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ของผู้ค้าพลอย ด้านเชื้อชาติที่ต่างกัน ส่งผลต่อความพึงพอใจต่อตลาดพลอยจันทบุรี ด้านความพร้อมของตลาดพลอย ด้านสินค้าอัญมณี และด้านความน่าเชื่อถือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อธิบายโดยรวมได้ดังนี้ เนื่องจากตลาดพลอยจันทบุรีเป็นแหล่งการค้าพลอยที่มีชื่อเสียง ที่ดึงดูดผู้ค้าพลอยทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติให้เข้ามาทำธุรกิจเป็นจำนวนมาก จากการประเมิน พบว่า จังหวัดจันทบุรี มีความพร้อมในการยกระดับเป็นศูนย์กลางการค้าพลอยสีของโลกมากที่สุด โดยจุดเด่นของจังหวัดจันทบุรีที่ทำให้มีความพร้อมมากต่อการยกระดับจังหวัดจันทบุรีให้เป็นศูนย์กลางการค้าพลอยสีของโลกที่มีความโดดเด่นมากกว่าพื้นที่อื่น ได้แก่ ปัจจัยด้านสถาบันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ ซึ่งภาครัฐและเอกชนมีการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการมีหน่วยงานอื่นๆ ภายในพื้นที่ เช่น สถาบันการศึกษา และแรงงานในพื้นที่ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการผลิตและการค้าอัญมณี ซึ่งแสดงถึงความยั่งยืนในการพัฒนาอุตสาหกรรมและการค้าพลอยสี (สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ, 2560) และยังสอดคล้องกับการที่กระทรวงพาณิชย์ร่วมกับสถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติได้เห็นถึงความสำคัญของตลาดพลอยจันทบุรี ได้จัดเทศกาลนานาชาติ “พลอยและเครื่องประดับจันทบุรี 2019” เป็นงานแสดงสินค้าอัญมณีและเครื่องประดับ ในระดับนานาชาติภายใต้โครงการพัฒนาจังหวัดจันทบุรีเป็นนครอัญมณี จัดขึ้นตามแนวคิด “พลังแห่งอัญมณีและเครื่องประดับ” (Power of Gemstones and Jewelry) เพื่อพัฒนาและผลักดันให้จังหวัดจันทบุรีก้าวสู่การเป็น “นครอัญมณีของโลก” (สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ, 2562) จากความมีชื่อเสียงด้านอัญมณีนี้จึงทำให้ผู้ค้าพลอยทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเดินทางเข้ามาเพื่อซื้อพลอยที่จังหวัดจันทบุรี

8. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับจังหวัด

1. ทางจังหวัดจันทบุรี ควรปรับปรุงในเรื่องของสถานที่จอดรถในตลาดพลอยที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ค้า โดยการเพิ่มสถานที่จอดรถในบริเวณใกล้เคียง มีรถรับส่งเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ค้า และนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเดินเที่ยวในตลาดพลอย และแหล่งท่องเที่ยวใกล้เคียงกับตลาดพลอย เช่น ชุมชนริมน้ำจันทบูร อาสนวิหารพระนางมารีอาปฏิสนธินิรมล เป็นต้น

2. ควรผลักดันห้องปฏิบัติการตรวจสอบพลอยให้มีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้ค้าพลอยทั้งชาวไทย และชาวต่างชาติ

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ประกอบการ

1. ควรปรับปรุงในเรื่องของการตั้งราคาพลอยของพ่อค้าพลอย เด็กเดินพลอย ที่ไม่เหมาะสมกับคุณภาพของพลอย ควรมีการตั้งราคากลางของสินค้าให้เหมาะสมกับคุณภาพของพลอยนั้นๆ

2. ตลาดพลอยควรมีการตั้งกฎในการคืนสินค้า เนื่องจากเจ้าของพลอย หรือเด็กเดินพลอยบางคน นำพลอยปลอม หรือพลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ มาขายให้กับผู้ซื้อในราคาที่สูง และไม่เป็นไปตามข้อมูลที่เด็กเดินพลอยได้ให้ไว้ก่อนขาย เมื่อผู้ซื้อได้นำพลอยไปตรวจสอบแล้วพบว่าไม่เป็นไปตามที่เจ้าของพลอยหรือเด็กเดินพลอยได้กล่าวอ้าง การนำพลอยมาคืนอาจเกิดปัญหาขึ้นในภายหลังได้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ. 2545. เอกสารการประกอบการสัมมนาเรื่อง สามหมื่นล้านเหรียญ อัญมณีและเครื่องประดับตะวันออกกลาง ตลาดใหญ่ที่ผู้ประกอบการไทยไม่ควรมองข้าม, สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ, กรุงเทพ.

[2] สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2551. รายงานการศึกษาเครือข่ายวิสาหกิจ อัญมณีและเครื่องประดับ จังหวัดจันทบุรี, ข้อมูลจาก https://elibrary.git.or.th/book-detail/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 2 มกราคม 2563).

[3] Thailand Trading Report. 2563. สินค้าออกสำคัญ 10 อันดับแรก. ข้อมูลจาก http://www2.ops3.moc.go.th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 กุมภาพันธ์ 2563).

[4] เรืองวิทย์ เทือใหม่. 2558. รายงานการศึกษาพฤติกรรมการใหบริการของเจาหนาที่กองควบคุมยาสำนักงาน, ข้อมูลจาก www.disaster.go.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 12 มกราคม 2563).

[5] เอนก สุวรรณบัณฑิต และ ภาสกร อดุลพัฒนกิจ. 2548. จิตวิทยาบริการ, สำนักพิมพ์เพรส แอนด์ ดีไซน์, กรุงเทพฯ.

[6] ไพรัตน์ มณีวรรณ. 2551. พฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าเครื่องประดับอัญมณีของผู้บริโภคในอำเภอ แม่สาย จังหวัดเชียงราย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, เชียงราย.

[7] อัครินทร์ หาญสมบูรณ์เดช. 2558. ปัจจัยที่มีอิทธิพลเชิงบวกต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องประดับเงินหรือพลอยของลูกค้าในกรุงเทพมหานคร, ข้อมูลจาก http://dspace.bu.ac.th/ handle/123456789/2319 (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 มกราคม 2563).

[8] หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. 2561. ตลาดพลอยมูลค้า 3 หมื่นล้านฟื้นตัว สมาคมผู้ค้าพลอยฯ ชี้ต่างชาติแห่ซื้อ-ผุดโรงงานเมืองจันท์, ข้อมูลจาก https://www. prachachat.net/local-economy/news-218748 (วันที่สืบค้นข้อมูล 19 กุมภาพันธ์ 2563).

[9] Likert, R. 1967. The Method of Constructing and Attitude Scale. Wiley & Son, New York.

[10] สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ. 2560. ความเป็นไปได้ในการพัฒนาไทยเป็นศูนย์กลางการค้าพลอยสีของโลก. ข้อมูลจาก https://infocenter.git.or.th/Content_View.aspx?id=2258&Lang=TH&mail=1 (วันที่สืบค้นข้อมูล 6 มกราคม 2563).

[11] สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ. 2562. เทศกาลนานาชาติพลอยและเครื่องประดับจันทบุรี 2019. ข้อมูลจาก https://changemsfest.com/th/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 มกราคม 2563).

ID029

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร

ธีรยุทธ พิมเพ็ชร[1*] และ สมบูรณ์ สาระพัด[2]
[1]สถาบันวิชาการวิทยาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
[2] อาจารย์สถาบันวิชาการวิทยาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
[*]E-mail: teerayut.pi@ku.th

Teerayut Pimpetch[1*] and Somboon Saraphat[2]
[1]Academy of Management Sciences, Management Sciences Faculty at Sriracha, Kasetsart University
[2]Professor Management Sciences, Management Sciences Faculty at Sriracha, Kasetsart University
[*]E-mail: teerayut.pi@ku.th

บทคัดย่อ

ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) เป็นเทคโนโลยีที่รัฐบาลให้การส่งเสริมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 เพื่อผลักดันให้ใช้ทดแทนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) แต่ในปัจจุบันยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยมีการใช้เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 คิดเป็นสัดส่วนเพียงร้อยละ 3 เท่านั้น ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนรถยนต์ทั้งหมด ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้า โดยการพัฒนาโมเดลและตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุอิทธิพลของปัจจัยด้านความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม การรับรู้ประโยชน์ทางการเงิน และการรับรู้ความเสี่ยงที่มีต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามออนไลน์จากกลุ่มตัวอย่างคือผู้บริโภคในกรุงเทพมหานครจำนวน 325 คน การสุ่มด้วยใช้วิธีแบบหลายขั้นตอน สถิติเชิงพรรณนาและโมเดลสมการโครงสร้างถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยชี้ว่าโมเดลตามสมมติฐานที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าได้รับอิทธิพลจากการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงินมากที่สุด รองมาคือ ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม โดยตัวแปรสาเหตุทั้ง 4 ตัวแปร สามารถอธิบายความแปรปรวนต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครได้ร้อยละ 42

คำหลัก ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค, ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม, การรับรู้ประโยชน์ทางการเงิน, การรับรู้ความเสี่ยง, ความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่.

Abstract

Electric vehicles (EV) are technology that the government has strong supported since 2016 to push to replace vehicles using internal combustion engines (ICE), but the total of EVs since 2016 is still small in Thailand. EV accounted only 3 percent compared to the total vehicles sold in Thailand. Therefore, in this research aims to study factors influencing the Consumer Purchase Intention towards Battery Electric Vehicle in Bangkok by develop and validate a causal relationship model of consumer innovativeness, environmental value, perceive monetary benefit and perceive risk toward to purchase intention of battery

electric vehicles in Bangkok. The online questionnaire method was employed with a total sample of 325 consumers who lived in Bangkok was selected by multistage random sampling. The researcher used descriptive statistics and structural equation modeling to analyze the data. The results indicated that the hypothetical model was consistent with empirical data. The perceive monetary benefit played an important effects on purchase intention of battery electric vehicles and following with environmental value. The four exogenous variables in the hypothetical model accounted for 42% of total variance of purchase intention of battery electric vehicles in Bangkok.

Keywords: consumer innovativeness, environmental value, perceive monetary benefit, perceive risk, purchase intention of battery electric vehicles.

1. บทนำ

ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) เป็นเทคโนโลยีที่รัฐบาลให้การส่งเสริมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ภาครัฐบาลได้ออกนโยบายโดยกระทรวงพลังงานได้วางกรอบแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ กำหนดการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยทดแทนการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) โดยเป้าหมายตามแผนการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยจะผลักดันให้มียานยนต์ไฟฟ้าถึง 1.2 ล้านคัน และสถานีอัดประจุไฟฟ้า (Charging Infrastructure) จำนวนรวม 690 สถานี โดยคาดว่ายานยนต์ไฟฟ้าจะเข้ามาทดแทนรถยนต์สันดาปภายในได้อย่างเต็มที่ ปี พ.ศ. 2579 ซึ่งมีการส่งเสริมในด้านต่างๆ ทั้งในภาคขนส่งมวลชน ภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งการส่งเสริมการลงทุนขยายโครงสร้างพื้นฐานสถานีอัดประจุ (Charging Infrastructure) อย่างต่อเนื่องในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล แต่ในปัจจุบันยานยนต์ไฟฟ้ามีการใช้เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 คิดเป็นสัดส่วนเพียงร้อยละ 3 เท่านั้น ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนรถยนต์ทั้งหมด (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2562)

จากสถานการณ์ดังกล่าวอุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยกำลังจะเผชิญความท้าทายจากการเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีจากยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในสู่ยานยนต์ไฟฟ้า ในด้านการยอมรับและการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าของผู้บริโภคนั้น ถือว่าเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญต่อความสำเร็จของยานยนต์ไฟฟ้า (Egbue and Long, 2012) ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจในผู้บริโภค โดยปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลต่อการโน้มเอียงต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ คือ ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค (Consumer innovativeness) โดยนักวิชาการชี้ว่าความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคยังมีอิทธิพลทางบวกต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้า (Xiuhong et al., 2018) ซึ่งความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละประเทศ (Gerard et al., 2009)

การรับรู้คุณค่าก็เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการยอมรับยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งการรับรู้ด้านประโยชน์ทางการเงิน (Perceive monetary benefit) ที่เกี่ยวกับราคายานยนต์ไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายที่ประหยัดขึ้น ถือว่าเป็นอีกองค์ประกอบที่สำคัญในของการรับรู้คุณค่าและมีอิทธิพลอย่างมากต่อความความตั้งใจเชิงพฤติกรรมต่อยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งผู้ใช้ยานยนต์ไฟฟ้ามีความคาดหวังผลประโยชน์ทางการเงิน เช่น การประหยัดเชื้อเพลิงในระยะยาว (Ivan et al., 2015) ในทางกลับกันการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าก็มีข้อจำกัดของแบตเตอรี่ทั้งในระยะทางที่วิ่งได้และจำนวนของสถานีอัดประจุไฟฟ้าที่อาจไม่เป็นไปตามคาดหวัง รวมทั้งอันตรายจากแบตเตอรี่เมื่อเทียบกับรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน ทำให้ผู้บริโภคเกิดการรับรู้ในด้านความเสี่ยง (Perceive risk) ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อที่ลดลง (Xiuhong et al., 2018)

มากกว่านั้นปัจจัยส่วนบุคคลด้านทัศนคติและค่านิยมเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น งานวิจัยของ Kee Kuo Chen (2014) พบว่าปัจจัยด้านค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจ

เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ โดย ปัจจัยค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental value) มีอิทธิพลทางบวกต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้า (Xiuhong et al., 2018)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุอิทธิพลของความมีนวัตกรรมผู้บริโภค ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม การรับรู้ประโยชน์ทางการเงินและการรับรู้ความเสี่ยงต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. การทบทวนวรรณกรรมและสมมติฐานการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่

เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่รัฐบาลให้การส่งเสริมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 เพื่อผลักดันให้ใช้ทดแทนยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) โดยยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) หมายถึง รถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดความจุสูง เช่น แบตเตอรี่ลิเที่ยม-ไอออน เป็นตัวกักเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนรถยนต์ โดยสามารถชาร์จพลังงานไฟฟ้าลงเก็บในแบตเตอรี่ได้

ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค

ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค (Consumer Innovativeness) หรือ การบริโภคสิ่งใหม่ เป็นปัจจัยส่วนบุคคลที่แสดงถึงความโน้มเอียงที่จะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่อยู่เป็นประจำและเร็วกว่าสมาชิกคนอื่นในสังคมนั้น (Roehrich, 2004) โดยความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคและการยอมรับสินค้านวัตกรรมมีความแปรผันอย่างเป็นระบบจากความแตกต่างของแต่ละประเทศ และลักษณะของประชากรศาสตร์ (Gerard et al., 2009) โดยงานวิจัยของ Kee Kuo Chen (2014) และ Xiuhong et al., (2018) ต่างพบว่าความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อ ซึ่งสนับสนุนกรอบความคิดในการวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยครั้งนี้จึงได้นำปัจจัยความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมาใช้ในขอบเขตนิยามว่าเป็น ความต้องการหาสิ่งแปลกใหม่ให้กับชีวิต ความสนใจหรือความโน้มเอียงที่จะเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังไม่ได้ซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์นั้น โดยใช้ตนเองเป็นศูนย์กลางในการตัดสินใจมากกว่าที่จะทำตามคนส่วนใหญ่ และมีความเป็นอิสระจากอิทธิพลของกลุ่มสังคมรอบตัวในการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ โดยยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ที่ได้ทบทวนและเสนอไว้ในข้างต้นถือเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในตลาดที่มีผู้ใช้จำนวนน้อย

ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม

ค่านิยมเป็นปัจจัยส่วนบุคคล หมายถึงสิ่งที่บุคคลให้คุณค่าให้เป็นเรื่องสำคัญของชีวิต ค่านิยมเกี่ยวโยงกับเรื่องต่างๆ มากมายเช่น ความสนใจ ความชอบ ความพึงพอใจ ความต้องการ ความปรารถนา โดยค่านิยมเป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติและเป็นปัจจัยที่สร้างแรงจูงใจให้บุคคลมีพฤติกรรม (Thiangtam, 2016) ตัวอย่างค่านิยมที่มีผลต่อการบริโภค เช่น ค่านิยมเกี่ยวกับการอนุรักษ์ธรรมชาติจะมีผลต่อการเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งค่านิยมต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าว (Environmental Values) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติต่อความเชื่อซึ่งส่งอิทธิพลต่อความตระหนักในสิ่งแวดล้อมของบุคคล (Environmental Concern) นอกจากนี้ยังพบว่าค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวแปรในความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้ผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม (Kee Kuo Chen, 2014 และ Xiuhong et al., 2018) ซึ่งสนับสนุนกรอบความคิดในการวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยครั้งนี้จึงได้นำปัจจัยค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมมาใช้ในขอบเขตนิยามว่าเป็น ความรู้สึก ความเชื่อ หรือสิ่งที่บุคคลตระหนักและให้คุณค่าต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นผลให้บุคคลใช้เป็นเกณฑ์หรือมาตรฐานที่นำมาประเมินหรือตัดสินใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ของบุคคลคนนั้น

การรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน

คุณค่าที่รับรู้มีความแตกต่างระหว่างคุณค่าที่ลูกค้าได้ใช้ผลิตภัณฑ์ หรือใช้บริการเมื่อเทียบกับต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายทั้งหมด โดยลูกค้าจะซื้อสินค้าหรือบริการจากผู้ขายที่นำเสนอคุณค่าสูงสุดที่สามารถรับรู้ได้ โดยคุณค่าที่ลูกค้าได้รับเกิดจากผลประโยชน์โดยรวมทั้งหมดที่ลูกค้าคาดหวังจากการใช้สินค้า หรือบริการนั้น ไม่ว่าจะเป็นคุณค่าเชิงเศรษฐกิจ เชิงหน้าที่ และคุณค่าเชิงจิตวิทยา ส่วนต้นทุนทั้งหมดที่ลูกค้าจ่ายไป หมายถึง ต้นทุนที่ลูกค้าคาดว่าจะต้องจ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าและบริการนั้น (Kotler and Keller, 2009)

การรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน คือมุมมองของผู้บริโภคในการประเมินประโยชน์โดยรวมของคุณค่าที่รับรู้จากของผลิตภัณฑ์หรือบริการเมื่อเทียบกับต้นทุนทั้งหมดตลอดระยะเวลาในการใช้งาน ซึ่งการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงินนั้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (วิศรุต ทั่งเพชร, 2560) ซึ่งสนับสนุนกรอบความคิดในการวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยครั้งนี้จึงได้นำปัจจัยการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน มาใช้ในขอบเขตนิยามว่าเป็น การรับรู้คุณค่าของประโยชน์ที่ได้รับจากสินค้าและบริการ เกี่ยวกับในด้านความคุ้มค่าด้านราคาและด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลดลงตลอดระยะเวลาในการใช้งานสินค้าและบริการนั้น โดยเป็นการรับรู้ที่เกิดก่อนการซื้อสินค้าและบริการ

การรับรู้ความเสี่ยง

แนวความคิดเรื่องการรับรู้ความเสี่ยงสามารถอธิบายว่าการรับรู้ความเสี่ยงนั้น ไม่ใช่การรับรู้ความเสี่ยงที่เกิดขึ้น และส่งผลต่อพฤติกรรมของผู้บริโภคจริงๆ เพียงแต่ความเสี่ยงดังกล่าวนั้นเป็นความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการรับรู้ความเสี่ยงในเชิงอัตวิสัย (subjective perception) ที่คาดการณ์ว่า ความเสี่ยงเหล่านั้นอาจเกิดขึ้น (Bauer, 1960)

การใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าจะมีข้อจำกัดของแบตเตอรี่ทั้งในระยะทางที่สามารถวิ่งได้และจำนวนของสถานีอัดประจุไฟฟ้าที่อาจไม่เป็นไปตามคาดหวัง รวมทั้งอันตรายจากแบตเตอรี่เมื่อเทียบกับรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน ส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดการคาดการณ์ว่าความเสี่ยงเหล่านั้นอาจเกิดขึ้น ซึ่งการเกิดรับรู้ในความเสี่ยง (Perceive risk) ส่งผลทำให้เกิดการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่ลดลง (Oliver and Rosen, 2010) และการรับรู้ความเสี่ยงของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงลบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Xiuhong et al., 2018) ซึ่งสนับสนุนกรอบความคิดในการวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยครั้งนี้จึงได้นำปัจจัยการรับรู้ความเสี่ยงมาใช้ในขอบเขตนิยามว่าเป็น การรับรู้ของผู้บริโภคถึงความไม่แน่นอนที่ได้รับจากสินค้าและบริการที่ลูกค้าต้องเผชิญจากการใช้งาน โดยมาจากการคาดการณ์ความเสี่ยงโดยลูกค้าโดยเป็นการรับรู้ที่เกิดก่อนการซื้อสินค้าและบริการ

ความตั้งใจซื้อ

ความตั้งใจซื้อเป็นขั้นตอนในการตัดสินใจซื้อ (Buying Decision Process) ของผู้บริโภค หมายถึง เมื่อผู้บริโภคมีความเชื่อและทัศนคติที่ดีแล้วจะทำให้เกิดความตั้งใจที่จะซื้อส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการซื้อ โดยขั้นตอนในกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมี 5 ขั้นตอน คือ การตระหนักถึงปัญหา (Problem Recognition) การค้นหาข้อมูล (Information Search) การประเมินทางเลือก (Evaluation of Alternatives) การตัดสินใจซื้อ (Purchase Decision) และพฤติกรรมภายหลังการซื้อ (Post-purchase Behavior) (Kotler and Keller, 2009)

ผู้วิจัยขอสรุปว่าความตั้งใจซื้อ คือ ความรู้สึกของผู้บริโภคที่แสดงออกเป็นพฤติกรรมต่อสินค้าและบริการนั้นๆ ซึ่งความตั้งใจซื้อจะเกิดหลังจากที่ผู้บริโภคประเมินทางเลือกแล้ว โดยความตั้งใจซื้อมักจะนำไปสู่การตัดสินใจซื้อ

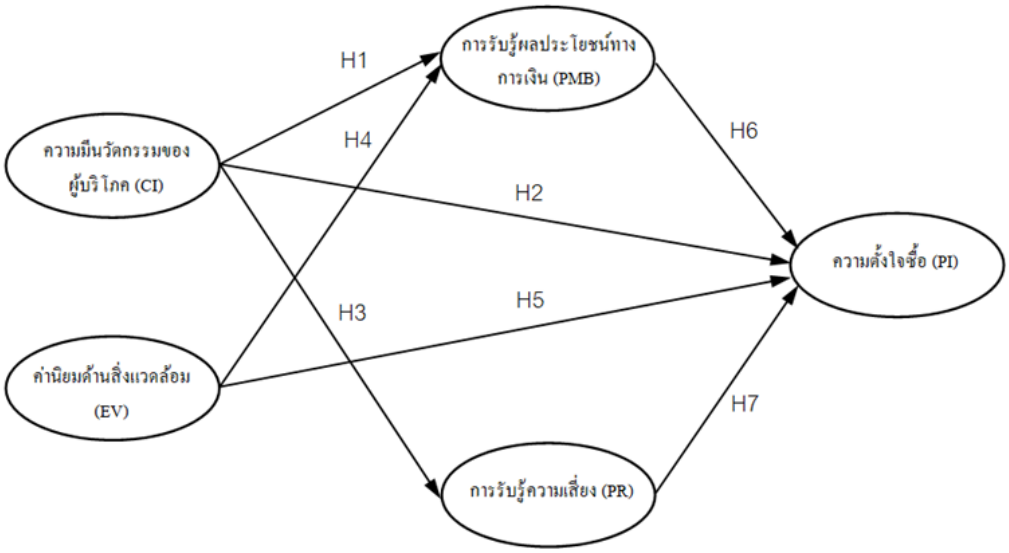
สมมติฐานการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นสามารถนำมาพัฒนาเป็นแบบจำลองในการศึกษาและสมมติฐานในการวิจัยได้ดังนี้

H1 ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน

H2 ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อ

H3 ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงลบต่อ การรับรู้ความเสี่ยง



รูปที่ 1 แบบจำลองในการศึกษาและสมมติฐานในการวิจัย

H4 ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลในเชิงลบต่อการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน

H5 ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อ

H6 การรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงินมีอิทธิพลในเชิงบวกกับความตั้งใจซื้อ

H7 การรับรู้ความเสี่ยงมีอิทธิพลในเชิงลบกับความตั้งใจซื้อ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้วิธีเชิงปริมาณ (Quantitative Approach) ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามออนไลน์ (Questionnaire) ในช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม พ.ศ. 2562 ประชากรที่ศึกษาคือผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีอายุระหว่าง 20-60 ปี จำนวน 3,427,531 คน (ข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560) ซึ่งเป็นช่วงอายุในวัยทำงานและเป็นผู้ครอบครองรถยนต์ ขนาดกลุ่มตัวอย่างถูกกำหนดเท่ากับ 325 ตัวอย่าง สอดคล้องตามขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมควรไม่ต่ำกว่า 300 ตัวอย่างของ ธานินทร์ (2557) และขนาดกลุ่มตัวอย่างควรอยู่ระหว่าง 10-20 เท่าของจำนวนตัวแปรเชิงสังเกตุ (กัลยา, 2556) การเลือกตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage sampling) โดยกำหนดโควตาในแต่ละพื้นที่แล้วใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยแจกแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างที่มีแผนการซื้อรถยนต์ในแต่ละเขตพื้นที่ตามที่กำหนดไว้

แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างใช้มาตรวัดแบบนาม บัญญัติ (Nominal scale) และ แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ใช้มาตรวัดอันตรภาค (Interval scale) แบบ 5 ระดับ แบ่งเป็นระดับความคิดเห็นมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert scale) มีคำถามรวมทั้งหมด 20 ข้อ แบ่งเป็นตัวแปรละ 4 ข้อคำถาม โดยคำถามด้านความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคพัฒนาและดัดแปลงจากงานวิจัยของ Thiangtam (2016) และ Xiuhong (2018) คำถามด้านค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมพัฒนาและดัดแปลงจากงานวิจัยของ Razak (2014) และ Afroz (2015) คำถามด้านการรับรู้ประโยชน์ทางการเงินพัฒนาและดัดแปลงจากงานวิจัยของ Xiuhong (2018) และ Chen et al., (2010) ข้อคำถามด้านการรับรู้ความเสี่ยงพัฒนาและดัดแปลงจากงานวิจัยของ Xiuhong (2018) และ Han Shen Chen (2012) และข้อคำถามด้านความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่พัฒนาและดัดแปลง

ข้อคำถามจากงานวิจัยของ Xiuhong (2018), Ivan (2015) และ Degirmenci and Breitner (2017)

ด้านการประเมินคุณภาพเครื่องมือวัดทำในสองลักษณะคือ ความเที่ยงตรง (Validity) โดยวัดความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ด้วยการขอให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านเป็นผู้ประเมิน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้เท่ากับ 0.87 ซึ่งค่ามากกว่า 0.50 ถือว่าที่ยอมรับได้ (กัลยา, 2556) และความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) โดยหาค่าสัมประสิทธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ของแบบสอบถาม 30 ชุด โดยเก็บกับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับประชากรที่จะทำการศึกษา โดยคำนวณค่าความเชื่อมั่นของมาตรวัดที่สร้างของคำถามส่วนความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม การรับรู้ประโยชน์ทางการเงิน การรับรู้ความเสี่ยง และความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ มีค่าเท่ากับ 0.820 0.947 0.795 0.811 และ 0.812 ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดมีค่าเกินกว่า 0.700 ถือว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่น (Reliability) ในระดับที่ยอมรับได้ (กัลยา, 2556)

ด้านสถิติหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยใช้ค่าแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) เพื่ออธิบายลักษณะส่วนบุคคลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling) เพื่อทดสอบสมมติฐานของงานวิจัย ที่เกี่ยวกับระดับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ลักษณะส่วนบุคคลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 60.92 และเพศหญิงร้อยละ 39.08 มีอายุระหว่าง 20 - 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 50.77 รองลงมาคือมีอายุระหว่าง 31 - 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 36.00 ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสร้อยละ 59.39 และมีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรีร้อยละ 75.38 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 20,001-40,000 บาท คิดร้อยละ 44.30 โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ร้อยละ 41.23 มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทเอกชน และผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ร้อยละ 53.23 มีความเห็นว่าความเหมาะสมของราคารถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ อยู่ในช่วงราคา 700,001-1,000,000 บาท โดยปัจจุบันผู้ตอบแบบสอบถามมีรถยนต์อยู่แล้ว และภายในระยะเวลา 5 ปี มีแผนที่จะซื้อรถยนต์ใหม่

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) แต่ละตัวแปร โดยการพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของทุกตัวแปรสังเกต (Factor Loading) ทุกตัวแปรสังเกตมีค่ามากกว่า 0.3 ซึ่งทุกค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2556) และค่าสัมประสิทธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ของทุกตัวแปรซึ่งมีค่ามากกว่า 0.7 ตามเกณฑ์ที่กำหนด (กัลยา, 2556) แสดงถึงความเชื่อมั่นในระดับที่ยอมรับได้

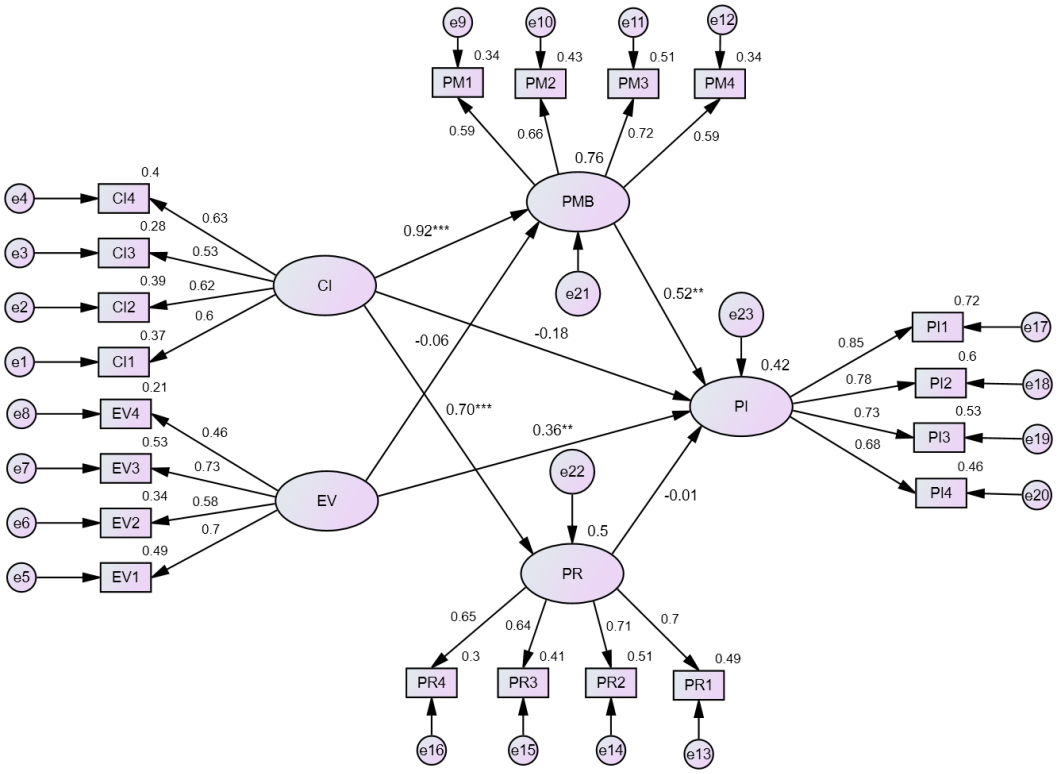
การทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสอดคล้อง (Convergence Validity) โดยการพิจารณาค่าความเชื่อมั่นรวมของตัวแปรแฝง (Composite Reliability: CR) ผลที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.72 – 0.76 มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 0.60 ถือว่ายอมรับได้ ส่วนค่าเฉลี่ยความแปรปรวนที่สกัดได้ (Average Variance Extracted: AVE) ผลที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.46 ต่ำกว่าค่าเกณฑ์ที่กำหนด 0.5 แต่สามารถยอมรับได้เพราะค่า CR มากกว่า 0.6 (Fornell and Larcker, 1981)

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและความเที่ยงตรง.

ตัวแปรแฝง	Mean	SD	α	CR	AVE
ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค	3.778	0.663	0.740	0.74	0.42
ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม	3.895	0.656	0.707	0.72	0.40
การรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน	3.835	0.589	0.723	0.73	0.40
การรับรู้ความเสี่ยง	3.757	0.625	0.741	0.76	0.45
ความตั้งใจซื้อ	3.648	0.649	0.777	0.76	0.46

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่นำมาตรวจสอบภายหลังการปรับแก้แล้ว (Modified Model) มีความ

กลมกลืนดีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยค่า p–value เท่ากับ 0.143 มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ p-value ≥ 0.05 ค่า χ2/df เท่ากับ 1.142 ซึ่งตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ



รูปที่ 2 ผลทดสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุหลังการปรับแก้แล้ว (Modified Model)
ตัวย่อ CI หมายถึงตัวแปรความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค, EV หมายถึงตัวแปรค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม, PMB หมายถึงตัวแปรการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน, PR หมายถึงตัวแปรการรับรู้ความเสี่ยง และ PI หมายถึงตัวแปรความตั้งใจซื้อ
** หมายถึง นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05, *** หมายถึงนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

χ2/df ≤ 3.00 ค่าความสอดคล้องจากดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.963 ค่าดัชนีระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.932 ค่าดัชนีเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูล (CFI) เท่ากับ 0.993 และค่าดัชนีจากการเปรียบเทียบความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (NFI) เท่ากับ 0.946 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ GFI, AGFI, CFI และ NFI ≥ 0.900 ค่าดัชนีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (RMR) เท่ากับ 0.021 และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยส่วนเหลือคาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (RMSEA) เท่ากับ 0.021 ซึ่งตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ RMR และ RMSEA ≤ 0.080 (กัลยา, 2556)

จากการวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความมีอิทธิพลหรือค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ตัวแปรตาม (The coefficient of determinant) พบว่าตัวแปรแฝง ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค และด้านค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวน (Variance) ของการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงินได้ร้อยละ 76% และพบว่าตัวแปรแฝง ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค สามารถอธิบายความแปรปรวนของการรับรู้ความเสี่ยงได้ร้อยละ 50% และตัวแปรแฝงความมีนวัตกรรมของผู้บริโภค การรับรู้ความเสี่ยง การรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน และค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม โดยตัวแปรสาเหตุทั้ง 4 ตัวสามารถอธิบายความแปรปรวนของความตั้งใจซื้อสินค้าได้ร้อยละ 42% ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครที่ได้รับอิทธิพลโดยรวมจากการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงินมากที่สุดเท่ากับ 0.52 รอง

มาคือ ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 0.33 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราที่ 2 สรุปค่าอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม

ตัวแปรคู่ความสัมพันธ์	อิทธิพลทางตรง	*อิทธิพลทางอ้อม*	อิทธิพลโดยรวม
CI ---> PI	-0.18	0.48	0.30
EV ---> PI	0.36	-0.03	0.33
PMB---> PI	0.52	-	0.52
PR ---> PI	0.01	-	0.01

ผลการทดสอบสมมติฐานทั้ง 7 ข้อ แสดงในตารางที่ 3 พบว่ายอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ 3 ข้อ ได้แก่

H1 ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงบวกกับการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน ชี้ให้เห็นว่าผู้บริโภคที่มีนวัตกรรมส่วนบุคลจะสามารถรับรู้ถึงผลประโยชน์ทางการเงินจากผลิตภัณฑ์นวัตกรรมได้ง่าย โดยมีค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.92 ค่า p-value เท่ากับ 0.001

H5 ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลในเชิงบวกกับความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร ชี้ให้เห็นว่าผู้บริโภคที่มีค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมจะให้ความสนใจยานยนต์ไฟฟ้า โดยมีค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.36 ค่า p-value เท่ากับ 0.05

H6 การรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงินมีอิทธิพลในเชิงบวกกับความตั้งใจซื้อ โดยมีค่าอิทธิพลเท่ากับ 0.52 ค่า p-value เท่ากับ 0.05 ซึ่งการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงินเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลทางบวกสูงสุดต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ชี้ให้เห็นว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก ซึ่งสามารถสร้างแรงจูงใจต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าได้ดีสุด

ตาราที่ 3 ผลทางสถิติจากการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน	ตัวแปรคู่ความสัมพันธ์	β	p-value	ผลการทดสอบ
H1	CI ---> PMB	0.92	<0.001	ยอมรับ
H2	CI ---> PI	-0.18	0.450	ปฏิเสธ
H3	CI ---> PR	0.70	<0.001	ปฏิเสธ
H4	EV---> PMB	-0.06	0.741	ปฏิเสธ
H5	EV ---> PI	0.36	<0.05	ยอมรับ
H6	PMB ---> PI	0.52	<0.05	ยอมรับ
H7	PR ---> PI	-0.01	0.926	ปฏิเสธ

อย่างไรก็ตามตามผลงานวิจัยนี้ พบว่าสมมติฐาน H2 H3 H4 และ H7 ที่ตั้งไว้ได้ถูกปฏิเสธ แต่พบว่าสมมติฐาน H3 ถูกปฏิเสธแบบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการรับรู้ความเสี่ยง ส่วนสมมติฐานที่เหลือ ได้แก่ ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคต่อความตั้งใจซื้อ ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมต่อการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน และการรับรู้ความเสี่ยงต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ไม่พบความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน ตามสมมติฐาน H1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตของ Xiuhong (2018) และ Kim and Chung (2011) ที่สรุปว่าความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์ต่อการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครที่มีความสนใจหรือโน้มเอียงที่จะเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ก่อนคนส่วนใหญ่ทั่วไป จะสามารถรับรู้ได้ถึงผลประโยชน์ทางด้านการเงินของผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ นั้นได้เร็วและง่ายกว่าคนส่วนใหญ่ทั่วไป ว่ามีความคุ้มค่าหรือไม่ อย่างไร ซึ่งยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยเช่นกัน

ผลประโยชน์ทางด้านการเงินมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อ ตามสมมติฐาน H6 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xiuhong (2018) สรุปว่าผลประโยชน์ทางด้านการเงินสามารถสร้างแรงจูงใจต่อการซื้อรถยนต์ไฟฟ้าได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิศรุต ทั่งเพชร (2560) และ Ivan (2015) ที่สรุปว่าผลประโยชน์ทางด้านการเงินเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลด้านบวกมากที่สุดต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นสิ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยด้านการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน ที่เป็นปัจจัยส่วนบุคคลเกี่ยวกับการ

รับรู้ความคุ้มค่าด้านราคาและค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ยังคงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากสุดต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยผู้บริโภคที่มีความมีนวัตกรรมจะสามารถรับรู้ได้ถึงความคุ้มค่าหรือ ผลประโยชน์ทางการเงินของยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ นั้นได้เป็นอย่างดี

ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ตามสมมติฐาน H5 โดยเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากเป็นอันดับสองต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ สอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตของ Kee Kuo Chen (2014), Xiuhong (2018) และ Razak et al., (2014) ที่พบว่า ด้านค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อ และยังสอดคล้องกับโมเดลทัศนคติของไคเซอร์และคณะพัฒนาขึ้น Kaiser et al., (1999) ที่สรุปว่าความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคและมีผลต่อความตั้งใจมีพฤติกรรมที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงเป็นสิ่งชี้ให้เห็นความสำคัญของปัจจัยด้านค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัจจัยส่วนบุคคล เกี่ยวกับความเชื่อ ความรู้สึก ความตระหนัก และให้คุณค่าต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้บริโภคที่มีค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมดังกล่าว อาจเชื่อว่าการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะสามารถลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งเป็นกระแสที่ทุกคนต่างให้ความสนใจต่อสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอันดับสองต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ของประชากรในเขตกรุงเทพมหานคร

ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงลบต่อการรับรู้ความเสี่ยง ตามสมมติฐาน H3 ผลการวิจัยนี้พบว่าความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อการรับรู้ความเสี่ยง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Xiuhong (2018) ที่พบว่า ความมีนวัตกรรมมีผลกระทบเชิงลบกับการรับรู้ความเสี่ยง แต่ก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hou and Zhang (2017) ที่ศึกษาความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคต่อการรับรู้ความเสี่ยง โดยแบ่งการรับรู้ความเสี่ยงเป็น 2 มิติ คือ การรับรู้ความเสี่ยงด้านความสามารถของผลิตภัณฑ์ (Functional risk) และการรับรู้ความเสี่ยงด้านอารมณ์ (Emotional risk) โดยพบว่าความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคมีอิทธิพลในเชิงบวกต่อการรับรู้ความเสี่ยงด้านอารมณ์ (Emotional risk) และความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคก็มีอิทธิพลในเชิงลบต่อการรับรู้ความเสี่ยงด้าน ความสามารถของผลิตภัณฑ์ (Functional risk) ชี้ให้เห็นว่า ผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครที่มีความสนใจหรือโน้มเอียงที่จะเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ก่อนคนส่วนใหญ่ทั่วไป จะรับรู้ความเสี่ยงของผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ นั้นได้สูงไม่ต่างกับการรับรู้ได้ถึงผลประโยชน์ทางการเงินของผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ

อย่างไรก็ตาม ผลวิจัยนี้พบว่า ความมีนวัตกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อความตั้งใจซื้อ, ค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อมต่อการรับรู้ผลประโยชน์ทางการเงิน และการรับรู้ความเสี่ยงต่อความตั้งใจซื้อ ต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ โดยขัดแย้งกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้กล่าวในการทบทวนวรรณกรรม

ดังนั้น หากจะต้องการทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่เป็นที่ยอมรับในประเทศไทย งานวิจัยนี้พบว่าสิ่งสำคัญอันดับแรกที่ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ต้องมีคือความคุ้มค่าด้านราคา โดยราคาที่เหมาะสมของยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่จากผลสำรวจ ควรอยู่ไม่เกิน 1,000,000 บาท ซึ่งจะเป็นไปได้ ภาครัฐควรต้องสนับสนุนทั้งในส่วนของผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค โดยการสนับสนุนจากรัฐบาลนี้จะต้องส่งผลโดยตรงต่อราคายานยนต์ไฟฟ้า และสิ่งต่อมาควรที่จะพัฒนาในเรื่องการรับรู้ โดยเฉพาะการรับรู้ในเรื่องความคุ้มค่าด้านราคาและค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ จะทำให้ผู้บริโภคหันมาให้สนใจได้ เช่น การประชาสัมพันธ์ที่มีเนื้อหาชัดเจนด้านความคุ้มค่าในการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ หรือการให้การรับประกันการใช้งานที่นานขึ้น เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้ความคุ้มค่าจากการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ได้ดีขึ้น เป็นต้น

ในส่วนของค่านิยมด้านสิ่งแวดล้อม เป็นอีกสิ่งสำคัญและจุดเด่นของยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัจจุบันคนเริ่มตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เพราะปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่ใช่ปัญหาที่ไกลตัว ดังนั้นควรจะมีการส่งเสริมให้คนหันมาใช้ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ เพราะ

เป็นอีกทางที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยการส่งเสริม เช่น ภาครัฐควรไม่เก็บภาษียานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ เพื่อจูงใจคนให้หันมาใช้ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัยครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครในภาพรวม ซึ่งไม่ได้พิจารณาเกี่ยวกับลักษณะของประชากรศาสตร์ (Control Variables) ในด้านอื่นๆ เช่น อายุ ช่วงรายได้ ระดับการศึกษา เป็นต้น ซึ่งปัจจัยด้านประชากรศาสตร์นี้ อาจทำให้ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครเปลี่ยนไป ซึ่งสามารถนำศึกษาต่อได้

2. เนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ซึ่งถ้าในอนาคตยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่เริ่มมีการใช้งานอย่างแพร่หลายแล้ว อาจทำการศึกษาการตัดสินใจซื้อแทนความตั้งใจซื้อยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลอย่างแท้จริง (Actual Behaviour) และสามารถนำผลวิจัยมาใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, จำนวนประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามอายุ เพศ และจังหวัด พ.ศ. 2560, ข้อมูลจาก http://www.nso.go.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มีนาคม 2561).

[2] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, ภาพรวมสถานะยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) ของโลก อาเซียน และประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561.

[3] Egbue, O., Long, S. 2012. Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions, Energy Policy 48, 717-729.

[4] Xiuhong He, Wenjie Zhan, Yingying Hu. 2018. Consumer purchase intention of electric vehicles in china: The roles of perception and personality, Journal of Cleaner Production, Volume 204, 1060-1069.

[5] Ivan, K.W.Lai., Yide, Liu., Xinbo. Sun., Hao, Zhang., and Weiwe, i Xu. 2015. Factor Influencing the Behavioral Intention towards Full Electric Vehicle: An Empirical Study in Macau, Sustainability 7 (9), 12564-12585.

[6] Kee Kuo Chen. 2014. Assessing the effect of customer innovativeness, environmental value and ecological lifestyles on residential solar power systems install intention, Econ Papers Energy Policy 67, 951-961.

[7] Gilles Roehrich. 2004. Consumer Innovativeness: the concept and measurement, Journal of Consumer Research 57, 671-677

[8] Gerard, J., Teillis, E., and Simon, B. 2009. Global Consumer Innovativeness: Cross-Country Differences and Demographic Commonalities, Journal of International Marketing 17 (2), 1-22.

[9] Thiangtam, S. 2016. Analysis of factors influencing consumers intention to install solar power system with reference to evidence from Thailand, International Journal of Technology Management & Sustainable Development 15, 237-250.

[10] Philip Kotler and Kevin Lane Keller. 2009. Marketing Management 13th ed, Pearson International Edition, Prentice Hall, New Jersey.

[11] วิศรุต ทั่งเพชร 2560. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้อรถยนต์ไฟฟ้าประเภทแบตเตอรี่ของกลุ่มเจเนอเรชั่นเอ็กซ์และเจเนอเรชั่นวายในกรุงเทพฯและปริมณฑล, บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[12] Bauer, R. A., 1960. Consumer behavior as risk taking. Hancock (Ed), Proceedings of the 43rd Conference of the American Marketing

Association: Dynamic Marketing for a changing world (pp. 389-398). Chicago: America Marketing Association, 389-398

[13] Oliver, J.,E. Rosen, D., 2010. Applying the environmental propensity framework: a segmented approach to hybrid electric vehicle marketing strategies. J. Market. Theor. Pract. 18, 377-393

[14] ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2557. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS, พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพ, ห้างหุ้นส่วนสามัญบิสซิเนสอาร์แอนด์ดี, หน้า 554.

[15] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2556. การวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) ด้วยAMOS, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพ, ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา.

[16] Razak Mohamad Idham Md. 2014. Intention to purchase hybrid cars in malaysia an overview, International Journal of Economics, Commerce and Management. 2 (10), 1-13.

[17] Afroz, R., Masud, M.M., Akhtar, R. et al. 2015. Consumer purchase intention towards environmentally friendly vehicles: an empirical investigation in Kuala Lumpur, Malaysia. Environ Sci Pollut Res 22, 16153–16163.

[18] Chen, C.C., Chen, C.W., and Tung, Y.C. 2018. Exploring the Consumer Behavior of Intention to Purchase Green Products in Belt and Road Countries: An Empirical Analysis. Sustainability. 10, 854.

[19] Han-Shen, C., Chia-Yon, C., Han-Kuan. C., and Tsuifang, H. 2012. A study of relationships among Green Consumption attitude, Perceived Risk, Perceived Value toward Hydrogen-electric Motorcycle Purchase Intention, AASRI Procedia 2, 163-168.

[20] Degirmenci, K. and Breitner, M.H. 2017. Consumer purchase intentions for electric vehicles: Is green more import than price and range, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 51, 250-260.

[21] ยุทธ ไกยวรรณ์. 2556. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างด้วย AMOS, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[22] Fornell, C. and D.F. Larcker. 1981. Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. Journal of Marketing Research 18 (1): 39-50

[23] Kim, H.Y., and Chung, JE. 2011. Consumer purchase intention for organic personal care product, Journal of Consumer Marketing 28 (1), 40-47.

[24] Kaiser, F.G., Wolfing, S., Fuhrer, U. 1999. Environmental attitude and ecological behavior, Journal of Environmental Psyc.

[25] Hou, Y. and Zhang, Z. 2017. The effect of perceived risk on information search for innovative products and services, Journal of consumer marketing., 34 (3), pp. 241-254

ID033

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อน และผลการสอบความรู้ เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

Academic Achievement, Expectation, Social Support from Friend and Result of the License Examination and Registration of Thai Traditional Medicine Professional among Students Graduated from Thaksin University

นางสาวชลาลัย เตาวะโต[1*] นางสาวโนร์มีซัน อูมา[1] นางสาวฟารีสา สะมะแอ[1] นางสาวศรินยา มณีโชติ[1]
วิทวัส หมาดอี[1] และ กุสุมาลย์ น้อยผา[1*]
[1]สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ
[*]E-mail: kusumarn.n@hotmail.com

Chalalai Taowato[1*] Normeesun U-ma[1] Farisa sama-ae[1] Sarinya Maneechot[1]
Wittawat Made[1] and Kusumarn Noipha[1*]
[1]Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Health and Sports Science,
Thaksin University
[*]E-mail: kusumarn.n@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อนกับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ในปีการศึกษา 2559 - 2561 โดยผู้วิจัยมีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างและขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างเป็นระบบจำนวน 128 คน (ระบบงานทะเบียนนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ, 2562) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบสอบถาม ข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามความคาดหวัง และแบบสอบถามแรงสนับสนุนจากเพื่อน มีค่าความเชื่อมั่น สัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคเท่ากับ 0.92 และ 0.95 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติไคสแควร์ (Chi-Square) ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ระดับความคาดหวังและแรงสนับสนุนทางสังคมของเพื่อน ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.55(S.D.= 0.74), 4.51(S.D.=0.54) และ 4.17 (S.D.= 0.52) ตามลำดับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน(Chi-Square = 7.48, p = 0.27) ความคาดหวัง(Chi-Square = 56.73, p = 0.59) และแรงสนับสนุนทางสังคมของเพื่อน(Chi-Square = 105.19, p = 0.91) ไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย

คำหลัก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อน การสอบความรู้

Abstract

The sim of this study is to examine relationships between academic achievement, expectancy, perceived friends support and results of the license examinations of Thai traditional medicine profession of students graduated from Thaksin University. The research method in this study is descriptive. The statistical population of this research consisted of all Thai traditional medicine profession of student graduated from Thaksin University in 2016 - 2018 academic years, which the number of sample size was determined 128 students by available non-probability sampling method. Research instruments consisted questions measuring the demographic factors of students, the expectancy and the friends support. The coefficients of reliability of the instruments were 0.92 and 0.95 respectively, descriptive statistics and Chi-Square were use as the decoding method. The results revealed that academic achievement expectation level and perceived friends from graduate Thaksin University Phatthalung campus with an average equal to 2.55(S.D.= 0.74), 4.51(S.D.=0.54) and 4.17 (S.D.= 0.52) respectively. The results showed that academic achievement (Chi-Square = 7.48, p = 0.27), expectancy (Chi-Square = 56.73, p = 0.59), perceived friend support (Chi-Square = 105.19, p = 0.91) was no relationship with the result of the license examination of Thai traditional medicine profession.

Keywords: Academic achievement, Expectation, Perceived Friend Support, Result of the License Examination

1.บทนำ

สภาการแพทย์แผนไทยกำหนดให้ผู้ที่จะประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยจะต้องผ่านการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสอบวิชาพื้นฐานวิชาชีพ กฎหมายและจรรยาบรรณวิชาชีพ

ขั้นตอนที่ 2 การสอบภาคทฤษฎีของด้านที่สมัครสอบจะประกอบไปด้วย 4 รายวิชา ได้แก่ 1. ด้านเวชกรรมไทย วิชาเวชกรรมไทย 2. ด้านเภสัชกรรมไทย วิชาเภสัชกรรมไทย 3. ด้านการนวดไทย วิชาการนวดไทย 4. ด้านผดุงครรภ์ไทย วิชาผดุงครรภ์ไทย

ขั้นตอนที่ 3 การสอบภาคปฏิบัติของด้านที่สมัครสอบจะประกอบไปด้วย 4 รายวิชา ได้แก่ 1. ด้านเวชกรรมไทย วิชาเวชกรรมไทย 2. ด้านเภสัชกรรมไทย วิชาเภสัชกรรมไทย 3. ด้านการนวดไทย วิชาการนวดไทย 4. ด้านผดุงครรภ์ไทย วิชาผดุงครรภ์ไทย ซึ่งการวัดผลการผ่านการสอบความรู้ในวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ผู้สมัครสอบจะต้อง ได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 ทั้ง 3 ขั้น ผู้สำเร็จการศึกที่มีผลการสอบไม่ผ่านจะมีผลกระทบโดยตรง คือ ไม่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานตามขอบเขตของแพทย์แผนไทย ส่งผลต่อการได้รับค่าตอบแทนในการทำงาน และต้องใช้เวลาในการทบทวนเพื่อเตรียมสอบใหม่ในรายวิชาที่สอบไม่ผ่าน โดยการสอบในกรณีที่สอบผ่านไปแล้วในรายวิชาอื่นจะสามารถเก็บผลสอบไว้ได้ 3 ปี ต่อเนื่องนับตั้งแต่ปีที่สอบผ่าน นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อสถาบันการศึกษา เนื่องจากร้อยละของการสอบผ่านถือเป็นเกณฑ์สำคัญในการประเมินเพื่อการรับรองคุณภาพของสถาบันการศึกษา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพ จากการศึกษาของคณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยเชียงรายเป็นสถาบันการศึกษาเอกชน นักศึกษาที่รับเข้าศึกษาส่วน ใหญ่มีระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมก่อนเข้าศึกษาต่ำกว่าคณะพยาบาลศาสตร์

มหาวิทยาลัยของรัฐ แต่นักศึกษาเหล่านี้มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์หรือแรงจูงใจในการเรียนสูง มีทัศนคติที่ดีต่อวิชาชีพประกอบกับทางคณะฯ ได้มีการเตรียมความพร้อมในการสอบให้กับบัณฑิตอย่างเข้มข้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพฯ[1]

นอกจากนี้มีอีกปัจจัยที่น่าจะมีความเกี่ยวข้อง คือ การสนับสนุนทางสังคม เนื่องจากการสนับสนุนทางสังคมเป็นสิ่งที่ช่วยให้บุคคลสามารถจัดการกับความเครียดและปัญหาต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะการสนับสนุนทางสังคมจากเพื่อน โดยแบ่งเป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ ได้แก่ การสนับสนุนทางอารมณ์หมายถึง การมีเพื่อนช่วยในการตัดสินใจ ประนีประนอม หรือแก้ปัญหาและให้คำปรึกษา และการสนับสนุนทางการศึกษาและการให้ข้อมูล ซึ่งรวมถึงการจัดกลุ่มทบทวนความรู้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจอย่างยิ่งที่จะศึกษาถึงความสัมพันธ์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อน และผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง เนื่องจากการสอบผลความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย มีความสำคัญมากต่อผู้ที่ศึกษาสาขาการแพทย์แผนไทย ที่จะต้องนำไปใช้ในการประกอบวิชาชีพ ซึ่งหากผู้ศึกษาสอบไม่ผ่านทั้ง 4 ด้านจะมีผลกระทบโดยตรงในการทำงานตามขอบเขตของงานแพทย์แผนไทยและส่งผลต่อการได้รับค่าตอบแทนในการทำงาน และต้องเสียเวลาเพิ่มในการทบทวนการสอบขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยในรอบใหม่ โดยต้องสอบผ่านการสอบขั้นตอนที่ 1 สามารถเก็บผลสอบไว้สำหรับการสอบได้เป็นเวลา 5 ปีต่อเนื่องกันนับแต่ปีที่สอบผ่าน การผ่านขั้นตอนที่ 2 สามารถเก็บผลสอบไว้ได้ 3 ปีต่อเนื่องกัน และผู้สอบผ่านขั้นตอนที่ 3 ก่อนข้อบังคับนี้มีผลบังคับใช้สามารถเก็บผลสอบไว้ได้ 3 ปีต่อเนื่องกันนับแต่ปีที่สอบผ่าน มิฉะนั้นจะต้องสอบใหม่ในทุกวิชา นอกจากนี้ยังส่งผลต่อสถาบันการศึกษา เนื่องจากร้อยละของการสอบผ่านถือเป็นเกณฑ์สำคัญในการประเมินเพื่อการรับรองคุณภาพสถาบันการศึกษา[2]

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ระดับความคาดหวังและแรงสนับสนุนทางสังคมจากเพื่อน (Descriptive statistic) ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

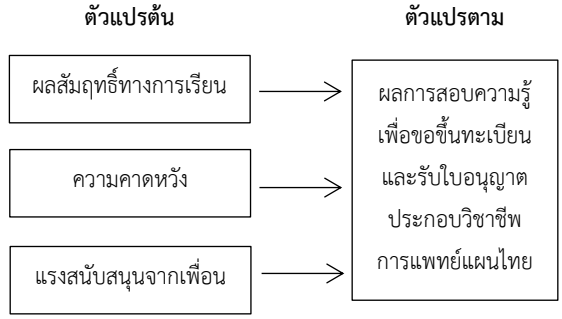
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อนกับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

3.สมมติฐาน

ปัจจัยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปัจจัยความคาดหวัง และปัจจัยจากแรงสนับสนุนจากเพื่อนมีความสัมพันธ์เพื่อขอสอบขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย

4.กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อน และผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ได้มาจากการทบทวนวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา ผู้วิจัยได้นำมาสร้างแผนการดำเนินการสำรวจผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อน และผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย โดยมีกรอบแนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน ดังรูปที่ 1 ต่อไปนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัยเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อน และผลการสอบความรู้ เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

5.วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ที่สำเร็จการศึกษา สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ในปีการศึกษา 2559 - 2561 รวมจำนวนทั้งหมด 128 คน ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้จากผู้ที่สำเร็จการศึกษา สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ในปีการศึกษา 2559 – 2561 โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้สำเร็จการศึกษา มีทั้งหมด 7 ข้อ ได้แก่ เพศ ปีการศึกษาที่สำเร็จ อาชีพ สถานที่ทำงาน เกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตร ทุนการศึกษา และผลการสอบขอขึ้นทะเบียนใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยในรอบแรก

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความคาดหวังประกอบด้วย ข้อคำถาม 10 ข้อ ลักษณะคำตอบเป็นแบบประเมินค่า 5 อันดับ (Rating scale)[3]

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลผลคะแนน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 2.33 หมายถึง มีความคาดหวังในระดับน้อย
คะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.66 หมายถึง มีความคาดหวังในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.67 – 5.00 หมายถึง มีความคาดหวัง ในระดับมาก[3]

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามแรงสนับสนุนจากเพื่อน มีข้อคำถาม 25 ข้อ ประกอบด้วย การสนับสนุนทางอารมณ์ (Emotional support) จำนวน 5 ข้อ การสนับสนุนด้านคุณค่า(Esteem support) จำนวน 5 ข้อ การสนับสนุนด้านข้อมูลข่าวสาร(Information support) จำนวน 5 ข้อ การสนับสนุนด้านวัสดุสิ่งของและ บริการจากเพื่อน(Tangible support) จำนวน 5 ข้อ และการสนับสนุนด้านเครือข่ายจากเพื่อน(Network support) จำนวน 5 ข้อ จะอยู่ในช่วง 1-5 คะแนน[4]

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลผลคะแนน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ[4] ดังนี้
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 2.33 หมายถึง ได้รับการสนับสนุนจากเพื่อนในระดับน้อย
คะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.66 หมายถึง ได้รับการสนับสนุนจากเพื่อนในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.67 – 5.00 หมายถึง ได้รับการสนับสนุนจากเพื่อนในระดับมาก
จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติไคสแควร์ (Chi-Square)

การทดสอบคุณภาพของเครื่องมือมีการตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของเนื้อหา โดยแบบสอบถามจะมีการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม(IOC): Index of item objective congruence จากการนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตรวจสอบแบบสอบถามการวิจัย ซึ่งตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา การใช้ภาษา และความถูกต้องของเกณฑ์การให้คะแนนได้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม(IOC) 0.869

6.ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อน และผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ผู้วิจัยได้เสนอผลการศึกษาในรูปแบบตารางประกอบการพรรณนา ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและค่าร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้สำเร็จการศึกษาของผู้ที่สำเร็จการศึกษา สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ในปีการศึกษา 2559 – 2561

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	10	7.8
หญิง	118	92.2
2. ปีการศึกษาที่สำเร็จการศึกษา		
ปี พ.ศ. 2559 (รหัสประจำตัวนิสิต 56)	37	28.9
ปี พ.ศ. 2560 (รหัสประจำตัวนิสิต 57)	56	43.8
ปี พ.ศ.2561 (รหัสประจำตัวนิสิต 58)	35	27.3
3. อาชีพปัจจุบัน		
นักวิชาการสาธารณสุข	22	17.2
เจ้าหน้าที่แพทย์แผนไทย	6	4.7
ผู้ช่วยแพทย์แผนไทย	68	53.1
ประกอบธุรกิจส่วนตัว	14	10.9
อื่นๆ	18	14.1
4.สถานที่ทำงานปัจจุบัน		
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล	54	42.2
โรงพยาบาล	26	20.3
คลินิก	9	7.0
ธุรกิจสปา	7	5.5
ร้านขายยา	6	4.7
อื่นๆ	26	20.3
5.ท่านกู้ยืมเงินเพื่อการศึกษา		
เช่น กยศ. กรอ. หรือทุนการศึกษาอื่นๆ		
เคยได้รับ	87	68.0
ไม่เคยได้รับ	41	32.0

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย จำนวน 128 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 118 คน (ร้อยละ92.2) เป็นผู้สำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2560 จำนวน 56 คน(ร้อยละ 43.8) ประกอบอาชีพเป็นเจ้าหน้าที่แพทย์แผนไทย จำนวน 68 คน(ร้อยละ53.1) สถานที่ประกอบอาชีพเป็นโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ จำนวน 54 คน(ร้อยละ 42.2) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้ทุนการศึกษาแบบกู้ยืม จำนวน 87 คน(ร้อยละ 68.0) ผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยมีผู้สอบผ่านทั้ง 4 วิชา จำนวน 72 คน (ร้อยละ 56.3)

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของเกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรของผู้สำเร็จการศึกษาของผู้ที่สำเร็จการศึกษา สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ในปีการศึกษา 2559 – 2561

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตร (GPA)		
2.00 – 2.50	9	7
2.51 – 3.00	33	25.8
3.01 – 3.50	66	51.6
3.51 – 4.00	20	15.6

จากตารางที่ 2 พบว่าผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย จำนวน 128 คน เกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตร(GPA) ส่วนมากอยู่ระหว่าง 3.01-3.50 จำนวน 66 คน(51.6) และเกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตร(GPA) ส่วนน้อยอยู่ระหว่าง 2.00 - 2.50 จำนวน 9 คน
(7.0)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคาดหวัง

ความคาดหวัง	ระดับของความคาดหวัง		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลความหมาย
1. ท่านมีความคาดหวังในการสอบใบประกอบวิชาชีพแพทย์แผนไทยผ่านในรอบแรก	4.47	0.69	มาก
2. ท่านมีความคาดหวังที่จะได้รับใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยทั้ง 4 ด้านได้แก่ เวชกรรมไทย ผดุงครรภ์ไทย เภสัชกรรมไทย และการนวดไทย	4.59	0.65	มาก
3. ท่านมีความคาดหวังที่จะได้รับค่าตอบแทนจากการจ้างงานด้วยอัตราเงินที่สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย	4.24	0.83	มาก
4. ท่านมีความคาดหวังที่จะได้รับค่าตอบแทนที่เพิ่มขึ้นและสามารถแบ่งเบาภาระในการใช้หนี้ทุนการศึกษา	4.36	0.77	มาก
5. ท่านมีความคาดหวังว่าจะได้ประกอบอาชีพที่มั่นคง	4.65	0.59	มาก
6. ท่านมีความคาดหวังที่จะได้รับการบรรจุ รับราชการ	4.47	0.77	มาก
7. ท่านมีความคาดหวังที่จะเป็นบุคลากรทางการแพทย์ที่ดี	4.57	0.68	มาก
8. ท่านมีความคาดหวังที่จะเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับเพื่อนร่วมวิชาชีพ	4.57	0.62	มาก
9. ท่านมีความคาดหวังที่จะสร้างชื่อเสียงให้แก่สถาบันของท่าน	4.50	0.66	มาก
10. ท่านมีความคาดหวังที่จะทำให้สมาชิกในครอบครัวมีความสุข	4.73	0.57	มาก
รวม	**4.51**	**0.54**	**มาก**

จากตารางที่ 3 พบว่าผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยมีค่าคะแนนเฉลี่ยของความคาดหวังอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 (S.D. = 0.54)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงสนับสนุนจากเพื่อน

แรงสนับสนุนจากเพื่อน	ระดับแรงสนับสนุนจากเพื่อน		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลความหมาย
การสนับสนุนทางด้านอารมณ์ (Emotional support)			
1. ท่านรู้สึกมีความสุขกับการอ่านหนังสือเมื่อมีเพื่อนคอยให้กำลังใจ	4.25	0.72	มาก
2. ท่านมีความสุขเมื่อสามารถจัดสรรเวลาในการอ่านหนังสือได้ครบตามเนื้อหา	4.37	0.61	มาก
3. เมื่อท่านรู้สึกท้อในการอ่านหนังสือหรือการสอบ ท่านมีเพื่อนคอยให้กำลังใจเสมอ	4.14	0.74	มาก
4.ท่านรู้สึกท้อแท้ในบางครั้ง และท่านสามารถจัดการอารมณ์ได้ดี	4.03	0.75	มาก
5. ท่านคิดว่าการอ่านหนังสือร่วมกันกับเพื่อน จะสามารถแลกเปลี่ยนความรู้และจำเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น	4.25	0.75	มาก
การสนับสนุนด้านคุณค่า (Esteem support)			
1. การสอบใบประกอบวิชาชีพแพทย์แผนไทยมีความสำคัญกับท่านมาก	4.48	0.73	มาก
2.เพื่อนของท่านมีผลต่อการสอบผ่านใบประกอบวิชาชีพแพทย์แผนไทยในรอบแรก	4.07	0.88	มาก
3. เพื่อนทำให้ท่านรู้สึกถึงความสำคัญในการอ่านหนังสือเพื่อสอบใบประกอบวิชาชีพแพทย์แผนไทย	4.14	0.82	มาก
4. ท่านและเพื่อนทำแบบทดสอบ เพื่อทบทวนเนื้อหาก่อนสอบใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย	4.16	0.71	มาก
5. เพื่อนทำให้ท่านเตรียมตัวมาดีในการสอบใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย	0.99	0.83	มาก

การสนับสนุนด้านข้อมูลข่าวสาร (Information support)			
1. ท่านได้รับข้อมูลข่าวสารการสอบใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยจากเพื่อนของท่าน	4.15	0.71	มาก
2. การอัพเดตข้อมูลใหม่ๆเกี่ยวกับการสอบใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยจากสื่อต่างๆ เช่น วิทยุ หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ อินเทอร์เน็ต และอื่นๆ	4.40	0.65	มาก
3.การเรียนรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากการเรียนในห้องเรียนจากเพื่อนของท่าน	4.04	0.74	มาก
4.เพื่อนของท่านได้มีการเผยแพร่ข่าวสารที่เกี่ยวกับการสอบใบประกอบวิชาชีพแพทย์แผนไทยอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว	4.23	0.64	มาก
5.เพื่อนของท่านได้สนับสนุนแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือให้แก่ท่าน	4.25	0.67	มาก
การสนับสนุนด้านวัสดุสิ่งของและบริการจากเพื่อน (Tangible support)			
1. การแนะนำหนังสือหรือเว็บไซต์ในการอ่านเพื่อประกอบการสอบใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย	4.16	0.69	มาก
2. การแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน	4.21	0.67	มาก
3. การตักเตือนซึ่งกันและกันด้านการอ่านหนังสือ	4.20	0.68	มาก
4.การวางแผนการอ่านหนังสือร่วมกัน	4.03	0.77	มาก
5. การสร้างวินัยในการอ่านหนังสือ	4.11	0.70	มาก
การสนับสนุนด้านเครือข่ายจากเพื่อน (Network support)			
1. เพื่อนของท่านคอยตรวจสอบข้อมูลก่อนส่งใบสมัครสอบให้เสมอ	3.96	0.80	มาก
2. การแบ่งปันแนวข้อสอบที่ได้จากรุ่นพี่	4.09	0.78	มาก
3. ท่านสามารถสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการสอบจากเพื่อนของท่านได้เสมอ	4.26	0.65	มาก
4. หากมีการเปลี่ยนแปลงการสอบ เพื่อนของท่านจะนำข่าวสารมาแจ้งให้ท่านทราบเสมอ	4.33	0.73	มาก
5. การปรึกษาและให้คำแนะนำสำหรับขั้นตอนของการไปสอบ	4.19	0.740	มาก
รวม	**4.17**	**0.52**	**มาก**

จากตารางที่ 4 พบว่าผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยมีค่าคะแนนเฉลี่ยของแรงสนับสนุนจากเพื่อนอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 (S.D. = 0.52)

ตารางที่ 5 จำนวนและค่าร้อยละของการสอบผ่านเพื่อขอขึ้นทะเบียนใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยในรอบแรกของผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ในปีการศึกษา 2559 – 2561

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
ผ่านทั้ง 4 ด้าน*	72	56.3
ผ่าน 3 ด้าน	23	17.9
ผ่าน 2 ด้าน	14	10.9
ผ่าน 1 ด้าน	10	7.9
ไม่ผ่านทั้ง 4 ด้าน	9	7.0
รวม	128	100

*1) ด้านเวชกรรมไทย 2) ด้านผดุงครรภ์ไทย 3) ด้านเภสัชกรรมไทย และ 4) ด้านนวดไทย

จากตารางที่ 5 ผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนใบประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยของผู้สำเร็จการศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย จำนวน 128 คน พบว่ามีผู้สอบผ่านทั้ง 4 วิชา จำนวน 72 คน (ร้อยละ 56.3)

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวังและแรงสนับสนุนจากเพื่อนกับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย

ตัวแปร	ผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย	
	Chi-Square	*p*
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	7.48	0.27
ความคาดหวัง	56.73	0.59
แรงสนับสนุนจากเพื่อน	105.19	0.91

จากตารางที่ 6 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 (Chi-Square = 7.48, p = 0.27) ความคาดหวังไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Chi-Square = 56.73, p = 0.59) และแรงสนับสนุน จากเพื่อนไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยอย่างมีนัยสำคัญ(Chi-Square = 105.19, p = 0.91)

7.สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1.ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาระดับความคาดหวังและแรงสนับสนุนทางสังคมของเพื่อน(descriptive statistic) ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.55(S.D.= 0.74), 4.51(S.D.=0.54) และ 4.17(S.D.= 0.52) ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าผู้สำเร็จการศึกษามีความคาดหวังอยู่ในระดับมาก($\bar{x}$ = 4.51, S.D. =0.54) แสดงให้เห็นว่าผู้สำเร็จการศึกษามีความปรารถนาที่จะประสบความสำเร็จในการสอบอย่างสูง ทั้งนี้เนื่องจากนิสิตมีความคาดหวังที่จะสอบผ่านทุกรายวิชาในรอบแรก เพื่อเป็นความภาคภูมิใจในชีวิต ทำให้ทุกคนในครอบครัวมีความสุขและเพื่อสร้างชื่อเสียงให้กับสถาบัน การได้รับใบประกอบวิชาชีพจะได้รับค่าตอบแทนการจ้างงานด้วยอัตราเงินเดือนที่สูงกว่าผู้ที่สอบไม่ผ่าน[5] และการได้รับค่าตอบแทนที่เพิ่มขึ้น จะสามารถแบ่งเบาภาระในการใช้หนี้ทุนการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากผู้สำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ส่วนใหญ่ใช้ทุนการศึกษาแบบกู้ยืม (ร้อยละ 68.0) ซึ่งผู้กู้ยืมจะต้องเริ่มชำระหนี้งวดแรกหลังการสำเร็จการศึกษา 2 ปีและต้องชำระหนี้เงินกู้ยืมพร้อมดอกเบี้ยคืนให้แก่กองทุนให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลา 15 ปีนับตั้งแต่วันที่ต้องเริ่มชำระหนี้[6] และการมีความคาดหวังในชีวิตจะก่อให้เกิดแรงปรารถนาและแรงผลักดันที่สำคัญในการดำเนินชีวิต โดยพฤติกรรมจะขึ้นอยู่กับการคาดหวังที่จะกระทำตามความคาดหวังนั้น รวมถึงความดึงดูดใจของผลลัพธ์ที่จะได้รับ ในส่วนของระดับแรงสนับสนุนจากเพื่อนจะมีผลการศึกษาพบว่าผู้สำเร็จการศึกษามีระดับแรงสนับสนุนอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.17, S.D. = 0.52) แสดงให้เห็นว่าระดับแรงสนับสนุนจากเพื่อนของผู้สำเร็จการศึกษาในการสอบอย่างสูง ทั้งนี้เนื่องจากนิสิตมีความต้องการสอบผ่านความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยในรอบแรก

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001(Chi-Square = 7.48, p = 0.27) เนื่องจากหลักสูตรในการเรียนบางรายวิชาไม่ได้ใช้หนังสือของกองประกอบโรคศิลปะมาเรียนโดยตรง โดยมีการใช้หนังสือหรือเนื้อหาที่พัฒนาจากรูปแบบเดิม และระยะในการเตรียมตัวสอบของแต่ละคนน้อย ด้วยช่วงเวลาที่จัดสอบตรงกับช่วงเวลาเรียนหรือฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนิสิตแพทย์แผนไทย ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบ ซึ่งผู้สำเร็จการศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรอยู่ในระดับเกรด 3.01 - 3.50 มีโอกาสสอบผ่านมากที่สุดอาจด้วยความถนัดและความรู้พื้นฐานเดิมของผู้เรียนที่เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อความสำเร็จในการสอบในรอบแรก ในขณะที่ผู้สำเร็จการศึกษาที่มีเกรดเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า 3.01 - 3.50 จำนวน 42 คน(รวมจำนวนคนที่มีเกรดเฉลี่ยตั้งแต่ 3.00 – 2.00) ไม่สามารถสอบผ่านในรอบแรกได้ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่สอบไม่ผ่านนี้ อาจมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิชาไม่แม่นยำ หรืออาจมีความสับสนเกี่ยวกับองค์ความรู้ในบางหัวข้อในสาระวิชานั้นๆ[7]

ความคาดหวังไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยในรอบแรกอย่างมีนัยสำคัญ(Chi-Square = 56.73, p = 0.59) ซึ่งความคาดหวังเป็นเพียงแค่ความคิดเท่านั้น ไม่ได้ส่งผลต่อพฤติกรรมที่จะทำให้ผู้สอบมีความกระตือรือร้นหรือการเตรียมตัวในการสอบที่มากพอ ซึ่งทั้งนี้แม้ว่าจะมีแรงจูงใจหรือความคาดหวังที่สูง แต่การสั่งสมความรู้ประสบการณ์และความสามารถที่ไม่เพียงพอที่จะสอบผ่านได้และอาจไม่เข้าใจในเนื้อหาวิชาในการสอบและมีความพยายามสืบค้นข้อมูลเพื่อไขข้อข้องใจนั้นไปปรึกษากับอาจารย์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องไม่มากเท่าที่ควร ทำให้ความคาดหวังจึงไม่มีความสัมพันธ์กับการสอบ[8]

แรงสนับสนุนจากเพื่อนไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(Chi-Square = 105.19, p = 0.91) ทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้สำเร็จการศึกษาอยู่ในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น(อายุ 20 - 40 ปี) ซึ่งวัยนี้จะให้ความสำคัญกับการทำตามเป้าหมายในชีวิตมากกว่าการมาใช้ชีวิตร่วมกับเพื่อน เช่น การแยกย้ายไปทำงาน การเลือกคู่ครอง และการสร้างหลักฐานและครอบครัว จึงทำให้ความสำคัญกับกลุ่มเพื่อนร่วมวัยลดลง ประกอบกับการมีเพื่อนมากอาจเป็นการรบกวนสมาธิในการทบทวนเนื้อหาและรบกวนเวลาการอ่านหนังสือ จึงทำให้แรงสนับสนุนจากเพื่อนไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย[4]

8.ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ดังนั้น ทางมหาวิทยาลัยจึงควรพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิตมีความรู้ความเข้าใจอย่างแม่นยำในเนื้อหาของหลักสูตรทั้ง 4 รายวิชา และสร้างการตระหนักถึงความสำคัญของผลการศึกษาตลอดหลักสูตรให้กับนิสิตแพทย์แผนไทยเพื่อเป็นแรงผลักดันให้ตั้งใจและมุ่งมั่นในการเรียน

2. ความคาดหวังมีความสัมพันธ์กับผลการสอบความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย ดังนั้น มหาวิทยาลัยจึงควรชี้แจงถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับหากสอบผ่าน โดยให้ข้อมูลตั้งแต่เริ่มเข้าศึกษาในหลักสูตรผ่านการปฐมนิเทศ และเน้นย้ำในทุกชั้นปีเพื่อเสริมแรงความคาดหวัง

3. ควรศึกษาต่อในเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสอบผ่านความรู้เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทย โดยเลือกใช้สถิติขั้นสูงในการวิเคราะห์ข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่านที่ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิลัยพร นุชสุธรรมและคณะ. 2556. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ชั้นหนึ่งของบัณฑิต, พยาบาลสาร, ปีที่ 40 ฉบับพิเศษ มกราคม 2556, หน้า 61-72.

[2] สภาการแพทย์แผนไทย, 2558. ข้อบังคับสภาการแพทย์แผนไทย ว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการสอบความรู้ในวิชาชีพการแพทย์แผนไทยของผู้ที่ได้รับปริญญาหรือประกาศนียบัตรเทียบเท่าปริญญาสาขาการแพทย์แผนไทย จากสถาบันการศึกษาที่สภาการแพทย์แผนไทยรับรอง (ฉบับที่ 2), ข้อมูลจาก https://thaimed.or.th/ (สืบค้นข้อมูลวันที่ 14 มิถุนายน 2563).

[3] สุจิรา วิชัยดิษฐ์และคณะ. 2555. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ปีการศึกษา 2555, (รายงานวิจัยฉบับ

สมบูรณ์).

[4] ภาวินี ศรีสันต์. 2560. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคาดหวัง แรงสนับสนุนจากเพื่อน และผลการสอบความรู้ เพื่อขอขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ชั้นหนึ่ง ของผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยราชธานี, วารสารการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติราชธานีวิชาการ, 1003-1013.

[5] วิลัยพร นุชสุธรรม และคณะ. 2556. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลการสอบขอขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ชั้นหนึ่งของบัณฑิตคณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัย เชียงราย, วารสารพยาบาลศาสตร์, ฉบับที่ 40, หน้า 61-72.

[6] คณะกรรมการกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา. 2552. ระเบียบคณะกรรมกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษาว่าด้วยการชำระเงินกู้ยืมคืนกองทุน (ฉบับที่4) พ.ศ.2552, ข้อมูลจาก https://www.studentioan.or.th/ (สืบค้นข้อมูลวันที่ 20 มิถุนายน 2563).

[7] จิตตานันท์ ศรีสุวรรณ์ และคณะ. 2562. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลการสอบ ขึ้นทะเบียนรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพการพยาบาล และการผดุงครรภ์ของผู้สำเร็จการศึกษาพยาบาล จากวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี อุดรธานี, วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข, ฉบับที่ 29 ครั้งที่ 3,หน้า 144-155.

[8] ศิริญญา คงอยู่. 2560. ปัจจัยทำนายผลการสอบขึ้นทะเบียนและรับใบอนุญาต เป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ชั้นหนึ่ง ของบัณฑิตพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก, วารสารพยาบาลทหารบก. ปีที่ 18 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2560,หน้า 228-237.

ID034

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานของนิสิต มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

Factors Related Using Herbal Medicines Behaviour in Primary Health Care among Thaksin University Students Phatthalung Campus

ซูปียานี เกษธิมา[1] , นุชนาฏ หมาดงะ[1] , สีตีฮาหวา มันตุเต๊ะ[1] , อัซมะ ฮะแวกะจิ[1] ,
วิทวัส หมาดอี[1] , และกุสุมาลย์ น้อยผา[1]*

[1]สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

*E-mail: kusumarn.n@hotmail.com

Supeeyanee Ketthima[1], Nuchanat Hmadngah[1], Seeteehawa Mantuteh[1], Asmah Hawaekaji[1],
Wittawat Made[1], and Kusumarn Noipha[1]

[1]Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung Campus

*E-mail: kusumarn.n@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีรูปแบบการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริมกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม จากนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จำนวน 384 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไคสแควร์ (Chi-square) การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียรสัน (Pearson product-moment correlation coefficient) ผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมการใช้สมุนไพรรักษาโรคทั้ง 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มโรคทางเดินอาหาร กลุ่มโรคทางเดินหายใจ กลุ่มโรคทางเดินปัสสาวะ กลุ่มโรคผิวหนัง และการเจ็บป่วยอื่น ๆ โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$=2.74, SD=1.076) ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา และคณะ ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ ปัจจัยนำ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ และทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ ปัจจัยเอื้อ ได้แก่ การใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวัน และแหล่งสมุนไพรที่นำมาใช้ได้สะดวก และปัจจัยเสริม ได้แก่ การสนับสนุนทางสังคม มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

คำหลัก พฤติกรรม การใช้สมุนไพร สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

Abstract

The objectives of survey research were to study the behavior of using herbs in primary health care for health care and to study the relationship between personal factors, predisposing factors, enabling factors, reinforcing factors and herbs usage behaviors in primary health care for health care were collected by using questionnaires. Data from 384 of Thaksin university students Phatthalung campus were analyzed with statistics, frequency, percentage, mean, standard deviation, Chi-square, One-Way Analysis of Variance ANOVA and Pearson product-moment correlation coefficient. The results show that the behavior of using in primary health own was at a moderate level ($\bar{x}$=2.74, SD=1.076). Personal factors such as gender, educational level and faculty were not significantly related to the use of herbs in primary health care for health care.

Predisposing factors such as knowledge about the use of herbs in primary health care and attitude towards using herbs, enabling factors such as the use of herbs in daily life and the convenient of use herbs, and reinforcing factors such as social support were significantly positive correlation with the behavior of using herbs in primary health care (p <0.001).

Keywords: Behavior, Herbal Using, Herbal Medicines in Primary Health Care

1. บทนำ

การแพทย์พื้นบ้านหรือแพทย์แผนไทยเป็นภูมิปัญญาที่ใช้ดูแลสุขภาพ และรักษาโรคภัยของคนไทยมาช้านาน ซึ่งมีการถ่ายทอดภูมิปัญญาจากรุ่นสู่รุ่นผสมผสานกับวัฒนธรรมในท้องถิ่น การแพทย์แผนไทยประกอบด้วย องค์ความรู้ และภูมิปัญญาหลายด้าน ซึ่งภูมิปัญญาการใช้สมุนไพรเพื่อการรักษาโรคก็เป็นองค์ความรู้ที่ได้รับการสืบทอดมาจนปัจจุบัน ซึ่งแต่ละภูมิภาคก็มีลักษณะทางภูมิประเทศที่แตกต่างกัน พืชสมุนไพรจึงมีความแตกต่างหลากหลายกันตามพื้นที่ ดังนั้น พืชสมุนไพรไทยมีบทบาทสำคัญอย่างหนึ่งในการรักษาโรคมาแต่โบราณ การใช้สมุนไพรจึงมีวิวัฒนาการ และพัฒนาการองค์ความรู้มาอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้สมุนไพรไทยจึงไม่ได้ใช้เพียงเพื่อรักษาความเจ็บป่วยเท่านั้น แต่มีคุณค่าต่อสุขภาพทั้งร่างกาย และจิตใจ [1] จึงทำให้สมุนไพรไทยเป็นที่นิยมในระบบการแพทย์แผนไทย และแพทย์ทางเลือกอย่างกว้างขวาง จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2520–2524) เมื่อกระทรวงสาธารณสุขได้ริเริ่มดำเนินงานสาธารณสุขมูลฐาน ต่อมาในปี พ.ศ.2521 องค์การอนามัยโลกขอให้ประเทศสมาชิกใช้การแพทย์ดั้งเดิมและยาจากสมุนไพรเป็นส่วนหนึ่งของงานสาธารณสุขมูลฐาน ส่งผลให้บทบาทของสมุนไพรในการรักษาสุขภาพของประชาชนได้รับการฟื้นฟูอีกครั้งหนึ่ง โดยกระทรวงสาธารณสุขได้คัดเลือก และส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานตามที่ระบุไว้ในแผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติฉบับที่ 5 (พ.ศ.2525–2529) [2]

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้สมุนไพรในสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ เพื่อประโยชน์ในการดูแลสุขภาพของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จึงได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริมกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

3. สมมติฐานของการวิจัย

1. นิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุงมีพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด

2. ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริมกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

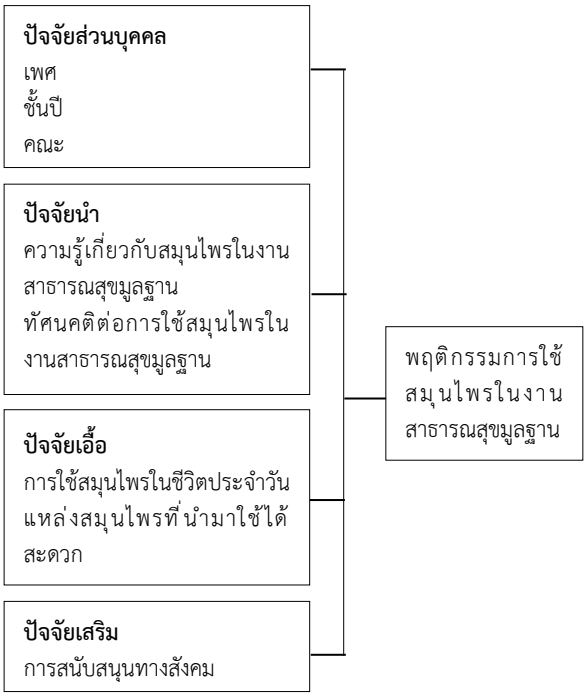
1. เพื่อใช้กำหนดแนวทาง และวิธีดำเนินการในการส่งเสริมให้นิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง มีการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ

2. เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรือลดอุปสรรคในการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

3. ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า และเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ

5. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาการวิจัยครั้งนี้ เรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ผู้วิจัยใช้รูปแบบการส่งเสริมสุขภาพของ PRECEDE Model ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ทางการศึกษา (Phase 4:Educational Diagnosis) ของ Lawrence W.Green และคณะ (1991) [3] มาประยุกต์ใช้ในการสร้างกรอบแนวคิดการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริม ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

6. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยกำหนดรูปแบบการศึกษาไว้ ดังนี้

6.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ในปีการศึกษา 2562 จำนวน 7 คณะ ได้แก่ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน คณะนิติศาสตร์ คณะพยาบาลศาสตร์ คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตรและชีวภาพ รวมทั้งสิ้น 2,526 คน (ระบบงานทะเบียนนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ, 2562) [4]

กลุ่มตัวอย่าง การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการคำนวณขนาดตัวอย่างของ Taro Yamane (Yamane 1973) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูล คือ 346 คน แต่เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย ผู้วิจัยจึงได้เก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 10 และกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 384 คน โดยกลุ่มตัวอย่างไม่มีปัญหาการพูด การฟัง และการเข้าใจภาษาไทย เกณฑ์การคัดออก คือผู้ที่ไม่ตอบแบบสอบถามหรือให้ข้อมูลจนแล้วเสร็จ

6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ให้มีเนื้อหาครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ และกรอบแนวคิดของการวิจัย และได้ผ่านการตรวจความเที่ยงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน มี 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลบุคคล ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับเพศ ชั้นปี และคณะ รวมข้อคำถาม 3 ข้อ เป็นแบบสอบถามแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามปัจจัยนำ ได้แก่ แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ รวมข้อคำถาม 20 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกถูกผิด โดยให้คะแนนดังนี้ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน หาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson Method/KR21) และแบบสอบถามทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ รวมข้อคำถาม 10 ข้อ

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามปัจจัยเอื้อ ได้แก่ แบบสอบถามการใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวัน รวมข้อคำถาม 10 ข้อ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามปัจจัยเสริม ได้แก่ แบบสอบถามการสนับสนุนทางสังคม รวมข้อคำถาม 10 ข้อ

การวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถามส่วนที่ 2 ส่วนที่ 3 และส่วนที่ 4 เป็นแบบมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale) ซึ่งใช้เกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้ บุรินทร์ รุจจนพันธุ์ อ้างถึงในชัชวาลย์ เรืองประพันธ์ 2539 [5]

ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง มาก
ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง น้อย
ระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด

การแปลความความหมาย

มากที่สุด	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ	4.21 – 5.00
มาก	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ	3.41 – 4.20
ปานกลาง	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ	2.61 – 3.40
น้อย	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ	1.81 – 2.60
น้อยที่สุด	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ	1.00 – 1.80

ส่วนที่ 5 แบบสอบถามพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ โดยสร้างคำถามมี 5 ระดับ แทน 5 ความหมาย คือ ไม่เคย บางครั้ง นานครั้ง บ่อยครั้ง สม่ำเสมอ รวมข้อคำถาม 19 ข้อ โดยมีเกณฑ์ดังนี้ ระดับ 1 หมายถึง ไม่เคย ระดับ 2 หมายถึง บางครั้ง ระดับ 3 หมายถึง นานครั้ง ระดับ 4 หมายถึง บ่อยครั้ง ระดับ 5 หมายถึง สม่ำเสมอ ซึ่งมีการแปลผลความหมาย ดังนี้

สม่ำเสมอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 – 5.00
บ่อยครั้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.41 – 4.20
นานครั้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 – 3.40
บางครั้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.81 – 2.60
ไม่เคย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.80

การทดสอบคุณภาพของเครื่องมือมีการตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งใช้วิธีการตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง (Index of item 3objective Congruence หรือ IOC) ในแบบสอบถามได้เท่ากับ 0.896 (Revinelli & Hambleton, 1977, p. 49-60) [6]

6.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมานในการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ การใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายข้อมูลเบื้องต้นของปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ ปัจจัยเสริม พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

2. สถิติไคสแควร์ (Chi-square) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลที่วัดแบบกลุ่มกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

3. สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson’s Product Moment Correlation Coefficient) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริม กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2545) [7]

7. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานของนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง มีดังนี้

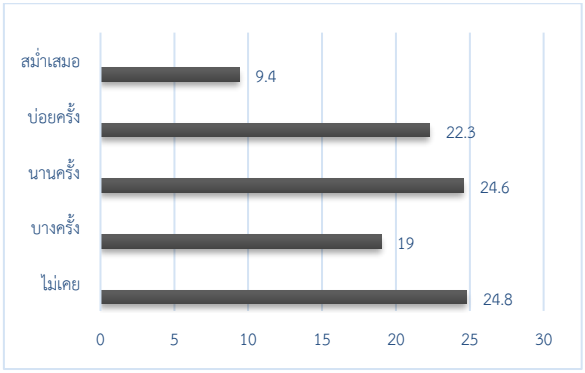
ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละ เกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง (n=384)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
หญิง	281	73.2
ชาย	103	26.8
2. ระดับชั้นปีที่กำลังศึกษา		
ชั้นปีที่ 1	101	26.3
ชั้นปีที่ 2	101	26.3
ชั้นปีที่ 3	93	24.2
ชั้นปีที่ 4	89	23.2
3. คณะที่กำลังศึกษา		
วิทยาการสุขภาพและการกีฬา	121	31.5
วิทยาศาสตร์	118	30.7
พยาบาลศาสตร์	17	4.4
วิศวกรรมศาสตร์	15	3.9
อุตสาหกรรมเกษตรและชีวภาพ	15	3.9
นิติศาสตร์	49	12.8
เทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน	49	12.8

จากตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล พบว่า กลุ่มตัวอย่าง 384 คน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 281 คน คิดเป็นร้อยละ 73.2 และเป็นเพศชาย จำนวน 103 คน คิดเป็นร้อยละ 26.8 ระดับชั้นปีที่กำลังศึกษาส่วนใหญ่ ชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 โดยมีจำนวนเท่ากันชั้นละ 101 คน คิดเป็นร้อยละ 26.3 และคณะที่กำลังศึกษาส่วนใหญ่คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา จำนวน 121 คน คิดเป็นร้อยละ 31.5

พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ

พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพโดยรวม พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพโดยรวม อยู่ในระดับไม่เคยมากที่สุด ร้อยละ 24.8 ส่วนระดับสม่ำเสมอนั้นพบว่า ต่ำสุด คือเพียงร้อยละ 9.4 เท่านั้น (รูปที่ 2) ส่วนพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพทั้ง 5 กลุ่มนั้น พบว่ามีเพียงกลุ่มเดียวที่กลุ่มตัวอย่างมีการใช้ในระดับมาก คือกลุ่มโรคระบบทางเดินอาหาร ที่รับประทานขมิ้นชัน บรรเทาอาการท้องอืดท้องเฟ้อ ดื่มน้ำขิงแก้อาการคลื่นไส้อาเจียน และรับประทานบอระเพ็ดช่วยให้เจริญอาหาร ที่เหลืออีก 4 กลุ่ม คือกลุ่มโรคทางเดินหายใจ กลุ่มโรคทางเดินปัสสาวะ กลุ่มโรคทางผิวหนัง และกลุ่มโรคอื่น ๆ มีการใช้อยู่ในระดับปานกลาง น้อยและน้อยที่สุด ดังตารางที่ 2



รูปที่ 2 ร้อยละของพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพโดยรวม

ตารางที่ 2 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ จำแนกตามรายข้อ (n=384)

ข้อคำถาม	ระดับของพฤติกรรม (ร้อยละ)					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	ไม่เคย	บางครั้ง	นานครั้ง	บ่อยครั้ง	สม่ำเสมอ			
กลุ่มโรคทางเดินอาหาร								
1. รับประทานขมิ้นชันบรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ	1.6	8.9	28.6	40.4	20.6	3.70	0.947	มาก
2. ดื่มน้ำขิงแก้อาการคลื่นไส้อาเจียน	7.6	7.3	31.0	38.8	15.4	3.47	1.076	มาก
3. รับประทานบอระเพ็ดช่วยให้เจริญอาหาร	7.6	6.0	22.9	35.9	27.6	3.70	1.157	มาก
4. รับประทานลูกมะเกลือดำผสมน้ำกะทิช่วยถ่ายพยาธิ กลุ่มโรคทางเดินหายใจ	9.4	11.2	31.0	33.6	14.8	3.33	1.144	ปานกลาง
5. รับประทานลูกมะแว้งเครือช่วยบรรเทาอาการไอ	8.9	12.5	31.5	35.2	12.0	3.29	1.109	ปานกลาง
6. ใช้มะนาวคั้นน้ำ ใส่เกลือเล็กน้อยจิบบ่อย ๆ หรือทำเป็นน้ำมะนาวใส่เกลือน้ำตาลดื่มบ่อย ๆ แก้ไอระคายคอจากเสมหะ	10.4	14.1	31.0	30.7	13.8	3.23	1.168	ปานกลาง
กลุ่มโรคทางเดินปัสสาวะ								
7. ใช้มะขามแขกจิ้มเกลือรับประทานแก้ไอระคายคอจากเสมหะ	10.2	13.8	30.5	32.0	13.5	3.25	1.168	ปานกลาง
8. ดื่มน้ำต้มหญ้าหนวดแมว เมื่อมีอาการปัสสาวะขัด	13.8	14.8	32.8	28.6	9.9	3.25	1.161	ปานกลาง
9. ใช้ตะไคร้ต้มน้ำดื่มแก้อาการขัดเบา	11.7	11.5	26.0	32.6	18.2	3.34	1.235	ปานกลาง
10. ใช้กระเจี๊ยบแดง ตากแห้ง บดเป็นผงชงน้ำดื่มแก้อาการขัดเบา	13.0	12.2	18.6	33.1	13.0	3.21	1.206	ปานกลาง
กลุ่มโรคทางผิวหนัง								
11. เคยใช้ว่านหางจระเข้รักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก	18.5	30.7	18.2	11.5	1.0	2.06	1.058	น้อย
12. ใช้เสลดพังพอนตัวเมียรักษาอาการที่เกิดจากแมลงกัดต่อย	28.9	36.1	24.2	9.1	1.6	2.18	1.003	น้อย
13. ใช้ใบพลูรักษาอาการลมพิษ	57.3	23.7	15.1	3.4	0.5	1.66	0.891	น้อยที่สุด
14. ชโลมผมและศีรษะด้วยเมล็ดน้อยหน่าคั้นผสมน้ำมันมะพร้าวเพื่อฆ่าเหา	63.8	19.8	14.3	2.1	0	1.55	0.813	น้อยที่สุด

ตารางที่ 2 (ต่อ) ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพจำแนกตามรายข้อ (n=384)

ข้อคำถาม	ระดับของพฤติกรรม (ร้อยละ)					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	ไม่เคย	บางครั้ง	นานครั้ง	บ่อยครั้ง	สม่ำเสมอ			
15. ใช้ทองพันชั่งรักษาอาการกลากเกลื้อน	33.1	29.4	22.7	11.7	3.1	2.22	1.123	น้อย
โรคอื่น ๆ								
16. ใช้น้ำมันไพลทาถูนวดบรรเทาอาการเคล็ดขัดยอกตามร่างกาย	12.0	33.3	24.2	19.8	10.7	2.84	1.190	ปานกลาง
17. รับประทานขี้เหล็กช่วยทำให้หลับง่าย	30.5	32.8	22.4	12.8	1.6	2.22	1.065	น้อย
18. รับประทานฟ้าทะลายโจรเมื่อมีอาการตัวร้อนเป็นไข้	66.9	15.9	12.5	4.2	0.5	1.55	0.901	น้อยที่สุด
19. รับประทานเปลือกข่อยเพื่อบรรเทาอาการปวดฟัน	45.6	26.6	19.4	7.6	1.3	1.92	1.031	น้อย
รวม	24.8	19.0	24.6	22.3	9.4	2.74	1.076	ปานกลาง

ปัจจัยนำ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ

ความรู้เรื่องการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพโดยรวมอยู่ในระดับน้อย ($\bar{x}$=1.87, SD=0.938) ดังตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงลำดับคะแนนตามจำนวน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้ และเข้าใจถูกที่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ว่านหางจระเข้รักษาแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก คิดเป็นร้อยละ 96.9 ดื่มน้ำขิงช่วยขับลมในท้อง แก้อาการคลื่นไส้อาเจียน คิดเป็นร้อยละ 93.8 น้ำมันไพล ทา ถู นวด เพื่อบรรเทาอาการเคล็ด ขัดยอก ตามร่างกาย คิดเป็นร้อยละ 91.1 และพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามยังมีความรู้ และเข้าใจถูกที่อยู่ในระดับน้อย ได้แก่ เมื่อมีอาการปวดฟันรักษาด้วยการนำเปลือกข่อยมาต้มใส่เกลือแล้วอม คิดเป็นร้อยละ 51.2 รับประทานลูกมะเกลือตำผสมน้ำกะทิช่วยบรรเทาอาการปวดบิดในท้อง คิดเป็นร้อยละ 40.8 ตามลำดับ

ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ พบว่า ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพโดยรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.75, SD=0.984) ดังตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงลำดับตามคะแนนเฉลี่ย พบว่า ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพที่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ รับประทานพืชสมุนไพรเป็นประจำช่วยทำให้มีสุขภาพดี ($\bar{x}$=4.23, SD=0.802) และพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพที่อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ไม่จำเป็นต้องระมัดระวังในการใช้สมุนไพรรักษาโรคเพราะมีผลข้างเคียงน้อย ($\bar{x}$=3.40, SD=1.165) สมุนไพรเป็นยาโบราณไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในปัจจุบัน ($\bar{x}$=3.18, SD=1.321) ตามลำดับ

ปัจจัยเอื้อ ได้แก่ การใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวันและแหล่งสมุนไพรที่นำมาใช้ในการดูแลสุขภาพ

การใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวัน พบว่าการใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวันโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.42, SD=1.121) ดังตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงลำดับตามคะแนนเฉลี่ย พบว่า การใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวันของผู้ตอบแบบสอบถามที่อยู่ในระดับมาก ได้แก่ ควรทำความสะอาดสมุนไพรก่อนนำมาใช้อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.07, SD=1.054) ควรปลูกสมุนไพรไว้ใช้บริเวณรอบบ้าน ($\bar{x}$=4.06, SD=1.032) ท่านประกอบอาหารจากพืชสมุนไพร ($\bar{x}$=3.57, SD=1.062) ควรทดลองใช้สมุนไพรต่าง ๆ เสมอเมื่อมีโอกาส ($\bar{x}$=3.47, SD=1.112) และพบว่าการใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวันของผู้ตอบแบบสอบถามที่อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ เมื่อเจ็บป่วยเล็กน้อย ควรใช้สมุนไพรรักษาถ้าอาการไม่ดีขึ้นจึงไปพบแพทย์ ($\bar{x}$=3.35, SD=1.171) ท่านมีการศึกษาข้อมูลการใช้สมุนไพรเพื่อป้องกันอาการแทรกซ้อน ($\bar{x}$=3.20, SD=1.177) ท่านดื่มน้ำสมุนไพรเพื่อสุขภาพเป็นประจำ ($\bar{x}$=3.20, SD=1.095) ท่านใช้สมุนไพรหลายชนิดแม้ไม่มีอาการเจ็บป่วย ($\bar{x}$=2.99, SD=1.182) ท่านทำยาสมุนไพรไว้ใช้เอง ($\bar{x}$=2.81, SD=1.143) ตามลำดับ

แหล่งสมุนไพรที่นำมาใช้สะดวก พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับแหล่งสมุนไพรที่นำมาใช้ได้สะดวก โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.70, SD=0.953) ดังตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงลำดับตามคะแนนเฉลี่ย พบว่า แหล่งสมุนไพรที่นำมาใช้ของผู้ตอบแบบสอบถาม ที่อยู่ในระดับมาก ได้แก่ ปลูกเองรอบ ๆ บ้าน ($\bar{x}$=3.84, SD=0.903) หมอพื้นบ้าน ($\bar{x}$=3.82, SD=0.68) ร้านขายสมุนไพรทั่วไป ($\bar{x}$=3.70, SD=0.941) ตลาดนัดใกล้บ้าน ($\bar{x}$=3.66, SD=0.943) โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล/โรงพยาบาล ($\bar{x}$=3.64, SD=0.960) ในป่าใกล้บ้าน ($\bar{x}$=3.54, SD=1.001) ตามลำดับ

ปัจจัยเสริม คือ การสนับสนุนทางสังคมต่อการใช้สมุนไพรสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ

การสนับสนุนทางสังคมต่อการใช้สมุนไพรสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพโดยรวม อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$=3.36, SD=1.138) ดังตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อเรียงลำดับตามคะแนนเฉลี่ย พบว่า การสนับสนุนทางสังคมต่อการใช้สมุนไพรสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของผู้ตอบแบบสอบถามที่อยู่ในระดับมาก ได้แก่ หมอพื้นบ้านสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.70, SD=1.157) บุคคลในครอบครัวสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.70, SD=0.947) เพื่อนบ้านสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.47, SD=1.076) และพบว่าการสนับสนุนทางสังคมต่อการใช้สมุนไพรสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของผู้ตอบแบบสอบถามที่อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ อาจารย์ในมหาวิทยาลัยสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.34, SD=1.235) อาสาสมัครประจำหมู่บ้านสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.33, SD=1.144) เจ้าหน้าที่สาธารณสุขสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.29, SD=1.109) รุ่นพี่ในมหาวิทยาลัยสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.25, SD=1.161) เพื่อนในมหาวิทยาลัยสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.23, SD=1.168) บุคลากรในมหาวิทยาลัยสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.21, SD=1.206) รุ่นน้องในมหาวิทยาลัยสนับสนุนให้ท่านใช้สมุนไพร ($\bar{x}$=3.06, SD=1.176) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ ปัจจัยเสริม โดยรวม (n=384)

ปัจจัย	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
ปัจจัยนำ			
ความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ	1.87	0.938	น้อย
ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงาน สาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ	3.75	0.984	มาก
ปัจจัยเอื้อ			
การใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวัน	3.42	1.121	มาก
แหล่งสมุนไพรที่นำมาใช้ได้สะดวก	3.70	0.953	มาก
ปัจจัยเสริม			
การสนับสนุนทางสังคม	3.36	1.138	ปานกลาง

ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า ความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ ($r = 0.259$) ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ ($r = 0.309$) การใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวัน ($r = 0.752$) แหล่งสมุนไพรที่นำมาใช้ได้สะดวก ($r = 0.931$) การสนับสนุนทางสังคม ($r = 0.891$) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ส่วนปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศ ชั้นปี และคณะ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับของปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ ปัจจัยเสริม โดยรวม (n=384)

ตัวแปรที่ศึกษา	พฤติกรรมการใช้สมุนไพร	
	t,F,r	p-value
ปัจจัยส่วนบุคคล		
เพศ	t = 0.155	0.010
ชั้นปี	F = 1.702	0.193
คณะ	F = 2.837	0.093
ปัจจัยนำ		
ความรู้	r = 0.259	0.000**
ทัศนคติ	r = 0.309	0.000**
ปัจจัยเอื้อ		
การใช้สมุนไพร	r = 0.752	0.000**
แหล่งสมุนไพร	r = 0.931	0.000**
ปัจจัยเสริม		
การสนับสนุนทางสังคม	r = 0.891	0.000**

** p-value>0.001

8. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพโดยรวม พบว่าอยู่ในระดับน้อยที่สุด มากที่สุด ร้อยละ 24.8 ระดับปานกลาง ร้อยละ 24.6 ส่วนระดับมากที่สุด นั้นพบว่าต่ำสุด คือเพียง ร้อยละ 9.4 สะท้อนให้เห็นว่า ณ ปัจจุบัน พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพโดยรวมของนิสิต มหาลัยวิทยาทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ยังมีน้อย ถึงแม้ว่าภายใน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จะมีหลักสูตรสาขาการแพทย์แผนไทยเปิดสอน มีนโยบายและโครงการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมให้มีการรักษาในการเจ็บป่วยโดยใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานเบื้องต้นใน 5 กลุ่มโรค ได้แก่ กลุ่มโรคทางเดินอาหาร กลุ่มโรคทางเดินหายใจ กลุ่มโรคทางเดินปัสสาวะ กลุ่มโรคผิวหนัง และอาการเจ็บป่วยอื่น ๆ (สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, 2551) [8] ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างบางกลุ่มไม่รู้จักชนิดของสมุนไพรรวมไปถึงสรรพคุณของสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการรักษาโรคจึงไม่เล็งเห็นถึงความสำคัญการใช้สมุนไพร บางชนิดต้องมีขั้นตอนการเตรียมและวิธีการใช้ค่อนข้างยุ่งยาก และบางชนิดไม่ปลอดภัย ทำให้พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพอยู่ในระดับน้อยที่สุด

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ พบว่า ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลด้านเพศ ชั้นปี (p = 0.155)

ความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.001, r = 0.259) เพราะกลุ่มตัวอย่างมีความรู้เบื้องต้นในการเลือกใช้สมุนไพรทำให้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ

ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.001, r = 0.309) สอดคล้องกับแนวคิดของ กรีน และกรูเธอร์ (Green and Kreuter, 1991) [3] ที่ว่าทัศนคติเป็นปัจจัยภายในที่เป็นแรงกระตุ้นให้บุคคลแสดง จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีทัศนคติอยู่ในระดับมาก อาจเนื่องมาจากปัจจุบันมีช่องทางการเปิดรับข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวกับสมุนไพรอย่างหลากหลาย ทั้งสื่อบุคคล สื่อเฉพาะกิจ และสื่อมวลชน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ อินเตอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งสื่อต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลต่อความเชื่อจนนำไปสู่การปฏิบัติได้หรืออาจกล่าวได้ว่าทัศนคติมีรากฐานมาจากความเชื่อที่ส่งผลไปสู่พฤติกรรม (Roger, 1978) [9]

การใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวันมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.001, r = 0.752) เพราะการใช้บ่อย ๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ถึงประโยชน์ของสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน จากการศึกษานี้พบว่าโดยภาพรวมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ควรทำความสะอาดสมุนไพรก่อนนำมาใช้ ควรปลูกสมุนไพรไว้ใช้บริเวณรอบบ้าน ท่านประกอบอาหารจากพืชสมุนไพร ควรทดลองใช้สมุนไพรต่าง ๆ เสมอเมื่อมีโอกาส และท่านติดตามข่าวเกี่ยวกับประโยชน์ของสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานตามลำดับ

แหล่งสมุนไพรที่นำมาใช้ได้สะดวกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.001, r = 0.931) ดังนั้นแหล่งสมุนไพรจึง

เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สนับสนุนให้มีการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน และจากการศึกษานี้พบว่าปลูกเองรอบ ๆ บ้าน คือสถานที่สะดวกที่สุดในการนำสมุนไพรมาใช้ รองลงมา คือ หมอพื้นบ้าน

การสนับสนุนทางสังคมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ ($p < 0.001$, $r = 0.891$) ดังนั้น การได้รับการสนับสนุนทางสังคมจากบุคคลต่าง ๆ มีส่วนช่วยในการตัดสินใจใช้สมุนไพรรักษาโรค จากการศึกษานี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างได้รับการสนับสนุนจากบุคคลในครอบครัวและหมอพื้นบ้าน ให้ใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วิริญญา เมืองช้าง (2559) [10] ที่พบว่า สื่อบุคคล สื่อเฉพาะกิจ และสื่อมวลชนมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา

9. ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิจัย พบว่า พฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพยังมีไม่มาก จึงเสนอให้มีนโยบายที่ส่งเสริมสนับสนุนให้ประชาชนใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพเพิ่มขึ้น โดยใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพเป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลสุขภาพสำหรับประชาชนทุกกลุ่มรายได้

2. จากผลการวิจัยพบว่า ทัศนคติต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ การใช้สมุนไพรในชีวิตประจำวัน แหล่งสมุนไพรที่สามารถนำมาใช้ได้สะดวก และการสนับสนุนทางสังคมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพของประชาชน ดังนั้น ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรจัดกิจกรรม หรือการอบรมเผยแพร่ข้อมูล ส่งเสริมพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน สนับสนุนให้มีการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในชีวิตประจำวัน การสร้างแหล่งสมุนไพร ที่สามารถนำมาใช้ได้สะดวก และมีการสนับสนุนทางสังคมด้านการใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานในการดูแลสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนการสนับสนุนในการทำงานวิจัยจากคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ขอขอบคุณ ผศ.ปรีดาภรณ์ กาญจนสำราญวงศ์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ชฎาธาร สระถึง และคณะ. (2561). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรพื้นบ้านในการรักษาบาดแผลของประชาชน ตำบลกระดังงา อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้, 61(3), 976-983.

[2] ชนิดา มัททวางกูร และคณะ. (2562). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรของประชาชนในเขต ภาษีเจริญ. *วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม*, 20(39), 99-109.

[3] Green, Lawrence W., Kreuter. (1991). Health EducationPlanning : *A Diagnostic Approach*. Toronto : Mayfield Publishing Company.

[4] ระบบงานทะเบียนนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ. (2563). สืบค้นข้อมูลเมื่อ 25 เมษายน 2563 จาก https://enroll.tsu.ac.th/control/login.jsp

[5] บุรินทร์ รุจจนพันธุ์. เกณฑ์การแปลความหมาย. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 25 เมษายน 2563 จาก https://www.thaiall.com/blog/burin/4967/

[6] Revinelli. R. J and Hambleton. (1977). R. K. On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion Referenced Test Item Validity. *Dutch Journal of Educational Research*. 2: 49-60.

[7] กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2545). การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: คณะนิเทศศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[8] กองคุ้มครองภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์พื้นบ้าน กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก 2551. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 25 เมษายน 2563 จาก http://dmsic.moph.go.th/index/detail/7386.

[9] พีวรา สอาดล้วน. ทัศนคติ Attitude. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 25 เมษายน 2563 จาก http://phatrsa.blogspot.com/2010/01/attitude.html

[10] วิริญญา เมืองช้าง. (2559). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรในการดูแลสุขภาพตนเองของประชาชนในอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา. (วิทยานิพนธ์หลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการการสร้างเสริมสุขภาพคณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

ID035

ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาและปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ

Educational achievement and factors affecting the educational achievement of undergraduate students in Thai traditional medicine program Thaksin University

กรรณิการ์ หมาดโหยด[1] นูรัยนา อิแอ[1] วาริสา เส็นหมาน[1] สุนิตา หมานระโต๊ะ[1]
วิทวัส หมาดอี[1] และกุสุมาลย์ น้อยผา[1*]
[1]สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
[*]E-mail: kusumarn.n@hotmail.com

Kannika Madyod[1], Nuraina Ai-ae[1], Warisa Senhman[1], Sunita Manratoh[1]
Wittawat Made[1] and Kusumarn Noipha[1*]
[1]Department of Thai Traditional Medicine, Faculty of Health and Sports Science, Thaksin University, Phatthalung Campus
[*]E-mail: kusumarn.n@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ 2) ศึกษาระดับของปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ 3) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตระดับปริญญาตรีที่ศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562 หลักสูตรแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 135 คน โดยแบ่งเป็นชั้นปีที่ 1 จำนวน 35 คน ชั้นปีที่ 2 จำนวน 38 คน และชั้นปีที่ 3 จำนวน 62 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ ด้วยวิธีการนำตัวแปรเข้าทั้งหมด (Enter multiple regression analysis) ผลวิจัยพบว่า 1) นิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต ส่วนใหญ่มีผลการเรียนคะแนนเฉลี่ยสะสม (Grade Point Average: GPA) 3.01-3.50 คิดเป็นร้อยละ 45.19 และมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 (นิสิตชั้นปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.39 รองลงมาคือ นิสิตชั้นปีที่ 3 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 และนิสิตชั้นปีที่ 1 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.10 ตามลำดับ) 2) ปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคล ปัจจัยด้านการจัดการการศึกษา และปัจจัยด้านครอบครัวและเพื่อนของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (Mean=3.91, S.D.=0.69) 3) ปัจจัยด้านเจตคติและแรงจูงใจต่อการเรียนของนิสิต ด้านพฤติกรรมการเรียนของนิสิต ด้านหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต ด้านคุณภาพการสอนและพฤติกรรมการสอนของอาจารย์ ด้านการสนับสนุนและ

สภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ด้านการสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครอง และด้านความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ
คำหลัก ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต นิสิตระดับปริญญาตรี

Abstract

The objective of this survey research was to 1) study the educational achievement level of undergraduate students in of Thai traditional medicine program, 2) to study the level of various factors that affect the educational achievement of undergraduate students and 3) study the factors that affect the academic achievement of undergraduate students. 135-samples were undergraduate students studying year 1 to year 3, academic year 2019, in Thai traditional medicine program (Curriculum Update 2017). The research instruments were a questionnaire about factors affecting the educational achievement of undergraduate students. Data were analyzed using descriptive statistics and Enter multiple regression analysis. The results showed that 1) 99-undergraduate students have a grade point average (GPA) 3.01-3.50 (45.19 percent) and an average score is 3.23 (second year students an average score is 3.38, third year students an average score is 3.21, first year students an average score is 3.10). 2) the level of personal factors, educational management factors and family and friend factors of undergraduate students are at a high level (Mean = 3.91, S.D. = 0.69). 3) the factor students' attitude and motivation, the study behavior of students, Thai traditional medicine program, quality of the teach and the teach behavior of teachers, support and the environment of the university, support of the family or guardian and the relationship between friends there are not influence the educational achievement of undergraduate students in Thai traditional medicine program.
Keywords: Factors affecting the educational achievement, Bachelor Thai traditional medicine program, Undergraduate student

1.บทนำ

มนุษย์มีความเชื่อประการหนึ่งว่า การศึกษา คือ การสร้างคนให้มีความรู้ ความสามารถ มีคุณธรรมจริยธรรม รวมทั้งมีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต มีความพร้อมที่จะประกอบการงานอาชีพและสามารถดำรงตนให้อยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข กล่าวได้ว่า การศึกษาเป็นความจำเป็นและสำคัญสูงสุดของชีวิต เนื่องจากการศึกษานั้นสามารถช่วยแก้ไขปัญหาได้ในทุก ๆ ด้าน มนุษย์นั้นต้องการปัจจัยสี่ อันได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค แต่สิ่งเหล่านี้ไม่สามารถเกิดขึ้นหรือพัฒนาได้เลย หากมนุษย์ไม่มีการศึกษาหาความรู้ ดังนั้นการศึกษาจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกคนต้องร่วมแรงร่วมใจกันเพราะการศึกษาทำให้คนฉลาด มีเหตุผล คิดแก้ไขปัญหาเป็น และประเทศไทยจะก้าวไปในทิศทางใดหรืออยู่ลำดับที่เท่าไรในสายตาของคนต่างชาตินั้นล้วนขึ้นอยู่กับการศึกษา เพราะการศึกษาสร้างคนและคนสร้างชาติ จะช่วยพัฒนาสังคมให้เกิดความก้าวหน้าและมีสุข [1]

หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต เป็นหลักสูตรหนึ่งภายใต้ส่วนงานวิชาการระดับคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณให้ความสำคัญในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและได้ดำเนินการตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (Thai Qualifications Framework: TQF) ที่มุ่งเน้นคุณภาพและมาตรฐาน ประกอบด้วยระบบการประกันคุณภาพภายใน และระบบการประกันคุณภาพภายนอก รวมถึงการสร้างคุณลักษณะของนิสิตระดับปริญญาตรีที่พึงประสงค์เพื่อเป็นกลไกในการรักษา

คุณภาพ และมาตรฐานของสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณเปิดสอนหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555 มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีคุณธรรม จริยธรรม ความรับผิดชอบ และมีคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ ในปีการศึกษา 2560 สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย ได้ปรับปรุงหลักสูตรเป็นหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งแนวทางที่ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรเป็นไปตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ และเป็นไปตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาการแพทย์แผนไทย อีกทั้งยังมีโครงสร้างหลักสูตรหมวดวิชาศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต หมวดวิชาเฉพาะ ไม่น้อยกว่า 110 หน่วยกิต คือ 1. กลุ่มพื้นฐานวิชาชีพแพทย์แผนไทย 47 หน่วยกิต - วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน 12 หน่วยกิต - วิชาพื้นฐานวิชาชีพแพทย์แผนไทย 35 หน่วยกิต 2. กลุ่มวิชาชีพเฉพาะแพทย์แผนไทย ไม่น้อยกว่า 63 หน่วยกิต - วิชาบังคับ 42 หน่วยกิต - วิชาเลือก ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต - วิชาประสบการณ์เชิงปฏิบัติ 15 หน่วยกิต หมวดวิชาเลือกเสรี ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต รวมหน่วยกิตตลอดหลักสูตร ไม่น้อยกว่า 146 หน่วยกิต [2]

ผู้วิจัยมองเห็นว่าผู้ที่จบชั้นมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่าเริ่มมีความต้องการจะเข้ามาศึกษาหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต เพื่อที่จะมุ่งมั่นจะประกอบวิชาชีพแพทย์แผนไทย และกระบวนการจัดการเรียนการสอนของสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นความแตกต่างของการเรียนรู้ของนิสิตในหลักสูตรนี้ กล่าวคือ ในบางรายวิชา นิสิตสนใจในการเรียนดีและมีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาสูง แต่ในบางรายวิชานิสิตสนใจเรียนน้อยและมีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาต่ำ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจอย่างยิ่งที่จะศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ เพราะปัจจัยเหล่านี้อาจทำให้เกิดความสำเร็จต่อการเรียนในระดับปริญญาตรี และเป็นสิ่งที่สถาบันควรนำข้อมูลมาศึกษาเพื่อจะได้เป็นแนวทางในการนำมาพัฒนาปรับปรุงในการผลิตบัณฑิตของสถาบันให้มีคุณภาพเพิ่มยิ่งขึ้น อีกทั้งหลักสูตรยังสามารถนำผลการวิจัยใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตร (ปีการศึกษา 2564) ในอนาคต และพัฒนานิสิตให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรต่อไป

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ
2. เพื่อศึกษาระดับของปัจจัยด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคล ปัจจัยด้านการจัดการการศึกษา และ ปัจจัยด้านครอบครัวและเพื่อน
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ

3.สมมติฐาน

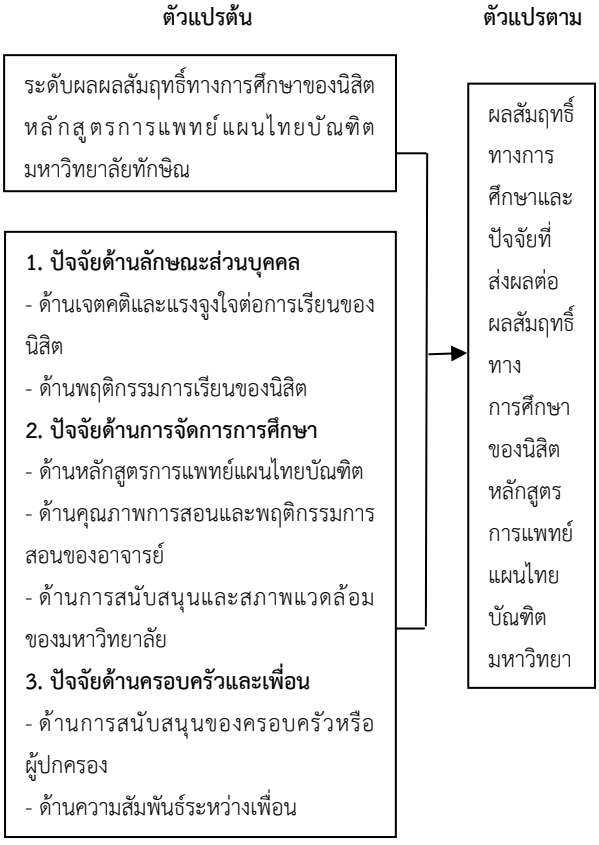
ปัจจัยด้านเจตคติและแรงจูงใจต่อการเรียนของนิสิต ด้านพฤติกรรมการเรียนของนิสิต ด้านหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต ด้านคุณภาพการสอนและพฤติกรรมการสอนของอาจารย์ ด้านการสนับสนุนและสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ด้านการสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครอง และด้านความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ

4.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ
2. ทราบถึงระดับของปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุง แก้ไขระบบการเรียน การสอนให้มีคุณภาพมากขึ้น และสามารถนำมาเป็นแนวทางในการวางแผนส่งเสริม และสนับสนุนให้ผู้เรียนพัฒนาการเรียนรู้ของตนให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

5.กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวความคิดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาและปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ

6.วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาตรี หลักสูตรแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 171 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้จากการสุ่มประชากร คือ นิสิตระดับปริญญาตรีที่ศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562 หลักสูตรแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จำนวน 135 คน ได้แก่ นิสิตชั้นปีที่ 1 จำนวน 35 คน ชั้นปีที่ 2 จำนวน 38 คน และนิสิตชั้นปีที่ 3 จำนวน 62 คน ซึ่งได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิอย่างง่าย โดยให้ชั้นปีเป็นชั้นภูมิ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ ซึ่งแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของนิสิต ประกอบไปด้วยข้อคำถาม เกี่ยวกับเพศ สถานศึกษาที่จบระดับมัธยมหรือเทียบเท่า รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ศาสนา ชั้นปีที่กำลังการศึกษา และผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (Grade Point Average : GPA) ปีการศึกษา 2562 ซึ่งเป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 5 ข้อ และแบบเติมคำตอบ จำนวน 1 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิต หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ ประกอบด้วย ข้อคำถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา มีจำนวนข้อคำถามจำนวนทั้งหมด 61 คำถาม เป็นแบบสอบถามแบบมาตรประมาณค่า(Rating scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) โดยในแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556 : 121) [3]

เกณฑ์การแปลความความหมาย

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลผล

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00
เห็นด้วยมาก	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50
เห็นด้วยปานกลาง	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50
เห็นด้วยน้อย	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50
เห็นด้วยน้อยที่สุด	มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม ด้านความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน คำนวณดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ได้ค่า = 0.94 แล้ว นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) กับนิสิตแพทย์แผนไทย ชั้นปีที่ 1 ถึงชั้นปีที่ 3 จำนวน 30 คน หาคุณภาพด้านความเที่ยง โดยใช้สูตร สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ เท่ากับ 0.87

7.การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลและปัจจัยด้านต่าง ๆ ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุด้วยวิธี Enter (Enter multiple regression analysis)

8.ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีที่ศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562 หลักสูตรแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตร ปรับปรุง พ.ศ. 2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 135 คน พบว่า นิสิตส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีจำนวน 125 คน และเพศชาย จำนวน 10 คน โดยแบ่งตามชั้นปี ได้แก่ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 35 คน เป็นเพศหญิง 32 คน เพศชาย 3 คน ชั้นปีที่ 2 จำนวน 38 คน เป็นเพศหญิง 33 คน เพศชาย 5 คน และชั้นปีที่ 3 จำนวน 62 คน เป็นเพศหญิง 60 คน เพศชาย 2 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถาม ผู้วิจัยได้เสนอผลการศึกษาในรูปแบบตาราง ประกอบการพรรณนา ดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (Grade Point Average : GPA) ของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 135 คน

ผลการเรียนเฉลี่ยสะสม	จำนวน				ร้อยละ
	ชั้นปี 1	ชั้นปี 2	ชั้นปี 3	รวม	
น้อยกว่า 2.50	2	0	2	**4**	2.96
2.50-3.00	12	4	16	**32**	23.70
3.01-3.50	17	17	27	**61**	45.19
มากกว่า 3.50	4	17	17	**38**	28.15
รวม	**35**	**38**	**62**	**135**	100
คะแนนเฉลี่ย	**3.10**	**3.39**	**3.21**	**3.23**	

จากตารางที่ 1 พบว่า ส่วนใหญ่มีผลการเรียนคะแนนเฉลี่ยสะสม (Grade Point Average: GPA) 3.01-3.50 คิดเป็นร้อยละ 45.19 และมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 และนิสิตชั้นปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.39 รองลงมาคือ นิสิตชั้นปีที่ 3 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 และนิสิตชั้นปีที่ 1 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ระดับของปัจจัยด้านต่าง ๆ ของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 135 คน

ปัจจัย	ระดับความคิดเห็น		แปลผล
	Mean	S.D.	
ปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคล	**3.87**	**0.73**	**มาก**
1. เจตคติและแรงจูงใจต่อการเรียนของนิสิต	4.01	0.86	มาก
2. พฤติกรรมการเรียนของนิสิต	3.72	0.71	มาก
ปัจจัยด้านการจัดการการศึกษา	**3.86**	**0.70**	**มาก**
1. หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560) ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Expected Learning Outcome)	4.07	0.86	มาก
2. คุณภาพการสอนและพฤติกรรมการสอนของอาจารย์	4.05	0.79	มาก
3. การสนับสนุนและสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย	3.45	0.76	ปานกลาง
ปัจจัยด้านครอบครัวและเพื่อน	**4.01**	**0.81**	**มาก**
1. การสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครอง	4.19	0.92	มาก
2. ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน	3.83	0.83	มาก
รวมทุกด้าน	**3.91**	**0.69**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ระดับของปัจจัยด้านต่าง ๆ ของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (Mean=3.91, S.D.=0.69) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ปัจจัยด้านครอบครัวและเพื่อนอยู่ในระดับมาก (Mean=4.01, S.D.=0.81) ได้แก่ ด้านการสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครองอยู่ในระดับมาก (Mean=4.19, S.D.=0.92) และด้านความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนอยู่ในระดับมาก (Mean=3.83, S.D.=0.83) ปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคลอยู่ในระดับมาก (Mean=3.87, S.D.=0,73) ได้แก่ ด้านเจตคติแรงจูงใจต่อการเรียนของนักศึกษาอยู่ในระดับมาก (Mean=4.01, S.D.=0.86) และด้านพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาอยู่ในระดับมาก (Mean=3.72, S.D.=0.71) ปัจจัยด้านการจัดการการศึกษาอยู่ในระดับมาก (Mean=3.86, S.D.=0.70) ได้แก่ ด้านหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Expected Learning Outcome) อยู่ในระดับมาก (Mean=4.07, S.D.=0.86) ด้านคุณภาพการสอนและพฤติกรรมการสอนของอาจารย์อยู่ในระดับมาก (Mean=4.05, S.D.=0.79) และด้านการสนับสนุนและสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยอยู่ในระดับปานกลาง (Mean=3.45, S.D.=0.76) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตระดับปริญญาตรี หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 135 คน

ปัจจัย	B	S.E.	Beta	T	Sig.
เจตคติและแรง จูงใจต่อการเรียนของนิสิต	0.117	0.063	0.274	1.844	0.068
พฤติกรรมการเรียนของนิสิต	-0.048	0.080	-0.093	-0.604	0.547
หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต	-0.098	0.072	-0.231	-1.363	0.175
คุณภาพการสอนและพฤติกรรมการสอนของอาจารย์	-0.037	0.069	-0.079	-0.529	0.597
การสนับสนุนและสภาพ	-0.048	0.056	-0.100	-0.861	0.391

ปัจจัย	B	S.E.	Beta	T	Sig.
แวดล้อมของมหาวิทยาลัย					
การสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครอง	0.057	0.053	0.145	1.087	0.279
ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน	0.006	0.072	0.014	0.088	0.930
ค่าคงที่=3.396, R^2=0.052, AdjustedR^2=0.000, F=0.991, Sig.=0.441					

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณด้วยวิธีการนำตัวแปรเข้าทั้งหมด (Enter multiple regression analysis) พบว่า ปัจจัยด้านเจตคติและแรงจูงใจต่อการเรียนของนิสิต ด้านพฤติกรรมการเรียนของนิสิต ด้านหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต ด้านคุณภาพการสอนและพฤติกรรมการสอนของอาจารย์ ด้านการสนับสนุนและสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ด้านการสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครอง และด้านความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ

9.สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีที่ศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562 หลักสูตรแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตร ปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน 135 คน พบว่า นิสิตส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีจำนวน 125 คน และเพศชาย จำนวน 10 คน โดยแบ่งตามชั้นปี ได้แก่ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 35 คน เป็นเพศหญิง 32 คน เพศชาย 3 คน ชั้นปีที่ 2 จำนวน 38 คน เป็นเพศหญิง 33 คน เพศชาย 5 คน และชั้นปีที่ 3 จำนวน 62 คน เป็นเพศหญิง 60 คน เพศชาย 2 คน ซึ่งระดับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิต หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ พบว่านิสิตส่วนใหญ่มีผลการเรียนคะแนนเฉลี่ยสะสม (Grade Point Average: GPA) 3.01-3.50 คิดเป็นร้อยละ 45.19 และมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 และนิสิตชั้นปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.39 รองลงมาคือ นิสิตชั้นปีที่ 3 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 และนิสิตชั้นปีที่ 1 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.10 ตามลำดับ ซึ่งเมแรน (Mehren, 1976) อ้างใน [สุพิชญ์กฤตา พักโพธิ์เย็น (2560, น.8) [1] กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา หมายถึง ความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนต่อการเรียนแต่ละวิชา ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกิติศักดิ์ รุจิกาญจนรัตน์ และคณะ (2563, น.54) [4] วิจัยเรื่อง อิทธิพลของรูปแบบการเรียนรู้ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาแพทย์แผนไทย โดยมีความสุขในการเรียนเป็นตัวแปรคั่นกลาง พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 91.7 เพศชายร้อยละ 8.3 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในช่วง 2.50-3.50

2. ระดับของปัจจัยด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคล ปัจจัยด้านการจัดการการศึกษา และปัจจัยด้านครอบครัวและเพื่อน ซึ่งปัจจัยด้านต่าง ๆ ได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้แล้ว แต่ส่วนใหญ่จะทำการศึกษาในศาสตร์อื่น ๆ แต่ในศาสตร์การแพทย์แผนไทยยังมีการศึกษาน้อย ผู้วิจัยจึงเลือกปัจจัยดังกล่าวมาทำการศึกษากับนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560) มหาวิทยาลัยทักษิณ พบว่า ในภาพรวมของระดับของปัจจัยด้านต่าง ๆ อยู่ในระดับมาก (Mean = 3.91, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ปัจจัยด้านครอบครัวและเพื่อนอยู่ในระดับมาก (Mean=4.01, S.D.=0.81) ได้แก่ ด้านการสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครองอยู่ในระดับมาก (Mean=4.19, S.D.=0.92) และด้านความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนอยู่ในระดับมาก (Mean=3.83, S.D.=0.83) ปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคลอยู่ในระดับมาก(Mean=3.87,S.D.=0,73) ได้แก่ ด้านเจตคติแรงจูงใจต่อการเรียนของนักศึกษาอยู่ในระดับมาก (Mean=4.01, S.D.=0.86) และด้านพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาอยู่ในระดับมาก (Mean=3.72,

S.D.=0.71) ปัจจัยด้านการจัดการการศึกษาอยู่ในระดับระดับมาก (Mean=3.86, S.D.=0.70) ได้แก่ ด้านหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Expected Learning Outcome) อยู่ในระดับมาก (Mean=4.07, S.D.=0.86) ด้านคุณภาพการสอนและพฤติกรรมการสอนของอาจารย์อยู่ในระดับมาก (Mean=4.05, S.D.=0.79) และด้านการสนับสนุนและสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยอยู่ในระดับปานกลาง (Mean=3.45, S.D.=0.76) ตามลำดับ ดังที่สุพิชญ์กฤตา พักโพธิ์เย็น (2560, น.24) [1] กล่าวว่า ครอบครัวเป็นสิ่งที่ใกล้ชิดกับนิสิตมากที่สุด การปลูกฝังต่าง ๆ เริ่มต้นจากครอบครัวและการให้การสนับสนุนทางการเรียนของผู้ปกครอง รวมทั้งสัมพันธภาพภายในครอบครัว ซัลลิแวน (Sullivan) อ้างใน กนกวรรณ ศรีทองสุก (2559, น.13) [5] กล่าวว่า “บุคลิกภาพของมนุษย์เป็นผลพวงมาจากสัมพันธภาพระหว่างบุคคล” และมนุษย์อยู่ภายใต้อิทธิพลของความสัมพันธ์กับผู้อื่นตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวาระสุดท้ายของชีวิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอัญชลี ทองเอม และไพทยา มีสัตย์ (2561, น.215) [6] เรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ พบว่า ระดับปัจจัยโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ปัจจัยด้านครอบครัวและเพื่อนอยู่ในระดับมาก ได้แก่ การสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครอง เช่น เรื่องการศึกษา นักศึกษาตัดสินใจด้วยตนเองและครอบครัวยอมรับและอนุญาตให้นักศึกษาตัดสินใจ และความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน เช่น นักศึกษาร่วมกับเพื่อนช่วยกันทำงานกลุ่มที่ได้รับมอบหมายสำเร็จตามกำหนด ศรีประภา ศรีหางวงษ์ (2562, น.55) [7] กล่าวว่า การสร้างแรงจูงใจจะทำให้ผู้เรียนมีพลัง และกระตือรือร้น มุ่งมั่นในการเรียน และในทางกลับกัน ถ้าผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการเรียนจะเฉื่อยชา เบื่อหน่าย และไม่มีเป้าหมายในการเรียน จันทิมา ชุวานนท์ และคณะ (2562, น.16) [8] กล่าวว่า พฤติกรรม หมายถึง สิ่งที่บุคคลกระทำ แสดงออกมา ตอบสนอง หรือโต้ตอบต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งสภาพการณ์ใดสภาพการณ์หนึ่ง โดยผู้อื่นสามารถสังเกตได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของทัศนาวลัย ตันติเอกรัตน์ (2559, น.1035) [9] เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการเข้าเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการคิดและการตัดสินใจของนักศึกษามหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์ตรัง พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ในภาพรวมพฤติกรรมการเข้าเรียนของนักศึกษาอยู่ในระดับมาก ซึ่งพฤติกรรมภายในมีความพึงพอใจในการเรียน เช่น อาจารย์มีเทคนิคการสอนและชี้แจงการให้คะแนนอย่างชัดเจน รองลงมา คือ มีแรงจูงใจในการเรียน เช่น อาจารย์ให้นักศึกษาจับคู่โดยเลือกเพื่อนตามความสมัครใจในการทำแบบฝึกหัดเพื่อให้คะแนนและมีทัศนคติทางการเรียน เช่น การเรียนวิชานี้มีประโยชน์ต่อการใช้ชีวิตประจำวัน จันทิมา ชุวานนท์ และคณะ (2562, น.15) [6] กล่าวว่า ครูเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนมากที่สุด ความรู้ ความชำนาญ คุณภาพของครู รวมถึงความกระตือรือร้น ในการสอนและการแสวงหาความรู้ของครู ล้วนแต่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน สุพิชญ์กฤตา พักโพธิ์เย็น (2560, น.22) [1] กล่าวว่า การสนับสนุนของมหาวิทยาลัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา ได้แก่ การบริการของมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะช่วยให้นิสิตมีความสุข ได้รับความสะดวก ปราศจากความกังวลใด ๆ ทำให้นิสิตสามารถใช้เวลาในการศึกษาได้อย่างเต็มที่ และมหาวิทยาลัยทักษิณได้กำหนดให้มีระเบียบว่าด้วยการศึกษาหลักสูตรการแพทย์แผนไทยในระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นการศึกษาระบบทวิภาค ภาคการศึกษาละ 15-16 สัปดาห์ เพื่อสะสมหน่วยกิตการศึกษาและมีการกำหนดระยะเวลาในการศึกษาทั้งหมด 4 ปี สาขาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2560 [2] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกาญจนา เลิศถาวรธรรม และคณะ (2556, น.18) [10] เรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการเรียนของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์บัณฑิต วิทยาลัยบรมราชชนนี ราชบุรี พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์บัณฑิต วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีราชบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการจัดการการเรียนการสอน อยู่ในระดับมาก (Mean=4.13, S.D.=0.39)

3. ปัจจัยด้านเจตคติและแรงจูงใจต่อการเรียนของ

นิสิต ด้านพฤติกรรมการเรียนของนิสิต ด้านหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต ด้านคุณภาพการสอนและพฤติกรรมการสอนของอาจารย์ ด้านการสนับสนุนและสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ด้านการสนับสนุนของครอบครัวหรือผู้ปกครอง และด้านความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตหลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (ผลการเรียนคะแนนเฉลี่ยสะสม (Grade Point Average: GPA)) มีความขัดแย้งกับความคิดเห็นของนิสิตในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้ ทำให้วิเคราะห์ผลออกมาไม่สัมพันธ์กัน หรืออาจเป็นเพราะนิสิตบมีพรสวรรค์เฉพาะตัวอยู่แล้ว ปัจจัยภายนอกจึงไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา และนิสิตที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาค่อนข้างน้อย จะต้องมีความพยายามมากกว่าคนที่มีพรสวรรค์เฉพาะตัว ซึ่งสอดคล้องกับเอกสารงานวิจัยของพสชนัน นิรมิตไชยนนท์ อ้างใน วิจัยของสุขีรา วิบูลย์สุข และวิรงรอง สิตไทย (2560, น.85) [11] เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาแพทย์ คณะแพทย์ศาสตร์ ศิริราชพยาบาล พบว่า ปัจจัยลักษณะทางจิตที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ได้แก่ แรงจูงใจภายใน คือ ลักษณะของนักศึกษาแพทย์พึงพอใจและต้องการที่จะเรียนรู้ด้วยการเสาะแสวงหาของตนเอง โดยไม่ต้องอาศัยรางวัลภายนอก หรือกฎเกณฑ์ภายนอกเป็นข้อบังคับ การรับรู้ ความสามารถของตนเอง คือ ความเชื่อของนักศึกษาแพทย์เกี่ยวกับระดับความสามารถของตนเองที่จะใช้ในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองให้สำเร็จโดยใช้ทักษะที่ตนมีอยู่ตามแต่ละสถานการณ์ ความพร้อมในการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง คือ คุณลักษณะที่แสดงถึงการเป็นบุคคลที่มีการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองตามแนวคิดของถูกลิเอลมิโน และอาจรวมถึงหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่นิสิตพบเจอในขณะนั้น อาจส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนิสิตระดับปริญญาตรี หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต มหาวิทยาลัยทักษิณได้ หรือมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความรู้พื้นฐานเดิม ความถนัดเฉพาะด้าน เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุชาดา ไพอนนท์ และกิติพงษ์ ลือนาม (2561, น.49) [12] เรื่อง ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาญี่ปุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 31 พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาญี่ปุ่นมากที่สุด คือ ความรู้พื้นฐานเดิม รองลงมา คือ ความถนัดทางภาษาญี่ปุ่นด้วยขนาดน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 67 และ 18 ตามลำดับ ปัจจัยที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาญี่ปุ่นมากที่สุด คือ คุณภาพการสอนของครู รองลงมา ได้แก่ อัตมโนทัศน์เกี่ยวกับตนเองและความรู้พื้นฐานเดิม โดยปัจจัยเชิงสาเหตุทั้งหมดสามารถร่วมอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษา

10.ข้อเสนอแนะ

1.เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าปัจจัยทุกด้านไม่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นควรศึกษาหาปัจจัยทางด้านจิตวิทยาเพิ่มเติม

2.ควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์โดยเฉพาะในนิสิตที่มีผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง และขอขอบคุณ ผู้เข้าร่วมโครงการที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สุพิชญ์กฤตา พักโพธิ์เย็น. (2560). *การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์).

[2] สาขาการแพทย์แผนไทย. (2560). รายละเอียดของหลักสูตรตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิ ระดับปริญญาตรี (ฉบับย่อ) มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 23 เมษายน 2563 จาก

https://www.fhss.tsu.ac.th/UserFiles/fhss/ttm/file/TQF2short.pdf.

[3] บุญชม ศรีสะอาด. (2556). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. เล่ม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 5), กรุงทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

[4] กิติศักดิ์ รุจิกาญจนรัตน์ และคณะ. (2563). อิทธิพลของรูปแบบการเรียนรู้ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาแพทย์แผนไทยโดยมีความสุขในการเรียนเป็นตัวแปรคั่นกลาง. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปกร*, 40(2), 54.

[5] กนกวรรณ ศรีทองสุก. (2559). *ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้การสนับสนุนจากองค์การ ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงานกับความสุขในการทำงานโดยมีความเชื่ออำนาจในการควบคุมภายในเป็นตัวแปรกำกับ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

[6] อัญชลี ทองเอมและไพทยา มีสัตย์. (2562). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของนักศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 10(2), 125.

[7] ศรีประภา ศรีหางวงษ์. (2562). การสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยีด้วยเบี้ยอรรถกรของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายประถม), *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 6(1), 53-65.

[8] จันทิมา ชุวานนท์ และคณะ. (2562). เจตคติและพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาต่อการเรียนรายวิชาภาษาอังกฤษเพื่ออุตสาหกรรมบริการ, สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ,มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, กรุงเทพ.

[9] ทัศนาวลัย ตันติเอกรัตน์. (2559). การศึกษาพฤติกรรมการเข้าเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการคิดและการตัดสินใจของนักศึกษามหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์ตรัง, (น.1162-1172). ในการประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, สงขลา.

[10] กาญจนา เลิศถาวรธรรม และคณะ. (2556). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการเรียนของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์บัณฑิต วิทยาลัยบรมราชชนนี ราชบุรี. *วารสารการพยาบาลและการศึกษา*, 7(4), 18.

[11] สุขีรา วิบูลย์สุข และวิรงรอง สิตไทย. (2560). ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักศึกษาแพทย์ คณะแพทย์ศาสตร์ ศิริราช*พยาบาล. เวชบันทึกศิริราช*, 10(2), 83.

[12] สุชาดา ไพอนนท์ และกิติพงษ์ ลือนาม. (2561). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาญี่ปุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 31. *วารสารวิชาการ*, 11(3), 50-59.

ID047

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างรูปแบบการพัฒนาหัวหน้างานรุ่นใหม่ ในกรณีศึกษากลุ่มโรงงานผู้ผลิตกระจกชั้นนำของประเทศไทย

FACTOR AFFECTING TO GENERATE DEVELOPMENT MODEL OF NEW GENERATION LINE LEADER IN A CASE STUDY OF LEADING GLASS MANUFACTURER GROUP IN THAILAND

สุวัจน์ ไทยพงษ์ธนาพร และ จิราพร ระโหฐาน (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี
*E-mail: thaipongtanapornsuwat@gmail.com

Suwat Thaipongtanaporn and Jiraporn Rahothan (Thesis advisor)
A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF BUSINESS ADMINISTRATION GRADUATE SCHOOL SRIPATUM UNIVERSITY CHONBURI CAMPUS
*E-mail: thaipongtanapornsuwat@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ 1)ศึกษาระดับการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆของพนักงาน 2)เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อระดับการพัฒนาตนเอง 3)เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อการพัฒนาตนเองของพนักงานกับระดับการพัฒนาตนเอง 4)เพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาหัวหน้างานรุ่นใหม่ในกรณีศึกษากลุ่มโรงงานผู้ผลิตกระจกชั้นนำของประเทศไทย ประชากรที่ทำการศึกษาในงานวิจัยคือพนักงานในกลุ่มโรงงานผู้ผลิตกระจกชั้นนำจำนวน 495 คน ใช้การวิจัยแบบผสมวิธีเชิงปริมาณและวิธีเชิงคุณภาพ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัยเชิงปริมาณ สถิติที่ใช้ คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ และสมการถดถอยพหุคุณ การวิจัยเชิงคุณภาพเป็นการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลัก 9 ท่าน นำผลการวิจัยทั้งสองวิธีมาสรุปประเด็นสำคัญเพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาหัวหน้างานรุ่นใหม่ ผลการวิจัย 1) ระดับการพัฒนาตนเองของพนักงานอยู่ในระดับมาก 2) ปัจจัยประชากรศาสตร์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการพัฒนาตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ปัจจัยด้านอายุมีผลกับการพัฒนาตนเองด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ชัดเจน 3) ปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อการพัฒนาตนเองของพนักงาน คือ 1)ความสำเร็จในงาน 2)นโยบายบริหาร 3)การฝึกอบรม 4)วัฒนธรรมองค์กรและระเบียบวินัย 5)การช่วยเหลือกันระหว่างทีมงาน 6)ความเป็นเจ้าของ 7)การเปลี่ยนรุ่น 8)การพัฒนางานแบบไคเซ็น 9)การเรียนรู้เทคโนโลยีภายนอก สรุปผลงานวิจัยถูกนำมาสร้างสร้างรูปแบบการพัฒนาพนักงานได้ 3 รูปแบบคือ รูปแบบการพัฒนาพนักงานใหม่ รูปแบบการพัฒนาพนักงานปัจจุบัน และรูปแบบการพัฒนาพนักงานขึ้นเป็นหัวหน้างานรุ่นใหม่

คำหลัก ปัจจัยขับเคลื่อนการพัฒนาตนเอง การฝึกอบรม รูปแบบการพัฒนาหัวหน้างาน

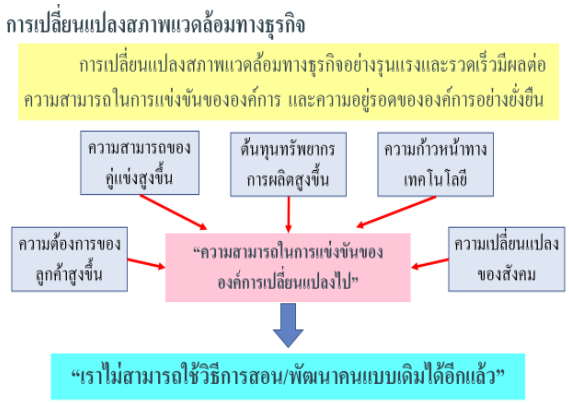
Abstract

The objective of this research were 1) to study the level of self development of employees 2) to find relationship between the demographic characteristics that affect to self development of employees 3) to find relationship between the driving factor that affect to self development and level of self development of employees 4) to generate development model of new generation line leader in glass manufacturer. The population of research were 495 employees by use mixed research method. Questionnaires were a tool of quantitative research to collect information. The statistics analysis were percentage, mean, SD, t-test, ANOVA,

LSD and multiple regression analysis. Qualitative research method by interview key informant 9 persons. Result of mixed research brought key words to make development model. The results of this research showed that 1) the overall self development level of employees was high level 2) the demographic factors were not significant difference in the affecting self development but the research found worker age range affect creative development was obviously. 3)the driving factor affecting self development from mixed research were 1)job success 2)management policy 3)training and development 4)organization culture and discipline 5)Team work 6)Ownership mindset 7)Generation change 8)Kaizen 9)Learning outside technology. Conclusion the development driving factors could make development model of employees by 3 models were 1)new comer development 2)Existing employees development and 3)Line leader development model.
Keywords: Driving factor of self development , Training , Line leader development

1. บทนำ

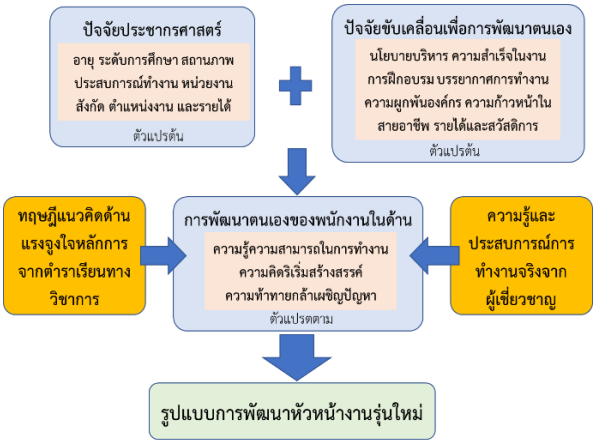
สภาพการแข่งขันทางธุรกิจที่รุนแรงทำให้แต่ละองค์กรจำเป็นต้องมีการปรับตัวพัฒนาสินค้าและบริการให้ทันกับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง การจะทำให้องค์กรมีความสามารถในการแข่งขันที่ดีกว่าได้นั้น หนึ่งในปัจจัยสำคัญคือการมีระบบพัฒนาทรัพยากรณ์มนุษย์ในองค์กรที่มีดี ทำให้พนักงานมีความรู้ความสามารถและทักษะสูงขึ้น เพื่อเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนธุรกิจ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการพัฒนารูปแบบใดเหมาะสมกับองค์กรเพื่อสร้างพนักงานจนถึงหัวหน้างานที่มีความสามารถตามที่องค์กรต้องการ อันเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยสร้างความสามารถในการแข่งขันให้กับองค์กรได้อย่างยั่งยืน



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางธุรกิจ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาระดับการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆของพนักงาน 2) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อระดับการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆของพนักงาน 3) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อระดับการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆของพนักงาน 4) เพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาหัวหน้างานรุ่นใหม่ในกรณีศึกษากลุ่มโรงงานผู้ผลิตกระจกชั้นนำของประเทศไทย ที่เหมาะสมกับปัจจัยภายในและภายนอกองค์กร

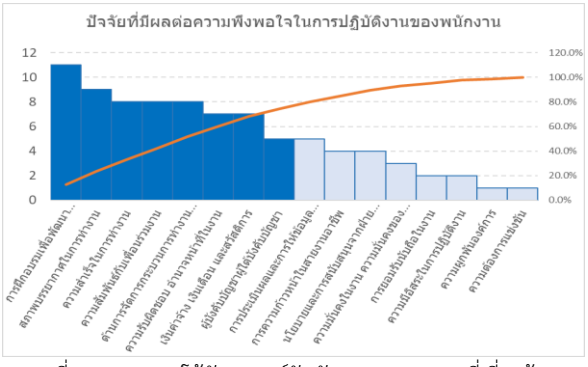


รูปที่ 2 กรอบแนวคิดงานวิจัย [1] [2] [3] [4]

รูปที่ 2 กรอบแนวคิดงานวิจัยประกอบด้วย ปัจจัยประชากรศาสตร์และปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาตนเองของพนักงานที่มาจากการสังเคราะห์วรรณกรรม เพื่อหาความสัมพันธ์ตามวัตถุประสงค์งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาตนเองของพนักงานในด้านความสามารถการทำงาน ความคิดริเริ่ม และความกล้าท้าทายปัญหา โดยมีการนำความรู้ทางทฤษฎีทางวิชาการจัดการทรัพยากรมนุษย์ร่วมกับประสบการณ์การทำงานและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในองค์กรมาวิเคราะห์ประเด็นสำคัญต่างๆ เพื่อสร้างเป็นรูปแบบการพัฒนาพนักงานโดยเฉพาะหัวหน้างานรุ่นใหม่

ผู้วิจัยได้นำปัจจัยการพัฒนาที่ได้จากการสังเคราะห์วรรณกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องมาแสดงด้วยกราฟพาเรโต้ในรูปที่ 3 พบว่าปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาตนเองที่สำคัญคือ 1)การฝึกอบรม 2)บรรยากาศในการทำงาน 3)ความสำเร็จใน

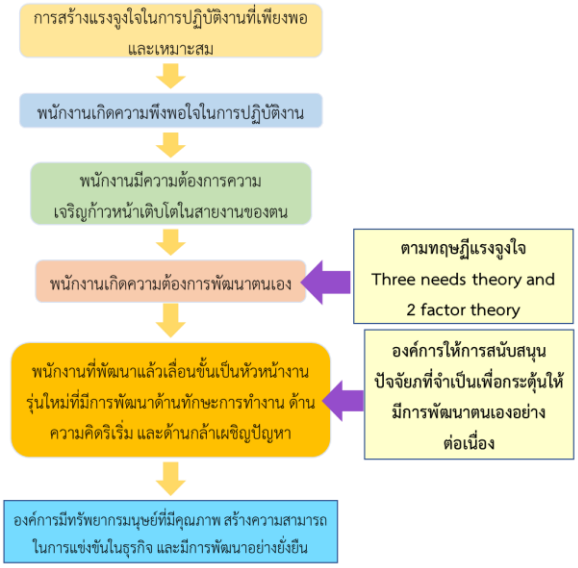
งาน 4)ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน 5)การจัดการกระบวนการทำงานที่ดี 6)อำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบ 7) เงินเดือนค่าจ้างและสวัสดิการ และ8)ผู้บังคับบัญชาหรือผู้ใต้บังคับบัญชา



รูปที่ 3 กราฟพาเรโต้สังเคราะห์ปัจจัยจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์แรงจูงใจในการปฏิบัติงานจากทฤษฎีวิชาการ 2 เรื่อง คือ ความต้องการ 3 ด้าน (three needs theory) ของเดวิช แมคคลีแลนด์และทฤษฎีสองปัจจัย (Two factor) ของเฟรดเดอร์ริค เฮอร์สเบอร์ก ทั้งสองทฤษฎีเป็นทฤษฎีเนื้อหาของการจูงใจ (Content theories of motivation) อธิบายถึงความต้องการของมนุษย์ในด้านต่างๆและศึกษาว่าความต้องการแต่ละด้านจะส่งผลทำให้บุคคลเกิดแรงจูงใจภายใต้เงื่อนไขใดเพื่อให้บุคคลนั้นปฏิบัติงานได้ตามต้องการเพื่อได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้เรียบเรียงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีการจูงใจกับการพัฒนาตนเองของพนักงานเพื่อสร้างทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้องค์กรได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ทฤษฎีการจูงใจต่อการพัฒนาตนเอง [5]

ทฤษฎีความต้องการ 3 ด้านของ เดวิช แมคคลีแลนด์

1. ความต้องการความสำเร็จ บุคคลที่มีความต้องการด้านความสำเร็จสูงจะเป็นคนที่มีความกระตือรือร้นในการทำงานอยากทำงานให้ดีกว่าคนอื่น

2. ความต้องการด้านอำนาจ บุคคลที่มีความต้องการด้านอำนาจสูง โดยปกติแล้วจะต้องการมีอิทธิพลเหนือคนอื่น พยายามที่จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและทัศนคติของผู้อื่น

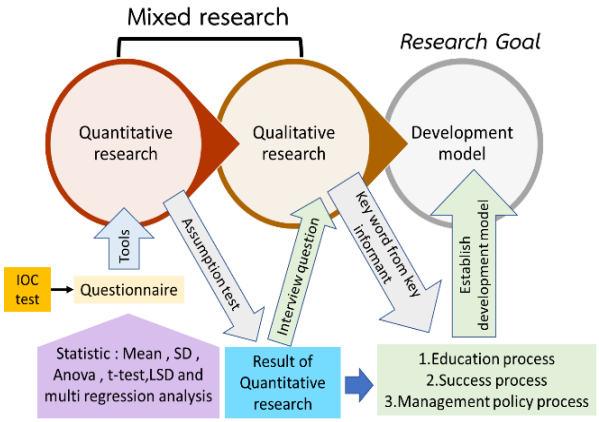
3. ความต้องการความผูกพัน บุคคลที่มีความต้องการด้านความผูกพันสูง จะเป็นคนที่ให้ความสำคัญต่อความสัมพันธ์กับบุคคลอื่น อยากให้ตนเองเป็นที่ยอมรับรักใคร่ เป็นที่ชื่นชอบของเพื่อนฝูง [5]

ทฤษฎีสองปัจจัยของ ของเฟรดเดอร์ริค เฮอร์สเบอร์ก

เฮอร์ซเบอร์ก สรุปว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในงานนั้น จะเกี่ยวข้องกับตัวเนื้องานที่ทำ (Job content) ส่วนปัจจัยที่ทำให้ไม่พึงพอใจในงานจะเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมของงาน (job Context) โดยเรียกปัจจัยที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในงานว่าปัจจัยจูงใจ (Motivation factors) และเรียกปัจจัยที่อาจส่งผลทำให้เกิดความไม่พึงพอใจในงานว่าปัจจัยธำรงรักษา (Maintenance factors) หรือ (Hygiene factors) การศึกษาของเฮอร์ซเบอร์ก เชื่อว่าปัจจัยธำรงรักษาไม่อาจสร้างแรงจูงใจให้แก่พนักงานได้ แต่มีส่วนสำคัญที่สามารถป้องกันไม่ให้เกิดความไม่พอใจในการทำงานได้ หากปัจจัยธำรงรักษามีความไม่เหมาะสมต่อการทำงาน เช่น มีกฎระเบียบที่เคร่งครัดมากเกินไป บรรยากาศในการทำงานมีสุขอนามัยที่ไม่ดี ค่าตอบแทนไม่คุ้มค่า เป็นต้นก็จะเป็นสาเหตุให้เกิดความไม่พอใจในการทำงาน [5]

4. วิธีการวิจัย

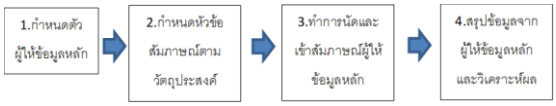
งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมของการวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างรูปแบบการพัฒนาหัวหน้างานรุ่นใหม่ ในกรณีศึกษากลุ่มโรงงานผู้ผลิตกระจกชั้นนำของประเทศไทย ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 วิธีการวิจัยผสม Mixed research

1.การวิจัยเชิงปริมาณใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือการวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ และความคิดเห็นต่อปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อการพัฒนาตนเองของพนักงาน แล้วจึงวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนาได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ สถิติ t-test การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) การตรวจสอบเป็นรายคู่ผลต่างนัยสำคัญ (LSD) สมการพยากรณ์โดยการใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ การตรวจสอบคุณภาพข้อคำถามของแบบสอบถามในงานวิจัยเชิงปริมาณ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้วยการคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC)

2.การวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักจากผู้เกี่ยวข้องกับการกำหนดทิศทางและสนับสนุนการพัฒนาพนักงาน ประกอบด้วยผู้บริหารระดับสูง ผู้จัดการโรงงานและซุปเปอร์ไวเซอร์รวม 9 ท่าน ใช้วิธีการสัมภาษณ์รายบุคคล ด้วยคำถามแบบกึ่งมีโครงสร้างซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแนวคำถามจากผลที่ได้จากการวิจัยเชิงปริมาณไว้ล่วงหน้า โดยผู้สัมภาษณ์สามารถให้ข้อมูลเพิ่มเติมอื่นได้ด้วย เป็นการหาปัจจัยขับเคลื่อนเพิ่มเติมต่อจากวิธีเชิงปริมาณ ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนการวิจัยเชิงคุณภาพ

ประชากรในการวิจัย คือ พนักงานในโรงงานกลุ่มผลิตกระจกในประเทศไทย ประกอบด้วยฝ่ายผลิต ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายประกันคุณภาพ มีจำนวนพนักงานและหัวหน้าหน่วยรวม 495 คน ผู้วิจัยได้ใช้วิธีกำหนดกลุ่มประชากรแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อเลือกกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเหลือ 248 คน จากนั้นได้คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง 153 คนใช้หลักการของทาโร่ ยามาเน่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

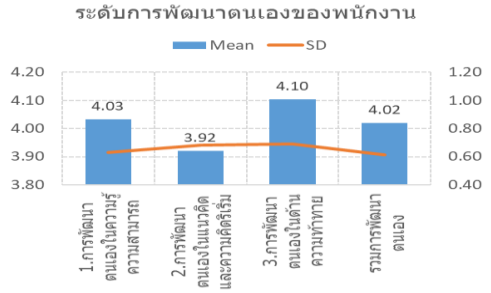
5. ผลการวิจัยเชิงปริมาณ

5.1 ลักษณะประชากรศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่มีอายุ 36 ถึง 46 ปี ระดับการศึกษาปวส. สถานภาพสมรส มีประสบการณ์ทำงานตั้งแต่ 15 ถึง 25 ปี ส่วนใหญ่สังกัดฝ่ายผลิตส่วนร้อน ตำแหน่งงานเป็นรองหัวหน้าหน่วยขึ้นไป และรายได้น้อยกว่า 26,000 บาทต่อเดือน

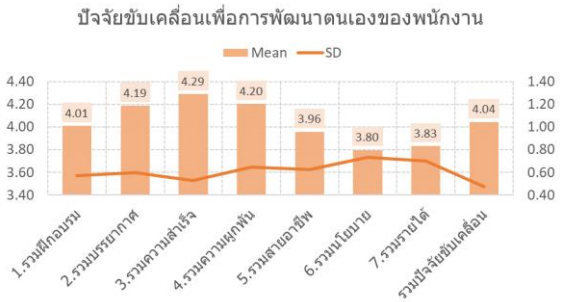
5.2 ระดับการพัฒนาตนเองของพนักงาน

จากรูปที่ 7 ระดับการพัฒนาตนเองของพนักงานรวม (4.02) อยู่ในระดับมากทุกปัจจัย เรียงลำดับคะแนนแยกรายด้านการพัฒนาตนเองคือ ด้านความท้าทาย(4.10) ด้านความรู้ความสามารถ(4.03) ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (3.92)



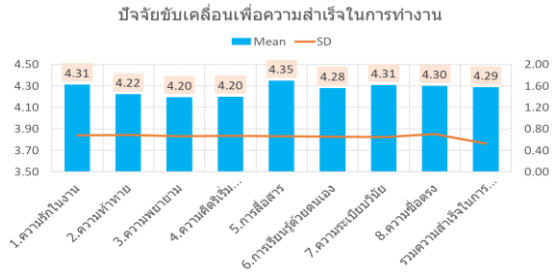
รูปที่ 7 ความคิดเห็นพนักงานที่มีต่อระดับการพัฒนาตนเอง

5.3 ปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อการพัฒนาตนเอง



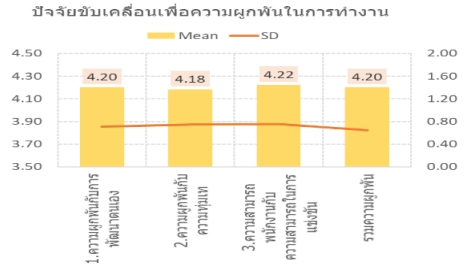
รูปที่ 8 ความคิดเห็นของพนักงานต่อปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาตนเองของพนักงาน

จากรูปที่ 8 ความคิดเห็นของพนักงานต่อปัจจัยขับเคลื่อนในการพัฒนาตนเอง พบว่าปัจจัย 4 อันดับแรกที่พนักงานเห็นว่าเป็นปัจจัยขับเคลื่อนสำคัญ คือ ความสำเร็จในงานอยู่ในระดับมากที่สุด (4.29) ปัจจัยที่เหลือ 3 ปัจจัยอยู่ในระดับมาก คือ ความผูกพันองค์กร(4.20) บรรยากาศในการทำงาน (4.19) และการฝึกอบรมปฏิบัติงาน(4.01) ตามลำดับผู้วิจัยจึงทำการศึกษารายละเอียดในแต่ละปัจจัยต่อไป



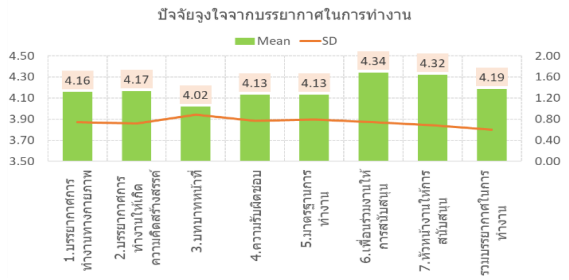
รูปที่ 9 ความคิดเห็นของพนักงานต่อปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อความสำเร็จในการทำงาน

จากรูปที่ 9 พนักงานมีความเห็นต่อปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการทำงาน คือ การสื่อสาร(4.35) ความรักในงาน(4.31) และความมีระเบียบวินัย (4.31) โดยทั้ง 3 ปัจจัยมีคะแนนอยู่ในระดับมากที่สุด



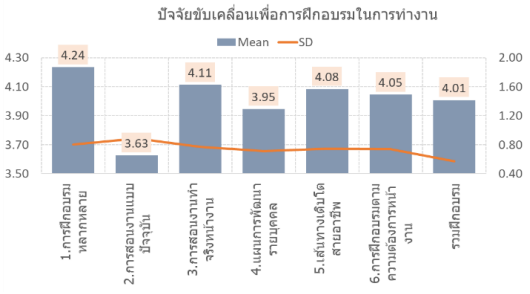
รูปที่ 10 ความคิดเห็นของพนักงานต่อปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อความผูกพันในการทำงาน

จากรูปที่ 10 พนักงานมีความเห็นต่อความรู้ความสามารถของพวกเขาช่วยสนับสนุนให้องค์กรมีความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจได้ คะแนนอยู่ในระดับมาก (4.22)



รูปที่ 11 ความคิดเห็นของพนักงานต่อปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อสร้างบรรยากาศในการทำงาน

จากรูปที่ 11 พนักงานมีความเห็นว่าปัจจัยด้านความร่วมมือจากเพื่อนร่วมงานการช่วยเหลือ (4.34) และสนับสนุนจากหัวหน้างาน (4.32) เป็นปัจจัยหลักที่ขับเคลื่อนบรรยากาศในการทำงาน ทั้งคู่มีคะแนนอยู่ในระดับมากที่สุด



รูปที่ 12 ความคิดเห็นของพนักงานต่อปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อการฝึกอบรมในการทำงาน

จากรูปที่ 12 พนักงานเห็นว่าปัจจัยขับเคลื่อนด้านการฝึกอบรมที่สำคัญ คือ การฝึกอบรมแบบหลากหลายวิธี (4.21) การสอนหน้างาน OJT(4.11) และการมีเส้นทางเติบโตในสายงานอาชีพ(4.08) ทั้งหมดมีคะแนนอยู่ในระดับมาก

จากผลการวิจัยพนักงานมีความคิดเห็นเรื่องปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาตนเองของพนักงานโดยส่วนใหญ่อธิบายได้ว่า การสร้างความสำเร็จในการทำงานได้นั้นต้องมีความรักความทุ่มเท มีระเบียบวินัยในการทำงาน มีการสื่อสารที่ดีระหว่างกัน โดยองค์กรต้องสร้างบรรยากาศการทำงานที่ดี ให้เกิดการช่วยเหลือเกื้อกูลกันทั้งเพื่อนร่วมงานและหัวหน้างาน สร้างความเป็นทีมและให้พนักงานมีความผูกพันกับองค์กรร่วมมือกัน พนักงานได้รับผลตอบแทนอย่างเหมาะสม และองค์กรต้องให้การฝึกอบรมและพัฒนาความรู้ความสามารถของพนักงานด้วยวิธีการฝึกอบรมหลากหลาย เน้นการฝึกฝนการปฏิบัติงานหน้างาน และมีการสร้างเส้นทางการเติบโตสายอาชีพ

5.4 การทดสอบสมมติฐานงานวิจัยเชิงปริมาณ

สมมติฐานที่ 1 เป็นการทดสอบเพื่อตอบวัตถุประสงค์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อระดับการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆของพนักงาน โดยใช้ T-test และ ANOVA เป็นเครื่องมือในการทดสอบทางสถิติ ผลการทดสอบพบว่าปัจจัยลักษณะประชากรศาสตร์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อระดับการพัฒนาตนเองของพนักงาน ในตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบรายคู่พนักงานที่มีช่วงอายุมากกว่า 46 ปี มีความแตกต่างการพัฒนาตนเองด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์กับช่วงอายุอื่นๆ (ข้อมูลจาก LSD)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระดับการพัฒนาด้านความคิดริเริ่มกับช่วงอายุพนักงานเป็นรายคู่

การพัฒนาด้านความคิดริเริ่ม	$\overline{X}$	ต่ำกว่า 36 ปี	36 - 46 ปี	มากกว่า 46 ปี
		3.83	3.82	4.14
ต่ำกว่า 36 ปี	3.83	-	0.01	-0.31*
36 - 46 ปี	3.82		-	-0.31*
มากกว่า 46 ปี	4.14			-

ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเกี่ยวกับรุ่นทางสังคมหรือ Generation พบความสัมพันธ์ของพนักงานในองค์กรแบ่งได้เป็น 3 ช่วงอายุ คือ Gen X เป็นพนักงานอายุมากกว่า 43 ปี มีลักษณะเด่นคือ มีความอดทนสูงมาก มีความมั่นใจในตัวเองสูง รักความก้าวหน้าทั้งของตัวเองและองค์กร มีจริยธรรมในการทำงานขั้นสูง กลุ่ม Gen Y เป็นพนักงานอายุ 25-43 ปี มีลักษณะเด่นคือ ต้องการความเป็นอิสระและเป็นตัวของตัวเอง มีความคาดหวังที่จะทำงานในองค์กรที่มีความมั่นคง แสวงหาโอกาสในการพัฒนาและก้าวหน้าอยู่เสมอ ต้องการได้รับค่าตอบแทนที่เป็นธรรม ส่วน Gen Z เป็นพนักงานใหม่ที่อายุน้อยกว่า 25 ปี คนกลุ่มนี้เกิดมาพร้อมกับเทคโนโลยี และคิดว่าเทคโนโลยีทุกอย่างจะช่วยให้ชีวิตของพวกเขาง่ายขึ้น จึงต้องการให้องค์กรสนับสนุนการทำงานด้วยเทคโนโลยีมากกว่าพนักงานรุ่นอื่น [6]

จากความแตกต่างกันของ Generation ในองค์กรนำไปสู่การกำหนดรูปแบบการพัฒนาตามวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายการพัฒนาในบทสรุปของงานวิจัย

สมมติฐานที่ 2 เป็นการทดสอบเพื่อตอบวัตถุประสงค์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อระดับการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆของพนักงานใช้ Multi regression analysis เป็นเครื่องมือทางสถิติ พบว่าปัจจัยความสำเร็จในงาน การฝึกอบรมและพัฒนา และนโยบายการบริหารมีผลต่อการพัฒนาตนเองของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความค่าความคลาดเคลื่อน $p<0.05$ ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Regression analysis สัมประสิทธิ์ถดถอยจากความคิดเห็นพนักงานต่อปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อการพัฒนาตนเอง

ปัจจัยขับเคลื่อนการพัฒนาตนเอง	B	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย	ลำดับที่	*p*
ค่าคงที่ (Constant)	0.36			0.28
1.ฝึกอบรม*	**0.2**	**0.18**	**3**	**0.04***
2.บรรยากาศ	-0.1	-0.1	7	0.28
3.ความสำเร็จ*	**0.59**	**0.51**	**1**	**0.00***
4.ความผูกพัน	-0.03	-0.03	6	0.72
5.สายอาชีพ	-0.01	-0.01	5	0.90
6.นโยบาย*	**0.21**	**0.26**	**2**	**0.01***
7.รายได้	0.04	0.04	4	0.57

*ค่าระดับความเชื่อมั่น 95% (*p < .05)*

โดยสมการพยากรณ์ที่ได้คือ

$$\mathbf{Y} = 0.36+0.59(\mathbf{SUC})+0.21(\mathbf{POL}) + 0.20(\mathbf{TRN}) \quad (1)$$

โดยที่ Y คือ การพัฒนาตนเองของพนักงาน โดยปัจจัยความสำเร็จในงานมีผลมากที่สุด(0.59) รองลงมาคือ ปัจจัยด้านนโยบายบริหาร(0.21) และ ปัจจัยด้านการฝึกอบรม(0.20)

ตารางที่ 3 ค่า R^2 และสัมประสิทธิ์สมการพยากรณ์การพัฒนารายด้าน

การพัฒนาตนเองของพนักงาน (Y)	R^2	a	B รวมความสำเร็จ (X_3)	B รวมนโยบาย (X_6)	B รวมฝึกอบรม (X_1)
รวมการพัฒนา	**0.52**	0.36	0.59	0.21	0.19
ด้านความรู้ความสามารถ	**0.42**	0.66	0.46	0.19	0.22
ด้านแนวคิดและความคิดริเริ่ม	**0.44**	0.31	0.60	0.24	-
ด้านความท้าทาย	**0.44**	0.25	0.58	-	-

จากตารางที่ 3 สมการพยากรณ์การพัฒนารวมมีค่า R^2 0.52 อธิบายได้ว่าความคิดเห็นพนักงานต่อปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อการพัฒนาตนเองที่ได้มา 3 ปัจจัยอยู่ที่ 52% ส่วนปัจจัยขับเคลื่อนอื่นเพื่อความสามารถพยากรณ์ส่วนที่เหลืออีก 48% ผู้วิจัยได้จากผู้ให้ข้อมูลหลักในการวิจัยเชิงคุณภาพ

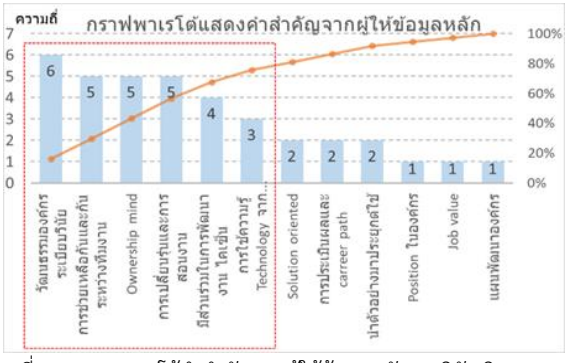
6.ผลการวิจัยเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลักทั้ง 9 ท่าน ได้สรุปคำสำคัญตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สังเคราะห์คำสำคัญจากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลัก

หัวข้อ / ผู้ให้ข้อมูลหลัก	ED	FM 1	FM 2	FM 3	HR	CQM	Sup 1	Sup 2	Sup 3
1 วัฒนธรรมองค์กร ระเบียบวินัย	o	o	o		o	o	o		
2 การช่วยเหลือกันและกันระหว่างทีมงาน	o	o	o				o	o	
3 Position ในองค์กร		o							
4 Ownership mind				o	o	o	o		o
5 Problem oriented					o	o			
6 มีส่วนร่วมในการพัฒนางาน ไคเซ็น	o	o		o					o
7 Job value					o				
8 การประเมินผลและ carreer path		o				o			
9 นำตัวอย่างมาประยุกต์ใช้		o	o						
10 การใช้ความรู้ Technology จากภายนอก		o	o	o			o		
11 การเปลี่ยนรุ่นและการสอนงาน	o		o			o	o	o	
12 แผนพัฒนาองค์กร					o				

ผลการวิจัยเชิงคุณภาพได้ปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาตนเองโดยเรียงลำดับ 6 ปัจจัยแรก (กราฟพาเรโต้รูปที่ 13) ที่มีความสำคัญจากมากไปน้อยได้แก่ 1)วัฒนธรรมองค์กรและระเบียบวินัย 2)การช่วยเหลือกันระหว่างทีมงาน 3)ความเป็นเจ้าของ 4)การเปลี่ยนรุ่น 5)การพัฒนาด้วยไคเซ็น 6)การใช้ความรู้เทคโนโลยีจากภายนอก ตามลำดับ

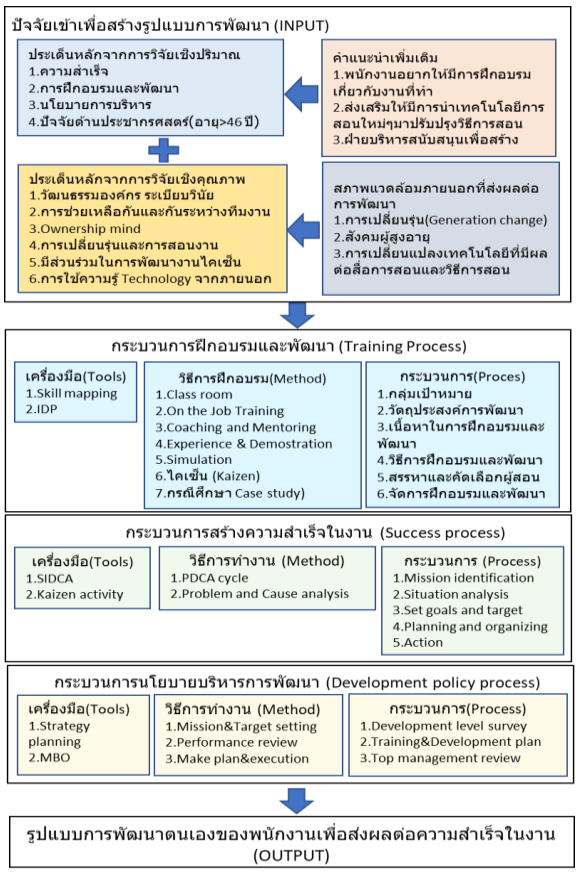


รูปที่ 13 กราฟพาเรโต้คำสำคัญจากผู้ให้ข้อมูลหลักการวิจัยเชิงคุณภาพ

สรุปผลการวิจัยแบบผสมโดยวิธีเชิงปริมาณและวิธีเชิงคุณภาพได้ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาตนเองของพนักงาน ประกอบด้วยปัจจัยส่วนบุคคล 1 ปัจจัยได้แก่อายุ และปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อการพัฒนาตนเองของพนักงาน 9 ปัจจัย ได้แก่ 1) ความสำเร็จในงาน 2)นโยบายการบริหาร 3)การฝึกอบรมและพัฒนา 4)วัฒนธรรมองค์กรและระเบียบวินัย 5)การช่วยเหลือกันระหว่างทีมงาน 6)ความเป็นเจ้าของ 7)การเปลี่ยนรุ่น 8)การพัฒนาแบบไคเซ็น 9)การใช้ความรู้เทคโนโลยีจากภายนอก

7.สร้างรูปแบบการพัฒนา

ผู้วิจัยใช้ทฤษฎีกระบวนการเพื่อสร้างรูปแบบการพัฒนาพนักงาน ประกอบด้วย 1)ปัจจัยนำเข้าได้ข้อมูลจากผลการวิจัยผสมและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทางธุรกิจ 2) กระบวนการ 3 ปัจจัยหลักจากวิธีเชิงปริมาณ คือ ความสำเร็จในงาน การฝึกอบรมและพัฒนา และนโยบายการบริหาร โดยการนำคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษามาผสมกับความรู้และประสบการณ์การทำงานของผู้วิจัยหาความรู้เพิ่มเติมใน Tools Process และ Method จากออนไลน์และจากการสังเคราะห์วรรณกรรม และผู้วิจัยได้เรียบเรียงปัจจัยขับเคลื่อนที่ได้จากผู้ให้ข้อมูลหลักจากวิธีเชิงคุณภาพ เพื่อสร้าง 3)ปัจจัยนำออกผลลัพธ์ “รูปแบบการพัฒนาตนเองของพนักงานฯ” ตามรูปที่ 14



รูปที่ 14 แผนผังกระบวนการสร้างรูปแบบการพัฒนาตนเองของพนักงานเพื่อส่งผลต่อความสำเร็จในงาน

8.สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะงานวิจัย

สรุปผลการวิจัยปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างรูปแบบการพัฒนาหัวหน้างานรุ่นใหม่ในกรณีศึกษากลุ่มโรงงานผู้ผลิตกระจกชั้นนำของประเทศไทย ตามวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1. ระดับการพัฒนาตนเองของพนักงานอยู่ในระดับมาก ผลการวิจัยแยกเป็นรายด้านตามลำดับการพัฒนาจากมากไปน้อย 1)ด้านความท้าทาย 2)ด้านความรู้ความสามารถการทำงาน และ 3)ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2.ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อระดับการพัฒนาตนเองของพนักงานโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าช่วงอายุพนักงานที่มากกว่า 46 ปี มีผลต่อการพัฒนาตนเองด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์แตกต่างจากช่วงอายุอื่นอย่างชัดเจน การวิจัยพบว่าการแบ่งรุ่นทางสังคมมีความสัมพันธ์ที่องค์กรต้องพิจารณา ผู้วิจัยนำเสนอรูปแบบการพัฒนาตามกลุ่มเป้าหมายและวัตถุประสงค์ จัดทำเนื้อหาการฝึกอบรมและพัฒนาตลอดจนวิธีการที่เหมาะสม ตามตารางที่ 5

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนที่มีผลต่อการพัฒนาตนเองที่มีผลต่อระดับการพัฒนาตนเองในด้านต่างๆ

ของพนักงานได้ 9 ปัจจัยขับเคลื่อน โดย 3 ปัจจัยได้จากการวิจัยเชิงปริมาณและอีก 6 ปัจจัยได้จากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลักในการวิจัยเชิงคุณภาพ

4. สร้างรูปแบบการพัฒนาพนักงานประกอบด้วย [7]

1) กลุ่มเป้าหมาย : สร้างรูปแบบตามรุ่นเป็น 3 กลุ่ม

1.กลุ่มพนักงานรุ่นใหม่

2.กลุ่มพนักงานปัจจุบัน

3.กลุ่มที่เติบโตตามสายงานเพื่อเป็นหัวหน้างานรุ่นใหม่

2) การวางแผนการพัฒนาเป็นกรอบปฏิบัติงาน เพื่อรักษาจุดแข็งของวัฒนธรรมองค์กร คือ 1)การสื่อสาร 2)ความรักทุ่มเทในงาน 3)ความมีระเบียบวินัย 4)ความร่วมมือและการช่วยเหลือและสนับสนุนจากหัวหน้างาน 5)ความร่วมมือและการช่วยเหลือเพื่อนร่วมงาน และ 6)ความผูกพันองค์กร

3) เนื้อหาการฝึกอบรมเพื่อให้เกิดการพัฒนาและสอดคล้องกับปัจจัยที่ได้จากการวิจัยเชิงคุณภาพทั้ง 6 ข้อที่ผู้ให้ข้อมูลหลักได้ให้ความสำคัญไว้ ได้แก่ 1)วัฒนธรรมองค์กรและระเบียบวินัย 2)การช่วยเหลือกันระหว่างทีมงาน 3)ความเป็นเจ้าของ 4)การเปลี่ยนรุ่น 5)การพัฒนาด้วยไคเซ็น 6)การใช้ความรู้เทคโนโลยีจากภายนอก

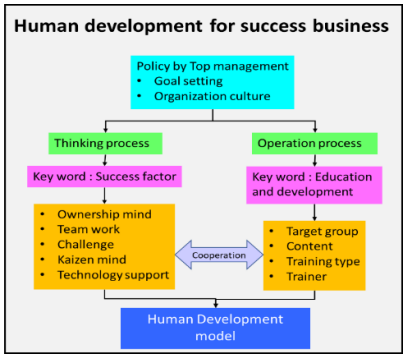
4) วิธีการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้สังเคราะห์การสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลักได้วิธีการฝึกอบรมที่เหมาะสมกับองค์กร คือ 1)การบรรยาย 2)การฝึกปฏิบัติงานจริง 3)การให้คำปรึกษา 4)การใช้พี่เลี้ยง 5)การสอนโดยประสบการณ์ 6)การทำให้ดู 7)การใช้แบบจำลอง 8)การทำไคเซ็น 9)การสอนกรณีศึกษา

5) ฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ประสบการณ์และวัฒนธรรมองค์กรมีพนักงานที่เชี่ยวชาญการปฏิบัติงานอยู่แล้ว จึงสร้างระบบการสรรหาอาจารย์สอนที่ดี ร่วมกับเนื้อหาการสอนและวิธีการสอนใหม่ที่สร้างขึ้น สามารถพัฒนาหัวหน้างานรุ่นใหม่ตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ได้

ตารางที่ 5 รูปแบบการพัฒนาพนักงานตามกลุ่มเป้าหมาย

Topic	Model	Work place learning (WP)	Work place learning (WP)	WP and Integrated learning
1	กลุ่มผู้เรียน	กลุ่มพนักงานใหม่	กลุ่มพนักงานปัจจุบัน	กลุ่มหัวหน้างานรุ่นใหม่ พัฒนาด้านการปฏิบัติงาน
2	วัตถุประสงค์หลังจากเรียนรู้	ผู้เรียนเข้าใจนโยบายผลิตภัณฑ์บริษัท ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงานและสามารถนำไปใช้ในการทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย สามารถสื่อสารและมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนร่วมงาน	ผู้เรียนเข้าใจความรู้พื้นฐานในการทำงานและสามารถนำความรู้ไปใช้ทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย สอดคล้องกับวัฒนธรรมองค์กรมีความคิดริเริ่มเพื่อพัฒนาปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น	ผู้เรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของหัวหน้างาน มั่นใจในตนเองกล้าแสดงความสามารถของตน ประยุกต์หลักการบริหารงานและทีมเพื่อนำไปใช้งานได้
3	วิธีการสอน	บรรยายทฤษฎี การปฏิบัติงานหน้างานจริง การสอนแบบโค้ช แนะนำผู้เรียนระหว่างการทำงานหน้างาน	บรรยายทฤษฎี การปฏิบัติงานหน้างานจริง การสอนแบบโค้ช แนะนำผู้เรียนระหว่างการทำงานหน้างาน แบบจำลอง	บรรยายทฤษฎี การอภิปรายกลุ่ม การทำกรณีศึกษา การโค้ช การปฏิบัติงานจริง (OJT) ไคเซ็น
4	เนื้อหาการสอนหลัก	การปฐมนิเทศน์ ความรู้พื้นฐานทั่วไป ความปลอดภัยในทำงาน ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการทำงาน พาเดินดูหน้างาน แนะนำหน่วยงานหน้าที่ วิธีการปฏิบัติงาน การสอนจากอาจารย์หน้างาน	ความรู้ทักษะเกี่ยวกับการหลอมกระจก การขึ้นรูปกระจก การแก้ไขปัญหากรณีฉุกเฉิน การซ่อมบำรุงใหญ่ แนวคิดพัฒนา ปรัชญาการทำงานขององค์กร การปรับปรุงพัฒนากิจกรรมไคเซ็น	ภาวะผู้นำการสื่อสารประสานงาน วางแผนจัดทีมงานสร้างทีมงาน วัฒนธรรมองค์กรไคเซ็น งานซ่อมบำรุงประจำ (รายวัน รายเดือน รายปี) การป้องกัน การแก้ปัญหาฉุกเฉิน ปรับปรุงคุณภาพการทำงาน
5	อาจารย์ผู้สอน	คัดเลือกผู้สอนที่มีความรู้ความสามารถเหมาะสมกับงานสอนมีลักษณะเด่น มีมนุษยสัมพันธ์ เข้าใจปัญหาการทำงานในโรงงานและปัญหาชีวิต มีประสบการณ์ในการควบคุมกลุ่มคนในโรงงาน ให้คำแนะนำผู้เรียนเพื่อแก้ไขปัญหาการทำงานเป็นทีมได้		

ตามรูปที่ 15 สรุปความรู้ที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้เป็นแผนภาพเพื่ออธิบายการสร้างรูปแบบพัฒนาพนักงาน ผู้บริหารกำหนดนโยบายทิศทางการบริหารมีเป้าหมายชัดเจน สู่ 2 กิจกรรมที่ต้องมีความสอดคล้องกับวัฒนธรรมองค์กร ประกอบด้วยกระบวนการคิด (Thinking process) เป็นการที่ใช้ปัจจัยขับเคลื่อนกระตุ้นให้พนักงานเกิดความต้องการทำงานให้สำเร็จ ได้แก่ ความเป็นเจ้าของ การทำงานเป็นทีม ความท้าทายในงาน การทำไคเซ็น และใช้เทคโนโลยีมาสนับสนุนงาน อีกส่วนคือการฝึกอบรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนา(Operation process) ได้แก่ กำหนดกลุ่มเป้าหมาย สอดคล้องกับนโยบายบริหาร กำหนดเนื้อหาและวิธีการพัฒนาให้เหมาะสม การสรรหาอาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญ องค์ประกอบทั้งหมดนี้นำไปสู่การพัฒนาองค์กรและสร้างความสามารถในการแข่งขันที่ยั่งยืน [8]



รูปที่ 15 แผนภาพการสร้างรูปแบบพัฒนาพนักงานในองค์กร

9.ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้

1. ด้านพนักงานได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถและทักษะที่จำเป็นในการปฏิบัติงานให้บรรลุตามเป้าหมาย

2. ด้านบริษัทฯเพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ และสร้างความเจริญก้าวหน้าให้กับองค์การ

3. ด้านธุรกิจผลิตกระจกในประเทศไทยมีการพัฒนาเทคนิคการทำงานใหม่ๆ มีความเจริญก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.จิราพร ระโหฐาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] อาทิตย์ ป้อมสัมฤทธิ์ 2556 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของวิศวกร.

[2] ชมนาท รัตนมณี,บังอร ต้นปาน,วันทนี อนุพันธ์,ฉัตรชัย บุษบงค์ 2555 งานวิจัยเรื่องความต้องการพัฒนาตนเองตามแนวทางปฏิรูปการศึกษาของครูสายผู้สอนในโรงเรียนชั้นประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในเขตกรุงเทพมหานคร กรุงเทพฯ คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

[3] เรณู สุขฤกษกิจ 2554. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของบุคคลากรในบริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด(มหาชน). การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกธุรกิจระหว่างประเทศ คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[4] ลวพร สุกียาม่า,วีรเทพ ปทุมเจริญวัฒนา และสมบูรณ์ บูรศิริรักษ์ 2560.องค์ประกอบและกระบวนการเรียนรู้ในการพัฒนาตนเองเพื่อเสริมสร้างศักยภาพการจัดการศึกษาตลอดชีวิตสำหรับครู กศน.ตำบล.วารสารครุศาสตร์ปีที่ 45 ฉบับที่ 4 (ต.ค.-ธ.ค.2560) หน้า 126-142.

[5] ผศ.ดร.จิราพร ระโหฐาน(2562) การจูงใจในองค์กร, องค์การและการจัดการทรัพยากรมนุษย์(หน้า 102-125) บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีปทุม ชลบุรี

[6] มาดูกัน... คน 8 เจเนอเรชั่น คุณอยู่ในกลุ่มไหนนะ? เข้าถึงได้ที่ https://hilight.kapook.com/view/83492 (มีนาคม 18,2556).

[7] รูปแบบการสอน เข้าถึงได้จาก http://www.eledu.ssru.ac.th/kunchira_on/plugin(วันสืบค้นข้อมูล มี.ค.2563)

[8] แนวทางการพัฒนาที่น่าสนใจ.เข้าถึงได้ที่ https://www.gotoknow. org/posts/361773 (มิ.ย. 23,2555)

ID052

การพัฒนาระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย กรมอนามัย
Development of Environmental Health Management Systems in Emergencies and Disasters, Department of Health

อินทิรา สุภาเพ็ชร์[1*]
[1] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
[*]E-mail: intira.s@anamai.mail.go.th

Intira Supapech[1*]
[1] Bureau of Environmental Health, Department of Health, Ministry of Public Health
[*]E-mail: intira.s@anamai.mail.go.th

บทคัดย่อ
การวิจัยเชิงคุณภาพนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะแวดล้อมด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย และนำมากำหนดระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยของกรมอนามัย การวิจัยนี้มีขอบเขตจำเพาะภัยธรรมชาติและภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข โดยรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิ รวมทั้งเป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบด้วยทฤษฎีและหลักการต่างๆ เพื่อกำหนดเป็นข้อเสนอในการพัฒนาระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย ผลการศึกษาพบว่าประเทศไทยมีสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อกับภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยหลายประเภท ในขณะที่หน่วยงานรับผิดชอบยังมีปัญหาทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ ปัญหาที่สำคัญ คือ การขาดโครงสร้างการอำนวยการ แผนงาน และระบบการบริหารจัดการระดับกรม ด้วยเหตุนี้เมื่อเกิดภัยพิบัติทำให้การปฏิบัติงานเกิดความสับสนขาดความพร้อม ส่งผลกระทบมากกว่าที่ควรจะเป็น จึงสรุปได้ว่ากรมอนามัยควรมีการกำหนดโครงสร้าง แผนงาน และอำนาจหน้าที่ภายใต้ระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย ใน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. การป้องกันและการลดผลกระทบ 2. การเตรียมความพร้อม 3. การจัดการในภาวะฉุกเฉินหรือเมื่อเกิดภัย และ 4. การฟื้นฟู โดยมีศูนย์ปฏิบัติตอบโต้ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย ทำหน้าที่ในการอำนวยการ ควบคุม และบัญชาการ ทั้งนี้ การขับเคลื่อนโครงสร้างใหม่ และระบบการจัดการให้เป็นรูปธรรมต้องการกลไกอำนวยการ ยุทธศาสตร์ แผนงาน วิชาการ การสื่อสารกฎหมาย และระบบจัดการทรัพยากรต่างๆ ด้วย
คำหลัก ภาวะฉุกเฉิน สาธารณภัย อนามัยสิ่งแวดล้อม

Abstract
This qualitative research have the objective is to study the environmental health context in emergencies and disasters. And adopt the environmental health management system in emergencies and public disasters, the Department of Health. This research has specific scope for natural disasters and public health emergencies by collecting and analyzing from primary and secondary data, including a comparative study of various theories and principles. The results of the study show that Thailand has an environment that is vulnerable to many types of emergencies and disasters, while the responsible department still has problems in quality and quantity. The major problem is the lack of a structure, planning and management system. For this reason, when disasters occur, causing confusion and lack of readiness to affect more than it should be. Therefore, it can be concluded that the Department of Health should specify the structure, plan and authority under the Environmental Health Management System in an emergency and disaster in 4 components which are Prevention and mitigation, Preparedness, Response in Emergencies and Recovery with environmental health emergency operation center, Responsible for directing, controlling, and

commanding and the management system to be concrete. Need the mechanism for the strategic plan, knowledge development, communication, legal and various resource management systems.
Keywords: emergency, disaster, environmental health

1. บทนำ

แต่ละปีประเทศไทยประสบปัญหาที่มีผลกระทบจากภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย (Disaster) หลากหลาย ซึ่งความรุนแรงของสภาพปัญหามีความแตกต่างกันตามประเภทของภัย เมื่อพิจารณาจากสถิติการเกิดสาธารณภัยในประเทศไทยตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน อุทกภัย อุบัติเหตุ ภัยแล้ง และอัคคีภัยมีสถิติการเกิดบ่อยครั้งกว่าสาธารณภัยประเภทอื่น นอกจากนั้นมีภัยที่ส่งผลกระทบชัดเจนทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม คือ ภัยจากโรคระบาด เช่น โรคไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ ชนิดเอ (เอช1 เอ็น1) ในปี พ.ศ. 2554 การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสอีโบลาในแอฟริกาตะวันตกในปี พ.ศ. 2557 ต่อมาจนถึงปี พ.ศ. 2558 รวมถึงการเกิดการระบาดของโรคทางเดินหายใจตะวันออกกลางในประเทศเกาหลีใต้ ภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุขเหล่านี้ ไม่เพียงจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงของประเทศอีกด้วย การเตรียมความพร้อมระบบจัดการภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบดังกล่าว เป็นเครื่องมือสำคัญที่นานาชาติให้การยอมรับสามารถลดผลกระทบเชิงลบและความเสียหายรุนแรงได้

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาสภาวะแวดล้อมด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย
2. เพื่อกำหนดระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยในระดับกรมอนามัย

3. ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย กรมอนามัย ในครั้งนี้มีขอบเขตการศึกษาที่จำเพาะภัยธรรมชาติ และภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข ไม่รวมถึงภัยที่เป็นผลกระทบจากสงคราม ความขัดแย้งระหว่างรัฐ และไม่เกี่ยวข้องกับการบังคับใช้กฎหมายหรือข้อตกลงระหว่างประเทศ รวมทั้งเป็นการวิเคราะห์เฉพาะหน่วยงานที่มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยด้านการแพทย์และสาธารณสุขเท่านั้น โดยมีระยะเวลาการศึกษาระหว่างเดือนกรกฎาคม 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2562

4. นิยามศัพท์

4.1 ภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข ถือเป็น “สาธารณภัย” ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต สร้างความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชน และเกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม “ภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข” จึงหมายถึงเหตุการณ์การเกิดโรคและภัยคุกคามสุขภาพ ซึ่งมีลักษณะเข้าได้กับเกณฑ์อย่างน้อย 2 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. ทำให้เกิดผลกระทบทางสุขภาพอย่างรุนแรง 2. เป็นเหตุการณ์ที่ผิดปกติหรือไม่เคยพบมาก่อน 3. มีโอกาสที่จะแพร่ไปสู่พื้นที่อื่น และ 4. ต้องจำกัดการเคลื่อนที่ของผู้คนหรือสินค้า [1]

4.2 สาธารณภัย หมายถึง อัคคีภัย วาตภัย อุทกภัย ภัยแล้ง โรคระบาดในมนุษย์ โรคระบาดสัตว์ โรคระบาดสัตว์น้ำ การระบาดของศัตรูพืช ตลอดจนภัยอื่นๆ อันมีผลกระทบต่อสาธารณชน ไม่ว่าเกิดจากธรรมชาติ มีผู้ทำให้เกิดขึ้น อุบัติเหตุ หรือเหตุอื่นใด ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิตร่างกายของประชาชนหรือความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชนหรือของรัฐ และให้หมายความรวมถึงภัยทางอากาศและการก่อวินาศกรรมด้วย [2]

4.3 อนามัยสิ่งแวดล้อม (Environmental Health) หมายถึง การควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพทั้งหมดของมนุษย์ที่กระทำหรืออาจกระทำให้เกิดผลเสียต่อการพัฒนาการทางด้านสุขภาพร่างกายและการมีชีวิตอยู่รอดของมนุษย์

5. วิธีการศึกษา

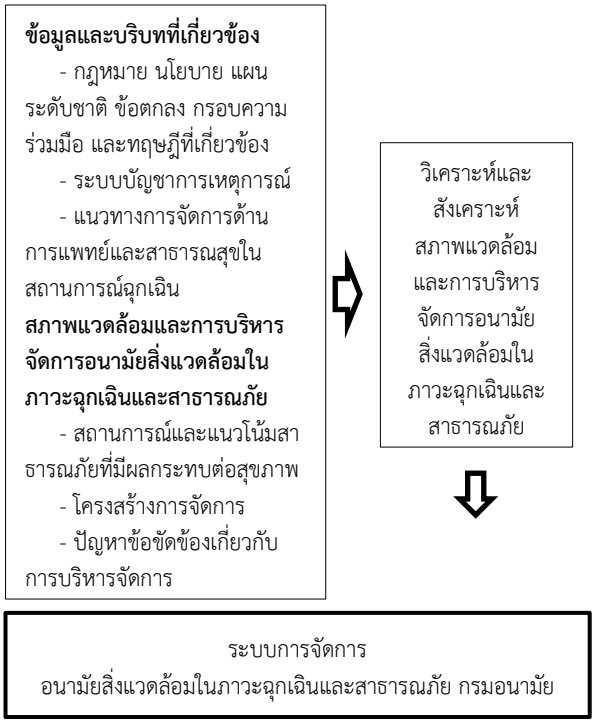
5.1 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ข้อเท็จจริง ทั้งที่เป็นข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งข้อมูลปฐมภูมิจะดำเนินการโดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสาธารณภัย การจัดการสุขภาพ และอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยทั้งในระดับนโยบายและปฏิบัติ ในส่วนข้อมูลเชิงทุติยภูมิเป็นการวิจัยเอกสารหรือ Document Research/Library Research เพื่อรวบรวมข้อมูลและข้อเท็จจริงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ หนังสือ เอกสาร และรายงานที่น่าเชื่อถือ

5.2 การวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อกำหนดเป็นข้อเสนอในการพัฒนาระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย โดยจะดำเนินการศึกษาเชิงเปรียบเทียบด้วยทฤษฎีและหลักการในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยที่เป็นที่ยอมรับในสากล รวมถึงประสบการณ์ใน

การจัดการของประเทศไทยและต่างประเทศ เพื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อเท็จจริง สภาวะแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย โครงสร้างองค์กรที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการบริหารจัดการในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยในระดับประเทศ ซึ่งลักษณะการวิจัยในขั้นนี้จะเป็นการประสมประสานระหว่างวิธีวิจัยเชิงอดีต (Premodalism) และแบบสถานการณ์ (Situationism) เพื่อนำผลมาวิเคราะห์เป็นข้อเสนอในการพัฒนาระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยในระดับกรมอนามัยต่อไป

6. กรอบแนวความคิดในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้กำหนดกรอบแนวคิดการศึกษาดังรูปที่ 1 โดยการประมวล และวิเคราะห์ข้อมูล ข้อเท็จจริงจากข้อมูลและบริบทที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กฎหมาย นโยบาย แผนระดับชาติ ข้อตกลง กรอบความร่วมมือ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หลักระบบบัญชาการเหตุการณ์ แนวทางการจัดการด้านการแพทย์และสาธารณสุขในสถานการณ์ฉุกเฉิน รวมทั้งสภาพแวดล้อมและการบริหารจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย ได้แก่ สถานการณ์และแนวโน้มสาธารณภัยด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ โครงสร้างการจัดการสาธารณภัยทางสุขภาพ ปัญหาข้อขัดข้องเกี่ยวกับการบริหารจัดการ เป็นต้น



รูปที่ 1 กรอบแนวความคิดในการศึกษา

7. ผลการศึกษา

7.1 จากวัตถุประสงค์การศึกษาข้อที่ 1 เพื่อศึกษาสภาวะแวดล้อมด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีภัยคุกคามต่อชีวิตและทรัพย์สินที่มาจากสิ่งที่เป็นภัยธรรมชาติและจากที่เกิดจากมนุษย์ทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจ อันได้แก่ ภัยจากไฟไหม้สถานที่ฝังกลบมูลฝอย ภัยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น ภัยแล้ง ปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กในบรรยากาศ อุทกภัย ภัยจากโรคระบาดในมนุษย์ เช่น โรคไข้เลือดออก โรคติดเชื้อไวรัสอีโบลา โรคเมอร์ส (MERS-CoV) โรคติดเชื้อไวรัสซิกา เป็นต้น โดยภัยเหล่านี้ ถึงแม้จะมีกฎหมายและหน่วยงานรับผิดชอบ แต่เมื่อวิเคราะห์ถึงขีดความสามารถและประสิทธิภาพทั้งบุคลากร แผนงานการบริหารจัดการ และอุปกรณ์เครื่องมือที่มี จะพบว่ามีปัญหาทั้งด้านคุณภาพและปริมาณที่ไม่เพียงพอ สำหรับการป้องกันและการจัดการสาธารณภัย ประเด็นที่พบ คือ การขาดระบบการบริหารจัดการเกี่ยวกับภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้เมื่อใดที่เกิดภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยขึ้น จะเห็นภาพการดำเนินงานที่เกิดความสับสน ความไม่พร้อม และส่งผลให้เกิดผลกระทบมากกว่าที่ควรจะเป็น ดังเช่นการเกิดอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 รวมถึงปัญหาไฟไหม้สถานที่ฝังกลบมูลฝอย จนเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ความเป็นอยู่ ทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งเศรษฐกิจและสังคม ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์จึงสรุปได้ว่าภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ยังคงมีโอกาสทำความเสียหายแก่ผลประโยชน์ทางสุขภาพอย่างต่อเนื่อง โดยหน่วยงานและการบริหารจัดการยังมีปัญหาจำเป็นต้องหาแนวทางแก้ไข ซึ่งการแก้ไขที่จะเป็นรูปธรรมได้ ต้องมีการศึกษาและนำเสนอเป็นระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยที่เหมาะสม ทั้งการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยที่เกี่ยวข้อง ยังรวมถึงการขับเคลื่อนความพร้อมด้านต่างๆ ให้เกิดขึ้นอย่างมีระบบและยั่งยืน

7.2 จากวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 ในการกำหนดระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยระดับกรมอนามัย ต้องมีโครงสร้างการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย หรือ กลุ่มส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉิน (สสวฉ.) เป็นหน่วยงานกลางในการประสานการขับเคลื่อนการดำเนินงานของศูนย์ปฏิบัติการตอบโต้ภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยด้านส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉิน กรมอนามัย โดยมีการประสานงานหลักใน 5 ด้าน ได้แก่

1. ด้านการประสานงาน เลขานุการ และงานธุรการ ทำหน้าที่ในการวางแผนผลักดันให้ข้อสั่งการของผู้บัญชาการณ์เหตุการณ์ได้รับการปฏิบัติอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ จัดทำทำเนียบเครือข่าย ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกกระทรวงสาธารณสุข ประสานการจัดประชุม จัดทำปฏิทินการปฏิบัติงาน จัดหาสถานที่สำหรับการทำงาน และให้การสนับสนุนงานด้านบริหารจัดการและอำนวยความสะดวกสำหรับคณะทำงานต่างๆ

2. ด้านยุทธศาสตร์และวิชาการ (Strategic and Technical Advisory Group : STAG) ทำหน้าที่ติดตามเฝ้าระวัง ประเมินสถานการณ์ และประเมินความเสี่ยงของเหตุการณ์ รวบรวม จัดทำฐานข้อมูลวิชาการที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลทางวิชาการ ข้อเท็จจริง และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลวิชาการที่มีความถูกต้อง เสนอมาตรการและแผนปฏิบัติการระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาวของกรมอนามัยด้านส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย โดยบูรณาการการดำเนินงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและภายนอกกรมอนามัยต่อผู้บัญชาการเหตุการณ์ ติดตามประเมินผล และสรุปบทเรียนหลังการปฏิบัติการ (After Action Review) การดำเนินงานตามมาตรการและแผนปฏิบัติการเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับสถานการณ์

3. ด้านการปฏิบัติการ (Operation) ทำหน้าที่รับข้อสั่งการจากผู้บัญชาการเหตุการณ์ วางแผน ประสานงาน และเตรียมความพร้อมของทีมปฏิบัติการและพร้อมให้การสนับสนุนเมื่อได้รับการร้องขอ ลงพื้นที่เพื่อดำเนินงานด้านส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย ตรวจสอบความพร้อมของกระบวนการทำงาน อุปกรณ์สิ่งสนับสนุนประกอบการปฏิบัติงานให้พร้อมใช้ ประเมินความต้องการของทีมปฏิบัติการในการดำเนินกิจกรรมด้านส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมช่วยเหลือประชาชนผู้ประสบภัย และจัดระบบการปฏิบัติการภาคสนามในการปฏิบัติการในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยด้านส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม รวบรวมและจัดทำรายงานผลการดำเนินงานเพื่อเสนอต่อผู้บริหารตามลำดับ

4. ด้านเงินและบริหารจัดการ (Finance and Administration) ทำหน้าที่บริหารกำลังคน งบประมาณ การเงินและพัสดุ สนับสนุนกำลังคน งบประมาณ และพัสดุให้คณะทำงานกลุ่มภารกิจปฏิบัติการ จัดทำธุรการ บันทึกเวลาปฏิบัติงาน และจ่ายค่าตอบแทนตามวันเวลาปฏิบัติงาน ติดตามและรายงานผลการเบิกจ่ายงบประมาณ สรุปรายงานทางการเงินและวิเคราะห์ต้นทุนการดำเนินการและความคุ้มค่า จัดทำประกันชีวิต เรียกร้อง ดูแลชดเชยค่าเสียหายจากอุบัติเหตุและการบาดเจ็บ

5. ด้านจัดส่งกำลังบำรุง (Logistics) ทำหน้าที่วางแผนและวิเคราะห์ความเสี่ยงการสำรองยานพาหนะ วัสดุอุปกรณ์ เพื่อสนับสนุนการดำเนินงาน จัดทำแผนสำรองและแผนการสนับสนุนการดำเนินงาน กระจาย ดูแล กำกับ และจัดส่งบุคลากร วัสดุ อุปกรณ์ ยานพาหนะตามแผนและความเหมาะสม และจัดทำรายงานผลการปฏิบัติงานเสนอผู้บัญชาการเหตุการณ์



รูปที่ 2 โครงสร้างกลุ่มส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉิน (สสวฉ.)

ซึ่งการดำเนินงานของกลุ่มส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉิน ดังรูปที่ 2 จะดำเนินการภายใต้ระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย กรมอนามัย ใน 4 องค์ประกอบได้แก่

(1) การป้องกันและการลดผลกระทบ (Prevention and mitigation) การดำเนินการในภาวะปกติเพื่อป้องกันหรือลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นแก่สุขภาพ ชีวิต ทรัพย์สินและชุมชน รวมทั้งสิ่งแวดล้อม เช่น การบริหารจัดการ การออกกฎระเบียบ กฎหมาย การห้ามหรือกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัย และการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของสถานบริการหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น การบรรเทาผลกระทบ (Mitigation) คือ กิจกรรมที่มุ่งบรรเทาผลกระทบจากภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้น ด้วยการลดจุดอ่อนและจุดล่อแหลมที่จะเกิดอันตรายจากภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย ซึ่งการป้องกันและการบรรเทาผลกระทบมีความหมายใกล้เคียงกัน จึงสามารถใช้มาตรการทั้ง 2 ด้านควบคู่กัน โดยจำเป็นต้องมีการกำหนดคณะกรรมการนโยบายด้านการเฝ้าระวัง ป้องกัน

และลดผลกระทบด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย กรมอนามัย เพื่อผลักดันให้มีการดำเนินการ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างจริงจัง และมีการดำเนินกิจกรรมต่างๆ อย่างกว้างขวางและครอบคลุมหลายด้าน

(2) การเตรียมความพร้อม (Preparedness) จากปัญหาด้านการเตรียมความพร้อมในการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยนับเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะเป็นขั้นตอนที่จะต้องเตรียมทรัพยากร บุคลากร และองค์ความรู้ให้พร้อมและเพียงพอต่อการเผชิญเหตุตอบโต้เหตุการณ์ ดังนั้น การเตรียมข้อมูลและข่าวสารที่ครบถ้วนจะทำให้ทราบว่าจะต้องเตรียมอะไร อย่างไร และจำนวนเท่าไร เพื่อให้กรมอนามัยสามารถปฏิบัติการและจัดการกับเหตุการณ์สาธารณภัยที่เกิดขึ้น รวมทั้งลดผลกระทบต่อประชาชนหรือชุมชน ภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจที่เกี่ยวข้องได้อย่างทันท่วงทีและมีประสิทธิภาพ มีองค์ความรู้ ขีดความสามารถ เกิดทักษะ และอุปกรณ์เครื่องมือที่พร้อมและเหมาะสมต่อภัยพิบัติที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า ดังนั้น ศูนย์บัญชาการทุกระดับและศูนย์ข้อมูลเตือนภัยทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยทั้งระดับกรมและศูนย์อนามัยจะต้องมีแผนเผชิญเหตุ และแนวทางปฏิบัติของระบบการเฝ้าระวังและเตือนภัยอนามัยสิ่งแวดล้อมอย่างครบถ้วน

(3) การจัดการในภาวะเมื่อเกิดภัย (Response) การจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยที่มีประสิทธิภาพต่อการเผชิญกับภัยพิบัติที่เกิดขึ้น มีลักษณะพิเศษแตกต่างจากการจัดการสาธารณภัยทั่วไป ทั้งด้านองค์วัตถุ องค์บุคคล และการบริหารจัดการ ซึ่งการปฏิบัติงานจะต้องคำนึงถึงประชาชนในพื้นที่ประสบภัย ลดผลกระทบต่อสุขภาพ ปลอดภัย และสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพ ตลอดจนสร้างความมั่นใจในการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมทุกระยะของการเกิดภัยภายใต้โครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีอย่างจำกัดทำให้ผู้ดำเนินงานตกอยู่ในสภาวะความเสี่ยงภัยสูง โดยระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยจะต้องใช้ได้กับทุกสถานการณ์และทุกหน่วยงาน (Flexibility) มีการบริหารจัดการตามหน้าที่ความรับผิดชอบ (Functional Management) พร้อมทั้งบริหารจัดการ และการปฏิบัติการให้ยึดวัตถุประสงค์หลัก (Manage by Objectives) ที่ทุกหน่วยเข้าใจตรงกันขณะปฏิบัติงาน ทุกหน่วยทำงานภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน และรายงานต่อหน่วยงานหรือผู้บัญชาการเดียว (Unity of Command) การบริหารจัดการหน้าที่และหน่วยงานจะขึ้นกับผู้บัญชาการตามลำดับ (Span of Control) การปฏิบัติงานบนพื้นฐานของความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเป็นหลักตามกระบวนการจัดการเมื่อเกิดภัยภายใต้พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550

(4) การฟื้นฟู (Recovery) เป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือ ประสานการปฏิบัติจากหน่วยสนับสนุน และภาคสังคมต่างๆ โดยมีศูนย์อำนวยการหรือและศูนย์บัญชาการในพื้นที่ประสบภัยเป็นศูนย์กลางในการสร้างสภาวะแวดล้อม ฟื้นฟูทางกายภาพ สังคม เศรษฐกิจให้ดีขึ้น โดยให้ยึดตามแผนป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550 และร่างแผนปฏิบัติการด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยทางการแพทย์และการสาธารณสุข พ.ศ. 2561-2565 ทั้งนี้ หน่วยงานและผู้เกี่ยวข้องให้มีการดำเนินการต่างๆ เช่น การชดใช้และการจ่ายค่าใช้จ่ายแก่หน่วยที่ร่วมปฏิบัติการ รวมถึงสังคมประชาชนที่ได้รับผลกระทบ การฟื้นฟูด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม การสร้างสภาพสังคมและเศรษฐกิจให้กลับไปสู่ปกติ การซ่อมแซมโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ รวมถึงการสร้างความเข้าใจต่อผู้เกี่ยวข้อง ชุมชน และสังคม

อย่างไรก็ตาม การนำระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย กรมอนามัย ไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและสามารถใช้ทรัพยากรที่อยู่ได้อย่างคุ้มค่า จำเป็นต้องมีการดำเนินการขับเคลื่อนตามลำดับความสำคัญจากวัตถุประสงค์ โดยการพัฒนาการอำนวยการและการบริหารจัดการ การพัฒนายุทธศาสตร์ แผนงาน วิชาการ การสื่อสารประชาสัมพันธ์ พัฒนาระบบสื่อสารของศูนย์ปฏิบัติการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย และระบบการแจ้งเตือนภัย ปรับปรุง แก้ไขกฎหมายรวมทั้งการพัฒนาระบบจัดการทรัพยากร แนวทางการปฏิบัติการ การจัดหาทรัพยากรเพิ่มเติมหรือการปรับปรุงให้ครอบคลุมพื้นที่และลดระยะเวลาการเข้าพื้นที่เกิดเหตุ ดังนั้น หากเกิดภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยอันเกี่ยวข้องกับงานอนามัยสิ่งแวดล้อมขึ้น จึงต้องการการพัฒนาขีดความสามารถในการดำเนินการด้านเฝ้าระวัง ประเมิน และขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมหรือเพิ่มขีดความสามารถในการปฏิบัติภายใต้ข้อจำกัดและสถานการณ์วิกฤติหรือที่ไม่พึงประสงค์มากขึ้น

8. สรุปและอภิปรายผล

ระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย เพื่อแก้ปัญหาทั้งด้านการบริหารจัดการและปัญหาโครงสร้าง รวมถึงขีดความสามารถในการดำเนินงานด้านจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและ

สาธารณภัย จึงกำหนดวัตถุประสงค์สำคัญ ดังนี้ หน่วยงานของรัฐ เขตสุขภาพ จังหวัด และองค์กรส่วนท้องถิ่นมีการเตรียมการในการจัดการความเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย สามารถระบุและสร้างความชัดเจนถึงโครงสร้าง ขอบเขตอำนาจ ความรับผิดชอบ หน้าที่และบทบาทในการดำเนินงานตอบโต้หรือรับมือกับภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย สร้างความร่วมมือ ประสานการปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ และการดำเนินการเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในระยะการฟื้นฟู ดังนั้น องค์ประกอบสำคัญในระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย กรมอนามัย เพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว จึงมุ่งเน้นการจัดการภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยแบบบูรณาการวงรอบการจัดการภัยภายใต้แนวคิดการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย (Disaster Risk Reduction) เพื่อนำมาเป็นกรอบกำหนดองค์ประกอบของระบบการจัดการฯ ได้แก่ องค์ประกอบการป้องกันและการลดผลกระทบ องค์ประกอบการเตรียมความพร้อม องค์ประกอบการจัดการในภาวะเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉินหรือสาธารณภัยและการบรรเทาทุกข์ (Relief) และองค์ประกอบการฟื้นฟู โดยได้นำเสนอโครงสร้างการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยใน 4 ระดับ ตั้งแต่ระดับการมีผู้บัญชาการที่ชัดเจน ได้แก่ ผู้ว่าราชการจังหวัด นายแพทย์สาธารณสุขจังหวัด ผู้ตรวจราชการกระทรวงสาธารณสุขระดับเขต และนายกรัฐมนตรีตามลำดับ ซึ่งจะมีอำนาจสั่งการ มีโครงสร้างและผู้รับผิดชอบภายใน อีกทั้งได้เสนอแนวทางการขับเคลื่อนระบบ ได้แก่ การพัฒนาด้านการอำนวยการและการบริหารจัดการ การพัฒนายุทธศาสตร์ แผนงาน วิชาการ การสื่อสารประชาสัมพันธ์ การดำเนินการด้านกฎหมาย และการพัฒนาระบบจัดการทรัพยากรด้านต่างๆ อย่างครบถ้วน

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย กรมอนามัยควรผลักดันให้มีความตระหนักรู้และให้ความสำคัญของหน่วยงานทุกภาคส่วนว่าผลประโยชน์ของชาติ สุขภาพ ชีวิต และทรัพย์สินของประชาชนกำลังเผชิญหน้ากับภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยด้านต่าง ๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่งเสริมการพัฒนาระบบการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยที่สอดคล้องเหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมหรือบริบทของพื้นที่ ผลักดันให้มีโครงสร้างการดำเนินงานผ่านโครงสร้างกลุ่มส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉิน (สสวฉ.) เป็นหน่วยงานกลางในการประสานการขับเคลื่อนการดำเนินงาน รวมทั้งศึกษาปัญหาข้อขัดข้องทางด้านกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ และพัฒนาปรับแก้กฎหมาย และพระราชบัญญัติที่เกี่ยวข้องให้คล้องกับการปฏิบัติการ

9.2 ข้อเสนอแนะระดับปฏิบัติการ กรมอนามัยร่วมกับหน่วยงานภาคีเครือข่ายจัดทำแผนงาน ยุทธศาสตร์และงบประมาณด้านการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยให้ชัดเจนเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายและสถานการณ์ ปรับใช้ข้อมูลหรือองค์ความรู้ทางวิชาการที่มีอยู่เดิมให้เหมาะสมรวบรวมเป็นชุดความรู้ประกอบเป็นฐานข้อมูล ตลอดจนพัฒนารูปแบบการสื่อสารให้มีมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และนำไปปฏิบัติได้จริง และส่งเสริมการจัดกิจกรรมรณรงค์หรือการกระตุ้นให้ประชาชนตระหนักในการปฏิบัติตามคำแนะนำ รวมถึงสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพด้านการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมสุขภาพในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัย

9.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาครั้งต่อไป การศึกษานี้ไม่ได้นำปัจจัยที่เป็นข้อบังคับระหว่างประเทศที่ประเทศไทยต้องรับผิดชอบในฐานะเป็นสมาชิกขององค์กรระหว่างประเทศด้วย ดังนั้น จึงมีข้อเสนอแนะให้ศึกษาในครั้งต่อไปให้มีการนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อบังคับ กฎหมายระหว่างประเทศมาศึกษา และกำหนดระบบ รวมทั้งรวมถึงภัยที่เป็นผลกระทบจากสงครามและความขัดแย้งระหว่างรัฐร่วมด้วย ควรมีการวิจัยที่ขยายขอบเขตเป็นการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยระดับกระทรวงหรือระดับเหนือขึ้นไป รวมทั้งศึกษาแนวโน้มเทคโนโลยีด้านการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยและการศึกษาวิจัยเพื่อแก้ปัญหากฎหมายต่างๆ ที่ล้าสมัยและไม่มีบูรณาการตามกฎหมายสากล โดยเฉพาะกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้งบประมาณกรณีฉุกเฉิน

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ นายสมชาย ตู้แก้ว ผู้อำนวยการสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย ที่สนับสนุนให้เกิดการศึกษาวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้บริหาร และผู้ปฏิบัติงานด้านการจัดการภาวะฉุกเฉินและสาธารณภัยทุกท่านที่กรุณาให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจนการศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติ์พงศ์ สัญชาตวิรุฬห์ และคณะ. 2558. คู่มือพัฒนาการจัดการภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข ระบบบัญชาการเหตุการณ์และศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุข กรมควบคุมโรค, บอร์น ทู บี พับลิชชิ่ง จำกัด, สมุทรสาคร.

[2] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย. 2550. พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550, ข้อมูลจาก. http://www.thailandlawyercenter.com (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 กรกฎาคม 2562).

[3] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย. 2553. แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558: คณะกรรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ, กทม.

[4] สำนักงานบรรเทาทุกข์และประชานามัยพิทักษ์สภากาชาดไทย. 2551. โครงการสเฟียร์ กฎบัตรมนุษยธรรมและมาตรฐานขั้นต่ำในการตอบสนองต่อภัยพิบัติ, บริษัท สหมิตร พรินติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง จำกัด, กทม.

[5] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2549. คู่มือการบริหารจัดการสาธารณภัยด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมสำหรับเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กทม.

[6] สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2562. คู่มือการบัญชาการเหตุการณ์ และมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Standard Operation Procedure) ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในภาวะ ฉุกเฉินและสาธารณภัย, ศูนย์สื่อและสิ่งพิมพ์แก้วเจ้าจอม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กทม.

ID069

การจัดการการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Guidelines of Communication Management for Image of Rambhai Brani Rajabhat University

มนตรี สังขนาค[1*], จำเริญ คังคะศรี[2*] และบวรสรรค์ เจี่ยดำรง[2*]
[1]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[2]คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[*]E-mail: montree.s@rbru.ac.th

Montree Sangkanak[1*], Chamroen Khangkasri [2*] and Bavonsan Chiadamrong[2*]
[1]Faculty of Management Sciences Rambhai Barni Rajabhat University
[2] Faculty of Communication Arts Rambhai Barni Rajabhat University
[*]E-mail: !Chamroen.k@rbru.ac.th, Bavonsan@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 2) เพื่อศึกษากลยุทธ์การจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของประชาชนในการจัดการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน คือ การวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารของมหาวิทยาลัยและประชุมระดมสมอง มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา 4 ขั้นตอนคือการตีความข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูล การสร้างข้อสรุป และการสังเคราะห์ข้อมูล วิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้จำนวน 400 คน โดยออกแบบคำถามจากข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือการแจกแจงความถี่ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดการการสื่อสารภายในองค์กรโดยมุ่งเน้นการสร้างวัฒนธรรมในการทำงานมีการกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายไปในทิศทางเดียวกัน บุคลากรทุกระดับมีการกำหนดเป้าหมายร่วมกัน และการ สื่อสารภายนอกองค์กร การสร้างความเข้าใจ และความสัมพันธ์อันดีกับประชาชนภายนอกกลุ่มต่าง ๆ อันได้แก่ ประชาชนทั่วไป และประชาชนที่องค์กรเกี่ยวข้อง เช่น ลูกค้า ผู้นำความคิดเห็น ผู้นำในท้องถิ่น รวมทั้งชุมชนละแวกใกล้เคียงรวมถึงให้ช่วยเหลือทางวิชาการ บริการวิชาการ ทำกิจกรรมร่วมกับชุมชน เพื่อให้กลุ่มประชาชนเหล่านี้เกิดความรู้ ความเข้าใจในมหาวิทยาลัย และให้ความร่วมมือแก่องค์กรด้วยดี 2) กลยุทธ์การจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี พบว่า (1) กลยุทธ์การวางระบบการแพร่กระจายข้อมูล มุ่งเน้นนำเสนอข้อมูลระหว่างมหาวิทยาลัยกับนักศึกษา ผู้ปกครอง หน่วยงาน ประชาชนทั่วไป เช่น การแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านเว็บบอร์ด ระบบสายตรงผู้บริหาร เว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย แผ่นพับ โปสเตอร์ วิทยุ จอ LED หน้ามหาวิทยาลัย แผ่นพับ ใบปลิว ส่งเอกสารไปยังกลุ่มเป้าหมายผ่านช่องทางไปรษณีย์ และแจกเอกสารให้กลุ่มเป้าหมาย ที่เข้าร่วมกิจกรรมแนะแนวของมหาวิทยาลัยในโอกาสต่าง ๆ รวมถึงการจัดกิจกรรมพิเศษทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย โดยภายในจะจัดในรูปแบบของ “RBRU Open House” เปิดบ้านต้อนรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาให้ได้มาเรียนรู้ และฝึกปฏิบัติจริงในสาขาวิชาที่ตนสนใจในแต่ละคณะ (2) กลยุทธ์การพัฒนาและรักษาสัมพันธภาพกับสาธารณาชน กลุ่มต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยได้จัดกิจกรรมต่าง ๆ เช่น จัดงานเลี้ยงขอบคุณสื่อ การสนับสนุนอาจารย์ บุคลากร นักศึกษาออกพื้นที่ไปทำกิจกรรมร่วมกับชาวบ้าน การออกไปแนะแนว โดยทีมประชาสัมพันธ์เชิงรุก (3) กลยุทธ์กระตุ้นการมีส่วนร่วมของสาธารณชน มหาวิทยาลัยได้มีสนับสนุนส่งเสริมให้นักศึกษาหรือบุคลากรเข้าร่วมการแข่งขันระดับภาค ระดับประเทศ เพื่อให้ประชาชนได้รู้จักมหาวิทยาลัย และจัดทำโครงการหรือนำเสนอผลงานให้ของนักศึกษา บุคลากรให้ประชาชนทั่วไปได้รับทราบ รวมถึงการออกไปตามโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อให้หน่วยงานภายนอกรู้จักมหาวิทยาลัยมากยิ่งขึ้น จัดกิจกรรม “RBRU บุกโรงเรียนรับตรง” เพื่อออกแนะแนวหลักสูตรการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัย และเปิดโอกาสรับตรงสำหรับนักเรียนที่สนใจเข้ามาเรียนด้วย 3) ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

คำหลัก : การจัดการ การจัดการการสื่อสาร การสร้างภาพลักษณ์

Abstract

This research aims to study 1) The Process of communicating to the image building of Rambhai Barni Rajabhat University. 2) To study the management strategy of image building communications of Rambhai Barni Rajabhat University. 3) To study public opinion on communication management to the image building of the Rambhai Barni Rajabhat University. Use a mixed method for qualitative research and quantitative research by interviewing administrator of university and brainstorm meeting. There are 4 main steps of analyzing data such as solving, comparing, calculating, and synthetic. Quantitative research, the sample was picked up 400 people by designing question from result of qualitative data analysis. The samples used are university administrators and the general public. The data were analyzed by using frequency, percentage, mean and standard deviation. The results showed that 1) The process of communication management within the organization, focus on creating a culture of work, visions, missions, and goals are defined in the same direction. Personnel at all levels are targeted together and communicated outside the organization. To create understanding and good relations with people outside the group, including the general public and the people involved in the organization such as customers, opinion leaders, local leaders, neighborhood communities, etc. Also, academic assistance, academic services, activities with the community, so that these groups of people can gain knowledge, understanding of the university, and cooperate with the organization. 2) Management strategy to image building communications of Rambhai Barni Rajabhat University (1) Strategies for information spreading in focuses on presenting information between the university and students, parents, agencies and the general public such as web board exchange, executive direct line system, university website, brochure, poster, radio, LED screen, Catalogues, and leaflets. Send documents to the target group via post and distribute documents to the target group to participate in various university guidance activities, as well as organize events both inside and outside the university. The interior is organized in the form of "RBRU Open House". Open house to welcome high school students to learn and practice in the field of interest in each faculty. (2) Strategies for developing and maintaining relationships with various groups of people, the university has organized activities such as media thank you party, supporting lecturers, personnel, students leave the area to do activities with the villagers, guided by a proactive PR team. (3) Strategies to encourage public engagement, the university has encouraged

students or personnel to participate in regional and national competitions for people to get to know the university and create projects or presentation of student and personnel work to the general public to be informed including going out to various schools to allow outside agencies to get to know the university better. Organize "RBRU Direct Admission" to launch a booth to guide the university's course curriculum and open up opportunities for students interested in studying. 3) Opinions on communication management to enhance image building of Rambhai Barni Rajabhat University in high levels.

Keywords: Management, Communication Management, Image building

บทนำ

ความสำคัญของการศึกษาถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในชีวิตของเรา ที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการประกอบอาชีพ จะเห็นว่าการศึกษามีความหมาย คือ เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ในเรื่องต่าง ๆ และเป็นการพัฒนาบุคคลผู้ศึกษาเองให้มีความคิด ความประพฤติ ทัศนคติ ค่านิยม และคุณธรรม ซึ่งทั้งสองมิติแห่งความหมายนี้แยกกันไม่ได้ ตรงกันข้ามจะต้องควบคู่กันไปเพราะเมื่อบุคคลหนึ่งมีความรู้ แต่มีความประพฤติ ทัศนคติ ค่านิยม และคุณธรรม ที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม ที่จะนำไปสู่การใช้ความรู้ในทางที่ไม่ทำประโยชน์ต่อทั้งตนเองและส่วนรวมได้ การศึกษานั้นเป็นเรื่องของทุกคน และไม่ใช้ในเวลาใดเวลาหนึ่ง แต่เป็นหน้าที่ของทุกคน การศึกษานับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด การศึกษานับว่าเป็นปัจจัยที่ 5 ของการดำเนินชีวิตของคนทุกคนการศึกษา คือ การสร้างคนให้มีความรู้ ความสามารถมีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นมีลักษณะนิสัยจิตใจที่ดีงาม มีความพร้อมที่จะต่อสู้เพื่อตนเองและสังคม จะเห็นได้ว่าการศึกษาปัจจัยที่จะช่วยแก้ปัญหาทุก ๆ ด้านของชีวิตและเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดของชีวิตในโลกที่มีกระแสความเปลี่ยนแปลงทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว และส่งผลกระทบให้วิถีดำรงชีวิตต้องเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน การศึกษายิ่งมีบทบาทและความจำเป็นมากขึ้นด้วย การศึกษาที่จะช่วยให้ทุกคนมีชีวิตที่ดี มีความสุข การศึกษาขั้นพื้นฐานของสังคมสมัยนี้ต้องเรียนกันอย่างน้อย 12 ปี จึงจะเพียงพอกับความต้องการและความจำเป็นที่จะยกระดับ คุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ด้วยเหตุนี้ทำให้ในปัจจุบันนี้ได้มีสถาบันทางการศึกษาเกิดขึ้นอย่างมากมายจนทำให้ระบบการศึกษาต้องเข้าสู่ความเป็นธุรกิจอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ก่อให้เกิดการแข่งขันกันสูงเพื่อจูงใจให้กลุ่มเป้าหมายเลือกที่จะเข้าศึกษาในสถาบันของตนและนับเป็นความโชคดีแก่เยาวชนเพราะการที่มีสถาบันการศึกษาจำนวนมากทำให้เยาวชนมีโอกาสเลือกในสิ่งที่ดีที่สุดให้กับตนเอง

สถาบันอุดมศึกษาที่มีวัตถุประสงค์ให้การศึกษาในด้านวิชาการและวิชาชีพชั้นสูงหลายสาขาวิชา หรือหลายกลุ่มสาขาวิชา เพื่อให้ประกาศนียบัตร อนุปริญญา ปริญญา และประกาศนียบัตรบัณฑิตแก่ผู้สำเร็จการศึกษา รวมทั้งดำเนินการวิจัยและให้บริการทางวิชาการแก่สังคม และทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรมของชาติ หรือที่เราเรียกกันว่ามหาวิทยาลัย จึงเข้ามามีบทบาทต่อประชาชนหรือเยาวชนของชาติเพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความรู้และผลิตปัญญาให้แก่เยาวชนของประเทศชาติให้เติบโตไปเป็นบุคคลที่มีคุณภาพซึ่งปัจจุบันนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากเดิมมากไม่ว่าจะเป็นมหาวิทยาลัยในภาครัฐภาคเอกชนหรือภาคกำกับของรัฐอีกทั้งสถาบันราชภัฏที่ยกระดับวิทยฐานะของตนสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยได้กระจายอยู่ทั่วประเทศเปิดโอกาสให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้มีทางเลือกอย่างกว้างขวางกว่าแต่ก่อนจากสาเหตุของการเพิ่มจำนวนและการแข่งขันกันระหว่างแต่ละมหาวิทยาลัยเพื่อที่จะดึงดูดความสนใจนักเรียนให้เข้ามาเรียนส่งผลให้หลาย ๆ มหาวิทยาลัยมีความจำเป็นที่จะต้องปรับตัวเข้าสู่การตลาดอย่างเต็มรูปแบบเพื่อให้รับกับกระแสการแข่งขันด้านการศึกษาที่เพิ่มสูงขึ้นเพราะมหาวิทยาลัยจะสามารถดำรงอยู่ได้ก็ต้องมีนักเรียนเข้ามาเรียนสภาวะการแข่งขันดังกล่าวของมหาวิทยาลัยคือการทำอย่างไรที่จะให้มีภาพลักษณ์ที่ดีที่สุดปรากฏต่อสายตาบุคคลภายนอก

ในสถาบันการศึกษาของตนให้มากที่สุดเท่าที่จะปรากฏได้ ซึ่งต่างพยายามสร้างกลยุทธ์ต่าง ๆ มากมายมาใช้เพื่อการปรับตัวเช่นวิธีการปรับปรุงหลักสูตรให้น่าสนใจมากขึ้น โดยเปิดหลักสูตรใหม่ ๆ ที่เป็นที่ต้องการของตลาดแรงงาน การประกาศรับนักศึกษาแบบไม่อั้นการเสนอค่าเล่าเรียนที่ไม่แพงการจัดสรรให้มีทุนการศึกษาและการจัดสรรโควต้าต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นการสร้างภาพลักษณ์ให้กับตัวสถาบันการศึกษาเองเพื่อให้ตัวเองมีจุดยืนที่ไม่ซ้ำกับสถาบันการศึกษาอื่นซึ่งกลยุทธ์เหล่านี้คือการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของมหาวิทยาลัยในปัจจุบัน

ภาพลักษณ์เป็นความคิดรวบยอดที่ก่อตัวเกิดขึ้นในจิตใจของบุคคลแต่ละคนอันเป็นผลจากการได้รับประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์อ้อมที่ได้รับรู้มาเกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ ซึ่งจะมีผลต่อทัศนคติและการกระทำใด ๆ ที่บุคคลจะมีต่อไป สำหรับภาพลักษณ์ขององค์การจึงหมายถึงการรับรู้ที่บุคคลมีในเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับองค์การหรือสิ่งที่เกิดขึ้นจากความประทับใจอย่างแท้จริงของบุคคลภาพลักษณ์ที่บุคคลหรือประชาชนมีต่อองค์กรสถาบันนั้นจะเป็นอย่างไรนั้นย่อมขึ้นอยู่กับประสบการณ์ข้อมูลข่าวสารที่ประชาชนได้รับด้วยและสิ่งเหล่านี้ย่อมจะก่อตัวขึ้นเป็นความประทับใจซึ่งอาจจะเป็นความประทับใจที่ดีหรือไม่ดีก็ได้สุดแล้วแต่การกระทำหรือพฤติกรรมขององค์กรนั้นการประชาสัมพันธ์จึงมีหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการสร้างภาพลักษณ์ที่แท้จริงขององค์กรสถาบันให้เกิดขึ้นในความรู้สึกนึกคิดจิตใจของประชาชนและการสร้างภาพลักษณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้โดยอาศัยการใช้ข่าวสารความรู้และประสบการณ์อย่างเพียงพอแก่ประชาชนตามที่ตนประสงค์ให้เกิดขึ้นในจิตใจของประชาชนเพื่อให้เกิดความประทับใจ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เป็นสถาบันอุดมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ตั้งอยู่เลขที่ 41 หมู่ที่ 5 ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประกาศจัดตั้งครั้งแรกเป็น “วิทยาลัยครูจันทบุรี” เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2515 ณ บริเวณวังสวนบ้านแก้ว อันเคยเป็นที่ประทับของสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณีพระบรมราชินีในรัชกาลที่ 7 ซึ่งพระราชทานให้กระทรวงศึกษาธิการ ตั้งเป็นวิทยาลัยครูจันทบุรี และได้รับพระราชทานตราศักดิเดชน์ ซึ่งเป็นตราประจำพระองค์พระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว เป็นตราประจำวิทยาลัยต่อมาเมื่อ เดือนมีนาคม 2528 ได้รับพระบรมราชานุญาตให้อัญเชิญพระนามาภิไธยของสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี เป็นนามของวิทยาลัย ว่า “วิทยาลัยรำไพพรรณี” เมื่อวันที่ 21 มิถุนายน 2533 สมเด็จพระญาณสังวร สมเด็จพระสังฆราชสกลมหาสังฆปรินายก ได้พระราชทานคติธรรมประจำวิทยาลัยรำไพพรรณีว่า “ปณฺฑิโต นิปุณ สวิเธติ” แปลว่า “บัณฑิตย่อมฉลาดจัดการ” เมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2536 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ฯ ได้พระราชทานชื่อให้เป็น “สถาบันราชภัฏรำไพพรรณี” เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2547 ได้เปลี่ยนเป็น “มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี” ตามประกาศพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏซึ่งถือเป็นวิทยาลัยครูแห่งเดียวในภาคตะวันออกก่อตั้งมาเนิ่นนานได้รับการยอมรับจากผู้ปกครองนักเรียนนักศึกษาและบุคคลทั่วไปแต่ในสภาวะที่มีการแข่งขันมหาวิทยาลัยเหล่านี้ล้วนต้องพยายามหาวิธีหรือกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อสื่อสารกับชุมชนให้เห็นถึงภาพลักษณ์ที่ดี โดยมุ่งเน้นการสร้างความเข้าใจและความร่วมมือจากประชาชนทั้งนี้โดยอาศัยสื่อการประชาสัมพันธ์ที่หลากหลายสามารถเข้าใจง่ายเป็นรูปธรรมสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายในเชิงกว้างในขณะเดียวกันก็ต้องสามารถเอาข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายกลับมาปรับปรุงด้วยเช่นกันโดยเน้นการใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีสมัยใหม่มากขึ้นลักษณะบูรณาการเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการโดยอาศัยเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์ อินเทอร์เน็ต วิทยุ โทรทัศน์ กิจกรรมสัมพันธ์ ป้ายประกาศ โปสเตอร์ แผ่นพับ เป็นต้นเพื่อทำให้มหาวิทยาลัยของตนมีภาพลักษณ์ที่ดีและเกิดความน่าเชื่อถือต่อนักเรียนผู้ปกครองและประชาชน (มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. ออนไลน์. 2561)

ซึ่งในการสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีก็จะต้องควบคู่ไปกับยุทธศาสตร์ชาติ และนโยบายของรัฐบาลเพื่อที่จะได้รับทุนในการสนับสนุน

ในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งก็รวมไปถึงเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ใช้ในการเรียนการสอน ปัจจุบันเป็นยุคที่จะใช้นวัตกรรมต่าง ๆ ในการขับเคลื่อน มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ได้ตระหนักถึงความสำคัญของนวัตกรรมใหม่ ๆ และได้กำหนดนโยบายให้สอดรับกับนโยบายของรัฐบาล

ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยเป็นสิ่งที่สำคัญ ที่ได้รับความสนใจจากสาธารณชนและมวลชนมากขึ้นทั้งนี้เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีการสื่อสารและสื่อสารมวลชนทุกคนต้องการรับรู้และมีส่วนเกี่ยวข้องในการแสดงความคิดเห็นเพื่อเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจถ้ามหาวิทยาลัยใดมีภาพลักษณ์ที่ดีก็จะได้รับความเชื่อถือไว้วางใจและให้การสนับสนุนร่วมมือแต่ถ้ามหาวิทยาลัยใดซึ่งความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีถือว่ามีบทบาทสำคัญต่อการเรียนการสอนเพราะถ้ามีสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัยก็สามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อสายตาประชาชนได้

มีภาพลักษณ์ที่ไม่ดีย่อมได้รับการต่อต้านดังนั้นภาพลักษณ์จึงเป็นรากฐานแห่งความมั่นคงขององค์กรจากประเด็นดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีซึ่งผลการวิจัยจะช่วยให้ทราบถึงภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยภัฏรำไพพรรณีและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาการดำเนินงานประชาสัมพันธ์การสร้างภาพลักษณ์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
2. เพื่อศึกษากลยุทธ์การจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของประชาชนในการจัดการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การจัดการการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เป็นการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และกลยุทธ์ในการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ของผู้บริหารมหาวิทยาลัยและประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method) แบ่งรูปแบบการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research)

วิเคราะห์การจัดการการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี โดยการสังเกต สำรวจเอกสาร และสัมภาษณ์เชิงลึก (In - depth Interview) โดยเสนอข้อมูลในรูปแบบการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Description Analytical) และนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบสอบถามในส่วนของการวิจัยเชิงปริมาณต่อไป

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informant)

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญในการวิจัยครั้งนี้ แบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ดังนี้ 1) อธิการบดี 2) นายกสภามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 3) รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร 4) รองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา 5) คณบดีคณะวิทยาการจัดการ

ประเด็นที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ

ประเด็นที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้กระบวนการระดมสมอง (Brian Storming) ให้ตัวแทนจากภายในและภายนอกได้ระดมสมองในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ดังต่อไปนี้ 1) ด้านผลิตบัณฑิต 2) ด้านวิจัย 3) ด้านบริการวิชาการ 4) ด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม 5) ด้านการบริหาร 6) ระดมทรัพยากรทั้งจากภายในและภายนอก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In - depth Interview) และการระดมสมอง (Brian Storming)

กับบุคคลภายนอกและภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์ทุกท่านด้วยตนเอง พร้อมจดบันทึกและบันทึกเสียงในการสัมภาษณ์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นข้อเท็จจริง รูปแบบของการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Selection Interview)

การเก็บรวมข้อมูล

ในการวิจัยเรื่องการจัดการการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ผู้วิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลเพื่อนำมาเป็นความรู้พื้นฐานและแนวทางในการดำเนินการวิจัย จากข้อมูล 2 แหล่งคือ

1. แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้รับจากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญที่ผู้วิจัยคัดเลือกมาโดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Selection Interview) และระดมสมอง (Brian Storming) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi - structured Selection Interview) ลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้บริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เป็นรายบุคคล

2. แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลที่ผู้วิจัยค้นคว้าจากเอกสาร หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ รวมไปถึงแหล่งข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต เพื่อนำมาเป็นความรู้พื้นฐานและแนวทางในการดำเนินการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สภาพปัญหาแนวทางการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี โดยการวิเคราะห์เนื้อหามีองค์ประกอบ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การตีความข้อมูล (Interpretation) ตามเนื้อหาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการระดมสมอง

2. การเปรียบเทียบข้อมูล (Constant Comparison) โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการตีความมาเปรียบเทียบกันเพื่อสร้างความชัดเจนของข้อมูลที่ได้และเมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว ถ้าพบความคิดเห็นหรือความรู้สึกของผู้ให้ข้อมูลหลักที่คล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกัน ผู้วิจัยจะดำเนินการเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเข้าด้วยกัน และแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างเป็นรูปธรรม

3. การสร้างข้อสรุป (Conclusion) เป็นการตัดทอนข้อมูลให้เหลือแต่คุณลักษณะร่วมที่มีความหมายสามารถสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับข้อมูลนั้นได้ อันจะเป็นการนำไปสู่ทฤษฎีหรือข้อสรุปเชิงนามธรรมที่เกิดขึ้น

4. การสังเคราะห์ข้อมูล (Data Synthesis) คือการรวบรวมข้อมูลที่เป็นรูปธรรมซึ่งเป็นบทสรุปย่อยของข้อมูลทั้งหมดจากการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละแหล่งข้อมูลและนำมาสร้างเป็นข้อสรุปเชิงนามธรรมในลักษณะของบทสรุป หรือแบบแผนของกระบวนการมีส่วนร่วมในภาพรวม (Holistic) ของข้อมูลนั้น ๆ

การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือประชากรที่มีอายุ 16 ปีขึ้นไปที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดจันทบุรี จำนวน 524,260 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือประชากรที่มีอายุ 16 ปีขึ้นไปอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดจันทบุรี กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางของทาโร่ยามาเน่ (Yamane, 1983 อ้างถึงใน ณรงค์ โพธิ์พฤกษานันท์. 2551: 188) ได้กลุ่มตัวอย่างจากบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี รวมทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 400 คน โดยแจกแบบสอบถามในช่วงเดือนสิงหาคม - กันยายน 2560 และใช้การสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพมาดำเนินการออกแบบสอบถามเชิงปริมาณ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ใช้สอบถามเกี่ยวกับ การจัดการการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลลักษณะทางประชากรของผู้ตอบแบบสอบถามมีลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบ (Check List)

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่มีผลต่อการจัดการการสื่อสารมีลักษณะข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแนวคิดของลิเคิร์ท (Likert) ประกอบด้วยมาตราส่วน 5 ระดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยมีขั้นตอนดำเนินการโดยให้ผู้ช่วยนักวิจัย จำนวน 6 คน เก็บข้อมูลภาคสนามกับประชากรทั่วไปทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีจำนวน 400 ชุด โดยดำเนินการเก็บแบบสอบถามตั้งแต่ เดือนมีนาคม - พฤษภาคม 2563

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดสถิติการวิเคราะห์ดังนี้

1. นำแบบสอบถามที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาตรวจสอบความสมบูรณ์ก่อนนำไปวิเคราะห์
2. นำแบบสอบถามที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้วมาลงรหัสเพื่อประมวลผลข้อมูล
3. นำข้อมูลที่ลงรหัสแล้วมาบันทึกโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลข้อมูลโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่

1. ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลใช้สถิติความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)
2. ความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่มีผลต่อการจัดการการสื่อสาร ใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่สอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ทั้ง 6 ด้าน ดังนี้ คือ 1) ด้านผลิตบัณฑิต 2) ด้านวิจัย 3) ด้านบริการวิชาการ 4) ด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม 5) ด้านการบริหาร 6) ระดมทรัพยากรทั้งจากภายในและภายนอก ผู้วิจัยได้แบ่งลักษณะการจัดการการสื่อสารออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 การจัดการการสื่อสารภายในองค์กร การสื่อสารภายในองค์กรถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับผู้บริหาร นับตั้งแต่การวางแผน การจัดองค์การ การมอบหมายงาน การติดต่อประสานงาน การควบคุมงาน และการประเมิน ฯลฯ สิ่งเหล่านี้จะบรรลุตามเป้าหมายได้ต้องอาศัยการสื่อสารข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ ฉะนั้นการสื่อสารจึงเป็นรากฐานสำคัญของการบริหารองค์กร จะเห็นได้ว่าจากบทสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีให้ความสำคัญกับการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยเป็นอย่างมาก โดยมุ่งเน้นการสร้างวัฒนธรรมในการทำงานและมีการกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายไปในทิศทางเดียวกัน ให้บุคลากรทั้งสายวิชาการและสายสนันสนุนตระหนักในเป้าหมายและสร้างกลยุทธ์ให้บุคลากรได้เดินไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกระดับในการกำหนดเป้าหมาย

1.2 การสื่อสารภายนอกองค์กร หรือการประชาสัมพันธ์ภายนอก คือ การสร้างความเข้าใจ และความสัมพันธ์อันดีกับประชาชนภายนอกกลุ่มต่าง ๆ อันได้แก่ ประชาชนทั่วไป และประชาชนที่องค์กรเกี่ยวข้อง เช่น ลูกค้า ผู้นำความคิดเห็น ผู้นำในท้องถิ่น รวมทั้งชุมชนละแวกใกล้เคียง ฯลฯ รวมถึงให้ช่วยเหลือทางวิชาการ บริการวิชาการ ทำกิจกรรมร่วมกับชุมชน เพื่อให้กลุ่มประชาชนเหล่านี้เกิดความรู้ ความเข้าใจในมหาวิทยาลัย และให้ความร่วมมือแก่องค์กรด้วยดี ดังนั้นการสื่อสารภายนอกต้องเกี่ยวข้องกับประชาชนที่มีกลุ่มขนาดใหญ่ หรือจำนวนมากจึงต้องใช้เครื่องมือสื่อสารต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการเผยแพร่กระจายข่าวสู่สาธารณชน ได้แก่ หนังสือพิมพ์ วิทยุกระจายเสียง วิทยุ

โทรทัศน์ เว็บไซต์ อินเทอร์เน็ต อีเมล โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น ซึ่งเป็นสื่อที่องค์กรนิยมนำมาใช้ในการประชาสัมพันธ์

2. สอบถามเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี สอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ทั้ง 6 ด้าน ดังนี้ คือ 1) ด้านผลิตบัณฑิต 2) ด้านวิจัย 3) ด้านบริการวิชาการ 4) ด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม 5) ด้านการบริหาร 6) ระดมทรัพยากรทั้งจากภายในและภายนอก ผลการวิจัยพบว่า

2.1 กลยุทธ์การวางระบบการแพร่กระจายข้อมูล มุ่งเน้นให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูล 2 ทาง ผ่านการสื่อสารระหว่างมหาวิทยาลัยกับนักศึกษา ผู้ปกครอง หน่วยงาน ประชาชนทั่วไป เช่น การแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านเว็บบอร์ด (Webboard) ระบบสายตรงผู้บริหาร ระบบโทรศัพท์ มีการสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย มีการแจกจ่ายข้อมูล เช่น แผ่นพับ โปสเตอร์ วิทยุ จอ LED หน้ามหาวิทยาลัย มีการนำกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดทางตรง ประเภทแคตตาล็อก แผ่นพับ ใบปลิว มาใช้เพื่อเผยแพร่ข้อมูลหลักสูตรและการรับสมัครนักศึกษา โดยใช้วิธีการส่งเอกสารไปยังกลุ่มเป้าหมายผ่านช่องทางไปรษณีย์ และแจกเอกสารให้กลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมกิจกรรมแนะแนวของมหาวิทยาลัยในโอกาสต่าง ๆ รวมถึงจัดอีเว้นท์ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย โดยภายในจะจัดในรูปแบบของ “RBRU Open House” เปิดบ้านต้อนรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาให้ได้มาเรียนรู้ และฝึกปฏิบัติจริงในสาขาวิชาที่ตนสนใจในแต่ละคณะ

2.2 กลยุทธ์การพัฒนาและรักษาสัมพันธภาพกับสาธารณชนกลุ่มต่าง ๆ มหาวิทยาลัยได้จัดกิจกรรมต่าง ๆ เช่น จัดงานเลี้ยงขอบคุณสื่อ การสนับสนุนอาจารย์ บุคลากร นักศึกษาออกพื้นที่ไปทำกิจกรรมร่วมกับชาวบ้าน การออกไปแนะแนว โดยทีมพีอาร์เชิงรุกจะประกอบด้วยฝ่ายประชาสัมพันธ์ ฝ่ายแนะแนวส่วนกลางและฝ่ายแนะแนวของคณะ ที่จะร่วมกันวางแผนกำหนดทิศทางการดำเนินงานให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยทีมพีอาร์ทุกคนจะต้องมีความรู้และเข้าใจรายละเอียดของแต่ละหลักสูตรเป็นอย่างดี เพื่อให้ข้อมูลแก่กลุ่มเป้าหมายได้ถูกต้องและครบถ้วน หรือการนำนักศึกษาที่ประสบความสำเร็จหรือเป็นที่รู้จักมาทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำหลักสูตรการศึกษา รวมถึงการไปร่วมกิจกรรมทางประเพณีต่าง ๆ เช่น การแห่เทียนพรรษาตามวัดต่าง ๆ ล้วนแล้วแต่เป็นการสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างมหาวิทยาลัยกับหน่วยงานต่าง ๆ กับชาวบ้าน ชุมชน สมกับปรัชญาของมหาวิทยาลัยที่ว่าเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น

2.3 กลยุทธ์กระตุ้นการมีส่วนร่วมของสาธารณชน มหาวิทยาลัยได้มีสนับสนุนส่งเสริมให้นักศึกษาหรือบุคลากรเข้าร่วมการแข่งขันระดับภาคระดับประเทศ เพื่อให้ประชาชนได้รู้จักมหาวิทยาลัย และจัดทำโครงการหรือนำเสนอผลงานให้ของนักศึกษาบุคลากรได้ประชาชนทั่วไปได้รับทราบ รวมถึงการออกไปตามโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อให้หน่วยงานภายนอกรู้จักมหาวิทยาลัยมากยิ่งขึ้น จัดกิจกรรม “RBRU บุกโรงเรียนรับตรง” เพื่อออกแนะแนวหลักสูตรการเรียนการสอนของมหาวิทยาลัย และเปิดโอกาสรับตรงสำหรับนักเรียนที่สนใจเข้ามาเรียนด้วย

3. ความคิดเห็นของประชาชนในการจัดการสื่อสารภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการการสื่อสารเพื่อสร้างภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.41) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด ยกเว้นภาพลักษณ์ด้านระดมทุนทรัพยากร อยู่ในระดับมาก เรียงตามค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ภาพลักษณ์ด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ($\overline{X}$ = 4.47) ภาพลักษณ์ด้านวิจัย ($\overline{X}$ = 4.23) ภาพลักษณ์ด้านบริการวิชาการ ($\overline{X}$ = 4.22) ภาพลักษณ์ด้านผลิตบัณฑิต ($\overline{X}$ = 4.18) ภาพลักษณ์ด้านบริหาร ($\overline{X}$ = 4.14) และภาพลักษณ์ด้านระดมทุนทรัพยากร ($\overline{X}$ = 4.09)

อภิปรายผล

1. ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีด้านผลิตบัณฑิตโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด พบว่า มหาวิทยาลัยมุ่งยกระดับคุณภาพมหาวิทยาลัย สู่มาตรฐานสากล มุ่งเน้นพัฒนาการเรียนรู้ โดยการนำระบบ Cloud และระบบ Big Data มีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ จัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนภาคตะวันออกอย่างแท้จริง พัฒนาระบบการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 ทั้งนี้เนื่องจากมหาวิทยาลัยเป็นสถาบันระดับอุดมศึกษา มีภารกิจหลักคือการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพ ดังนั้นการจะได้รับการยอมรับจากสังคม ชุมชน ย่อมขึ้นอยู่กับคุณภาพของบัณฑิต คุณภาพของหลักสูตร ศักยภาพของอาจารย์ เพราะสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ปกครองในการส่ง บุตรหลานเข้ามาเรียน และจากเป้าหมายของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระยะ 4 ปี 2562 - 2565 พันธกิจที่ 1 ผลิตบัณฑิตให้มีคุณภาพ มีความรู้คู่คุณธรรม และมีสมรรถนะตามความต้องการของตลาด แรงงานในภูมิภาค ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของอภิชัจ พุกสวัสดิ์ (2555) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ : ศึกษากรณี 25 โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดสมุทรปราการ ผลการศึกษาพบว่า ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยในภาพรวมทั้งหมดเป็นภาพลักษณ์เชิงบวก กล่าวคือ ความมี ชื่อเสียง ความมั่นคงของมหาวิทยาลัย การจัดการเรียนการสอน ความเป็นสากลของมหาวิทยาลัย รวมทั้งการบริการวิชาการแก่สังคม

2. ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีด้านงานวิจัยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด พบว่า มหาวิทยาลัยมุ่งพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (EEC) มุ่งส่งเสริมงานวิจัยที่ใช้ต่อยอดเชิงพาณิชย์ หรือสร้างนวัตกรรม หรือแก้ปัญหาท้องถิ่นได้จริง ทั้งนี้เนื่องจากงานวิจัยถือเป็นกิจกรรมพัฒนาปัญญาเพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจเพื่อนำไปปรับปรุงพัฒนา และประยุกต์เพื่อใช้ประโยชน์ในวิถีการดำรงชีวิตทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และวัฒนธรรมให้ดีขึ้น และยังถือเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหาและพัฒนาวิชาการให้เกิดความเจริญก้าวหน้าในทุกด้าน จากเป้าหมายของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระยะ 4 ปี 2562 - 2565 พันธกิจที่ 3 วิจัยสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานเป็นที่ ยอมรับ มุ่งเน้นการบูรณาการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของณัฐธยาน์ ถวิลวงษ์ (2562 : บทคัดย่อ) ที่ศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่มีผลต่อ การตัดสินใจเข้าศึกษาต่อของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า ภาพลักษณ์ด้านการบูรณาการองค์ความรู้งานวิจัย สู่บริการวิชาการเพื่อท้องถิ่น และจากการสำรวจภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า นักศึกษากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เห็นว่า ภาพลักษณ์ด้านการบูรณาการองค์ความรู้งานวิจัย สู่บริการวิชาการเพื่อท้องถิ่น มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อมากที่สุด ดังนั้น มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีจึงควรกำหนดนโยบายด้านกลยุทธ์การสื่อสารการตลาด โดยมุ่งเน้นการสื่อสารการตลาดผ่านช่องทางเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย และควรมุ่งเน้นการสร้างภาพลักษณ์ด้านการบูรณาการองค์ความรู้งานวิจัย สู่บริการวิชาการเพื่อท้องถิ่น

3. ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีด้านการบริการวิชาการโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด พบว่า มหาวิทยาลัยจัดตั้งศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานและศูนย์รับรองสมรรถนะของบุคคลตามมาตรฐานอาชีพ พัฒนาหลักสูตรใหม่ที่สามารถตอบสนองความต้องการของท้องถิ่นและสากล และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับหน่วยงาน ภาครัฐ ภาคเอกชน ผู้ประกอบการและภาคประชาคมสังคม ทั้งนี้เนื่องจากมหาวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน และมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาชุมชน ซึ่งชุมชนก็เป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนามหาวิทยาลัยเช่นกัน จากเป้าหมายของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระยะ 4 ปี 2562 – 2565 พันธกิจที่ 2 พัฒนาท้องถิ่นตามความต้องการที่แท้จริงของชุมชน โดยบูรณาการความรู้ทางวิชาการกับภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่การพัฒนาชุมชน น้อมนำแนวพระราชดำริสู่การปฏิบัติ และสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับทุกภาคส่วนเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น และเสริมสร้างความเข้มแข็งของผู้นำชุมชนให้มีคุณธรรมและความสามารถในการบริหารเพื่อประโยชน์ต่อส่วนร่วม สอดคล้องกับแนวคิดของอภิชัจ พุกสวัสดิ์ (2555) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ : ศึกษากรณี 25 โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดสมุทรปราการ ผลการศึกษาพบว่า ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยในภาพรวมทั้งหมดเป็นภาพลักษณ์เชิงบวก กล่าวคือ ความมีชื่อเสียง ความมั่นคงของมหาวิทยาลัย การจัดการเรียนการสอน ความเป็นสากลของมหาวิทยาลัย รวมทั้งการบริการวิชาการแก่สังคม และสอดคล้องกับผลการวิจัยของตราจิตต์ เมืองคล้าย, เจ้าพระยา (2556) ที่ศึกษาเกี่ยวกับภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยบูรพาตามทัศนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญมหาวิทยาลัยบูรพา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีทัศนะเกี่ยวกับภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยด้านความศรัทธาในเรื่องมหาวิทยาลัยเป็นสถาบันการศึกษาที่ชุมชนมีความภาคภูมิใจมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านความเชื่อถือในเรื่องคณาจารย์ผู้สอน และด้านการยอมรับในเรื่องมหาวิทยาลัยมีการทำกิจกรรมร่วมกับชุมชนอย่างต่อเนื่อง

4. ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด พบว่า พัฒนาวังสวนบ้านแก้วเป็นแหล่งเรียนรู้และมีคุณค่าทางศิลปวัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์และเชิงวิชาการระดับภาคตะวันออก และเป็นแหล่งข้อมูลด้านศิลปวัฒนธรรม นำวัฒนธรรมที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดจันทบุรีมาสืบสานและสร้างคุณค่าควรแก่การยกย่องเชิดชูให้คงอยู่ต่อไป จัดทำระบบฐานข้อมูลออนไลน์ เพื่อสะดวกในการสืบค้น ประเมินผลติดตามได้ สามารถวิเคราะห์ ทั้งนี้เนื่องจากศิลปวัฒนธรรมเป็นสิ่งสำคัญ ถือเป็นมรดกสืบทอดกันมา และทุกคนในท้องถิ่นย่อมมีความภาคภูมิใจในการเป็นเจ้าของร่วมกัน ศิลปวัฒนธรรมของท้องถิ่นเป็นตัวบ่งชี้ความสำคัญของคนในสังคมซึ่งสืบทอดกันมาช้านาน สอดคล้องกับมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี (2562) ได้กำหนดเป้าหมายระยะ 4 ปี 2562 – 2565 พันธกิจที่ 4 สืบสานและสร้างคุณค่าทางศิลปวัฒนธรรม

5. ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ด้านบริหารโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด พบว่า มหาวิทยาลัยควรจัดทำฐานข้อมูลทุกด้านของทุกฝ่าย ทุกหน่วยงานที่สามารถออนไลน์บนระบบ เพื่อสะดวกในการสืบค้น ประเมินผล และสามารถติดตาม สามารถวิเคราะห์ในการตัดสินใจของผู้บริหาร มุ่งเน้นพัฒนามหาวิทยาลัยได้รับการจัดอันดับการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว สนับสนุนทรัพยากรต่าง ๆ และจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้เนื่องจากการบริหารจัดการในมหาวิทยาลัย ต้องอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นส่วนสนับสนุนที่สำคัญยิ่ง รวมถึงความร่วมแรงร่วมใจ รู้หน้าที่ตนเอง จากเป้าหมายของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ระยะ 4 ปี 2562 – 2565 พันธกิจที่ 5 บริหารจัดการมหาวิทยาลัยอย่างมีประสิทธิภาพด้วย หลักธรรมาภิบาล พร้อมรองรับบริบทการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของมนตรี สังข์ทอง และคณะ (2557) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเปิดรับข่าวสารกับภาพลักษณ์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ” ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความคิดเห็นต่อภาพลักษณ์โดยภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับเชิงบวก เรียงจากมากไปน้อย คือ ด้านภูมิทัศน์และสิ่งอำนวยความสะดวก ด้านบทบาททางสังคม ด้านบทบาทบุคลากร และด้านการปฏิบัติตามพันธกิจ

6. ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ด้านระดมทุนทรัพยากรโดยรวมอยู่ระดับมาก พบว่า การพัฒนาทรัพยากรบุคคลให้มีองค์ความรู้สามารถสร้างหรือพัฒนานวัตกรรมที่เกิดประโยชน์ต่อชุมชนท้องถิ่น

และนำทรัพยากรที่มีอยู่มาทำให้เกิดรายได้ การจัดตั้งหน่วยงานเพื่อรับผิดชอบพันธกิจจัดหารายได้ (Business Unit) และมีการทำข้อตกลงความร่วมมือระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ภายในจังหวัดใกล้เคียง นำมาซึ่งการใช้ทรัพยากรร่วมกันก่อให้เกิดการประหยัดและลดค่าใช้จ่าย ทั้งนี้เนื่องจากการจัดหาทรัพยากรเพื่อมาสนับสนุนการเรียนการสอน และการบริหารจัดการเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนามหาวิทยาลัย รวมถึงจะบริหารจัดการทรัพยากรที่อยู่อย่างไรให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด สอดคล้องกับมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี (2562) ได้กำหนดเป้าหมายระยะ 4 ปี 2562 - 2565 พันธกิจที่ 6 ระดมทรัพยากรทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อการบริหารจัดการองค์กรให้เกิดความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเริญ คังคะศรี ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บวรสรรค์ เจี่ยดำรง กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา ตลอดจนแนะนำแนวทางในการศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยทุกขั้นตอนด้วยความเอาใจใส่ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐวัฒน์ พระงาม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒนา หอมบุปผา รองศาสตราจารย์ ดร.รัตน์ชนก พราหมณ์ศิริ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลย์ลดา ทองเย็นบุริศม์ อาจารย์ ดร.ภูริพัฒน์ แก้วตาธนวัฒนา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณผู้ให้การสนับสนุน ตลอดจนกัลยาณมิตรของผู้วิจัยที่เป็นกำลังใจและได้อนุเคราะห์ให้ความสะดวก ในขั้นตอนต่าง ๆ เป็นอย่างดีทำให้การวิจัยครั้งนี้ลุล่วงสำเร็จด้วยดี

คุณประโยชน์ และคุณค่าอันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดามารดาครอบครัว ญาติมิตร บรรพบุรุษและบูรพาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่ได้อบรม สั่งสอน ให้ความรู้ ให้การศึกษาด้วยดีตลอดมา ขอให้อานิสงส์ดลบันดาลให้ทุกท่านมีความสุขความเจริญ ประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต และก้าวหน้าในหน้าที่การงานตลอดไป

เอกสารอ้างอิง

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. (2561). ประวัติความเป็นมา. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: www.rbru.ac.th. วันที่สืบค้นข้อมูล 11 พฤศจิกายน 2561.

[2] ณรงค์ โพธิ์พฤกษานันท์. (2551). ระเบียบวิธีวิจัย. กรุงเทพฯ : เอ็กซเปอร์เน็ท.

[3] อภิชัจ พุกสวัสดิ์. (2555). “การสำรวจภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ: ศึกษากรณี 25 โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดสมุทรปราการ,” วารสารการประชาสัมพันธ์และการโฆษณา. ปีที่ 5 ฉบับที่ 2.

[4] ณัฐธยาน์ ถวิลวงษ์. (2562). กลยุทธ์การสื่อสารการตลาดและภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. วิทยานิพนธ์ นศ.ม. (การจัดการการสื่อสาร). จันทบุรี : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[5] ตราจิตต์ เมืองคล้าย, เจ้าพระยา. (2556). ภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัยบูรพาตามทัศนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญ มหาวิทยาลัยบูรพา. ปริญญานิพนธ์ รป.ม. (การบริหารทั่วไป). จังหวัดชลบุรี : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

[6] มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. (2562). ความเชื่อมโยงเป้าหมาย/นโยบาย/วิสัยทัศน์ของ ผศ.ไวกูณฑ์ ทองอร่าม กับนโยบายการบริหารงานของคณะ/สำนัก/สถาบัน เป้าหมายระยะ 4 ปี พ.ศ. 2562 – 2565. จันทบุรี : มหาวิทยาลัยฯ.

[7] มนตรี สังข์ทอง และคณะ. (2557). “ความสัมพันธ์ระหว่างการเปิดรับข่าวสารกับภาพลักษณ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ,” วารสารสมาคมนักวิจัย. ปีที่ 19 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2557.

ID074

ภาวะผู้นำที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของ สสท. ประเภท GOLDEN ANT บริษัท ABC

The Impact of Leadership on the Success of ABC Company's Golden Ant Process Improvement Project Winning TPA's Task Achieving QCC Prize.

จรรย์ธมณ ภาวศุทธินนท์[1*] และ เลิศชัย สุธรรมานนท์[2]
[1]การบริหารคนและกลยุทธ์องค์การ คณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
[2]คณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
[*]E-mail: pavasuttinon@gmail.com

Chantamol Pavasuttinon[1*] and Lertchai Suthamanon[2]
People Management and Organization Strategy, Panyapiwat Institute of Management
Faculty of Management, Panyapiwat Institute of Management
[*]E-mail: pavasuttinon@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC ที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT ปี 2018 รวมถึงออกแบบเครื่องมือแบบตรวจสอบรายการสำหรับใช้พิจารณาประเมินพนักงานในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC จำกัด ซึ่งประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือพนักงานที่เป็นสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interview) สำหรับใช้สัมภาษณ์ (Interview) สมาชิกโครงการจำนวน 6 คน เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับนำมาสรุปเป็นภาวะผู้นำที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล และ 2) ออกแบบเครื่องมือตรวจสอบรายการ (Checklist) สำหรับใช้ประเมินพนักงานที่เข้าร่วมโครงการจำนวน 10 คน (รวมผู้ให้สัมภาษณ์ก่อนหน้า) ซึ่งผลการวิจัยพบว่าภาวะผู้นำที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING โดยรวมอยู่ในระดับมากวิเคราะห์ได้จากผลคะแนนการประเมินที่มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 5.3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน และเมื่อพิจารณาภาวะผู้นำรายด้านจะพบว่าลำดับที่ 1 ที่มีผลคะแนนประเมินซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดจากทุกด้าน คือภาวะผู้นำด้านการมีวิสัยทัศน์และภาวะผู้นำด้านการกระตุ้นสร้างแรงบันดาลใจในการแก้ปัญหาหรือหาทางแก้ไขโดยมีผลคะแนนการประเมินเฉลี่ยอยู่ที่ 5.4 คะแนน ในขณะที่ลำดับที่ 2 ที่มีผลคะแนนประเมินเป็นลำดับรองลงมาคือภาวะผู้นำด้านการสร้างบารมี และภาวะผู้นำด้านการคำนึงถึงความแตกต่าง ความเชี่ยวชาญของสมาชิก และภาวะผู้นำด้านการสร้างบรรยากาศที่สนับสนุนการเรียนรู้การทำงานเป็นทีมโดยมีผลคะแนนการประเมินเฉลี่ยอยู่ที่ 5.3 คะแนน และลำดับที่ 3 คือภาวะผู้นำด้านการทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วมโดยมีผลคะแนนการประเมินเฉลี่ยอยู่ที่ 5.2 คะแนน ในขณะที่ภาวะผู้นำด้านการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ จะเป็นภาวะผู้นำที่สมาชิกโครงการปรับปรุงงานทำการประเมินและมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดอยู่ที่ 5.1 คะแนนและจากผลคะแนนการประเมินสามารถเป็นแนวทางในการนำเครื่องมือตรวจสอบรายการ (Checklist) ไปใช้สำหรับประเมินพนักงานที่จะเข้าร่วมโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC ในปีต่อ ๆ ไป

คำหลัก ภาวะผู้นำของการปรับปรุงงาน ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง ภาวะผู้นำนวัตกรรม TASK ACHIEVING

Abstract

The objectives of this research to study The Impact of Leadership on the Success of ABC company's Golden Ant Process Improvement Project Winning TPA's Task Achieving QCC Prize. of Technology Promotion Association (Thailand-Japan) or Sor.Sor.Tor GOLDEN ANT of 2018, included designing tool to check all the

list for evaluation the employee to recruit as the project member for project improvement of ABC Company Limited. The population for this research is ten permanent employees who are the project members, who has the reward Task Achieving. The researching tool included with 1) Interviewing six of project members for analyzing the content for summarization of leadership effect to the successful of the improvement project and then prepared to be the checklist. 2) Designed checklist to evaluate the behavior relevant of 10 project members (included the prior interviewers). The result of this research has found the leadership influenced of the successful of the improvement project who got the reward of Task Achieving at the high level by analyzing from the evaluation score that relevant of the behavior at the average of 5.3 scores from 6 full scores, and when consideration the leadership in each factor has found the first highest score of the relevant behavior of leadership is having vision and motivation to inspire for problem solving or searching the way out has gotten the average score at 5.4 scores. Meanwhile the second of the relevant behavior of leadership are influencing, concerning the differentiate of member's expertise, and leading to create an atmosphere of learning and supporting to team, which the average score at 5.3 scores. The third is the leadership of working as team and being as team has the relevant behavior of evaluation got the average score at 5.2 scores. The leadership to initiate the new things of project member got the lowest average score at 5.1 scores as evaluation for the relevant behavior. And from the evaluation scores, can be a guideline for using the Checklist tool for evaluating the employees who will participate in the company improvement program in the following years

Keywords: Leadership in Task Improvement, Leadership in changing, Leadership of Innovation and TASK ACHIEVING

บทนำ

จากวลีที่ว่า "วันพรุ่งนี้ต้องดีกว่าวันนี้ และวันนี้จะต้องดีกว่าเมื่อวาน" ทำให้ตระหนักได้ว่าการดำรงชีวิตของมนุษย์ทุกคนต้องมีปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไขอยู่ตลอดเวลาและเป็นไปอย่างต่อเนื่องซึ่งวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไขนั้นก็แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับบริบทของผู้ที่ทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไข บ้างก็ทำไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทำงานให้มีผลสัมฤทธิ์มากยิ่งขึ้นโดยคาดหวังว่าสิ่งที่ได้จะก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งต่อตนเอง ทีมงานและองค์กร อีกทั้งในบางกรณียังครอบคลุมไปถึงครอบครัวและสังคมอีกด้วย ทั้งนี้ก็มีผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ตลอดเวลา การที่องค์กรจะขับเคลื่อนเพื่อไปสู่ความเป็นเลิศในทางธุรกิจได้นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดที่จะต้องมีคือการปรับตัวเปลี่ยนแปลงและแก้ไขเพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการดำเนินธุรกิจและจะต้องให้สอดรับกับแผนยุทธศาสตร์หลักทางธุรกิจที่ได้กำหนดเอาไว้ไม่ว่าจะเป็นแผนระยะสั้นและแผนระยาวโดยคาดหวังว่าผลลัพธ์ที่ได้จะก่อให้เกิดความได้เปรียบทางด้านธุรกิจ รวมถึงการหลีกเลี่ยงที่จะถูก disruptive จากเทคโนโลยีเหมือนหลายบริษัทที่มักจะถูกนำมาอ้างอิงเพื่อให้เห็นภาพไม่ว่าจะเป็นบริษัทอีสต์แมนโกดัก (Eastman Kodak Company) หรือที่รู้จักในนามทั่วไปว่าโกดักส์ และ Blackberry หรือ Nokia นอกจากนี้เพื่อเป็นการตอกย้ำให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาปรับปรุงงานจึงขออ้างอิงคำพูดของคุณ ธนินท์ เจียรวนนท์ ที่กล่าวไว้ในหนังสือความสำเร็จดีใจได้วันเดียวที่กล่าวไว้ว่า "วันนี้สำเร็จ พรุ่งนี้ก็อาจจะล้มเหลว วันนี้เราเก่ง พรุ่งนี้ก็อาจมีคนที่เก่งกว่า ผมจึงต้องคิดพัฒนาอยู่ตลอดเวลา เพราะยุคนี้ไม่ใช่ปลาใหญ่กินปลาเล็ก แต่เป็นยุคปลาเร็วกินปลาช้า ทุกอย่างมีเป้าหมาย มีเวลา" (มติชน, 2556) คงเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงเส้นทางและวิธีคิดในการสร้างธุรกิจเพื่อให้ประสบความสำเร็จจากการให้ความสำคัญต่อการพัฒนาและปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่อง

บริษัท ABC จำกัดเป็นบริษัทในกลุ่มธุรกิจที่ประกอบธุรกิจหลักคือธุรกิจค้าปลีกประเภทร้านค้าสะดวกซื้อ โดยมีผลิตภัณฑ์และบริการหลักคือบริการความสะดวกซื้อโดยการจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคที่จำเป็นในชีวิตประจำวันและความสะดวกในเรื่องอื่นๆ ของชีวิตประจำวัน ณ ปัจจุบันบริษัทได้จัดเตรียมความพร้อมด้านทรัพยากรบุคคลโดยวางรากฐานด้านการศึกษาเพื่อสร้างบุคลากรให้พร้อมต่อการขยายตัวทางธุรกิจซึ่งมีการนำการเรียนแบบ Work Base Learning ที่เป็นการเรียนควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานจริงมา

ใช้กับนักเรียนและนักศึกษาของสถาบันการศึกษา ที่บริษัทได้จัดตั้งขึ้น อีกทั้งบริษัทยังมีการกำหนดให้บุคลากรในองค์กรต้องมีส่วนร่วมในการทำโครงการปรับปรุงงานในทุกๆ ปี โดยพบว่ามูลค่าที่ได้หลังจากการทำโครงการปรับปรุงงานมีผลสัมฤทธิ์สูงถึง 4,506 ล้านบาทในปี 2561 และเมื่อพิจารณาผลการดำเนินโครงการย้อนหลังจะพบว่าหลังการทำโครงการปรับปรุงงานจะมีผลสัมฤทธิ์มากกว่า 1,000 ล้านบาทในทุกๆ ปี นอกจากนี้ยังพบว่าบางโครงการยังได้รับรางวัลเครื่องหมายการันตีผลงานจากหน่วยงานภาครัฐผ่านเวทีประกวดต่างๆ และด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการทำวิจัยเพื่อศึกษาภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล เนื่องจากเป็นต้นแบบของกลุ่มที่ทำโครงการปรับปรุงงานจนประสบความสำเร็จผ่านเวทีประกวดของหน่วยงานภาครัฐ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC ที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLGEN ANT ปี 2018 หรือปี พ.ศ. 2559
2. เพื่อออกแบบเครื่องมือแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) สำหรับใช้พิจารณาประเมินพนักงานในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC จำกัด

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหาเพื่อมุ่งเน้นศึกษาภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC จำกัดที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT ปี 2018
2. ขอบเขตด้านผู้ให้ข้อมูลคือพนักงานที่เป็นสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT ปี 2018 จำนวน 10 คน ซึ่งมาจากโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC จำกัด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อทราบถึงภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC ที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT ปี 2018
2. เพื่อนำผลวิจัยมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องมือแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) สำหรับใช้พิจารณาประเมินพนักงานในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC จำกัด สำหรับใช้ในปีต่อๆ ไป

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับใช้ในการศึกษา โดยได้ทำการค้นคว้าเกี่ยวกับแนวคิดและทฤษฎีของการปรับปรุงงานพบว่าการที่จะทำให้โครงการประสบผลสำเร็จได้นั้นจำเป็นต้องมีการดำเนินการเพื่อทบทวนงานกระบวนการทำงานและผลการปฏิบัติงานในหน้าที่รับผิดชอบว่าสิ่งใดสมควรได้รับการพัฒนาหรือปรับปรุงใหม่เพื่อให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพ (Effectiveness) และประสิทธิภาพ (Efficiency) มากขึ้น (เรมวล นันท์ศุภวัฒน์, 2556) โดยในการปรับปรุงงานอาจจะเป็นการลดขั้นตอนหรือลดเวลาการทำงานในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ในทางธุรกิจ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มผลิตในงานนั้น ๆ ได้อีกด้วย (สุรเชษฐ์ เถื่อนแก้วสิงห์, 2561) ในส่วนของแนวคิดและทฤษฎีของภาวะผู้นำนั้นผู้วิจัยเลือกสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับภาวะผู้นำนวัตกรรมและภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง โดยพบว่านิยามของภาวะผู้นำนวัตกรรมที่สอดคล้องกับนักวิจัยในหลายๆ ท่านจะหมายถึงลักษณะภาวะผู้นำที่มีพฤติกรรมโดดเด่นในการคิดสร้างสรรค์อีกทั้งยังพร้อมต่อการรับการเปลี่ยนแปลง สามารถนำพาทีมไปสู่การเปลี่ยนแปลง ทำให้พร้อมที่จะรับมือกับปัญหาจากภายในและภายนอกของหน่วยงาน นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนให้เกิดบรรยากาศที่เอื้ออำนวยให้เกิดความคล่องตัวต่อทีมงานในการปฏิบัติงาน พร้อมที่จะกล้ารับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ มีการตัดสินใจบนพื้นฐานของการใช้ข้อมูลข้อเท็จจริง มีสัญชาติญาณในการประเมินสถานการณ์ที่ยังมาไม่ถึงได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสนใจต่อนวัตกรรมเป็นพิเศษสนับสนุนความสร้างสรรค์แปลกใหม่ของทีมงาน และมักไม่ค่อยพอใจกับสิ่งที่ทำซ้ำๆ (ฐาณิฎา โขมพัตราภรณ์, 2558) โดยสามารถแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยได้ดังนี้ 1) การมีวิสัยทัศน์ 2) การคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ 3) การสร้างบรรยากาศองค์กร และ 4) การทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วม (อรอนงค์ โรจน์วัฒนบูลย์, 2553) ในขณะที่นิยามของภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับนักวิจัยในหลายๆ ท่านจะหมายถึง พฤติกรรมของผู้นำที่แสดงออกถึงการมีวิสัยทัศน์กว้างไกล พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง สามารถแผ่อิทธิพลเชิงบวกไปยังบุคลากรให้มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานเพื่อบรรลุจุดมุ่งหมายของกลุ่มหรือขององค์กรได้ (สามารถ อัยกร: จิตติกิตติเลิศไพศาล: ชาติชัย อุดมกิจมงคล: วัชรพงษ์ อินทรวงศ์,

2561) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยได้ดังนี้ 1) การสร้างบารมี 2) การคำนึงถึงความแตกต่างหรือความเชี่ยวชาญในแต่ละบุคคล และ 3) การสร้างแรงบันดาลใจในการกระตุ้นให้ตระหนักถึงปัญหาเพื่อหาทางแก้ไข

วิธีดำเนินการวิจัย

ภาวะผู้นำที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLGEN ANT บริษัท ABC จำกัดนี้เป็นกรณีศึกษาโครงการปรับปรุงงานภายในที่ผ่านเวทีประกวดจากหน่วยงานภาครัฐจนได้รับรางวัล ซึ่งเพื่อสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 เพื่อศึกษาค้นหาภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานโดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Interview) ซึ่งมีลักษณะรูปแบบคำถามปลายเปิดในการสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญประกอบด้วยเพศชาย 3 คน และเพศหญิงอีก 3 คนโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Judgement Sampling) จากสมาชิกโครงการปรับปรุงงานโดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมในครั้งนี้ทางผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสรุปเป็นภาวะผู้นำที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING สำหรับนำไปใช้ในระยะที่ 2 ต่อไป โดยผู้ให้สัมภาษณ์ประกอบไปด้วยข้อมูลตามตารางด้านล่าง

ตารางที่ 1 ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์

ผู้ให้สัมภาษณ์ลำดับที่	เพศ	ประสบการณ์ทำงาน
1	หญิง	23 ปี
2	ชาย	19 ปี
3	หญิง	8 ปี
4	หญิง	20 ปี
5	ชาย	19 ปี
6	ชาย	23 ปี

ระยะที่ 2 เพื่อออกแบบเครื่องมือแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) สำหรับใช้พิจารณาประเมินพนักงานในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกโครงการปรับปรุงงานตามข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในระยะที่ 1 โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือสมาชิกทุกคนในโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT ปี 2018 (มาจากผู้ให้สัมภาษณ์ในระยะที่ 1 จำนวน 6 คนและที่ไม่ได้รับการสัมภาษณ์อีก 4 คน) ซึ่งเครื่องมือตรวจสอบรายการ (Checklist) ที่นำส่งให้สมาชิกโครงการทำการประเมินจะประกอบด้วยคำถาม 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมินเครื่องมือตรวจสอบรายการ (Checklist) ประกอบไปด้วยเพศของผู้ทำแบบประเมินและประสบการณ์ในการทำงาน (ปี) ของผู้ทำแบบประเมิน

ส่วนที่ 2 เป็นรายการ (Checklist) เกี่ยวกับภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงาน ที่ผู้วิจัยพัฒนาออกแบบโดยเป็นคำถามแบบปลายปิด (Closed-ended Question) ซึ่งแต่ละรายการผู้ประเมินจะประเมินพฤติกรรมของตนเองเพื่อชี้ว่ามีพฤติกรรมที่แสดงออกในแต่ละรายการหรือไม่

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของข้อเสนอแนะอื่น ๆ โดยลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended Question) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของระยะที่ 2 ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิจัยจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบเครื่องมือแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เพื่อทำการประเมินสมาชิกโครงการปรับปรุงงานโดยพบว่าสมาชิกทุกคนได้ทำการประเมินครบทุกคน

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าความถี่ (Frequency) ของผลการประเมินความสอดคล้องพฤติกรรมของแต่ละส่วน ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ประเมินการพิจารณาการเข้าร่วมเป็นสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC จำกัด

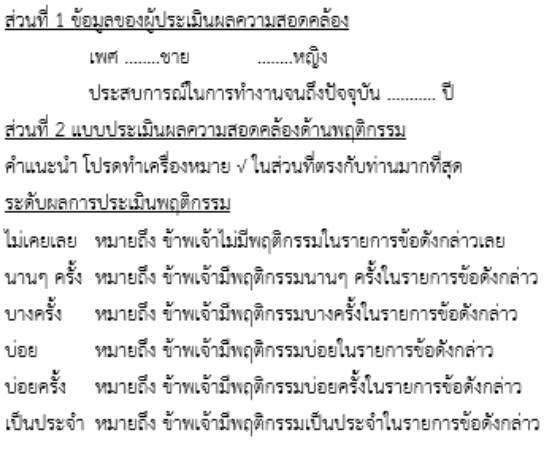
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยในระยะที่ 1 จากการศึกษาภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานของบริษัท ABC ที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT ปี 2018 โดยได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (Interview) ของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานสามารถสรุปผลได้ว่าภาวะผู้นำวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญคือ 1) การมีวิสัยทัศน์ หมายถึงภาวะผู้นำที่ความชัดเจนในการกำหนดวิสัยทัศน์หรือทิศทางของกลุ่มโครงการและมีความยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อให้เข้ากับแต่ละสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงนอกจากนี้ยังรวมถึงการมองหาโอกาสทางธุรกิจ

ใหม่ๆ และรวมถึงความสามารถในการถ่ายทอดวิสัยทัศน์หรือเป้าหมายของโครงการให้สมาชิกรับทราบได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังคำกล่าว “...เพื่อให้กลุ่มไม่หลงทางต้องบอกเป้าหมายอย่างชัดเจนและจะต้องมองหาโอกาสใหม่ ๆ ที่จะทำให้ทีมประสบความสำเร็จ...” (ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 6) 2) การคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ หมายถึงภาวะผู้นำที่มีการประพฤติตัวในการให้ความอิสระทางด้านความคิด มีการสนับสนุนเวทีให้สมาชิกได้ทดลองสามารถสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ไม่มีถูกไม่มีผิดมีแต่การได้ลงมือทำ เกิดการเรียนรู้ซึ่งอาจจะตรงกับความคาดหวังและเหนือความคาดหวังก็ได้ ก่อให้เกิดเป็น new way ดังคำกล่าว “...เปรียบเหมือนการสร้างสวนสนุก ถ้าเราไม่มีกรอบ ไม่ปิดกั้น ไม่บังคับว่าผลลัพธ์จะเป็นอย่างไรเพียงแค่ให้โจทย์เขาได้ลองคิดใครจะรู้ เราอาจได้ชิงช้าสวรรค์พร้อมล่องเก่งไปในเวลาเดียวกัน...” (ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 3) 3) การสร้างบรรยากาศที่สนับสนุนการเรียนรู้การทำงานเป็นทีม หมายถึงภาวะผู้นำที่ประพฤติกรรมก่อให้เกิดบรรยากาศสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในทำงานครอบคลุมไปถึงการทำงานที่ทำให้เกิดความร่วมแบบของครอบครัว พี่น้อง ทีมงาน สมาชิกในโครงการมีทัศนคติการทำงานคิดบวก (Positive Thinking) ดังคำกล่าว “...ผมพูดได้เต็มปากว่าถ้าเราทำงานกันแบบพี่น้องหรือครอบครัวจะส่งผลให้การทำโครงการประสบผลสำเร็จ บ่อยครั้งที่ผมมักพูดว่าผมไม่ใช่คนเก่งเพียงแต่ผมมีประสบการณ์มากกว่า ในขณะที่น้องเพิ่งเริ่มทำงานดังนั้นสักวันนึงก็ย่อมเก่งกว่าผมอย่างแน่นอน...” (ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 2) และ 4) การทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วม หมายถึงภาวะผู้นำที่มีประพฤติกรรมในการรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองพร้อมทั้งมีความโปร่งใสในการทำงาน และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีความสามัคคีชื่นชมความสำเร็จร่วมกันภูมิใจไปด้วยกัน อีกทั้งยังให้ความเคารพทั้งวัยวุฒิคุณวุฒิและมุ่งมั่นที่จะฝ่าฟันอุปสรรคในการปรับปรุงงานดังคำกล่าว “ถ้าในการทำงานมีความโปร่งใส ทุกคนรับทราบข้อมูลไปพร้อมกันไม่ปิดบังก็จะทำให้การทำงานราบรื่น...” (ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 3) ในขณะที่ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีองค์ประกอบอันได้แก่ 1) การสร้างบารมี หมายถึงภาวะผู้นำที่มีพฤติกรรมปฏิบัติตัวเป็นแบบอย่าง มีความซื่อสัตย์โปร่งใส เป็นที่น่าเคารพยกย่องจนสามารถทำให้สมาชิกในโครงการเห็นฟ้องต้องกันและพร้อมทำงานไปด้วยความไว้วางใจ ศรัทธาในความรู้ความสามารถ ทักษะประสบการณ์ในงานนั้น อีกทั้งยังลงมือปฏิบัติให้เห็นเป็นตัวอย่างดังคำกล่าว “...การที่เราจะศรัทธาใครได้สักคนนั้น แปลว่าเราต้องเห็นว่าเขาเก่งในเรื่องนั้นจริงๆ มีความเชี่ยวชาญในด้านนั้นจริงๆ อาจเป็นทางด้านเทคนิคในงานหรือการวางตัวเป็นแบบอย่างที่ดีเสมอมา...” (ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 5)

2) การคำนึงถึงความแตกต่าง ความเชี่ยวชาญของสมาชิก หมายถึงภาวะผู้นำที่ประพฤติกรรมการยอมรับในความแตกต่าง ความเชี่ยวชาญ ความถนัดของสมาชิกในโครงการอีกทั้งยังการดูแลเอาใจใส่สมาชิกเป็นรายบุคคลเปิดโอกาสให้สมาชิกสามารถแสดงศักยภาพ ตามที่เขาถนัดได้อย่างเต็มที่นอกจากนี้ยังพร้อมให้การสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ดังคำกล่าว “...ความถนัดของแต่ละคนไม่เหมือนกัน ความชอบของแต่ละคนก็ไม่เหมือนกัน แต่ถ้าเขาได้ทำงานในสิ่งที่เขาถนัดและชอบมันจะทำให้งานไปได้ไวกว่า...” (ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 1) และ 3) การกระตุ้นสร้างแรงบันดาลใจในการแก้ปัญหาหรือหาทางแก้ไข หมายถึงภาวะผู้นำที่มีความประพฤติในการสร้างแรงจูงใจให้เกิดความภาคภูมิใจ จากความท้าทายของเป้าหมาย กล้าที่จะทดลอง เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ และการยอมรับการเปลี่ยนแปลงจะทำให้รู้สึกอยากพัฒนาตัวเองตลอดเวลา พร้อมทั้งลงมือปฏิบัติโดยคิดอย่างรอบด้านถึงภาพรวม หมั่นทบทวนสิ่งที่ผ่านมาเพื่อตระหนักถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นพร้อมหาทางป้องกันและแก้ไขอย่างเป็นระบบดังคำกล่าว “...ทุกคนไม่ได้เก่งเท่ากัน แต่ถ้าเราให้คำแนะนำก็สามารถทำให้เขาเก่งได้ นักกีฬาวิ่งก็จะวิ่งเข้าเส้นชัยอย่างเดียว ในขณะนี้ Coach ก็จะมองเห็นสภาพแวดล้อมนอกสนาม Coach สามารถเอาสิ่งที่เห็นนอกสนามมาบอกนักกีฬาเพื่อปรับปรุงในการแข่งรอบต่อไปได้...” (ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 6)

ผลการวิจัยในระยะที่ 2 การออกแบบเครื่องมือแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) สำหรับใช้พิจารณาประเมินพนักงานในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกโครงการปรับปรุงงานโดยสามารถนำเสนอได้ตามตัวอย่างดังรูปที่ 1



ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ประเมินผลความสอดคล้อง

เพศ .....ชาย .....หญิง

ประสบการณ์ในการทำงานจนถึงปัจจุบัน ..... ปี

ส่วนที่ 2 แบบประเมินผลความสอดคล้องด้านพฤติกรรม

คำแนะนำ โปรดทำเครื่องหมาย √ ในส่วนที่ตรงกับท่านมากที่สุด

ระดับผลการประเมินพฤติกรรม

ไม่เคยเลย หมายถึง ข้าพเจ้าไม่มีพฤติกรรมในรายการข้อดังกล่าวเลย

นานๆ ครั้ง หมายถึง ข้าพเจ้ามีพฤติกรรมนานๆ ครั้งในรายการข้อดังกล่าว

บางครั้ง หมายถึง ข้าพเจ้ามีพฤติกรรมบางครั้งในรายการข้อดังกล่าว

บ่อย หมายถึง ข้าพเจ้ามีพฤติกรรมบ่อยในรายการข้อดังกล่าว

บ่อยครั้ง หมายถึง ข้าพเจ้ามีพฤติกรรมบ่อยครั้งในรายการข้อดังกล่าว

เป็นประจำ หมายถึง ข้าพเจ้ามีพฤติกรรมเป็นประจำในรายการข้อดังกล่าว

	รายการที่ทำการประเมิน	ระดับผลการประเมินพฤติกรรม					
		เป็นประจำ	บ่อยครั้ง	บ่อย	บางครั้ง	นานๆ ครั้ง	ไม่เคยเลย
1	ท่านมักจะพูดเกี่ยวกับค่านิยม เป้าหมายขององค์กร หรือความเชื่อที่ท่านยึดถือปฏิบัติในการทำงาน						
2	ท่านมักจะเน้นความสำคัญของการตั้งเป้าหมาย						
3	ท่านมั่นใจว่าสิ่งที่ได้ตัดสินใจไปแล้วเป็นสิ่งที่ถูกต้อง						
4	เมื่อใดที่ท่านพูดมักจะได้รับความสนใจจากผู้ที่เกี่ยวข้องเสมอ						
5	ท่านมั่นใจว่าการดำเนินงานจะต้องประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย						
6	ท่านมักจะค้นคว้าเทคโนโลยี หรือแนวคิดที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงกระบวนการทำงาน						
7	ท่านมักจะใช้เวลาในการศึกสอนผู้อื่น						
8	ท่านมักจะได้รับความเชื่อถือจากสมาชิกในกลุ่มหรือผู้ที่ร่วมงานด้วย						
9	ท่านมักจะโน้มน้าวให้สมาชิกในโครงการร่วมตกลงทำตามวิธีคิดใหม่ๆ						
10	ท่านมักจะชมเชยสมาชิกในทีมเมื่อดำเนินงานได้ตามเป้าหมาย						

รูปที่ 1 ตัวอย่างบางส่วนของเครื่องมือตรวจสอบรายการ (Checklist)

จากผลการประเมินพฤติกรรมของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT ปี 2018 พบว่าเมื่อสรุปผลเป็นคะแนนประเมินเฉลี่ยตามรายการซึ่งมีคะแนนเต็มอยู่ที่ 6 คะแนนสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานภาวะผู้นำนวัตกรรม

องค์ประกอบ	รายการ	คะแนนเฉลี่ย
ภาวะผู้นำนวัตกรรม : การมีวิสัยทัศน์	การพูดเกี่ยวกับค่านิยม เป้าหมายขององค์กร หรือความเชื่อที่ท่านยึดถือปฏิบัติในการทำงาน	4.9
	การเน้นความสำคัญของการตั้งเป้าหมาย	5.5
	ความมั่นใจว่าสิ่งที่ได้ตัดสินใจไปแล้วเป็นสิ่งที่ถูกต้อง	5.3
	การได้รับความสนใจจากผู้ที่เกี่ยวข้องเสมอในการพูดทุกครั้ง	5.3
	ความมั่นใจว่าการดำเนินงานจะต้องประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย	5.6
	การค้นคว้าเทคโนโลยี หรือแนวคิดที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงกระบวนการทำงาน	5.6
ภาวะผู้นำนวัตกรรม : การคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ	การค้นคว้าแนวทางแปลกใหม่ เพื่อใช้ปรับปรุงงาน	4.7
	การวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนในการนำความคิดใหม่ๆมาใช้ในการปฏิบัติงานจริง	5.2
	การสนับสนุนหรือกระตุ้นให้สมาชิกแสดงความคิดเห็นแปลกใหม่	5.0
	การนำความคิดใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน	5.2
	การจูงใจเพื่อนร่วมงานให้นำแนวคิดหรือวิธีการใหม่ๆ มาใช้ในการทำงานจนเกิดผลได้จริง	5.1
	การพิจารณาถึงผลกระทบอย่างรอบด้านก่อนตัดสินใจลงมือปฏิบัติด้วยแนวทางใหม่ๆ	5.5
ภาวะผู้นำนวัตกรรม : การสร้างบรรยากาศที่สนับสนุนการเรียนรู้การทำงานเป็นทีม	การให้กำลังใจสมาชิกในทีมยามเมื่อเกิดปัญหา	5.4
	การตั้งคำถามเพื่อให้ผู้อื่นทบทวนและคิดวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาด้วยตัวเขาเอง	4.9
	การสอนให้สมาชิกคิดวิเคราะห์ถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าหรือ next process	5.3
ภาวะผู้นำนวัตกรรม : การสร้างบรรยากาศที่สนับสนุนการเรียนรู้การทำงานเป็นทีม	การทำให้ผู้อื่นภูมิใจเมื่อได้ทำงานด้วย	5.0
	การยกประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าส่วนตัว	5.6
	การให้ความสำคัญในการมีส่วนร่วมในการทำโครงการ	4.8
	การรับฟังผู้อื่นเสมอไม่ว่าจะมีความคิดเห็นตรงกับท่านหรือไม่	5.4
ภาวะผู้นำนวัตกรรม : การทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วม	การให้ความสำคัญกับความรู้สึกร่วมกันในการปฏิบัติภารกิจ	5.2
	การแนะนำให้สมาชิกในโครงการหรือผู้ที่เกี่ยวข้องให้ใช้วิธีการคิดใหม่ๆ เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมาย	5.2
	การนำเสนอวิธีหรือแนวคิดเพื่อให้สมาชิกหรือผู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มคุณภาพการทำงาน	5.0
	การอธิบายวิธีการทำงานให้กับสมาชิกหรือผู้เกี่ยวข้อง	5.4
	การทบทวนตนเองอยู่เสมอในการแก้ปัญหาว่ามาถูกทางหรือไม่	5.3
	การพูดคุยอยู่ถึงเป้าหมายในสิ่งที่ต้องทำให้สำเร็จ	5.3

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยรายองค์ประกอบจะพบว่า 1) องค์ประกอบด้านการมีวิสัยทัศน์สมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลจะแสดงพฤติกรรมส่วนมากในเรื่องของความมั่นใจว่าการดำเนินงานจะต้องประสบความสำเร็จตามเป้าหมายและการค้นคว้าเทคโนโลยี หรือแนวคิดที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุง

กระบวนการทำงานโดยพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินอยู่ที่ 5.6 คะแนน 2) องค์ประกอบด้านการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ สมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลจะแสดงพฤติกรรมส่วนมากในเรื่องของการพิจารณาถึงผลกระทบอย่างรอบด้านก่อนตัดสินใจลงมือปฏิบัติด้วยแนวทางใหม่ๆ โดยพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินอยู่ที่ 5.5 คะแนน 3) องค์ประกอบด้านการสร้างบรรยากาศที่สนับสนุนการเรียนรู้การทำงานเป็นทีมสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลจะแสดงพฤติกรรมส่วนมากในเรื่องของการยกประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าส่วนตัวโดยพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินอยู่ที่ 5.6 คะแนน และ 4) องค์ประกอบด้านการทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วมสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลจะแสดงพฤติกรรมส่วนมากในเรื่องของการอธิบายวิธีการทำงานให้กับสมาชิกหรือผู้เกี่ยวข้องโดยพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินอยู่ที่ 5.4 คะแนนและหากพิจารณาในส่วนของการประเมินพฤติกรรมภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงจะสามารถแสดงผลได้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง

องค์ประกอบ	รายการ	คะแนนเฉลี่ย
ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง : การสร้างบารมี	การใช้เวลาในการฝึกสอนผู้อื่น	5.2
	การได้รับความเชื่อถือจากสมาชิกในกลุ่มหรือผู้ที่ร่วมงานด้วย	5.5
	การโน้มน้าวให้สมาชิกในโครงการร่วมตกลงทำตามวิธีคิดใหม่ๆ	5.1
	การชมเชยสมาชิกในทีมเมื่อดำเนินงานได้ตามเป้าหมาย	5.5
	การปฏิบัติตนจนได้รับการยอมรับจากผู้อื่น	5.3
	การผลักดันความคิดใหม่ๆ ให้สมาชิกในโครงการหรือผู้ที่เกี่ยวข้องยอมรับและนำไปปฏิบัติ	5.1
ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง : การคำนึงถึงความแตกต่างความเชี่ยวชาญของสมาชิก	การมองว่าแต่ละคนมีความสามารถที่แตกต่างกันและมีแรงบันดาลใจที่แตกต่างกัน	5.5
	การช่วยหรือแนะนำผู้อื่นในการพัฒนาจุดแข็งของเขาเอง	5.5
	การยอมรับในความเฉลียวฉลาดและความสามารถของสมาชิกแต่ละคน	5.8
	การให้ความสนใจเป็นส่วนตัวแก่สมาชิกที่ไม่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ	4.6
	การให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อความก้าวหน้าเป็นรายบุคคล	5.1
ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง : การคำนึงถึงความแตกต่างความเชี่ยวชาญของสมาชิก	การใส่ใจผู้อื่นมากกว่าแค่การเป็นสมาชิกโครงการ	5.5
	การส่งเสริมให้สมาชิกในโครงการแสดงความคิดเห็น	5.1
ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง : การกระตุ้นสร้างแรงบันดาลใจในการแก้ปัญหาหรือหาทางแก้ไข	การช่วยผู้อื่นในการมองหาแนวทางการแก้ไขปัญหาในหลายมุมมอง	5.4
	การคาดการณ์ถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นล่วงหน้าและหาทางป้องกันไว้ตั้งแต่เนิ่น ๆ	5.6
	การคิดหาทางออกในการแก้ไขปัญหา	5.8
	การมองหามุมแตกต่างในการแก้ไขปัญหา	5.1
	การคาดการณ์ถึงความเป็นไปได้ใหม่ๆ	5.3
	การทบทวนกระบวนการทำงานเพื่อหาโอกาสหรือจุดที่จะเปลี่ยนแปลงใหม่ๆ ให้ดีขึ้น	5.2
	การมองอนาคตในแง่ดี	5.1

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยรายองค์ประกอบจะพบว่า 1) องค์ประกอบด้านการสร้างบารมีสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลจะแสดงพฤติกรรมส่วนมากในเรื่องของการได้รับความเชื่อถือจากสมาชิกในกลุ่มหรือผู้ที่ร่วมงานด้วยและการชมเชยสมาชิกในทีมเมื่อดำเนินงานได้ตามเป้าหมายโดยพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินอยู่ที่ 5.5 คะแนน 2) องค์ประกอบด้านการคำนึงถึงความแตกต่าง ความเชี่ยวชาญของสมาชิกสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลจะแสดงพฤติกรรมส่วนมากในเรื่องของการยอมรับในความเฉลียวฉลาดและความสามารถของสมาชิกแต่ละคนโดยพิจารณาจากผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินอยู่ที่ 5.8 คะแนน และ 3) องค์ประกอบด้านการกระตุ้นสร้างแรงบันดาลใจในการแก้ปัญหาหรือหาทางแก้ไขสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลจะแสดงพฤติกรรมส่วนมากในเรื่องของการคิดหาทางออกในการแก้ไขปัญหาโดยพิจารณาจากผลคะแนน

เฉลี่ยการประเมินอยู่ที่ 5.8 คะแนนและเมื่อนำผลการประเมินมาสรุปเป็นภาพรวมจะสามารถพิจารณาได้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินของสมาชิกโครงการปรับปรุงงาน

ภาวะผู้นำ	องค์ประกอบ	คะแนนเฉลี่ย
ภาวะผู้นำนวัตกรรม	การมีวิสัยทัศน์	5.4
	การคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ	5.1
	การสร้างบรรยากาศที่สนับสนุนการเรียนรู้การทำงานเป็นทีม	5.2
	การทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วม	5.2
ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง	การสร้างบารมี	5.3
	การคำนึงถึงความแตกต่างหรือความเชี่ยวชาญในแต่ละบุคคล	5.3
	การสร้างแรงบันดาลใจในการกระตุ้นให้ตระหนักถึงปัญหาเพื่อหาทางแก้ไข	5.4

เมื่อพิจารณาผลการประเมินสามารถแปรผลได้ว่าภาวะผู้นำที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT บริษัท ABC จำกัด ซึ่งประกอบด้วยภาวะผู้นำนวัตกรรมและภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงโดยภาพรวมสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลมีการแสดงพฤติกรรมในแต่ละองค์ประกอบอยู่ในระดับมากและหากพิจารณารายองค์ประกอบจะพบว่าสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลมีการแสดงพฤติกรรมภาวะผู้นำนวัตกรรมเรียงลำดับดังนี้ 1) องค์ประกอบด้านการมีวิสัยทัศน์เป็นองค์ประกอบที่มีการแสดงพฤติกรรมมากที่สุด 2) องค์ประกอบด้านการสร้างบรรยากาศที่สนับสนุนการเรียนรู้การทำงานเป็นทีม และองค์ประกอบด้านการทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วมเป็นองค์ประกอบที่มีการแสดงพฤติกรรมรองลองมา และ 3) องค์ประกอบด้านการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ เป็นองค์ประกอบที่มีการแสดงพฤติกรรมน้อย ในขณะที่ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลมีการแสดงพฤติกรรมเรียงลำดับดังนี้ 1) องค์ประกอบด้านการสร้างแรงบันดาลใจในการกระตุ้นให้ตระหนักถึงปัญหาเพื่อหาทางแก้ไขเป็นองค์ประกอบที่มีการแสดงพฤติกรรมมากที่สุด และ 2) องค์ประกอบด้านการสร้างบารมีและองค์ประกอบด้านการคำนึงถึงความแตกต่างหรือความเชี่ยวชาญในแต่ละบุคคลเป็นองค์ประกอบที่มีการแสดงพฤติกรรมรองลงมา

สรุปผลการวิจัย

สมาชิกโครงการปรับปรุงงานส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงคือมีจำนวน 6 คนในขณะที่เพศชายมีเพียง 4 คน ระดับความสำคัญที่สมาชิกโครงการปรับปรุงงานเห็นเป็นไปในทิศทางเดียวกันผ่านการประเมินพฤติกรรมพบว่าภาวะผู้นำของสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT บริษัท ABC จำกัด ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ 1) มีพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีวิสัยทัศน์ ร่วมผลักดันให้เกิดบรรยากาศของการทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วมในการทำงาน 2) มีแนวคิดการปรับปรุงงานด้วยการคิดค้นสิ่งใหม่ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือทำให้การทำงานดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัฒนา ตุ้งสวัสดิ์ (2561) และ 3) การตระหนักถึงปัญหาพร้อมหาทางแก้ไขให้ลุล่วงโดยคำนึงถึงความสามารถเฉพาะตนของสมาชิกในโครงการที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรรถวิท ชื่นจิตต์ (2557) ในขณะที่เครื่องมือตรวจสอบรายการ (Checklist) จะเป็นเครื่องมือเบื้องต้นสำหรับให้พนักงานใช้พิจารณาประเมินพฤติกรรมเบื้องต้นเพื่อวัดระดับภาวะผู้นำในแต่ละองค์ประกอบแล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์สรุปผลภาพรวมของพนักงานว่ามีภาวะผู้นำในแต่ละองค์ประกอบอย่างไร โดยเกณฑ์พิจารณาจากผลวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบไม่ควรน้อยกว่า 5 คะแนน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการศึกษาเรื่อง ภาวะผู้นำที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัล TASK ACHIEVING ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ สสท. ประเภท GOLDEN ANT บริษัท ABC จำกัดโดยผู้วิจัยมีความเห็นว่าหากบริษัทต้องการให้โครงการปรับปรุงงานประสบผลสำเร็จจนได้รับรางวัลได้นั้นควรผลักดันให้บุคลากรในองค์กรมีลักษณะดังต่อไปนี้ 1) มีความเป็นผู้นำสามารถกำหนดทิศทางของกลุ่มอีกทั้งมีความยืดหยุ่นในการปฏิบัติงานพร้อมปรับเปลี่ยนรองรับกับสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงและสามารถถ่ายทอดออกมาเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน 2) สนับสนุนให้เกิดการสร้างบรรยากาศการทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วมพร้อมให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันอีกทั้งยังให้ความเคารพทั้งในด้านของวัยวุฒิและ

คุณวุฒิ และ 3) มีความซื่อสัตย์ ยุติธรรม และโปร่งใสในการปฏิบัติงานอีกทั้งยังเคารพในความเชี่ยวชำนาญการของแต่ละบุคคลพร้อมแก้ไขปัญหาไปกับทีม และหากจะนำเครื่องมือตรวจสอบรายการ (Checklist) ที่ได้รับการออกแบบไปใช้เป็นเกณฑ์ประเมินพนักงานที่จะเข้าร่วมโครงการควรดำเนินการเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ในแต่ละประเด็นดังนี้ 1) โครงการปรับปรุงงานควรมีจำนวนมากกว่างานวิจัยในครั้งนี้เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีผลที่หลากหลายในแต่ละบริบทของโครงการ 2) รายการประเมินในแต่ละองค์ประกอบควรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนสามารถให้ผู้ประเมินทำการประเมินแยกแยะความแตกต่างได้อย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อเป็นการเจาะลึกในรายละเอียดของภาวะผู้นำนวัตกรรมและภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการปรับปรุงงานในการวิจัยครั้งต่อไป หากใช้การถอดบทเรียนจากสมาชิกโครงการปรับปรุงงานที่ได้รับรางวัลจะทำให้ทราบถึงแนวคิดหรือต้นแบบที่สมาชิกโครงการปรับปรุงงานนำมาเป็นแบบอย่าง

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ประสบความสำเร็จด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ.ดร.เลิศชัย สุธรรมานนท์ และอาจารย์ที่ปรึกษาด้านระเบียบวิธีวิจัย อ.ดร.นิธิภัทร กมลสุข และ อ.ดร.ชุติเนตร บัวเผื่อน ที่ได้สละเวลาและองค์ความรู้ช่วยเหลือให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย ตลอดจนการตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาการบริหารคนและกลยุทธ์องค์การสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ทุกท่านที่ได้มอบองค์ความรู้ที่มีประโยชน์มาประยุกต์ใช้นการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาสาขาวิชาการบริหารคนและกลยุทธ์องค์การที่คอยสนับสนุนให้เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือซึ่งกันและกันเป็นอย่างดี สุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนให้การร่ำเรียนและการทำวิจัยในครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดีตลอดปีการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] 2556. ความสำเร็จดีใจได้วันเดียว ธนินท์ เจียรวนนท์, สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพ.

[2] เรมวล นันท์ศุภวัฒน์. 2556. การปรับปรุงงานโดยแนวคิดแบบลีน, หน้า 4. ในเอกสารสัมมนาประจำปี 2556 มหาวิทยามหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ศูนย์บริการพยาบาล คณะพยาบาลศาสตร์.

[3] สุรเชษฐ์ เถื่อนแก้วสิงห์. 2561. การปรับปรุงประสิทธิภาพการทางานสาหรับธุรกิจค้าปลีกด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน กรณีศึกษา: ห้างสรรพสินค้า, หน้า 266, ในเอกสารการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์.

[4] ฐาณิฎา โขมพัตราภรณ์. 2558. การพัฒนารูปแบบภาวะผู้นำสำหรับผู้อำนวยการศูนย์สหกิจศึกษาในมหาวิทยาลัยของไทย, วิทยานิพนธ์ดุษฎีปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

[5] อรอนงค์ โรจน์วัฒนบูลย์. 2553. การพัฒนาตัวแบบผู้นำเชิงนวัตกรรม, วิทยานิพนธ์ดุษฎีปริญญาบัณฑิต, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[6] สามารถ อัยกร, จิตติ กิตติเลิศไพศาล, ชาติชัย อุดมกิจมงคล, วัชรพงษ์ อินทรวงศ์. 2561, อิทธิพลของปัจจัยวัฒนธรรมองค์การภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลง หลักธรรมาภิบาล ต่อผลการปฏิบัติงานขององค์การ, หน้า 12, ในวารสารราชพฤกษ์.

[7] สุวัฒนา ตุ้งสวัสดิ์. 2561, องค์ประกอบภาวะผู้นำ ตามแนวคิดไทยแลนด์ 4.0 ในมุมมองของผู้บริหารองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น องค์การ, หน้า 135, ในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม จังหวัดนครราชสีมา. Suranaree J. Soc. Sci. 2561(12)

[8] อรรถวิท ชื่นจิตต์. 2557, ภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงและวัฒนธรรมองค์กรที่ส่งผลต่อแรงจูงใจใฝ่ในการปฏิบัติงานของพนักงานบริษัทเอกชนรุ่นเจนเนอเรชั่นวายในเขตกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ID079

ความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง
Success of Kerry Express (Thailand) Company Limited in Lampang

ปาริชาติ ใจวงค์คำ[1*], ประภาศิริ คำมโน[2], ศรุตา ถึงกาศ[3], กมลทิพย์ เสนา[4], พอใจ สิงหเนตร[5]
[1,2,3,4]นักศึกษาสาขาวิชาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
[5]อาจารย์สาขาวิชาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
*E-mail: parichart4737@gmail.com

Parichart Jaiwongkam[1*], Prapasiri Kammano[2], Saruta Thuengkad[3], Kamonthip Sena[4], Porjai Singhanate[5]
[1,2,3,4]Bachelor degree students, Department of Management, Faculty of Management Sciencce Lampang Rajabhat University
[5]Lecturer, Department of Management, Faculty of Management Sciencce Lampang Rajabhat University
*E-mail: parichart4737@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) เพื่อศึกษาศักยภาพ ประสิทธิภาพในการให้บริการและความสำเร็จ และ (2) เพื่อศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพในการให้บริการที่ส่งผลต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ บริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง จำนวน 400 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัย พบว่า ลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง ให้ความสำคัญกับศักยภาพของผู้ให้บริการในด้านความสุภาพอ่อนโยนของการให้บริการ ด้านความพร้อมในการให้บริการ และด้านความน่าเชื่อถือของการให้บริการ ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการให้บริการลูกค้าให้ความสำคัญด้านการให้บริการอย่างรวดเร็วทันเวลา ด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่อง และด้านการให้บริการอย่างเพียงพอ ตามลำดับ และปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง มีตัวแปรพยากรณ์ทั้งสิ้น 2 ตัว ได้แก่ ปัจจัยประสิทธิภาพในการให้บริการ และปัจจัยศักยภาพของผู้ให้บริการ ตามลำดับ โดยมีค่า R Square เท่ากับ .564

คำหลัก: ศักยภาพของผู้ให้บริการ ประสิทธิภาพในการให้บริการ ความสำเร็จของธุรกิจ

Abstract

The purpose of this research was to study (1) To study the potential Service efficiency and success and (2) To study the potential and efficiency of the service which affects the success of Kerry Express (Thailand) Company Limited in Lampang. The instrument used in the research was a questionnaire. The sample group used in this study was 400 customers using Kerry Express (Thailand) Company Limited in Lampang Province. The statistics used for data analysis were mean, standard deviation and multiple regression analysis. The results show that the customers who use the services of Kerry Express (Thailand) Company Limited in Lampang Province give importance to the potential of the service providers in terms of politeness and politeness in providing services. Regarding service availability and reliability of the service respectively. As for the efficiency in providing services, the customers place importance on providing services in a timely manner. Continuous service provision And sufficient services, respectively, and factors affecting the success of Kerry Express (Thailand) Co., Ltd. in Lampang There are 2 predictive variables

which are service efficiency factor And the potential factors of service providers respectively the R square is equal to .564.

Keywords: Service Provider Potential, Service efficiency, Business success

บทนำ

ในปัจจุบันการขนส่งของประเทศไทยโดยเฉพาะการขนส่งสินค้าหรือพัสดุต่างๆ เริ่มมีทิศทางที่ชัดเจนและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในประเทศ ซึ่งหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนได้พัฒนาและศึกษาระบบขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพและส่งเสริมศักยภาพของผู้ให้บริการขนส่ง เนื่องจากคนไทยนิยมทำธุรกิจออนไลน์เพิ่มขึ้นและเจริญเติบโตตามเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้ระบบการขนส่งทั้งทางบก ทางน้ำ ทางรถไฟ และทางอากาศจึงมีความสำคัญและความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะส่งผลต่อการดำเนินธุรกิจให้ประสบความสำเร็จและสามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างราบรื่น ในสังคมปัจจุบันได้เป็นอย่างดี โดยพฤติกรรมการส่งของระหว่างผู้บริโภคด้วยกันจำเป็นต้องมีการเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมขนส่งเพื่อให้สามารถสู้กับคู่แข่งได้ (กันยากาญจน์ จันทร์เหลี่ยม, 2561) ธุรกิจรับฝากส่งพัสดุมีการแข่งขันเพื่อการมุ่งหวังการสร้างกำไรเพียงอย่างเดียวอาจจะทำให้ ไม่เพียงพอที่จะนำพาองค์กรให้เกิดความอยู่รอดและนำไปสู่ความสำเร็จในระยะยาวได้ การให้บริการจึงเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่จะนำพาองค์กรประสบความสำเร็จได้ บริษัทขนส่งเอกชนที่มีชื่อเสียงในประเทศไทย คือบริษัท เคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ได้พัฒนาองค์กรโดยการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยมาเพิ่มศักยภาพในการให้บริการเพื่อความสะดวกรวดเร็วและถูกต้อง ให้ความสำคัญในด้านการพัฒนาประสิทธิภาพและศักยภาพอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เป็นผู้ให้บริการที่เป็นเลิศเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการ ตลอดจนเป็นองค์กรที่มีศักยภาพสูงในการแข่งขันกับคู่แข่งทั้งในประเทศและต่างประเทศ (ญาธิณี เหลืองทรัพย์ทวี, 2560)

บริษัท เคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2549 ปัจจุบันมีจุดให้บริการกว่า 5,500 แห่งทั่วประเทศไทย โดยมีบริการจัดส่งพัสดุด่วนอย่างการจัดส่งภายในวันถัดไป (ND) ซึ่งครอบคลุมกว่าร้อยละ 99.9 ทั่วทุกพื้นที่ในประเทศและกว่าร้อยละ 97 ของการจัดส่งประสบความสำเร็จในการเข้าจัดส่งตั้งแต่ครั้งแรก บริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส มีการจัดส่งพัสดุไปยังสถานที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสำนักงาน คลังสินค้า ร้านค้ารายย่อยและครัวเรือน เป็นจำนวนทั้งสิ้นกว่า 1,100,000 ชิ้นต่อวัน ทั้งนี้ ยังรวมถึงลูกค้ารายสำคัญอย่างบริษัทการค้าระหว่างประเทศ บริษัทอีคอมเมิร์ซ การขายสินค้าผ่านสื่อโทรทัศน์ หน่วยงานด้านเทคโนโลยี บริษัทโทรคมนาคม สถาบันการเงิน โรงเรียนเรื่อยไปจนถึงร้านค้าปลีกต่างๆ (ญาธิณี เหลืองทรัพย์ทวี, 2560)

บริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส ได้เริ่มให้บริการการชำระเงินผ่านช่องทางต่างๆเพื่อเสริมสร้างความสะดวกสบายในการใช้บริการของลูกค้า เช่น การโอนเงินทางโทรศัพท์ การเก็บเงินปลายทาง เป็นต้นพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์นั้นกลายเป็นพฤติกรรมใหม่ของคนไทย ผู้คนส่วนใหญ่เริ่มเปลี่ยนพฤติกรรมการจับจ่ายใช้สอยไปใช้ วิธีการสั่งซื้อสินค้าทางออนไลน์เพิ่มขึ้น เพราะมีความสะดวก รวดเร็ว ราคาถูกและประหยัดเวลา เป็นปัจจัยสำคัญทำให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตที่เร่งรีบ ร้านค้าออนไลน์จึงสามารถสนองความต้องการผู้บริโภคได้และเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว พฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีแนวโน้ม ซื้อสินค้าออนไลน์เพิ่มมากขึ้นระบบขนส่งจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีประสิทธิภาพในการให้บริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ส่งสินค้าและผู้รับสินค้าปลายทาง (ญาธิณี เหลืองทรัพย์ทวี, 2560)

จังหวัดลำปาง ถือเป็นจังหวัดที่เป็นจุดกลางของการขนส่งไปยังจังหวัดอื่นๆ ในภาคเหนือ รวมถึงจัดส่งไปยังจังหวัดอื่นๆ ทั่วประเทศ ทั้งนี้ บริษัทเอกชนที่เป็นที่รู้จักและให้บริการที่รวดเร็วมากที่สุดในจังหวัดลำปางและมีการขยายสาขาเพื่อให้บริการเพิ่มมากขึ้น ตามความต้องการของตลาดลูกค้าที่ขยายวงกว้าง คือ บริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส มีสาขาทั้งสิ้น 31 สาขาที่พร้อมให้บริการในจังหวัดลำปาง แม้จะมีสาขาที่พร้อมให้บริการจำนวนมากยังไม่เพียงพอต่อการให้บริการ ส่งผลให้ผู้ใช้บริการได้รับสินค้าล่าช้าอาจเนื่องมาจากจำนวนของพนักงานที่ไม่เพียงพอต่อการให้บริการ อาจส่งผลต่อการเข้าใช้บริการของลูกค้าได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงศึกษาปัจจัยสำคัญของผู้ให้บริการที่อาจส่งผลต่อความสำเร็จและเป็นแนวทางในการตอบสนองความต้องการของลูกค้ารวมไปถึงเป็นแนวทางแก่ผู้ประกอบการในการดำเนินธุรกิจต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพ ประสิทธิภาพในการให้บริการและความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย)

จำกัด ในจังหวัดลำปาง

2. เพื่อศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพในการให้บริการที่ส่งผลต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง

การทบทวนวรรณกรรม

คณะผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

1.แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับศักยภาพของผู้ให้บริการ

นิติพล ภูตะโชติ (2558) ได้กล่าวถึง ปัจจัยที่ทำให้เกิดศักยภาพของผู้ให้บริการไว้ดังนี้

1. ความพร้อมในการให้บริการ (Readiness) ความพร้อมเป็นศักยภาพของการให้บริการ ซึ่งจะส่งผลให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในบริการนั้นๆ

2. การตอบสนองของการให้บริการ (Response) หมายถึง การให้บริการตอบสนองทันที เมื่อลูกค้าต้องการใช้บริการ หรือเมื่อเกิดปัญหาก็สามารถตอบข้อซักถามได้อย่างรวดเร็ว ปัญหาต่างๆได้รับการแก้ไขอย่างถูกต้อง

3. ความเชื่อถือของการให้บริการ (Credibility) หมายถึง การที่ธุรกิจผู้ให้บริการมีการบริการที่ดี มีการได้รับรางวัล หรือการบอกต่อจากลูกค้าที่เคยมาใช้บริการ สร้างความน่าเชื่อถือโดยการบริการตามมาตรฐานที่สม่ำเสมอ จะสามารถทำให้ลูกค้าเกิดความเชื่อถือและมั่นใจในบริการ

4. ความสุภาพอ่อนโยนของการให้บริการ (Curtesy) หมายถึง ความมีน้ำใจของพนักงาน ความจริงใจและรู้สึกยินดีที่จะต้อนรับลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในบริการที่จะได้รับ

5. การรู้จักและเข้าใจลูกค้า (Understanding the Customer) ผู้ให้บริการจะต้องทราบว่าลูกค้าต้องการอะไร ดังนั้นต้องค้นหาสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นมาบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ถ้าผู้ให้บริการเข้าถึงความต้องการของลูกค้าและหาสิ่งที่ลูกค้าต้องการมาตอบสนองเขาได้ก็หมายถึงความมีประสิทธิภาพของบริการ

2.แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการให้บริการ

นันทพร อารมณ์ชื่น (2558) กล่าวว่าประสิทธิภาพหมายถึงผลการปฏิบัติงานที่ทำให้เกิดความพึงพอใจและได้รับผลกำไรจากการปฏิบัติงานซึ่งความพึงพอใจหมายถึงความพึงพอใจในการบริการให้กับประชาชนโดยพิจารณาจาก

1. การให้บริการอย่างเท่าเทียมกัน (Equitable Service) หมายถึง การบริหารงานที่มีฐานที่ว่าทุกคนเกิดมาล้วนเท่าเทียมกันในแง่มุมของกฎหมายไม่มีการแบ่งแยกกีดกันในการให้บริการประชาชนจะได้รับการปฏิบัติอย่างเท่าเทียมกันในแง่มุมของกฎหมายไม่มีการแบ่งแยกกีดกันในการให้บริการประชาชนจะได้รับการปฏิบัติในฐานะที่เป็นปัจเจกบุคคลที่ใช้มาตรฐานการให้บริการเดียวกัน

2. การให้บริการอย่างรวดเร็วทันเวลา (Timely Service) หมายถึง การให้บริการที่ต้องคำนึงถึงความตรงเวลาและรวดเร็วต่อเหตุการณ์ผลการปฏิบัติงานจะถือว่าไม่มีประสิทธิผลถ้าไม่มีการให้บริการที่ตรงเวลาซึ่งจะสร้างความไม่พึงพอใจให้แก่ประชาชน

3. การให้บริการอย่างเพียงพอ (Ample Service) หมายถึง การให้บริการจะต้องมีลักษณะจำนวนการให้บริการสถานที่ให้บริการอย่างเหมาะสมว่าด้วยความเสมอภาคหรือการตรงเวลาจะไม่มีความหมายถ้ามีจำนวนการให้บริการที่ไม่เพียงพอและสถานที่ให้บริการสร้างความไม่ยุติธรรมให้เกิดขึ้นแก่ผู้มารับบริการ

4. การให้บริการอย่างต่อเนื่อง (Continuous Service) หมายถึง การให้บริการที่เป็นไปอย่างสม่ำเสมอโดยยึดประโยชน์ของสาธารณะเป็นหลักไม่ใช่เพียงความพึงพอใจของหน่วยงานที่ให้บริการว่าจะให้หรือหยุดบริการเมื่อใดก็ได้และควรมีการจัดอบรมเพื่อซักซ้อมความพร้อมความเข้าใจอยู่เสมอเช่นการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจหรือพยาบาลเป็นต้น

5. การให้บริการอย่างก้าวหน้า (Progressive Service) หมายถึง การให้บริการที่มีการปรับปรุงคุณภาพมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบวิธีการให้บริการให้มีความเหมาะสมกระชับเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือความสามารถที่จะทำหน้าที่ได้มากขึ้นโดยใช้ทรัพยากรเท่าเดิม

ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า“ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน”ซึ่งแนวคิดส่วนใหญ่จะเน้นในเรื่องผลการปฏิบัติงานเมื่อบุคลากรมีผลของการปฏิบัติงานดีคุ้มกับการลงทุนก็ถือได้ว่าการปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพสูงถ้าผลของการปฏิบัติงานไม่ดีไม่คุ้มกับการลงทุนก็ถือได้ว่าประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่ำ (นันทพร อารมณ์ชื่น, 2558)

3.แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความสำเร็จของธุรกิจ

อานันท์ ชินบุตร (2546) กล่าวว่า ความสำเร็จหมายถึง ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติงาน การตั้งเป้าหมายและวัตถุประสงค์ให้บรรลุผลตามที่ตั้งไว้

นิตย์ สัมมาพันธ์ (2548) กล่าวว่า ความสำเร็จหมายถึง ความสามารถขององค์กรที่ตั้งแผนปฏิบัติงานและดำเนินการตามแผนอย่างมีประสิทธิภาพจนบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย

สุรพันธ์ ฉันทแดนสุวรรณ (2550) กล่าวว่า ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จขององค์กร (Key PerFormance Indicators : KPIs) ได้เสนอตัวชี้วัดเพิ่มเติมอีก 3 ด้าน คือ ด้านลูกค้า ด้านการเรียนรู้ การเจริญเติบโตขององค์กร และด้านกระบวนการภายในองค์กร นอกจากด้านการเงิน เป็นตัวชี้วัด เพื่อความสมดุลของการจัดการองค์กรซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

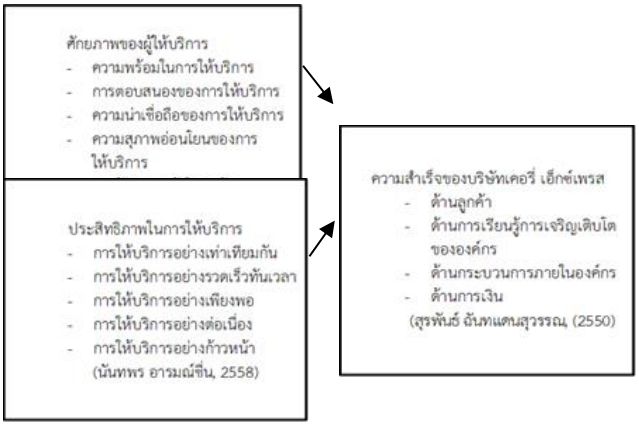
1. ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จด้านลูกค้า (Customer Perspective) หลักการสำคัญ คือ การสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า รักษาลูกค้าให้อยู่กับองค์การนานๆ ความสามารถในการทำกำไรจากลูกค้าและสามารถได้ลูกค้าใหม่ๆ เพิ่มเติม

2. ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จด้านการเรียนรู้การเจริญเติบโตขององค์กร (Leaming and Perspective) เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานขององค์กร การเจริญเติบโตขององค์กร และปัจจัยที่สำคัญที่สุดของด้านความสำเร็จในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งการเจริญเติบโตและการเรียนรู้ขององค์กรพิจารณาได้จากผลลัพธ์ ผลิตภาพของพนักงาน ความพึงพอใจของพนักงาน การพัฒนาฝึกอบรมพนักงาน และการรักษาพนักงานขององค์กร

3. ดัชนีชี้วัดผลความสำเร็จด้านกระบวนการภายในองค์กร (Internal Business Process Perspective) ผู้บริหาร มักสนใจดัชนีชี้วัดผลสำเร็จด้านกระบวนการภายในองค์กรของธุรกิจด้านที่ 1 คือ มักเน้นการพยายามติดตามและปรับปรุงในด้านกระบวนการนวัตกรรม โดยวัดในเรื่องของการวิจัย การให้บริการ กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และด้านที่ 2 คือ การบวนการปฏิบัติโดยวัดที่คุณภาพ เวลา ค่าใช้จ่ายขององค์กร และผลงานที่เกิดขึ้น

4. ดัชนีชี้วัดผลความสำเร็จด้านการเงิน (Financial Perspective) เป็นตัวชี้วัดที่รู้จักกันดีด้านการเงิน ต้องการชี้วัดเครื่องมือเพื่อปรับปรุงผลกำไร และขาดทุนขององค์กรธุรกิจ ด้านกลยุทธ์ ด้านการเงิน ประกอบด้วย 1) ช่วงที่องค์กรธุรกิจเติบโต 2) ช่วงต่อเนื่องขององค์กร และ 3) ช่วงเก็บเกี่ยวผลประโยชน์ ได้เสนอตัวชี้วัดเพิ่มเติมอีก 3 ด้าน คือ ด้านลูกค้า ด้านการเรียนรู้การเจริญเติบโตขององค์กร และด้านกระบวนการภายในองค์กร นอกจากด้านการเงิน เป็น 4 ดัชนีชี้วัดเพื่อความสมดุลของการจัดการองค์กร

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

มุ่งเน้นศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพในการให้บริการที่ส่งผลต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัดในจังหวัดลำปาง

ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ คือ ลูกค้าที่มาใช้บริการหรือเคยใช้บริการของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง

ขอบเขตด้านพื้นที่

จังหวัดลำปาง

ขอบเขตด้านเวลา

สำหรับระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562-เดือนกันยายน พ.ศ.2563

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ประชากรในจังหวัดลำปาง จำนวน 744, 541 คน (สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย, 2561)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ หรือ เคยใช้บริการบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง ทั้ง 13 อำเภอ คณะผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยโดยใช้สูตรการคำนวณกลุ่มตัวอย่างของ ทาโร ยามาเน่ (YAMANE, 1973) ที่ระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 400 คน โดยใช้การสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi – Stage Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างแบบสอบถาม (Questionnaires) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 400 ชุด ซึ่งคณะผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยเนื้อหา 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบเกี่ยวกับข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ และที่อยู่อาศัย (อำเภอ ในจังหวัดลำปาง)

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับศักยภาพของผู้ให้บริการบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปางได้แก่ ความพร้อมในการให้บริการ การตอบสนองของการให้บริการ ความน่าเชื่อถือของการให้บริการ ความสุภาพอ่อนโยนของการให้บริการ การรู้จักและเข้าใจลูกค้า

ส่วนที่ 3 แบบสอบถอบถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการให้บริการบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง ได้แก่ การให้บริการอย่างเท่าเทียมกัน การให้บริการอย่างรวดเร็วทันเวลา การให้บริการอย่างเพียงพอ การให้บริการอย่างต่อเนื่อง และการให้บริการอย่างก้าวหน้า

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง ได้แก่ ด้านลูกค้า ด้านการเรียนรู้การเจริญเติบโตขององค์กร ด้านกระบวนการภายในองค์กร และด้านการเงิน

ส่วนที่ 5 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ทางด้านการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม คณะผู้วิจัยได้สร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity Ratio) คณะวิจัยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมาไปหาความเที่ยงตรง โดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เป็นผู้พิจารณาตรวจสอบ แนะนำ และปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามแต่ละข้อว่ามีความสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องอย่างไร โดยได้ค่าความตรงตามเนื้อหาทั้งฉบับ เท่ากับ 0.967

2. การนำแบบสอบถามไปทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม คณะผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) กับลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟ่า (Coefficient Alpha) ทั้งฉบับได้เท่ากับ 0.989

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คณะผู้วิจัยใช้วิธีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ จากลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ หรือเคยใช้บริการบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง ทั้งสิ้น 13 อำเภอ ได้แก่ อำเภอวังเหนือ อำเภอแจ้ห่ม อำเภอเมืองลำปาง อำเภอแม่ทะ อำเภอห้างฉัตร อำเภอสบปราบ อำเภอแม่พริก อำเภอเมืองปาน อำเภองาว อำเภอแม่เมาะ อำเภอเกาะคา อำเภอเสริมงาม และอำเภอเถิน

2. ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2563 – กรกฎาคม พ.ศ. 2563

3. คณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องความสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้รับกลับมาที่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ จำนวนทั้งสิ้น 400 ชุด

4. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามมาตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ และนำมาจัดทำคู่มือลงรหัส และลงรหัสข้อมูลให้เสร็จ เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณหาค่าสถิติ แล้วนำเสนอในรูปตารางประกอบความเรียง ดังนี้

1. ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามใช้ค่าความถี่ และค่าร้อยละ

2. ในส่วนของแบบสอบถามที่เกี่ยวกับการทดสอบวัตถุประสงค์ในข้อที่ 1 สถิติที่ใช้ในการทดสอบคือค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์การแปลผลดังนี้ 4.21 – 5.00 เท่ากับมากที่สุด 3.41 – 4.20 เท่ากับมาก 2.61 – 3.20 เท่ากับปานกลาง 1.81 – 2.60 เท่ากับน้อย และ 1.00 – 1.80 เท่ากับน้อยที่สุด (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2555)

ส่วนการทดสอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 สถิติที่ใช้คือการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y จำนวน 1 ตัวแปร และตัวแปรอิสระ X จำนวน 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยที่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น

ผลการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัย เรื่อง ความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง ซึ่งผลจากการศึกษาข้อมูลได้ทำการรวบรวมแบบสอบถาม จำนวนทั้งสิ้น 400 ชุด โดยสรุปข้อมูลออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคลของลูกค้าบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้ เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ จำนวน 400 คน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 275 คน คิดเป็นร้อยละ 68.75 มีอายุ 21 – 30 ปี จำนวน 252 คน คิดเป็นร้อยละ 63.00 มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 207 คน คิดเป็นร้อยละ 51.75 มีอาชีพนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 204 คน คิดเป็นร้อยละ 51.00 มีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท จำนวน 192 คน คิดเป็นร้อยละ 48.00 โดยอาศัยอยู่ในอำเภอเมืองลำปาง จำนวน 122 คน คิดเป็นร้อยละ 30.50 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลศักยภาพของผู้ให้บริการประสิทธิภาพในการให้บริการ และความสำเร็จของลูกค้าบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง

ระดับความคิดเห็นของศักยภาพของผู้ให้บริการภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านความสุภาพอ่อนโยนของการให้บริการ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 รองลงมา คือ ด้านความพร้อมในการให้บริการโดยอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 ด้านความน่าเชื่อถือของการให้บริการอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 ด้านการตอบสนองของการให้บริการอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 และด้านการรู้จักและเข้าใจลูกค้าอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 ตามลำดับ

ระดับความคิดเห็นของประสิทธิภาพในการให้บริการโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านการให้บริการอย่างรวดเร็วทันเวลา มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 รองลงมา คือ ด้านการให้บริการอย่างต่อเนื่องอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 ด้านการให้บริการอย่างเพียงพออยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 ด้านการให้บริการอย่างเท่าเทียมกันอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 และด้านการให้บริการอย่างก้าวหน้า อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 ตามลำดับ

ระดับความคิดเห็นของความสำเร็จ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.78 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ท่านได้รับการบริการในรูปแบบที่ดีขึ้นทุกครั้งที่เข้าใช้บริการ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 รองลงมา คือ ผู้ให้บริการเป็นที่พึ่งในการให้บริการรับ – ฝากขนส่งของได้อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 ผู้ให้บริการมีการทักทายต้อนรับด้วยความอ่อนน้อมตามกาลเทศะต่อผู้ที่เข้ามาใช้บริการอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 ผู้ให้บริการมีความยิ้มแย้มแจ่มใสในการให้บริการอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 ผู้ให้บริการใช้ถ้อยคำและวาจาที่เหมาะสมในการให้บริการอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ระยะเวลาในการรอคิวในการเข้าใช้บริการมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.78 ท่านได้รับการบริการที่เป็นระบบ ตั้งแต่ขั้นตอนแรกถึงขั้นตอนสุดท้ายอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 ราคามีความคุ้มค่ากับบริการที่ได้รับอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72 ท่านได้รับการบริการด้วยมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72 ผู้ให้บริการมีการใช้ภาษาในการสื่อสารถูกต้องชัดเจนอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.71 ราคามีมาตรฐานเหมาะสมกับบริการที่ได้รับอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 และผู้ให้บริการพูดคุยสื่อสารได้มากกว่าหนึ่งภาษาอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.62 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการถดถอยเชิงพหุคูณของศักยภาพและประสิทธิภาพในการให้บริการที่ส่งผลต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง

ตัวแปร	Unstandardized Coefficents		standardized Coefficents	t	Sig.
	B	Std.Error	Beta		
CONSTANT (ค่าคงที่)	-0.066	0.172		-0.384	0.701*
ประสิทธิภาพในการให้บริการ	0.614	0.070	0.497	8.724	0.000*
ศักยภาพของผู้ให้บริการ	0.365	0.072	0.288	5.058	0.000*

$R = 0.751$ $R^2 = 0.564$ $R^2_{adjusted} = 0.561$
$F = 256.442$ S.E.est = 0.326
$p < 0.05$*

(N=400)

จากตารางข้างต้น พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง คือ ประสิทธิภาพในการให้บริการมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.497 และศักยภาพของผู้ให้บริการ มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานเท่ากับ 0.288 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์พหุคูณต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง เท่ากับ 0.751 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.564 แสดงว่าทุกปัจจัยส่งผลต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาเรื่อง ความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง พบว่า ลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ หรือเคยใช้บริการของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดลำปาง ให้ความสำคัญกับศักยภาพในการให้บริการด้านความสุภาพอ่อนโยนของการให้บริการมากที่สุดเป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นิติพล ภูตะโชติ (2558) ที่กล่าวถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดศักยภาพของผู้ให้บริการไว้ ที่ได้ให้ความเห็นว่า ความมีน้ำใจของพนักงาน ความจริงใจและรู้สึกยินดีที่จะต้อนรับลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในบริการที่จะได้รับ และลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ หรือเคยใช้บริการยังให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพในการให้บริการด้านการให้บริการอย่างรวดเร็วทันเวลา เป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับ นันทพร อารมณ์ชื่น (2558) ที่ศึกษาเรื่อง ประสิทธิภาพการให้บริการและภาพลักษณ์องค์กรที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการสถานพยาบาลเอกชนของพนักงานบริษัท MOCAP ในการใช้สิทธิประกันสังคม ที่ได้ให้ความเห็นว่า พนักงานจะต้องมีความรู้ ความสามารถในการปฏิบัติบริการให้กับลูกค้าได้อย่างเต็มความสามารถ

ส่วนความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ฯ ลูกค้าให้ความสำคัญการได้รับการบริการในรูปแบบที่ดีขึ้นทุกครั้งที่เข้าใช้บริการซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สุรพันธ์ ฉันทแดน สุวรรณ (2550) ที่ชี้ให้เห็นว่าดัชนีชี้วัดผลสำเร็จขององค์กร (Key PerFormance Indicators : KPIs) ได้เสนอตัวชี้วัดเพิ่มเติมอีก 4 ด้าน คือ ด้านลูกค้า ด้านการเรียนรู้ การเจริญเติบโตขององค์กร และด้านกระบวนการภายในองค์กร นอกจากด้านการเงิน เป็นตัวชี้วัด เพื่อความสมดุลของการจัดการองค์กร

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอจากผลการวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพในการให้บริการและศักยภาพของผู้ให้บริการ มีความสำคัญในการประกอบธุรกิจในปัจจุบัน ซึ่งหากผู้ให้บริการสามารถให้บริการที่สอดคล้องตรงตามความต้องการของผู้รับบริการหรือสร้างการบริการที่มีในระดับที่สูงกว่าผู้รับบริการคาดหวัง จะส่งผลให้การบริการดังกล่าวเกิดประสิทธิภาพและคุณภาพในการให้บริการ ซึ่งจะทำให้ผู้รับบริการเกิดความพึงพอใจจากบริการที่ได้รับและกลับมาใช้ซ้ำ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป คณะผู้วิจัยเห็นควรให้มีการศึกษาเพิ่มในเรื่อง ศักยภาพและประสิทธิภาพในการให้บริการที่ส่งผลต่อความสำเร็จของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในจังหวัดอื่นๆ เนื่องจากปัจจุบันมีบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ที่เปิดให้บริการขึ้นมากมาย ที่ตั้งอยู่นอกเหนือจากในจังหวัดลำปาง เช่น เชียงใหม่ ลำพูน ฯลฯ เป็นต้น เพื่อนำความแตกต่าง ข้อดี ข้อด้อย จุดแข็ง และจุดอ่อนของด้านต่างๆ ในแต่ละด้านที่เกิดขึ้นของแต่ละสถานประกอบการผู้ประกอบการ ผู้ให้บริการทั้งภายในประเทศและที่ทำการดำเนินธุรกิจบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด เข้ามาจากต่างประเทศ เพื่อที่จะมาปรับปรุงพัฒนาเพื่อให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการในระดับความพึงพอใจที่สูงที่สุด

ควรศึกษาวิจัยในบริษัทจัดส่งสินค้า ที่นอกเหนือไปจากบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด อาทิเช่น ไปรษณีย์ไทย หรือ บริษัทจัดส่งสินค้าอื่นๆ ซึ่งสถานที่ดังกล่าวมานี้ สามารถถือเป็นบริการการขนส่งสินค้าหรือพัสดุที่สามารถทดแทนของบริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (ประเทศไทย) จำกัด ในตลาดที่ให้บริการสำหรับการจัดส่งสินค้าหรือรับฝากพัสดุโดยมีค่าบริการที่สามารถเข้าถึงได้

เอกสารอ้างอิง

กันยากาญจน์ จันทร์เหลี่ยม. (2561). ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจการใช้บริการไปรษณีย์ไทย สาขามหาวิทยาลัยรังสิต, ข้อมูลจาก https://rsujournals.rsu.ac.th (วันที่สืบค้น 14 กุมภาพันธ์ 2563)

ญาธิณี เหลืองทรัพย์ทวี. (2560). ปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการและภาพลักษณ์ตราสินค้าที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการกรณีศึกษาของบริษัทขนส่งเอกชนเคอรี่ เอ็กซ์เพรส (KerryExpress) ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา, ข้อมูลจาก http://dspace.bu.ac.th (วันที่สืบค้น 6 พฤศจิกายน 2562)

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2555). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. พิมพ์ครั้งที่11. กรุงเทพฯ : บิสซิเนสอาร์แอนด์ดี, ข้อมูลจาก http://uc.thailis.or.th (วันที่สืบค้น 12 สิงหาคม 2563)

นิติพล ภูตะโชติ. (2558). ปัจจัยที่ทำให้เกิดศักยภาพของผู้ให้บริการ, ข้อมูลจาก http://www.opac.psu.ac.th (วันที่สืบค้น 7 พฤศจิกายน 2562)

นิตย์ สัมมาพันธ์. (2548). ภาวะผู้นำ : พลังขับเคลื่อนองค์กรสู่ความเป็นเลิศ. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ :อินโนกราฟฟิกส์, ข้อมูลจาก http://kb.psu.ac.th (วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2563)

นันทพร อารมณ์ชื่น. (2558). ประสิทธิภาพการใช้บริการและภาพลักษณ์องค์กรที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการสถานพยาบาลเอกชนของพนักงานบริษัท MOCAPในการใช้สิทธิประกันสังคม, ข้อมูลจาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th (วันที่สืบค้น 8 พฤศจิกายน 2562)

บริษัทเคอรี่ เอ็กซ์เพรส. (2562). เคอรี่ เอ็กซ์เพรส บริษัทจัดส่งพัสดุชั้นนำของประเทศไทย, ข้อมูลจาก http://www.kerryexpress.com (วันที่สืบค้น 6 พฤศจิกายน 2562)

พวงรัตน์ เกสรแพทย์และดุษฎี โยเหลา. (2546). “การศึกษาเชาวน์อารมณ์ในฐานะตัวกำหนดความสำเร็จของผู้บริหาร,” วารสารพฤติกรรมศาสตร์. 9(1): 21, ข้อมูลจาก http://it.nation.ac.th (วันที่สืบค้น 6 มกราคม 2563)

ลือชัย เจริญทรัพย์. (2538). ประสิทธิผลของการให้บริการของสำนักงานเขตชั้นกลางกรุงเทพมหานคร: ศึกษากรณีสำนักงานเขตบางเขน, ข้อมูลจาก http://dric.nrct.go.th (วันที่สืบค้น 8 พฤศจิกายน 2562)

วิเชียร วิทยอุดม. (2550). การพัฒนาองค์การ.กรุงเทพฯ : บริษัท ธนวัชการพิมพ์จำกัด, ข้อมูลจาก http://kb.psu.ac.th (สืบค้น 8 มกราคม 2563)

วิลาวรรณ รพีพิศาล. (2550). หลักการจัดการ. (พิมพครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: วิจิตรหัตถกร, ข้อมูลจาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th (สืบค้น 10 มกราคม 2563)

สุรพันธ์ ฉันทแดนสุวรรณ. (2550). องค์การและการจัดการ. กรุงเทพฯ : จุดทอง, ข้อมูลจาก http://uc.thailis. or.th (วันที่สืบค้น 9 มกราคม 2563)

สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. (2561). ประชากรในจังหวัดลำปาง, ข้อมูลจาก https://www.bora.dopa.go.th (วันที่สืบค้น 20 พฤศจิกายน 2562)

YAMANE. (1973). Statistics; An Introductory Analysis. (2nd ed.). New York: Harper and Row.

ID111

การจัดการโลจิสติกส์ในการบริหารทรัพย์สิน กรณีศึกษา โรงงานผลิตขนมในจังหวัดปทุมธานี

Logistics Management in Property Administration in Case Study of Snack Factory in Pathumthani Province

วิภาวดี จตุรโกศล[1] , ตันติกร พิชญ์พิบุล[2*] และ พรรณทิพา ทองมาศ[2]
[1]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
[2]คณะการจัดการโลจิสติกส์ และการคมนาคมขนส่ง สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
[*]E-mail: pichpibul@gmail.com

Wipawadee Jatoorakosol[1] , Tantikorn Pichpibul[2*] and Pantipa Thongmas[2]
[1]Faculty of Business Administration, Panyapiwat Institute of Management
[2]Faculty of Logistics and Transportation Management, Panyapiwat Institute of Management
[*]E-mail: pichpibul@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการบริหารจัดการทรัพย์สิน ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการจัดทำระบบการบริหารจัดการทรัพย์สินในระบบเดิม และเพื่อศึกษาการพัฒนาระบบการบริหารจัดการทรัพย์สินโดยใช้ระบบสารสนเทศ มีวิธีการดำเนินการวิจัยโดยใช้วิธีการวิเคราะห์จากปัญหาขั้นตอนดำเนินงานการบริหารจัดการทรัพย์สินของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นพนักงานของโรงงานผลิตขนมแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี ผลการวิจัยพบว่าการทำงานด้วยระบบใหม่นั้นช่วยลดระยะเวลาในการทำงาน และขั้นตอนการทำงาน ได้ถึงร้อยละ 68 ซึ่งระยะเวลาและขั้นตอนในการทำงานด้วยระบบใหม่ จะสามารถช่วยลดระยะเวลาและขั้นตอนการทำงานได้ดีกว่าระบบเดิม และยังช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของการสืบค้นข้อมูล ทำให้การสืบค้นข้อมูลเป็นไปด้วยความรวดเร็วและแม่นยำมากกว่าระบบเดิม

คำหลัก การบริหารจัดการทรัพย์สิน ระบบสารสนเทศ ฐานข้อมูล

Abstract

This paper study aims to (1) study the design concept of property management system (2) study the problems and obstacles in the implementation of property management system in the old system (3) study the development of property management systems by using an information system. There are methods of conducting research using analytical methods, operational procedures, property management in case of employees in a confectionery factory in Pathumthani Province. Working with the new system results that it can reduce the running time and the working processes are reduced up to 68%. Moreover, it also solves the problem of query faster and more accurate than the old system.

Keywords: Property Management, Information System, Database

1. บทนำ

การบริหารจัดการเริ่มเกิดขึ้นในยุคสมัยปฏิวัติทางอุตสาหกรรม โดยในยุคสมัยนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทางด้านอุตสาหกรรมทำให้มีการติดต่อกันทางธุรกิจมากขึ้น แนวคิดทางการจัดการจึงเริ่มขึ้นตั้งแต่ในยุคสมัยนั้น และมีการเปลี่ยนแปลงพัฒนารูปแบบทางการบริหารจัดการเรื่อยมาจนกระทั่งถึงปัจจุบัน การจัดการมีความสำคัญต่อผู้บริหารทุกคนในการพัฒนาองค์การให้มุ่งไปสู่ความมีประสิทธิภาพ ผู้บริหารสามารถดำเนินการให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์การได้ เช่น ผู้จัดการโรงงานสามารถดำเนินการผลิตสินค้า สิ่งของ เครื่องใช้อุปโภคบริโภคออกมาเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า และสามารถหาตลาดในการจัดจำหน่ายสินค้าเหล่านั้น ในปัจจุบันนี้การดำเนินกิจการของธุรกิจต่างๆ จะมีการจัดซื้อและจำหน่ายสินทรัพย์ภายในของกิจการ โดยเฉพาะอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ภายในสำนักงาน ซึ่งการบันทึกบัญชีสินทรัพย์ถาวรจะเป็นการควบคุมในเรื่องการได้มา จำหน่ายออก คิดค่าสึกหรอและค่าเสื่อมราคา การซ่อมแซม ตลอดจนการดูแลรักษาสภาพของทรัพย์สินให้ใช้งานได้ตลอดอายุการใช้ของทรัพย์สินนั้น โดยเฉพาะองค์การขนาดใหญ่ที่มีพนักงานหรือผู้บริหารจำนวนมากยิ่งทำให้การบริหารจัดการทรัพย์สินเป็นไปได้ยากมากขึ้น ซึ่งปัญหาโดยส่วนใหญ่ที่องค์การพบเจอในปัจจุบันมักจะเกิดจากความล่าช้าของระยะเวลาในการยื่นคำขอจัดซื้อและจำหน่ายทรัพย์สิน การส่งคำขอหรือเสนอขอจัดซื้อทรัพย์สินไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องภายในองค์การ รวมไปถึงภายหลังจากมีการจัดซื้อและจำหน่ายทรัพย์สินแล้วนั้น องค์การส่วนใหญ่ยังพบปัญหาอีกว่า การสืบค้นข้อมูลหรือการการจัดเก็บข้อมูลในการจัดซื้อและจำหน่ายทรัพย์สินเป็นไปได้ยาก และยังมีโอกาสสูญหายของชุดเอกสารข้อมูลต่างๆ ได้ง่าย

จากกรณีศึกษา โรงงานผลิตขนมแห่งหนึ่ง ในจังหวัดปทุมธานี พบว่ามีการดำเนินการขอซื้อสินทรัพย์ใหม่เฉลี่ย 336 ครั้งต่อเดือน การดำเนินการขอโอนย้ายสินทรัพย์เฉลี่ย 56 ครั้งต่อเดือน และการดำเนินการตัดจำหน่ายสินทรัพย์เฉลี่ย 15 ครั้งต่อเดือน ซึ่งการดำเนินการขอซื้อสินทรัพย์ใหม่เป็นรายการที่มีการดำเนินการมากที่สุดในแต่ละเดือน ประกอบกับการดำเนินการขอซื้อ มีขั้นตอนในการดำเนินการครอบคลุมการทำรายการอื่นๆ ดังนั้น จากปัญหาและการดำเนินงานแต่ละรายการของกรณีศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ตระหนักถึงความสำคัญของการบริหารจัดการทรัพย์สินอย่างเหมาะสม จึงได้ทำการศึกษาแนวคิดการออกแบบระบบการจัดการทรัพย์สิน ในส่วนของการดำเนินการขอซื้อ โดยการนำระบบสารสนเทศเข้ามามีส่วนร่วม ซึ่งในปัจจุบันนี้ระบบสารสนเทศมีบทบาทในการดำรงชีวิตและมีบทบาทในภาคธุรกิจอุตสาหกรรมมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการจัดการทรัพย์สินที่ยุ่งยากและซ้ำซ้อน ซึ่งระบบสารสนเทศนั้นจะช่วยในเรื่องของการเก็บบันทึกข้อมูล การรับ-ส่งข้อมูล และยังอำนวยความสะดวกในการตรวจเช็คและตรวจนับทรัพย์สินในองค์การ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการจัดทำระบบการบริหารจัดการทรัพย์สินในระบบเดิม

(2) เพื่อศึกษาการพัฒนาระบบการบริหารจัดการทรัพย์สิน โดยใช้ระบบสารสนเทศ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ พนักงานของโรงงานผลิตขนมแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี โดยเป็นศึกษาในเชิงวิเคราะห์ปัญหาในการทำงานของระบบการจัดการทรัพย์สิน จำนวนทั้งหมด 2,008 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ คือ การศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูลปัญหาของระบบการจัดการทรัพย์สิน โดยใช้กรณีศึกษา โรงงานผลิตขนมแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี และนำมาออกแบบระบบสารสนเทศที่จะนำมาช่วยในการแก้ไขปัญหาในการทำงานของระบบการจัดการทรัพย์สิน

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวิเคราะห์

ปัญหาของระบบการจัดการทรัพย์สิน และนำปัญหาดังกล่าวมาร่วมกันหาแนวคิดในการออกแบบระบบสารสนเทศ ในการบริหารจัดการทรัพย์สิน ในส่วนของการขอซื้อทรัพย์สิน ผู้วิจัยได้จัดนำรายการขอซื้อทรัพย์จำนวน 100 รายการมาเก็บรวบรวมข้อมูลด้านระยะเวลาในการขอซื้อทรัพย์สินของระบบเดิม ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้น จนกระทั่งถึงขั้นตอนสุดท้าย คือ ขั้นตอนการสร้างเอกสารใบขอซื้อ หลังจากนั้นนำรายการขอซื้อทรัพย์สินจำรวน 100 รายการเดิม มาทดสอบการใช้งานในระบบสารสนเทศที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น แล้วนำข้อมูลด้านระยะเวลาของระบบเดิมและระบบใหม่มาเปรียบเทียบกัน เพื่อทดสอบการทำงานของระบบใหม่ และเพื่อเปรียบเทียบผลว่าการทำงานของระบบใหม่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิม

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการนำระบบสารสนเทศมาทดสอบการใช้งานจาก 100 รายการ โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน ขั้นตอนการทำงาน และระยะเวลา ระหว่างการทำงานระบบเดิมกับการนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้งาน ว่าสามารถลดขั้นตอน และระยะเวลาได้มากหรือน้อยเพียงใด

3.5 การวิเคราะห์ปัญหาการทำงานของระบบการจัดการทรัพย์สิน

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บรวบรวมปัญหาการทำงานของระบบการจัดการทรัพย์สินในโรงงานผลิตขนมแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี จากรูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการทำงานของจัดการทรัพย์สินระบบเดิม โดยมีรายละเอียดการขอซื้อทรัพย์สินดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การขอเลขที่งบประมาณ ใช้เวลา 12 ชม.

ขั้นตอนที่ 2 การขอเลขที่ทรัพย์สิน ใช้เวลา 3.50 ชม.

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างใบขอซื้อ ใช้เวลา 1.75 ชม.

3.6 วิเคราะห์ปัญหาระบบการจัดการทรัพย์สิน

ปัญหาของระบบการจัดการทรัพย์สินในปัจจุบันกล่าวคือ ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในของระบบการจัดการทรัพย์สินในปัจจุบันของโรงงานผลิตขนมแห่งหนึ่งจังหวัดปทุมธานี สามารถชี้แจงเป็นรายละเอียดได้ดังนี้

(1) การตรวจสอบข้อมูลการขอดำเนินการทรัพย์สินเป็นไปได้ยาก เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่เป็นไปในรูปแบบเอกสาร ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาเอกสารและข้อมูล รวมไปถึงทำให้เกิดการสูญหายของเอกสาร

(2) เมื่อมีการส่งแบบฟอร์มการขอดำเนินการทรัพย์สินไปยังหน่วยงานหรือผู้มีอำนาจที่เกี่ยวข้องต่างๆ เอกสารที่ส่งไปนั้นมีความล่าช้าในเรื่องของการรับ-ส่งข้อมูล ทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปตามแผนงานที่หน่วยงานได้กำหนดไว้

(3) เมื่อมีการรับทรัพย์สินเข้ามาภายในหน่วยงาน และเวลาล่วงเลยผ่านไปเป็นเวลาค่อนข้างนาน ทำการให้สืบค้นข้อมูลของทรัพย์สินที่รับเข้ามามีความคลาดเคลื่อน ล่าช้า และต้องใช้เวลาค่อนข้างนานในการหาข้อมูลแต่ละครั้ง

(4) เมื่อต้องการตรวจสอบรายการทรัพย์สินที่ค้างรับทำให้ตรวจสอบได้ยากเนื่องจากเอกสารได้ถูกจัดเก็บในรูปแบบแฟ้มเอกสาร และทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อน และล่าช้าในการสืบค้นข้อมูล

(5) เมื่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องการตรวจสอบข้อมูลทรัพย์สินต่างๆ ทำให้เป็นไปได้ยาก เพราะสถานที่จัดเก็บเอกสารมีความซับซ้อน และเอกสารที่จัดเก็บค่อนข้างมาก

(6) เมื่อผู้บริหารหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ สามารถทำได้ยาก เนื่องจากต้องติดต่อไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบ และใช้เวลาค่อนข้างนานที่จะเข้าถึงข้อมูลต่างๆ

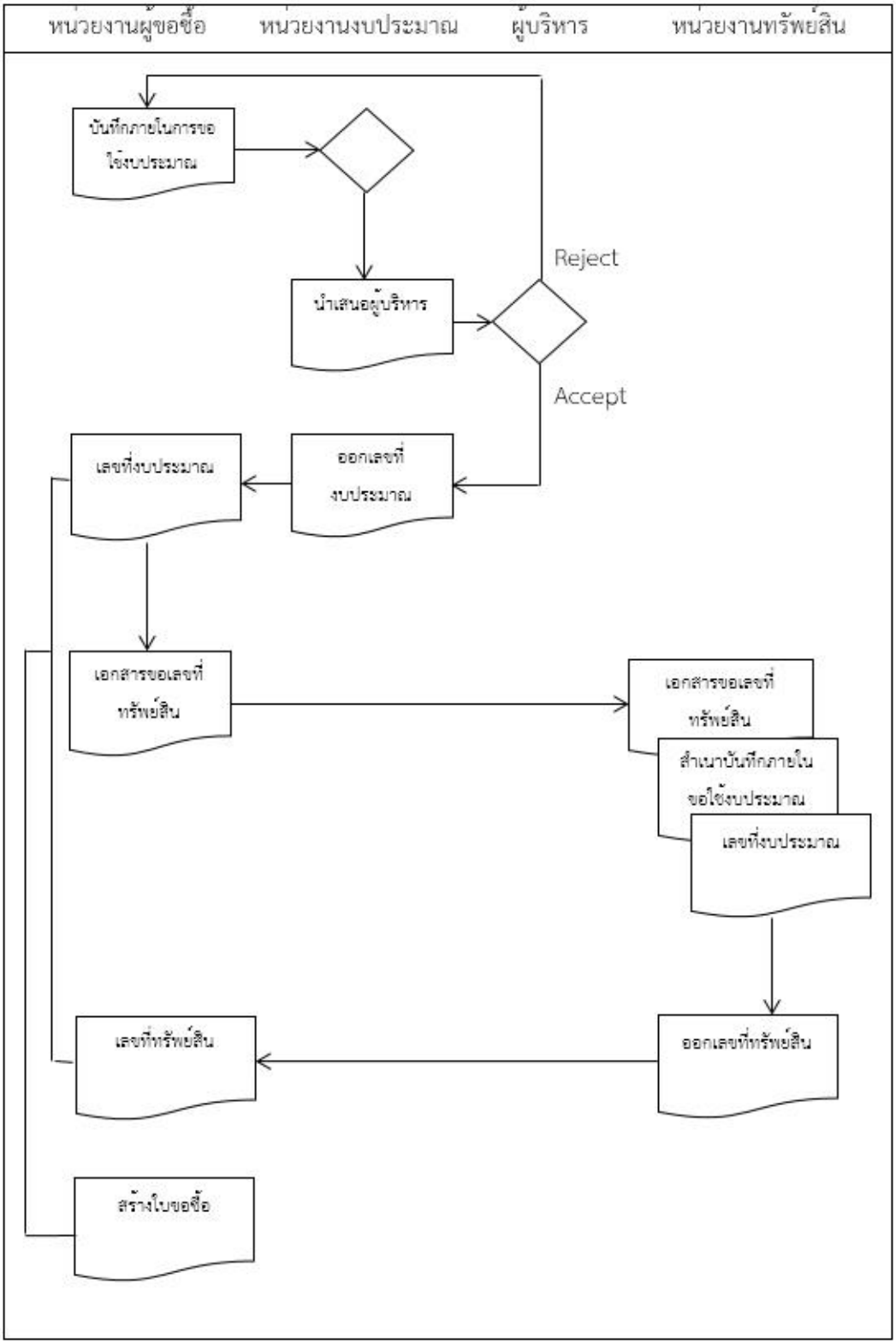
(7) การจัดทำเอกสารต่างๆ ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองในงบประมาณของเอกสาร และทำให้เกิดความล่าช้าในการจัดทำเอกสาร

(8) เมื่อมีการเปลี่ยนบุคลากร จะต้องมีการเรียนรู้การจัดทำเอกสารต่างๆ ทุกครั้ง ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและพัฒนาระบบการจัดการทรัพย์สิน โดยได้นำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการศึกษา ดังที่จะนำเสนอในหัวข้อต่อไป

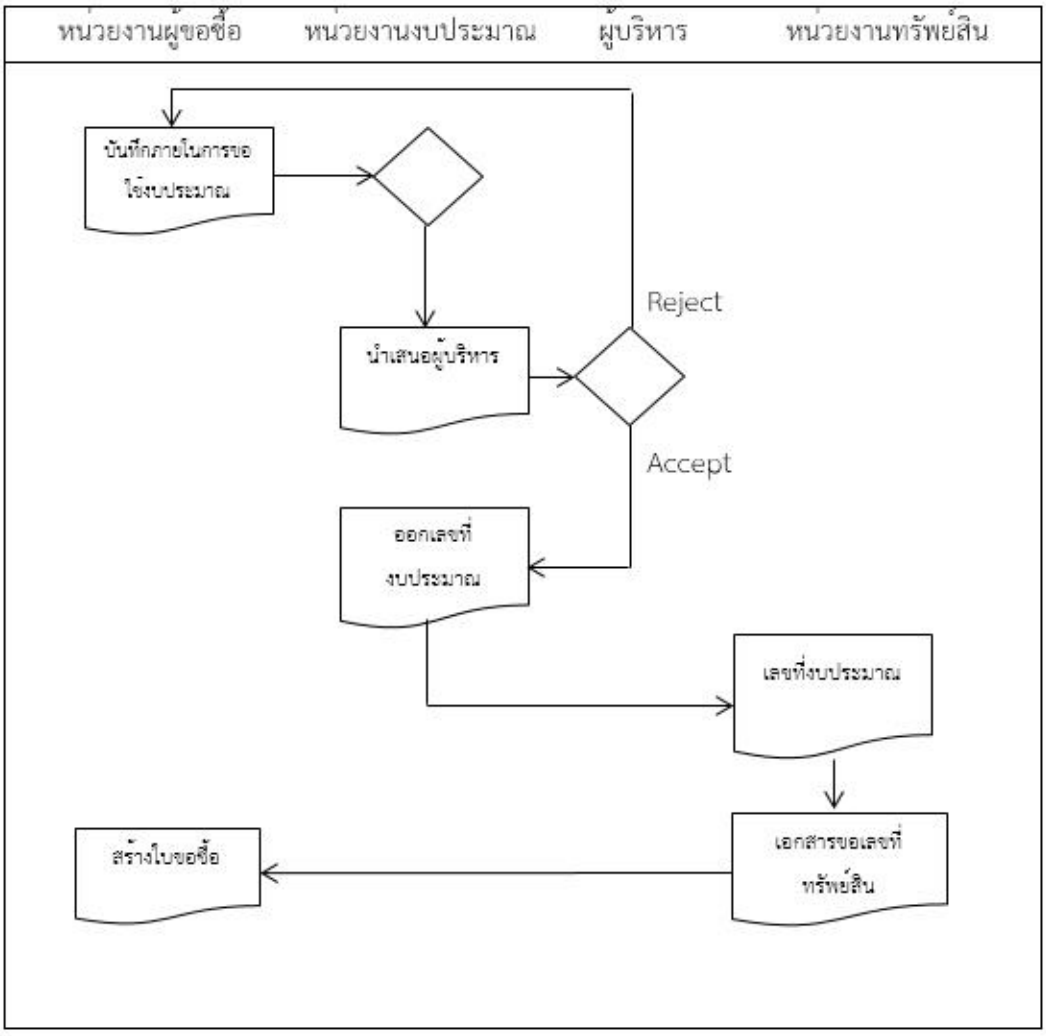
3.7 ออกแบบระบบการจัดการทรัพย์สิน

จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการดำเนินงานระหว่างระบบเดิม และระบบใหม่ ดังนี้



รูปที่ 1 แผนผังขั้นตอนการขอซื้อทรัพย์สินระบบเดิม

(1) ระบบเดิม หน่วยงานผู้ขอซื้อต้องจัดทำเอกสารใบขอเลขที่งบประมาณ และเสนอให้ผู้จัดการฝ่ายลงนามอนุมัติในเอกสาร และส่งเอกสารขอเลขที่งบประมาณไปให้หน่วยงานงบประมาณ โดยผ่านพนักงานส่งเอกสาร ส่วน



รูปที่ 2 แผนผังขั้นตอนการขอซื้อทรัพย์สินระบบใหม่

ระบบใหม่ หน่วยงานผู้ขอซื้อสามารถแนบเอกสารขอเลขที่งบประมาณในระบบสารสนเทศ และระบบจะแจ้งเตือนไปยังผู้มีอำนาจอนุมัติ เพื่อให้ผู้ที่มีอำนาจอนุมัติ สามารถเข้ามาอนุมัติในระบบสารสนเทศได้ทันที

(2) ระบบเดิม เมื่อหน่วยงานงบประมาณสร้างเลขที่งบประมาณจะส่งเอกสาร และเลขที่งบประมาณดังกล่าวกลับไปยังหน่วยงานผู้ขอซื้อทรัพย์สิน โดยผ่านพนักงานส่งเอกสาร และผู้ขอซื้อทรัพย์สินจะกรอกแบบฟอร์มขอดำเนินการทรัพย์สิน ส่งให้หน่วยงานทรัพย์สิน เพื่อขอเลขที่ทรัพย์สิน ส่วนระบบใหม่ เมื่อหน่วยงานงบประมาณออกเลขที่งบประมาณแล้ว จะนำเลขที่งบประมาณดังกล่าว กรอกเข้าสู่ระบบสารสนเทศ และระบบจะแจ้งเตือนไปยังหน่วยงานทรัพย์สิน เพื่อให้หน่วยงานทรัพย์สินออกเลขที่ทรัพย์สิน

(3) ระบบเดิม เมื่อหน่วยงานทรัพย์สินสร้างเลขที่ทรัพย์สิน จะส่งเอกสารใบขอดำเนินการทรัพย์สินกลับไปยังหน่วยงานผู้ขอซื้อทรัพย์สิน โดยผ่านพนักงานส่งเอกสาร ส่วนระบบใหม่ เมื่อหน่วยงานทรัพย์สินออกเลขที่ทรัพย์สินแล้ว จะนำเลขที่ทรัพย์สินดังกล่าว กรอกเข้าสู่ระบบสารสนเทศ และระบบจะแจ้งเตือนไปยังหน่วยงานผู้ขอซื้อ เพื่อให้ผู้ขอซื้อทรัพย์สินนำข้อมูลที่ได้รับทั้งหมดไปสร้างเอกสารใบขอซื้อทรัพย์สิน

4. ผลการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลของขั้นตอนการขอซื้อทรัพย์สิน 100 ตัวอย่าง โดยเก็บข้อมูลทั้งระบบเดิมและระบบใหม่ ได้ข้อมูลของระยะเวลาการทำงาน จากตารางที่ 1 สามารถ

เปรียบเทียบระยะเวลาดำเนินการของแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การขอเลขที่งบประมาณ ระบบใหม่จะช่วยลดระยะเวลาการดำเนินการได้มีประสิทธิภาพกว่าระบบเดิม โดยระบบเดิมจะใช้ระยะเวลาดำเนินการ 12 ชั่วโมง และระบบใหม่จะใช้ระยะเวลาดำเนินการ 4.14 ชั่วโมง ซึ่งมีระยะเวลาการทำงานที่ลดลงถึง 8.09 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 66.18 และสามารถลดขั้นตอนในการส่งเอกสารระหว่างหน่วยงาน เนื่องจากมีการส่งข้อมูลบนระบบสารสนเทศทดแทน

ขั้นตอนที่ 2 การขอเลขทรัพย์สิน ระบบใหม่จะช่วยลดระยะเวลาการดำเนินการได้มีประสิทธิภาพกว่าระบบเดิม โดยระบบเดิมจะใช้ระยะเวลาดำเนินการ 3.50 ชั่วโมง และระบบใหม่จะใช้ระยะเวลาดำเนินการ 0.07 ชั่วโมง ซึ่งมีระยะเวลาการทำงานที่ลดลงถึง 3.42 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 97.87 และสามารถลดการใช้เอกสารแบบฟอร์มใบขอดำเนินการทรัพย์สินได้ เนื่องจากมีการส่งข้อมูลบนระบบสารสนเทศทดแทน

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างใบขอซื้อ ระบบใหม่จะช่วยลดระยะเวลาการดำเนินการได้มีประสิทธิภาพกว่าระบบเดิม โดยระบบเดิมจะใช้ระยะเวลาดำเนินการ 1.75 ชั่วโมง และระบบใหม่จะใช้ระยะเวลาดำเนินการ 1.25 ชั่วโมง ซึ่งมีระยะเวลาการทำงานที่ลดลงถึง 0.50 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 28.55 และสามารถลดขั้นตอนในการส่งเอกสารระหว่างหน่วยงาน เนื่องจากมีการส่งข้อมูลบนระบบสารสนเทศทดแทน

ในภาพรวมระยะเวลาดำเนินการทั้งหมด ระบบเดิมจะมีระยะเวลาการทำงานที่ช้ากว่าระบบใหม่ โดยระบบเดิมจะใช้ระยะเวลาดำเนินการ 17.48 ชั่วโมง และระบบใหม่จะใช้ระยะเวลาดำเนินการ 5.46 ชั่วโมง ซึ่งมีระยะเวลาการทำงานที่ลดลงถึง 12.02 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 68.74

5. สรุป และอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

(1) ปัญหาในปัจจุบันของระบบการจัดทรัพย์สิน ของกลุ่มตัวอย่าง สามารถสรุปได้ดังนี้

- ความล่าช้าในการสืบค้นข้อมูล และการรับ-ส่งข้อมูล
- การจัดเก็บรักษาข้อมูล ที่มีความซับซ้อน และมีการสูญหายของข้อมูลได้ง่าย
- การรายงานผลของสินทรัพย์เป็นไปได้ยาก และใช้เวลาในการจัดทำรายงานที่ค่อนข้างนาน
- มีการบริหารจัดการทรัพย์ที่ซับซ้อน และขั้นตอนในการดำเนินการต่าง ๆ ที่มีความยุ่งยาก และทำให้เกิดความล่าช้าในการบริหารจัดการทรัพย์สิน

(2) แนวคิดการพัฒนาและออกแบบระบบสารสนเทศระบบการบริหารจัดการทรัพย์สิน ของกลุ่มตัวอย่าง

- ระบบการบริหารจัดการทรัพย์สิน ควรมีการใช้ระบบเครือข่าย ในการรับ-ส่งข้อมูล เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลต่างๆ
- ระบบการบริหารจัดการทรัพย์สิน ควรมีการจัดเก็บเอกสารหรือข้อมูลต่างๆ ไว้บนระบบเครือข่าย เพื่อให้สามารถสืบค้นข้อมูลได้ง่าย และการจัดเก็บเอกสารมีความปลอดภัยมากขึ้น
- ระบบการบริหารจัดการทรัพย์สินที่ใช้งานบนระบบเครือข่าย สามารถรายงานผลการดำเนินการต่างๆ ได้โดยอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงรายงานต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

(3) ปัญหาและข้อเสียสำหรับระบบใหม่

- เนื่องจากระบบการบริหารจัดการทรัพย์สินที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา เป็นเรื่องใหม่สำหรับพนักงานภายในองค์กร ดังนั้นจึงต้องจัดให้มีการอบรมการใช้งาน ให้ความรู้แก่พนักงานภายในองค์กรที่มีหน้าที่โดยตรงและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในการใช้ระบบสารสนเทศ และเพื่อให้การใช้ระบบระบบเครือข่าย ในการรับ-ส่งข้อมูลเกิดความสะดวกและรวดเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลต่างๆ
- การนำฐานข้อมูลเดิมมาจากระบบเก่าเข้ามาบันทึกไว้ในระบบใหม่ อาจเป็นไปได้ยาก เนื่องจากระบบเดิมมีการใช้งานที่ผ่านระบบบุคลากรและเอกสาร ไม่ได้มีการใช้งานผ่านระบบคอมพิวเตอร์
- การจัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศ อาจมีความเสี่ยงด้านข้อมูลสูญหาย หากระบบโปรแกรมหรือระบบไฟฟ้ามีปัญหา

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระยะเวลาการทำงานของระบบเดิม และระบบใหม่ (นาที)

ตัวอย่าง	ระบบเดิม	ระบบใหม่	ตัวอย่าง	ระบบเดิม	ระบบใหม่	ตัวอย่าง	ระบบเดิม	ระบบใหม่
1	15.50	6.17	35	22.18	5.40	69	19.15	5.28
2	15.25	5.68	36	22.75	5.41	70	18.90	5.36
3	17.25	5.81	37	13.25	5.38	71	15.78	5.37
4	13.18	5.36	38	12.50	5.36	72	19.25	5.39
5	11.20	5.85	39	28.75	5.38	73	17.20	5.23
6	23.25	6.36	40	10.35	5.48	74	18.20	5.40
7	14.80	5.81	41	19.25	5.56	75	12.25	5.47
8	14.75	5.98	42	14.18	5.39	76	20.95	5.27
9	14.70	5.82	43	16.30	5.43	77	18.65	5.36
10	14.25	5.83	44	16.25	5.57	78	16.80	5.37
11	19.50	5.86	45	16.70	5.53	79	18.15	5.37
12	25.25	5.41	46	23.70	5.66	80	11.90	5.54
13	8.25	5.41	47	24.25	5.48	81	13.65	5.55
14	14.25	5.32	48	12.65	5.26	82	11.65	5.56
15	26.68	5.48	49	13.50	5.38	83	22.75	5.22
16	24.25	5.51	50	13.25	5.37	84	17.50	5.26
17	22.30	5.48	51	16.80	5.38	85	17.25	5.36
18	22.15	5.38	52	12.75	5.33	86	16.25	5.46
19	26.70	5.44	53	14.65	5.43	87	18.15	5.36
20	24.25	5.42	54	16.68	5.40	88	16.30	5.23
21	13.65	5.35	55	15.75	5.48	89	17.75	5.38
22	20.30	5.40	56	20.50	5.53	90	17.05	5.36
23	27.20	5.53	57	13.85	5.46	91	16.70	5.27
24	13.25	5.53	58	20.25	5.48	92	14.18	5.41
25	35.25	6.00	59	20.18	5.39	93	14.30	5.32
26	21.30	5.38	60	12.65	5.38	94	12.65	5.36
27	24.25	5.41	61	12.75	5.48	95	11.75	5.55
28	23.20	5.36	62	14.25	5.51	96	12.00	5.43
29	13.68	5.51	63	21.30	5.36	97	10.28	5.42
30	21.90	5.38	64	21.95	5.36	98	14.25	5.61
31	14.25	5.33	65	18.00	5.33	99	19.30	5.21
32	14.30	5.37	66	18.60	5.40	100	12.70	5.36
33	12.25	5.41	67	22.35	5.40			
34	23.15	5.38	68	15.65	5.38			

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้ บทความนี้ มีความสอดคล้องกับการพัฒนาโปรแกรม RE Management เพื่อการจัดการฐานข้อมูลเครื่องมือ/

อุปกรณ์วิจัย ของสุนิษา คงพิพัฒน์ และคณะ (2559) กล่าวคือ การนำเอาโปรแกรม RE Management มาใช้สามารถอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติของเจ้าหน้าที่ ในด้านการเรียกดูข้อมูล สามารถเรียกดูข้อมูล ค้นหาข้อมูล ได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้นและถูกต้องแม่นยำ ช่วยลดระยะเวลาในการปฏิบัติ ช่วยลดการใช้กระดาษในการสำเนาเอกสารอีกด้วย

บทความนี้ มีความสอดคล้องกับ การพัฒนาโปรแกรมบันทึกทางการพยาบาล : การวิจัยนำร่อง ของจันทร์ทิรา เจียรณัย (2559) กล่าวคือ เมื่อนำโปรแกรมเข้ามาใช้ กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าโปรแกรมดังกล่าวทำให้การบันทึกข้อมูลต่างๆ โดยรวมอยู่ในระดับที่ดีมาก สามารถสืบค้นข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยจัดเก็บ รักษาชุดเอกสาร ได้อย่างปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และช่วยลดปัญหาต่างๆ ในการสืบค้นข้อมูลอีกด้วย

บทความนี้ มีความสอดคล้องกับ การพัฒนาโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลเพื่อลดเวลาการสืบค้นข้อมูลของเครื่องจักร กรณีศึกษา บริษัทผลิตเครื่องจักรอัดขึ้นรูปโลหะแผ่น ของสมเกียรติ อับดุลเลาะ และอรรถกร เก่งพล (2559) กล่าวคือ โปรแกรมใหม่ที่นำมาจัดการฐานข้อมูล เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ สามารถลดระยะเวลาในการค้นหาข้อมูลที่มีระบบการจัดการฐานข้อมูลใหม่ จากโปรแกรมเดิมใช้เวลาในการดำเนินการด้านการให้บริการงานซ่อมเครื่องจักรเฉลี่ย 65 นาที หลังจากนำโปรแกรมใหม่เข้ามาใช้เหลือเวลาในการดำเนินการเพียง 20 นาที ใช้เวลาลดลงคิดเป็นร้อยละ 69.23 ด้านงานบริการให้คำปรึกษาลูกค้า ใช้เวลาดำเนินการเฉลี่ย 69 นาที หลังจากนำโปรแกรมใหม่เข้ามาใช้เหลือเวลาในการดำเนินการเพียง 22 นาที ใช้เวลาลดลงคิดเป็นร้อยละ 68.11 จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมใหม่สามารถช่วยลดระยะเวลาการดำเนินการได้ ทำให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบเดิม

6. ข้อเสนอแนะ

(1) ระบบใหม่มีการลดขั้นตอนการดำเนินงาน ขั้นตอนการส่งเอกสารผ่านพนักงานส่งเอกสาร และลดการใช้เอกสาร ซึ่งช่วยให้ระยะเวลาการดำเนินงานในภาพรวมลดลงได้ แต่ยังคงเหลือการใช้เอกสารในการนำเสนองบประมาณให้ผู้บริหารลงนามอนุมัติ ซึ่งถ้าสามารถลดการใช้เอกสารในขั้นตอนนี้ลงได้ และใช้การลงนามอนุมัติผ่านระบบสารสนเทศแทน จะช่วยให้ขั้นตอนในการดำเนินการลดลงได้มากยิ่งขึ้น

(2) หากหน่วยงาน องค์กร บุคคล หรือผู้ที่สนใจจะทำการศึกษาระบบการจัดการทรัพย์สิน สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ไปประยุกต์และปรับใช้ เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ของระบบการจัดการทรัพย์สินภายในหน่วยงาน องค์กร และอีกทั้งยังสามารถให้บุคคลหรือผู้ที่สนใจสามารถนำไปใช้ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ของปัญหาระบบการจัดการทรัพย์สินเพิ่มเติมได้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุนิษา คงพิพัฒน์, ณัฑฐา ภัทรวิสิฐเศรษฐ์ และณฐมน ทองใบอ่อน. 2559. การพัฒนาโปรแกรม RE Management เพื่อการจัดการฐานข้อมูลเครื่องมือ/อุปกรณ์วิจัย, วารสาร Mahidol R2R e-Journal, 3(2), หน้า 13-22.

[2] จันทร์ทิรา เจียรณัย. 2559. การพัฒนาโปรแกรมบันทึกทางการพยาบาล: การวิจัยนำร่อง, วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา, 22(2), หน้า 93-110.

[3] สมเกียรติ อับดุลเลาะ และอรรถกร เก่งพล. 2559. การพัฒนาโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลเพื่อลดเวลาการสืบค้นข้อมูลของเครื่องจักร กรณีศึกษา: บริษัทผลิตเครื่องจักรอัดขึ้นรูปโลหะแผ่น, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26(1), หน้า 75-84.

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Marketing

ID026

คุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ ความน่าเชื่อถือของแบรนด์ และความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

Demographic Characteristics, Brand Reliability and Brand Confidence Affecting the Loyalty of Moshi Moshi Shop, Thai Brand Products in Japanese Style, Tesco Lotus Suphanburi Branch

ชุตินันท์ วิลามาศ[1*]
[1]สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[*]E-mail: chutinun.wila.56@gmail.com

Chutinun Wilamas[1*]
[1]Marketing, Faculty of Business Administration and Information Technology,
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
[*]E-mail: chutinun.wila.56@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ และความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi เพื่อเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi จำแนกตามคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ และเพื่อศึกษาความน่าเชื่อถือของแบรนด์และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ลูกค้าที่ซื้อ/เคยซื้อ สิ้นค้าของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัส สุพรรณบุรี จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบสะดวก เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t-test one-way ANOVAs และการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหูคูณ ผลการวิจัยพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ และความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi อยู่ในระดับมากที่สุด ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า เพศที่แตกต่างกัน มีความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี มีอำนาจการทำนายร้อยละ 55.50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำหลัก ความน่าเชื่อถือของแบรนด์, ความเชื่อมั่นในแบรนด์, ความจงรักภักดี

Abstract

The purposes of this research were to study the level of the opinion about brand reliability factors, brand confidence factors and loyalty of Moshi Moshi shop. To compare the opinion concerning the loyalty of Moshi Moshi shop by demographic characteristics and to study brand reliability factors and brand confidence factors affecting the loyalty of Moshi Moshi shop, Thai brand products in Japanese style, Tesco Lotus Suphanburi branch. The samples were 400 customers who bought/used to purchase products of Moshi Moshi shop, Thai brand products in Japanese style, Tesco Lotus Suphanburi branch by using convenient random methods. The instrument was questionnaires. The data were analyzed by descriptive statistics including; frequency, percentage, mean, standard deviation, t-test, one-way ANOVAs, and multiple regression analysis. The results showed that the respondents had opinion concerning brand reliability factors, brand confidence factors and loyalty of Moshi Moshi shop at the highest level. The hypothesis testing showed that customers who bought/used to purchase products of Moshi Moshi shop which different in gender had loyalty to the services of Moshi Moshi shop, Thai brand products in Japanese style, Tesco Lotus Suphanburi branch differently at the statistical significance level of .05. While Brand reliability factors and brand confidence factors affect the loyalty of Moshi Moshi, Thai brand products in Japanese style, Tesco Lotus Suphanburi branch with the predictive power of 55.50 per cent, at the statistical significance level of .05.

Keywords: Brand reliability factor, Brand confidence factor, Loyalty

1. บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

Moshi Moshi ร้านไทยสไตล์ญี่ปุ่น มีสาขาตั้งอยู่ทั่วประเทศ ย้อนกลับไปช่วงปลายปี 2559 ร้าน Moshi Moshi เปิดสาขาแรกที่แพลตตินั่ม แฟชั่นมอลล์และจากสาขาแรกนั้น ภายในเวลาไม่ถึงสามปี สามารถขยายไปได้เกินกว่า 70 สาขาทั่วประเทศและสามารถสร้างยอดขายดีได้ในแทบทุกสาขา โดยบริษัท โมชิ โมชิ เจแปน จำกัด ปี 2559 รายได้ 61 ล้านบาท ทำกำไร 6.5 ล้านบาท ปี 2560 รายได้ 438 ล้านบาท ทำกำไร 55 ล้านบาทปี 2561 รายได้ 1,286 ล้านบาท ทำกำไร 105 ล้านบาท เติบโตขึ้นถึงปีละ 718% และ 293% ตามลำดับ [1] ร้าน Moshi Moshi มีจุดขายที่มีความเป็นญี่ปุ่น และนำเสนอภาพลักษณ์นี้มาโดยตลอดด้วยการจำหน่ายสินค้าที่ใช้ในชีวิตประจำวันทั่วไป แต่พิเศษตรงที่สินค้าเหล่านั้นมีการออกแบบในสไตล์โมเดิร์น-มินิมอล และมีความน่ารัก น่าสนใจ ตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมายที่เป็นวัยรุ่น สินค้าทุกชิ้นที่วางจำหน่ายผ่านการคัดเลือกมาแล้วว่าตรงกับความต้องการของผู้กลุ่มเป้าหมาย สำหรับการตกแต่งของร้านก็จะเป็นไปในทิศทางเดียวกับสินค้าที่จำหน่าย ซึ่งสื่อถึงความเป็นญี่ปุ่นอย่างชัดเจน การที่ร้านสามารถคงจุดยืนไว้ได้ ทำให้ลูกค้ามีความเชื่อมั่นว่าเมื่อเข้ามาใช้บริการในร้านแล้วจะได้สินค้าสไตล์ไหนตอบสนองความพึงพอใจได้ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการซื้อซ้ำ และจุดขายอีกอย่างของร้านค้าประเภทนี้ คือ เรื่องราคาของสินค้าที่มีราคาประหยัด สามารถดึงดูดความสนใจของลูกค้าได้ โดยมีราคาเริ่มต้นที่ 20 บาท ตรงกับคอนเซปท์ของร้านที่ระบุว่า "Let Us Be Part of Your Everyday Life" หรือ การเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันลูกค้า เมื่อความต้องการของลูกค้ามากขึ้น ทำให้มีการแข่งขันที่รุนแรงคู่แข่งขันที่ทำตลาดอยู่ก่อนแล้ว

และมีลักษณะคล้ายกัน เช่น ร้านโตคูยะ เป็นร้านสไตลญี่ปุ่นขายสินค้าในราคา 60 บาททุกอย่าง ร้าน Miniso ที่มีลักษณะเป็น Japanese Designer Product ร้าน ไดโซะที่มีลักษณะเช่นเดียวกัน จำหน่ายสินค้าในราคา 60 บาท [2] จากการที่มีคู่แข่งขันในตลาดจำนวนมาก และค่อนข้างแข็งแกร่ง ส่งผลทำให้ร้าน Moshi Moshi ต้องทำกลยุทธ์ทางการตลาดอย่างหนัก โดยการขยายสาขาใหม่ไปเปิดยังพื้นที่อื่น ๆ Moshi Moshi ซึ่งยังมีจุดยืนของตนเองโดยเลือกที่จะไม่มีการขายแฟรนไชส์ บริษัททำการตลาดโดยการเลือกเปิดสาขาใหม่เอง ซึ่งทำให้บริษัทสามารถบริหารจัดการร้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมคุณภาพได้ การขยายสาขาจะมีการศึกษาพฤติกรรมของลูกค้าก่อนที่จะทำการขยายสาขาไปยังพื้นที่อื่น ๆ ทำให้ร้านสาขาใหม่สามารถอยู่รอดได้ ไม่ต้องทนแบกรับการขาดทุน จนเป็นภาระของสาขาอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเลือกที่ตั้งของร้านสาขาใหม่ในห้างสรรพสินค้าระดับทั่วไป ที่มีคนทุกระดับมาใช้บริการ โดยเฉพาะกลุ่มเป้าหมายทำให้โอกาสในการขายสินค้ามีมากขึ้น และยังคงเน้นจุดแข็งของร้านค้าที่ขายสินค้าสไตล์ญี่ปุ่น น่ารัก ในราคาที่จับต้องได้ ต้องยอมรับว่า Moshi Moshi คืออีกหนึ่งร้านที่ประสบความสำเร็จ และมีความโดดเด่นด้านผลิตภัณฑ์ของญี่ปุ่นซึ่งมักจะได้รับความนิยม และขายดีอยู่เสมอ ลูกค้าที่ซื้อผลิตภัณฑ์หรือใช้บริการธุรกิจของญี่ปุ่นให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจหลายๆ อย่าง ตั้งแต่คุณภาพไปจนถึงรูปลักษณ์ที่สวยโดนใจ ความเรียบง่าย ความน่ารัก ตลอดจนการใส่ใจรายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ จนกลายเป็นเอกลักษณ์ของร้าน

จากเหตุผลข้างต้นจะเห็นได้ว่า Moshi Moshi ร้านไทยสไตล์ญี่ปุ่น เป็นร้านขายสินค้าที่ได้รับความนิยมจากคนไทย ซึ่งมียอดขายเพิ่มขึ้นอย่างมากในแต่ละปีนั้น แสดงให้เห็นว่าจะมีลูกค้าทั้งเก่าและใหม่มาใช้บริการอย่างสม่ำเสมอ เพราะมีความน่าเชื่อถือ และเชื่อมั่นในการให้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี ที่เปิดเป็นสาขาแรกในจังหวัดสุพรรณบุรี ทำให้ลูกค้าชาวจังหวัดสุพรรณบุรีรู้จักแบรนด์ Moshi Moshi เป็นที่แรก และติดตลาดได้อย่างรวดเร็ว เพราะสินค้ามีคุณภาพ น่าสนใจ และราคาถูกเหมาะกับค่าครองชีพ จึงทำให้ลูกค้าเกิดความน่าเชื่อถือ และเชื่อมั่นในแบรนด์ ปัจจุบันนี้มีลูกค้าที่มีความสนใจเลือกซื้อสินค้าอย่างต่อเนื่อง ทั้งลูกค้าใหม่ และลูกค้าเก่าที่มีพฤติกรรมการซื้อซ้ำ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษางานวิจัย เรื่อง คุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ ความน่าเชื่อถือของแบรนด์ และความเชื่อมั่นในแบรนด์ ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี เพื่อให้ร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่นได้นำผลการวิจัยมาปรับใช้ในการพัฒนากลยุทธ์ในการให้บริการลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ และความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี จำแนกตามคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์

2.3 เพื่อศึกษาปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ประชากรศาสตร์ โดย [3] กล่าวว่า ปัจจัยส่วนบุคคลประกอบไปด้วย อายุ เพศ ลักษณะครอบครัว รายได้ อาชีพ การศึกษา ปัจจัยเหล่านี้นิยมใช้ในการแบ่งส่วนการตลาดที่สำคัญและค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดของประชากรจะช่วยกำหนดกลุ่มเป้าหมายทางการตลาดรวมทั้งง่ายต่อนำมาวิเคราะห์มากกว่าตัวแปรอื่นตัวแปรด้านประชากรศาสตร์ นอกจากนี้ [4] ได้ให้ความหมายของลักษณะทางประชากรศาสตร์ไว้คล้ายคลึงกันโดยกล่าวว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์หมายถึงข้อมูลเกี่ยวกับตัวบุคคล เช่น อายุ เพศ การศึกษา อาชีพ รายได้ ศาสนา และเชื้อชาติ ซึ่งมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคซึ่งโดยทั่วไป

แล้วใช้เป็นลักษณะพื้นฐาน ที่นักการตลาดมักจะนำมาพิจารณาสำหรับการแบ่งส่วนตลาด โดยนำมาเชื่อมโยงกับความต้องการความชอบและอัตราการใช้สินค้าของผู้บริโภค

สรุปลักษณะประชากรศาสตร์ คือ ข้อมูลเกี่ยวกับบุคคล เช่น อายุ เพศ การศึกษา อาชีพ รายได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการนำมาวิเคราะห์เป็นตัวแปรด้านประชากรศาสตร์

3.2 ความน่าเชื่อถือของ Brand โดย [5] กล่าวว่า ความน่าเชื่อถือไว้วางใจได้คือองค์การให้การบริการตรงกับสัญญาที่ให้กับลูกค้าการให้บริการต้องมีความเหมาะสมและได้ผลลัพธ์ที่ได้ต้องมีความสม่ำเสมอจะทำให้ลูกค้ารู้สึกว่าบริการที่ได้รับนั้นมีความน่าเชื่อถือสามารถให้ความไว้วางใจได้ความน่าเชื่อถือที่เกิดจากความซื่อสัตย์ความจริงใจความสนใจถือเป็นส่วนสำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งที่จะส่งผลในการขยายฐานลูกค้าและมีการบอกต่อ นอกจากนี้ [6] ยังพบว่า ความไว้วางใจมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับการกำหนดข้อผูกมัดเพื่อบ่งบอกปฏิสัมพันธ์ของลูกค้าและองค์การความวางใจแสดงสภาพความเป็นจริงเมื่อผู้บริโภคจำนวนหนึ่งเกิดความเชื่อมั่น โดยมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความน่าเชื่อถือ (Reliability) และความซื่อสัตย์ต่อกัน (Integrity) มีความใกล้ชิดขนานกับแนวความคิดทางการตลาดที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องบุคลิกภาพ

จึงสรุปความน่าเชื่อถือของ Brand ความน่าเชื่อถือทำให้เกิดความไว้วางใจที่มาจากองค์ประกอบ ความซื่อสัตย์ความจริงใจ ซึ่งเป็นพื้นฐานของผู้บริโภคที่จะส่งผลถึงความเชื่อถือ และเกิดการบอกต่อ

3.3 ความเชื่อมั่นของ Brand โดย [5] ให้ความหมายของความเชื่อมั่นว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความสามารถให้เกิดความเชื่อมั่นเกิดขึ้นแก่ลูกค้า ผู้ให้บริการจะต้องมีศักยภาพที่บ่งบอกว่ามีความสามารถในการบริการที่ดี ความสามารถในการ ให้บริการเพื่อให้ผู้รับบริการบรรลุวัตถุประสงค์ด้วยความสุภาพ นุ่มนวล กิริยามารยาทงาม บอกกล่าว สื่อสารอย่างชัดเจน และตอกย้ำให้ผู้รับบริการมั่นใจว่าจะได้รับบริการที่ดีที่สุด และ [6] กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของผู้บริโภคสามารถ ประเมินได้จากความเชื่อมั่นของผู้รับบริการ ซึ่งผู้ให้บริการแต่ละองค์การมีโอกาสได้รับความเชื่อมั่น จากผู้รับบริการแตกต่างกัน และจะเกิดการประเมินได้เมื่อผู้รับบริการ รับบริการเสร็จเรียบร้อย การบริการนั้นจะถูกเปรียบกับข้อตกลงก่อนการใช้บริการที่ผู้ให้บริการกำหนดไว้ หากผู้รับบริการบรรลุวัตถุประสงค์ ความเชื่อมั่นจะเกิดขึ้น ความเชื่อมั่นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการระบุข้อตกลง เพื่อแสดงสัมพันธภาพระหว่างลูกค้าและองค์กร ความเชื่อมั่นคือสภาพความเป็นจริงเมื่อคนจำนวนหนึ่งเกิดความเชื่อมั่น ในขณะที่ผู้รับบริการมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความเชื่อถือ (Reliability) และความซื่อสัตย์ (Integrity) โดยมีความสัมพันธ์ใกล้ชิด และขนานกับกรอบแนวคิดที่ศึกษาเรื่องบุคลิกภาพและ จิตวิทยา

สรุปความเชื่อมั่นของ Brand ความเชื่อมั่นของผู้บริโภคเกิดจากการให้บริการที่มีศักยภาพ การสื่อสารที่ชัดเจน ความเชื่อมั่นจะเกิดจากการที่มั่นใจว่าผู้ให้บริการมีความซื่อสัตย์ มีความสัมพันธ์อันดีกับผู้ให้บริการมีกิริยามารยาทสุภาพ เพื่อทำให้เกิดความพึงพอใจสูงสุด

3.4 ความจงรักภักดี โดย [7] ได้ทำการศึกษาพบว่า ความจงรักภักดีในตราสินค้าเกิดจากปัจจัยหกส่วนคือ ความมีอคติการตอบสนองความต่อเนื่องการตัดสินใจซื้อการมีหลายทางเลือกและการซื้อซ้ำ นอกจากนี้ [8] ได้แบ่งความจงรักภักดีออกเป็น 2 ประเภทดังนี้ 1) ความจงรักภักดีด้านอารมณ์ เป็นความไว้วางใจความเชื่อมั่นและความปรารถนาดีของผู้ใช้งานที่มีต่อสินค้าหรือบริการของธุรกิจภายใต้สภาวะจิตใจที่รู้สึกยินดีเมื่อได้ใช้บริการ และ 2) ความจงรักภักดีที่เกิดจากเหตุผล เป็นการที่ผู้ใช้งานได้รับการบริการและรู้สึกชื่นชอบเต็มใจที่ได้ใช้บริการซึ่งเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานและเติมเต็มในสิ่งที่ผู้ใช้งานต้องการ

สรุปความจงรักภักดีเกิดจากการที่ผู้บริโภคมีความเชื่อถือของ Brand สินค้า และความเชื่อมั่นของ Brand สินค้า จนเกิดเป็นความชื่นชอบและเกิดการซื้อซ้ำ

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย [9] ศึกษางานวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณภาพการให้บริการที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีการใช้บริการธุรกิจสปา ในจังหวัดอุดรธานี [10] ศึกษางานวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีของลูกค้า : กรณีศึกษาร้านก๋วยเตี๋ยวเนื้ออาคเนย์ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

และ [11] ผลกระทบด้านกลยุทธ์ธุรกิจคุณภาพการบริการของร้านค้าปลีกและคุณภาพสินค้าที่มีอิทธิพลต่อความภักดีของลูกค้า :กรณีศึกษา สินค้า Do – It – Yourself ของร้านค้าปลีก

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยสามารถกำหนดสมมติฐานการวิจัยและกรอบแนวคิด ดังนี้

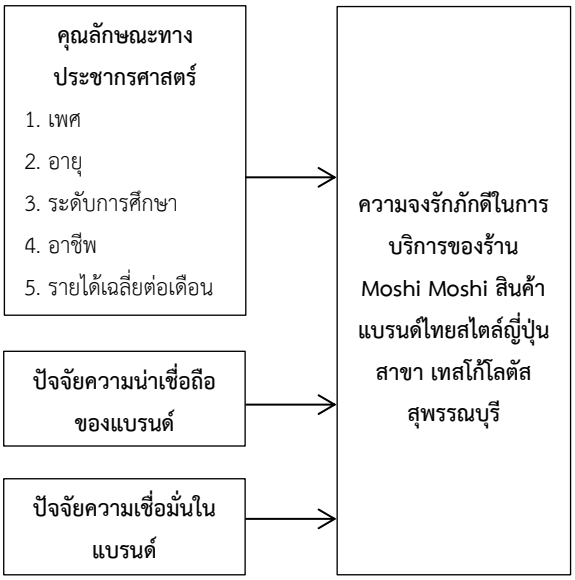
สมมติฐานการวิจัย

1. คุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่แตกต่างกันมีความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรีแตกต่างกัน

2. ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

3. ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ลูกค้าที่ซื้อ/เคยซื้อสินค้าของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัส สุพรรณบุรี ไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ลูกค้าที่ซื้อ/เคยซื้อ สินค้าของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัส สุพรรณบุรี โดยการคำนวณจากสูตรของคอแครน [12] กำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ที่ความคลาดเคลื่อน ±5% ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 385 คน และเพื่อป้องกันความผิดพลาดของผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลจำนวน 400 คน และใช้วิธีการสุ่มแบบสะดวก ก่อนการแจกแบบสอบถามจะมีการสอบถามก่อน ซื้อ/เคยซื้อ สินค้าของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัส สุพรรณบุรีมาแล้วใช่หรือไม่

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยคำถามชนิดปลายปิดแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list)

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

ส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

ส่วนที่ 4 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

โดยส่วนที่ 2-4 มีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละระดับความคิดเห็น คือ มากที่สุด (5) มาก (4) ปานกลาง (3) น้อย (2) และน้อยที่สุด (1) และการแปลความหมายค่าคะแนนเฉลี่ย ความคิดเห็นที่แต่ละด้าน ดังนี้ 4.21 - 5.00 (เห็นด้วย

มากที่สุด) 3.41 - 4.20 (เห็นด้วยมาก) 2.61 - 3.40 (เห็นด้วยปานกลาง) 1.81 - 2.60 (เห็นด้วยน้อย) และ 1.00 - 1.80 (เห็นด้วยน้อยที่สุด) ทั้งนี้แบบสอบถามมีค่าความตรงตามเนื้อหา โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence Index : IOC พบว่า คำถามทุกข้อมีค่ามากกว่า 0.50 และแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (Alpha Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค พบว่า ทุกด้านมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.70 [13] และค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับอยู่ที่ 0.974 จึงจะถือได้ว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ในการศึกษาได้อย่างเหมาะสม

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่มีผู้รวบรวมไว้ทั้งหน่วยงานของรัฐ และเอกชน ได้แก่ หนังสือ วิชาการ บทความ วิทยานิพนธ์ และรายงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต ด้านแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ได้จากการใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 ตัวอย่าง

4.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบค่าที่แบบอิสระ (Independent samples t-tests) การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVAs: F-tests) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประชากรศาสตร์

ผลการวิเคราะห์พบว่า ลูกค้าที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 240 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 อายุ 21-25 ปี จำนวน 212 คน คิดเป็นร้อยละ 53.00 การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี จำนวน 183 คน คิดเป็นร้อยละ 45.75 มีอาชีพนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 160 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 และมีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท จำนวน 113 คน คิดเป็นร้อยละ 28.75

5.2 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ และความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้ โลตัสสุพรรณบุรี

ผลการวิจัยพบว่า ลูกค้ามีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.61, S.D. = 0.43) ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.61, S.D. = 0.44) และความจงรักภักดี อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.43)

5.3 ผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี จำแนกตามคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี จำแนกตามเพศ (t-test)

คุณลักษณะทางประชากรศาสตร์	*F*	*P*
เพศ	9.313	0.025*

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่า เพศ ที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบความคิดเห็นเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี จำแนกตามคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ (one-way ANOVAs: F-tests)

คุณลักษณะทางประชากรศาสตร์	*F*	*P*
อายุ	1.947	0.102
ระดับการศึกษา	1.360	0.247
อาชีพ	0.155	0.961
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	1.276	0.273

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรีไม่แตกต่างกัน

5.4 ผลการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

ในการวิเคราะห์ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณเส้นตรง (Multiple Regression Analysis) โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน มีค่าเท่ากับ 0 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 เสมอ

2. การตรวจสอบจากปัญหา Multicollinearity กล่าวคือ ตัวแปรอิสระทั้งหมดจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง โดยใช้สถิติตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลาย ๆ ตัวด้วยค่าสถิติ Collinearity Statistics ผลที่ได้มี 2 ค่า คือ ค่า Tolerance มีค่าเท่ากับ 0.446 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.10 และค่า Variance Inflation Factor (VIF)มีค่าเท่ากับ 2.241 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10 แสดงว่าไม่มีปัญหา Multicollinearity หรือไม่เกิดสหสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ

3. การตรวจสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมีค่าระหว่าง 0.648 – 0.744 (r น้อยกว่า 0.80) [13] แสดงถึงตัวแปรอิสระทุกตัวไม่มีปัญหา Multicollinearity

4. ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน โดยพิจารณาจากค่า Durbin-Watson มีค่า 2.011 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 1.50 – 2.50 [13] แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างตัวแปรมีความอิสระต่อกัน

เมื่อทดสอบเงื่อนไขข้างต้น สรุปได้ว่า ชุดข้อมูลเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด จึงวิเคราะห์ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรีได้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

ตัวแปร	ความจงรักภักดี			t	p
	B	SE	β		
ค่าคงที่	0.957	0.166		5.749	0.000
ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์	0.238	0.051	0.234	4.674	0.000*
ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์	0.553	0.050	0.556	11.125	0.000*
Adjust R Square = 0.555 R = 0.747 R Square = 0.557 Durbin–Watson = 2.011					

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยนำตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรทำนายเข้าทั้งหมดเพื่อดูว่าตัวแปรเหล่านี้มีตัวแปรที่สามารถร่วมทำนายตัวแปรตามได้ โดยใช้สถิติถดถอยเชิงพหุคูณแบบEnter (Enter Multiple

Regression Analysis) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่า มีตัวแปรทำนาย 2 ตัวแปร คือ ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี โดยตัวแปรอิสระทั้งหมด 2 ตัวแปร ดังกล่าวสามารถร่วมกันทำนายความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร มีอำนาจทำนายประมาณร้อยละ 55.50 (Adjust R Square = 0.555)

เมื่อนำค่าสถิติต่าง ๆ มาสร้างสมการพยากรณ์ จะได้สมการพยากรณ์ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี ดังนี้

สมการคะแนนดิบ คือ

$\hat{Y}$ = 0.957 + 0.238 (ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์) + 0.553 (ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์)

หรือเขียนในรูปคะแนนมาตรฐาน

Z_y = 0.234 (ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์) + 0.556 (ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์)

6. อภิปรายผลการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 คุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่แตกต่างกัน มีความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี แตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า

เพศ ที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะ ร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี เป็นร้านขายสินค้าญี่ปุ่นและส่วนใหญ่เป็นสินค้าชิ้นเล็ก ๆ ซึ่งตอบสนองความต้องการของผู้หญิงเป็นส่วนใหญ่ เช่น กระเป๋า แก้วน้ำ ตุ๊กตา เป็นต้น ซึ่งผู้มาใช้บริการส่วนใหญ่ก็เป็นผู้หญิง ส่วนสินค้าที่เป็นชิ้นใหญ่ ๆ ที่เหมาะสมกับผู้ชายก็จะซื้อนาน ๆ ครั้ง ทำให้การตัดสินใจเข้าร้านน้อยลง จึงทำให้เพศหญิงกับเพศชายมีความจงรักภักดีในการบริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับงานวิจัย [9] เรื่อง การศึกษาคุณภาพการให้บริการที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีการใช้บริการธุรกิจสปา ในจังหวัดอุดรธานี ที่พบว่า เพศ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อระดับความจงรักภักดีการใช้บริการสปาแตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 2 ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์และส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี ผลการวิจัยพบว่า

ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี ทั้งนี้เพราะ สินค้าทุกชิ้นในร้านมีคุณภาพและมาตรฐานที่ดี มีเอกลักษณ์ และมีตราสินค้าเป็นแบรนด์ของตนเอง นอกจากนี้ร้านยังใส่ใจรายละเอียดกับสินค้าทุกชิ้น รวมทั้งมีการใส่ใจรายละเอียดลูกค้าทุกรายที่เข้ามาใช้บริการ พนักงานให้บริการด้วยความซื่อสัตย์เสมอ จึงทำให้สอดคล้องกับงานวิจัยของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี มีความน่าเชื่อถือของแบรนด์จากลูกค้าเสมอ สอดคล้องกับงานวิจัย [10] เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีของลูกค้า : กรณีศึกษาร้านก๋วยเตี๋ยวเนื้ออาคเนย์ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ที่พบว่า ความน่าเชื่อถือและไว้วางใจส่งผลต่อความจงรักภักดีในตราสินค้าของลูกค้า

สมมติฐานที่ 3 ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี

ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี ทั้งนี้เพราะ ร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี เป็นแบรนด์สินค้าที่มีคนรู้จักโดยขายสินค้าในสไตล์ญี่ปุ่นลูกค้าสนใจของสินค้า เพราะสินค้ามีความน่ารัก สวยงาม การออกแบบที่ไม่ซ้ำใครและเป็นแบรนด์ที่ไม่เหมือนใคร สินค้ามีคุณภาพดี ซึ่งเหมาะสมกับ

สไตล์ของคนส่วนใหญ่ที่มาใช้บริการ สอดคล้องกับงานวิจัย [11] เรื่อง ผลกระทบด้านกลยุทธ์ธุรกิจคุณภาพการบริการของร้านค้าปลีกและคุณภาพสินค้าที่มีอิทธิพลต่อความภักดีของลูกค้า :กรณีศึกษา สินค้า Do – It – Yourself ของร้านค้าปลีก ที่พบว่า ด้านความเชื่อมั่นมีอิทธิพลต่อความภักดีของลูกค้า

7. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

1. เพศที่แตกต่างกันมีความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี แตกต่างกัน โดยเพศหญิงมีความจงรักภักดีมากกว่าเพศชาย ร้าน Moshi Moshi ควรนำสินค้าที่ตอบสนองความต้องการของผู้ชายมาจำหน่ายเพิ่มมากขึ้น เช่น อุปกรณ์กีฬา เกมส์ เป็นต้น

2. ปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์ ร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขา เทสโก้โลตัสสุพรรณบุรี ควรมีการจัดประชาสัมพันธ์สินค้าอย่างทั่วถึงเพื่อให้ลูกค้าได้รู้จักตราสินค้าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ควรมีประกันสินค้าที่ลูกค้าซื้อไป เพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในการใช้บริการเพิ่มมากยิ่ง รวมทั้งการมีโปรโมชั่นเพื่อเป็นทางเลือกให้กับลูกค้า

3. ปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ ควรให้ความสำคัญกับความเชื่อมั่นกับสินค้าร้าน Moshi Moshi โดยเน้นในเรื่องการนำเสนอสินค้าในชีวิตประจำวันทั่วไป และมีการออกแบบในสไตล์โมเดิร์น-มินิมอล รวมไปถึงการจัดตกแต่งร้านให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับสินค้าที่วางขาย นอกจากนี้ควรมีการสอบถามและให้คำแนะนำรายละเอียดกับสินค้าแก่ลูกค้าอยู่เสมอ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาปัจจัยอื่นซึ่งอาจมีผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น สาขาเทสโก้โลตัสสุพรรณบุรีเช่น ปัจจัยด้านคุณภาพให้การบริการ ภาพลักษณ์องค์กร เป็นต้น

2. ควรมีการขยายขอบเขตในการศึกษาให้ครอบคลุมร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่นสาขาอื่นเพื่อให้เกิดการศึกษาและวิเคราะห์ที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. ควรมีการศึกษารูปแบบของวิจัยเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์ผลของปัจจัยความน่าเชื่อถือของแบรนด์และปัจจัยความเชื่อมั่นในแบรนด์ที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีในการใช้บริการของร้าน Moshi Moshi สินค้าแบรนด์ไทยสไตล์ญี่ปุ่น

เอกสารอ้างอิง

[1] DBDDataWarehouse. ข้อมูลงบการเงิน งบแสดงฐานะทางการเงิน DBD. สืบค้นวันที่ 15 กันยายน 2562, จาก : https://datawarehouse.dbd.go.th/login

[2] Positioning. ผ่าธุรกิจ ร้านราคาเดียว เกาะกระแสญี่ปุ่น ดูแพงขายถูก ปูพรมสาขา ตลบหลังค้าปลีกซบออนไลน์. สืบค้นวันที่ 15 กันยายน 2562, จาก : https://positioningmag.com/1152434

[3] ศิริวรรณ เสรีรัตน์. (2550). พฤติกรรมผู้บริโภค. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ บริษัท ธีระฟิล์ม และไซเท็ก จำกัด.

[4] Hanna, N., & Wozniak, R. (2001). Consumer behavior and applied approach. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall.

[5] Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., and Berry, L. L. (1994). “Reassessment of Expectation of Comparison Standard in Measuring Service Quality: Implication for Further. Research. Journal of Marketing 58 (January), pp. 111-124.

[6] Morgan, R.M. and Hunt, S.D. (1994). The Commitment-Trust Theory of Relationship Marketing. Journal of Marketing, 58, 20-38.

[7] Jacoby, J. & Kyner, D. B. (1973). Brand loyalty vs. repeat purchasing behavior. Journal of Marketing Research, 10 (Feb), 1-9.

[8] Stone, Woodcock, and Machtynger (2000). Customer Relationship Markting: Get to Know Your Customer and Win Their Loyalty, Kogan Page.

[9] ศศิประภา พรหมทอง. 2561. การศึกษาคุณภาพการให้บริการที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีการใช้บริการธุรกิจ

สปา ในจังหวัดอุดรธานี, วารสารวิจัยรำไพพรรณ, ปีที่ 12 ฉบับที่ 3, หน้า 99-107.

[10] ธงสรวง ศรีธัญรัตน์ และธรรมวิมล สุขเสริม. 2563. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความจงรักภักดีของลูกค้า : กรณีศึกษาร้านก๋วยเตี๋ยวเนื้ออาคเนย์ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี, วารสารวิจัยวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1, หน้า 38-52.

[11] ปิยพล ควรสุทธิ์. 2558. ผลกระทบด้านกลยุทธ์ธุรกิจ คุณภาพการบริการของร้านค้าปลีกและคุณภาพสินค้าที่มีอิทธิพลต่อความภักดีของลูกค้า :กรณีศึกษา สินค้า Do – It – Yourself ของร้านค้าปลีก, วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ, ปีที่ 6 ฉบับที่ 3, หน้า 80-92.

[12] ธีรวุฒิ เอกะกลุ. 2543. ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.อุบลราชธานี: สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

[13] กัลยา วานิชย์บัญชา. 2550. การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับบริหารและวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ID053

Effect of Consumer Perception Process towards Sustainability Marketing on Brand Equity of Coffee Stores X

Chuenjit Changchenkit
Department of Marketing, Faculty of Business Administration,
Kasetsart University
E-mail: fbuscjc@ku.ac.th

Abstract

The coffee stores X, in this empirical study, played the important role to promote sustainability marketing concept and made it the real practice in business. The objectives of this research were set to explore consumer perception process towards sustainability marketing of coffee stores X and its effect on brand equity of coffee stores X. Quantitative research consisting of 400 samples were employed to those who bought products from coffee stores X within a year. Samples were collected through online surveys by convenience sampling method. The results showed that consumer perception process towards sustainability marketing of coffee stores X were in high level from every factor, that is, stimulus factors, sensing factors and response factors. Additionally, Brand equity of coffee stores X were in high level from every measure, except market behavior measures, which were evaluated in highest level. Consumer perception process in the response parts played the highest impact on over all brand equity of coffee stores X. It was recommended that coffee stores X company should enhance its own brand equity through loyal customers' response to be part of those who sustained the world by changing their own behaviors to use bioplastic and upcycling products. Besides, more contact points should be added to inform consumers about sustainable marketing practice, especially salespeople in the stores and knowledge sharing among customers.

Keywords: Consumer Perception Process, Sustainability Marketing, Brand Equity, Coffee Stores.

1. Introduction

Sustainability marketing plays an important role to businesses in a decade. Consumers seem to concern about the money they have spent for the benefit of the world not for the firms. The concept aims to create long term benefit to customers, social and natural environment. The idea from sustainability marketing can represent consumers' perception and attitudes, thus making the effect on buying behavior [1]. The research has focused on the empirical study of coffee stores X who have employed the concept of sustainability marketing since 2018 through bio plastic coffee cups, using PBS or Phosphate-buffered saline compound as the main raw material. The company's bio cups are biodegradable and compostable. Besides, in the year of 2020, the company has launched the "circular living" concept, utilizing the upcycling idea to make furniture decorated inside and outside the coffee stores X, tote bags, stationery bags, and so on for commercialization. Initiated in the year of 2002, the coffee stores X operated in Thailand more than 3,025 stores nationwide in the year of 2019 and planed to open for more than 4,000 stores in the year of 2022. After launching the bio plastic coffee cups and circular living concept, the coffee stores X enjoyed the sales revenues increase steadily to around 420 million US dollars in the year of 2018 and had been awarded " Brand of the Year : National Tier 2019 – 2020 " from World Branding Forum in the year of 2019 [2]. The company's sustainability marketing had, therefore, been

perceived from consumers to a certain level. Positive brand perception can affect consumers' trust, making stronger brand equity. It was noted that consumers' positive brand experiences could increase the brand equity and result in repetitive purchasing behavior [3]. With regard to brand equity, it was indicated that brand equity could be used to evaluate marketing program success and value of the brand assessment [4]. Brand equity measurements were identified from five components, that is, brand loyalty, perceived quality, brand associations, brand awareness and market behavior [5]. Successful product brands with strong brand equity could happen in a successful corporate who have a clear and consistent sustainability marketing [6].

The research questions have been pointed on how consumers perceived the sustainability marketing concept on bio plastic cups and circular living idea of coffee store X. Besides, hypothesis were set to test the effect of consumer perception process towards sustainability marketing on brand equity of coffee stores X .

2. Objective of the study

2.1 To analyze consumer perception process towards sustainability marketing of coffee stores X.

2.2 To measure brand equity of coffee stores X brand.

2.3 To analyze effect of consumer perception process towards sustainability marketing on brand equity of coffee stores X.

3. Literature Review

3.1 Sustainability Marketing

Sustainability marketing as a marketing process to build and maintain sustainable relationship with customers, the social environment and the natural environment demands that there should have a cooperative change among producers and consumers. Producers change their operation process, raw material sources, packaging, and distribution method. Meanwhile, consumers change their mindset to help the future environment, the better society and the sustainable economy. Consumers select the eco products that are good to the world in the future. Both producers and consumers should coordinate together to push the sustainable products for success [7].

Sustainability marketing model has five components, as follows [6].

1. Socio – Ecological problems: to analyze the situation that cause the problems for society and nature.

2. Consumer behavior: to analyze consumers' perception, attitudes and responses to sustainable products.

3. Sustainability marketing values and objectives: to set the goal of corporate plan to create a value to nature and society.

4. Sustainability marketing strategies and marketing mix: to set the sustainable marketing mix,

C- Customers Solution

C- Cost

C- Convenience

C- Communication

5. Sustainable marketing transformation: to create the change from inside to outside the organization.

3.2 Consumer Perception Process

Consumer perception process begins from stimulus, that is, the message consumers expose through channel of communication, either personal or non – personal communication channel. Next, consumers senses and interpret the meaning of the message they have received. Five sensory perceptions include sight, smelling, hearing, tasting and touching. Finally, consumers response to the concept of the message that they have remembered and reacted to the concept [8]. Consumers' perception process is, therefore, one of the psychological factors in consumers' stimulus - response model, thus influencing

consumer response [9].

3.3 Brand Equity

Brand Equity has been defined as " the set of associations and behavior on the part of a brand's customers, channel members and parent corporation that permits the brand to earn greater volume or greater margins than it could without the brand name "[10]. Keller gives the definition of brand equity as the differential effect of brand knowledge on consumer response to the marketing of the brand [4]. The brand equity concept reinforces how important the brand is in marketing strategies. Brand equity can signify marketing performance of a brand in the market. Brand image and brand loyalty have a positive effect on brand equity [11]. It is noted that there are various model analysis of brand equity. While Keller focuses on brand knowledge, comprising of brand awareness, brand image, brand response and brand relationship [4], Aaker suggests that brand equity has five dimensions, that is, brand loyalty, perceived quality, brand associations, brand awareness and market behavior [12]. Additionally, Aaker raises ten set of measures from five brand equity dimensions, called "The Brand Equity Ten" [5] as folllows,

1.Loyalty Measures : consumer's price premium acceptance and customer loyalty.

2.Perceived Quality Measures : consumer's percetion towards product or service quality and consumers' perception on brand leadership.

3.Association Measures : consumer's perceived value of product or service, organization associations and product brand personality.

4.Awareness Measures : consumer's brand awareness.

5. Market Behavior Measures : market share and price and distribution indices.

In this research, questions have been constructed upon the opinions of consumers towards brand equity ten measures as mention earlier.

4. Research Methodology

The research approach was descriptive research. Data collection had been done from respondents who were customers of coffee stores X in Bangkok. 400 samples were collected via online by convenience sampling method with those who bought products from coffee stores X within a year of the research period.

Statistical data has been analyzed by using frequency, percentage, and mean. Questions with ordinal scale were analyzed. Hypothesis testing has been constructed to analyze correlations between consumer perception process towards sustainability marketing and brand equity of coffee stores X. Multiple regression analysis has been employed to analyze the effect of consumer perception process towards sustainability marketing on brand equity of coffee stores X. For the reliability test, overall Cronbach's alpha value of the questionnaire was 0.870, meaning pass for reliability checking. Conceptual framework was described
in figure1.

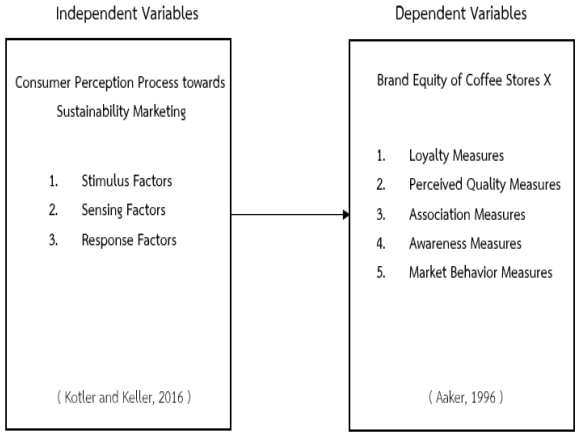


Figure 1 Conceptual Framework

5. Findings

The results showed that most of the respondents were female, ages between 31-40 years old, single, held bachelor degree or above, working in private companies and earned monthly income of 30,000-50,000 Baht. According to the study, key results had been revealed as follows,

5.1 Consumer Perception Process

Consumer perception process had been analyzed into three factors from first step of stimulus exposure, then interpretation or sensing, and action or response to the information that consumers had got. Result showed in table1.

Table 1 Level of consumer perception process towards sustainability marketing of coffee stores X

Consumer Perception Process	Level of Perception		
	Mean	S.D.	Level
1. Stimulus Factors : Which contact points consumers have exposed to about bio- cup and circular living concept of coffee stores X ?	**3.56**	**1.002**	**High**
1.1 Paid advertising such as Billboard, printed media, social media , etc.	3.91	0.958	High
1.2 In - store media	4.11	0.892	High
1.3 Social media of coffee stores X	3.82	1.079	High
1.4 Social Media of other sources	3.63	1.054	High
1.5 Salespeople	2.87	1.321	Moderate
1.6 Friends	3.00	1.301	Moderate
2. Sensing Factors : What kind of the information that consumers had got about bio- cup and circular living concept of coffee stores X?	**3.86**	**1.000**	**High**

Table 1 (Continued)

Consumer Perception Process	Level of Perception		
	Mean	S.D.	Level
2.1 Ingeo Signage on bio cups, signifying that they had been made from 100% agricultural waste.	3.63	1.288	High
2.2 Eco-Board inside stores.	3.73	1.051	High
2.3 Upcycling tote bags made from coffee sacks.	3.65	1.291	High
2.4 Interesting design of upcycling furniture and products that could help our environments and better world.	4.21	0.988	Highest
2.5 Clear and odorless of bio cup and upcycling furniture and produ	4.16	0.921	High
2.6 Coffee Stores X were the first coffee company who use bio cups and upcycling furniture and products in the stores.	3.76	1.020	High
3. Response Factors : What were consumers' response to coffee stores X 's bio cups use and circular living concept ?	**4.02**	**0.864**	**High**

Table 1 (Continued)

Consumer Perception Process	Level of Perception		
	Mean	S.D.	Level
3.1 Coffee Stores X were in consumers' top of mind when thinking about bio cup use in coffee stores.	3.82	1.109	High
3.2 Coffee Stores X were in consumers' top of mind when thinking about circular living concept for better world.	3.89	1.007	High
3.3 Bio cup use and circular living concept of coffee stores X could help build brand trust for the stores.	4.01	0.963	High
3.4 Willing to pay for sustainable products despite higher cost.	3.90	1.061	High
3.5 Engage in coffee stores X events as part of sustainability practice about bio cups and circular living concepts.	4.01	0.857	High
3.6 Recommend to others about bio cups and circular living concepts of coffee stores X.	4.08	0.933	High
3.7 Be loyal to the brand of coffee stores X in the future.	4.44	0.665	Highest
Overall	**3.81**	**0.934**	**High**

From table1, result revealed that respondents perceived sustainability marketing of coffee stores X in a high level from every factor, especially response factors that gained the top average mean score. However, when considered from each factor, some factors had been perceived in a medium level, that is, stimulus from salespeople of coffee stores X and words of mouth among consumers and friends. On the other hands, respondents responded in a highest level that they would be loyal to the brand of coffee stores X in the future.

5.2 Brand Equity of Coffee Stores X

There were five factors of brand equity measurement, as described in table 2.

Table 2 Brand Equity Measurement of Coffee Stores X

Brand Equity Measurement	Level of Agreement		
	Mean	S.D.	Level
1. Loyalty Measures : How could consumers be loyal to coffee stores X?	**4.02**	**0.812**	**High**
1.1 Accept price increase when company had to bear high cost from raw materials of sustainable products.	3.70	1.027	High
1.2 Be more loyal to coffee stores X from its own sustainability marketing.	3.96	0.879	High
1.3 Feel admired to coffee stores X brand from sustainability marketing strategy for better world.	4.40	0.722	Highest

Table 2 (Continued)

Brand Equity Measurement	Level of Perception		
	Mean	S.D.	Level
2. **Perceived Quality Measures** : What did consumers think about coffee stores X's perceived quality?	**4.12**	**0.749**	**High**
2.1 Raw materials including products and services were in high standard.	4.01	0.810	High
2.2 Coffee stores X were the leader of coffee stores business in Thailand.	4.14	0.798	High
2.3 Coffee stores X were the leader of sustainability marketing strategy for the better economic, social and natural environment.	4.22	0.777	Highest
3. **Association Measures** : What were the things consumers associated coffee stores X with in their top of minds?	**4.03**	**0.817**	**High**
3.1 High standard of raw materials, products and services in coffee business.	4.06	0.833	High
3.2 Good business practice of sustainability marketing.	4.13	0.818	High
3.3 Brand personality in the type of ruggedness and compassion for others.	3.89	0.924	High

Table 2 (Continued)

Brand Equity Measurement	Level of Agreement		
	Mean	S.D.	Level
4. Brand Awareness Measures : What made consumers be aware of coffee stores X ?	**4.12**	**0.829**	**High**
4.1 A firm who concerned for environment and sustainability.	4.21	0.761	Highest
4.2 A firm who created innovation for better environment and sustainable world in the future.	4.20	0.808	High
4.3 Coffee stores X were Thai firms winning World Branding Awards.	3.95	1.050	High
5. Market Behavior Measures : What did consumers think about coffee stores X from its performance in the market?	**4.22**	**0.781**	Highest
5.1 Coffee stores X expanded business into international market.	4.04	0.976	High
5.2 Coffee stores X were the leader of coffee store business in Thailand that had been accepted widely by consumers.	4.45	0.681	Highest
5.3 Coffee stores X could create value and differentiate themselves from competitors both from local and international market.	4.19	0.846	High
Overall	**4.10**	**0.768**	**High**

According to table 2, overall brand equity of coffee stores X were measured in a high level. Coffee stores X had a highest brand equity in market behavior factors, signifying that the key factors contributing to high brand equity of coffees store X were their own strategic marketing management in the market. The objective of strategic marketing plan was to gain acceptance from consumers. Besides, innovation from sustainability marketing, being the leader in sustainability marketing strategy implementation and setting the corporate brand promise to save the world as well as sustain the environment, all could strengthen brand equity of coffee stores X.

5.3 Hypothesis Testing

In this research, hypothesis has been set and tested by employing Pearson Correlation analysis, described as follows,

H0 : There is no relationship between consumer perception process and brand equity measurement of coffee stores X (r = 0).

H1 : There is a relationship between consumer perception process and brand equity measurement of coffee stores X (r > 0 or r < 0).

According to table 3, the result illustrated that H0 has been rejected, that is, in over all, consumer perception process could explain positively brand equity measurement of coffee stores X in a high level (r = 0.963) at a significance level of 0.01. When considering from each factors of consumer perception process, it was found that stimulus factors, sensing factors and response factors all had a positive relationship with brand equity measurement of coffee stores X in a high level (r = 0.927, 0.936 and 0.960, respectively).

Table 3 Pearson Correlation between consumer perception process and brand equity measurement of coffee stores X

Consumer Perception Process	Brand Equity Measurement					
	LM	PM	AM	BM	MB	Over all
1. Stimulus Factors r value	0.897	0.893	0.903	0.895	0.878	**0.927**
Sig.(2-tailed)	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
2. Sensing Factors r value	0.905	0.915	0.906	0.899	0.886	**0.936**
Sig.(2-tailed)	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
3.Response Factors r value	0.924	0.925	0.935	0.927	0.913	**0.960**
Sig.(2-tailed)	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
4.Overall r value	0.929	0.932	0.936	0.928	0.912	**0.963**
Sig.(2-tailed)	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**

Note: ** Significance Level 0.01

LM = Loyalty Measures
PM = Perceived Quality Measures
AM = Association Measures
BM = Brand Awareness Measures
MB = Market Behavior Measures

Besides, researcher has conducted linear regression analysis between predictor variables, that is, consumer perception process and outcome variables, that is, brand equity measurement in overall dimension. Result showed in table 4

Table 4 Linear Regression Analysis of Consumer Perception Process and Brand Equity Measurement in Overall Dimensions

Model	SS	df	MS	F	P Value
Regression	220.037	3	73.346	1882.158	0.000*
Residual	15.432	396	0.039		
Total	**235.469**	**399**			

Note: * Significance Level 0.05

SS = Sum of Squares
MS = Mean Square

It was noted that P value was 0.000, which was less than 0.05, signifying that both of the factors had a linear correlations. Multiple Regression between the two factors, therefore, had been employed to test the effect of consumer perception process towards sustainability marketing on brand equity of coffee stores X in overall dimension. Results were explained in table 5.

Table 5 Multiple Regression Analysis of Consumer Perception Process on Brand Equity Measurement of Coffee Stores X in overall Dimension

Model	b	SE	Beta	R	R^2	t	P Value
Constant	0.869	0.053		0.967	0.934	16.433	0.000*
Stimulus (X_1)	0199	0.027	0.260			7.845	0.000*
Sensing (X_2)	0.080	0.036	0.104			2.237	0.026*
Response (X_3)	0.551	0.043	0.620			12.915	0.000*

Note: * Significance Level 0.05

Multiple regression has been used to analyze the strength of predictor variables, that is, each factors of consumer perception process impact on outcome variables, that is, brand equity measurement of coffee stores X in overall dimension. Results revealed that every factor of consumer perception process affected brand equity measurement of coffee stores X at the significance level of 0.05 (P value was 0.000 for stimulus factors, 0.026 for sensing factors and 0.000 for response factors) . Considered from Beta coefficients, response factors played the highest impact on brand equity measurement of coffee stores X in overall dimension, followed by stimulus factors and sensing factors (Beta value were 0.620, 0.260 and 0.104 for response, stimulus and sensing factors, respectively) . The regression equation could be shown from the standardized coefficients as;

$$Y = 0.260X_1 + 0.104X_2 + 0.620X_3$$

While Y = Brand Equity Measurement of Coffee Stores X in overall dimension

X_1 = stimulus factors

X_2 = sensing factors

X_3 = response factors

6. Conclusion and Recommendation

Consumer perception process affected brand equity measurement of coffee stores X in overall dimension. Due to the highest effect from the response factors of consumer perception process on brand equity, coffee stores X should focus on activities or strategies that could help make loyal customers be part of those who sustain the world by changing their own behaviors to use bioplastic and upcycling products. It was noted that among the consumer perception process, response factors gained the highest level of perception, especially commitment to be loyal customers in the future. It signified that coffee stores X had done on their best effort to make customers positively response to the brand, thus increasing brand equity values. To gain higher brand equity, coffee stores X should focus more on stimulus factors, by using integrated marketing communication via various form of contact points such as salespeople in the stores, making a viral marketing, advertising in the online and offline media.

7.Reference

[1] Beltz F.- M. and Peattie K. 2013. Sustainability Marketing, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., Chicaster, UK.

[2] http://www.longtunman.com/19026.

[3] Beig F. A. and Ahmad F. Impact of Brand Experience on Brand Equity of Online Shopping Portals : A Study of Select E-Commerce Sites in the State of Jammu and Kashmir, Global Business Review. Retrieved from https://journals.sagepub.com/toc/GBR/0/0, June

21,2020.

[4] Keller K. L. and Swaminatham V. 2020. Strategic Brand management: Building, Measuring, and Managing Brand Equity, Pearson Education, Inc., USA.

[5] Aaker A. David. 1996. Measuring Brand Equity Across Products and Markets, California Management Review, Vol.38, No.3, Spring 1996, p.105-110.

[6] Beltz F.- M. and Peattie K. 2013. Sustainability Marketing, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., Chicaster, UK.

[7] Crane, A. and Desmond J. 2002. Societal Marketing and Morality, European Journal of Marketing, Vol.36 (5/6), p. 548-69.

[8] Lindzev and Thomson. 1998. Handbook of social psychology, 4th ed. NY: Oxford University Press.

[9] Kotler, P. and Keller K. L. 2016. Marketing Management, 15th ed. Harlow: Pearson Education, Inc., USA.

[10] Leuthesser L., Kohli S. C. and Harich K. R. 1995. Brand Equity: The Halo Effect Measure, Europeon Journal of Marketing, Vol. 29, No.4, p. 57-66.

[11] Alhaddad A. 2014. The Effect of Brand Image and Brand Loyalty on Brand Equity, International Journal of Business and Management Invention, Vol.3, Issue 5, p 28-32.

[12] Aaker A. David. (1991). Managing Brand Equity. New York : The Free Press.

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Logistics

ID075

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้รถโรงเรียน

Factors Affecting the Usage of School Buses

ธนวัฒน์ ธวัชธนไพศาล[1*] และ วิโรจน์ ศรีสุรภานนท์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[*]E-mail: thanawat.thawattana@gmail.com

Thanawat Thawattanapaisarn[1*] and Viroat Srisurapanon[2]
[1]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's University of Technology Thonburi
[*]E-mail: thanawat.thawattana@gmail.com

บทคัดย่อ

การเดินทางไปโรงเรียนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดการจราจรแออัดในช่วงเช้า จากอัตราการเพิ่มขึ้นของการมาส่งนักเรียนด้วยรถยนต์ส่วนตัวและรถจักรยานยนต์ส่วนตัวในปัจจุบัน เป็นส่วนในการสร้างปัญหาทางมลพิษและปัญหารถติดบริเวณโรงเรียน ดังนั้นการใช้รถโรงเรียนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการเดินทางไปโรงเรียนที่สามารถช่วยลดความแออัดของการจราจรได้และเหมาะกับโรงเรียนที่ไม่มีรถสาธารณะผ่านเป็นอย่างมาก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้รถโรงเรียนแบบรับส่งจากจุดที่กำหนดไปยังโรงเรียน โดยสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับ ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการจัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียน โดยการให้ผู้ปกครองประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ในการใช้รถโรงเรียนใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ และสำรวจแบบสอบถามสถานการณ์ทางเลือกสมมติในการใช้รถโรงเรียนเพื่อวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก จากพบว่าปัจจัยหลักที่ผู้ปกครองให้ความสำคัญคือด้านความปลอดภัย และตารางเวลาในการให้บริการรถโรงเรียน และพบว่าระยะทางจากที่พักอาศัยไปยังโรงเรียนยิ่งมาก ผู้ปกครองจะมีแนวโน้มการเลือกใช้รถโรงเรียนที่มากขึ้น และผู้ปกครองที่เคยให้บุตรหลานให้ใช้รถโรงเรียนมาก่อนหน้านี้ มีแนวโน้มที่จะเลือกใช้รถโรงเรียนมากกว่าผู้ที่ไม่เคยให้บุตรหลานใช้เลย

คำหลัก การเดินทางไปโรงเรียน การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก การวิเคราะห์องค์ประกอบ รถโรงเรียน

Abstract

Traveling to school is one of the problems that cause traffic jams in the morning. The growth of parents taking their children to school by private vehicles causes traffic and pollution problems near the school areas. School bus usage is an option that is appropriate for schools that has no transit. The objective of this study is to find the factors affecting the usage of school buses. The relevant factors that affect parent's decisions for choosing school buses are analyzed by explained factor analysis and binary logistic regression technique. As a result, it is found that the major factors that parents pay attention are safety and schedule of school bus service. In addition, parents tend to choose school bus mode in case of either long distance from home to school or having experienced to use school buses.

Keywords: Traveling to school, Binary logistic regression, Factor analysis, School buses

1. บทนำ

การเดินดำเนินชีวิตประจำวันของแต่ละคนนั้นส่วนใหญ่จะต้องมีการเดินทางเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอเป็นสิ่งจำเป็นไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การเดินทางไปโรงเรียนก็เป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ก่อให้เกิดการจราจรแออัดในช่วงเช้า อีกทั้งการเดินทางไปโรงเรียนยังเกิดขึ้นแทบจะทุกวันในหนึ่งสัปดาห์และช่วงเวลาการเข้าเรียนของแต่ละโรงเรียนค่อนข้างใกล้เคียงกัน จึงส่งผลให้ทุกเช้าจะมีปริมาณจราจรสูงกว่าปกติในบริเวณที่ใกล้กับโรงเรียน

จากอัตราการเพิ่มขึ้นของการมาส่งนักเรียนด้วยรถยนต์ส่วนตัวและรถจักรยานยนต์ส่วนตัวในปัจจุบัน เป็นส่วนในการสร้างปัญหาทางมลพิษ ปัญหารถติดบริเวณโรงเรียน และปัญหาด้านสุขภาพจากการขาดการออกกำลังกาย ดังนั้นการใช้รถโรงเรียนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในการเดินทางไปโรงเรียนที่สามารถช่วยลดความแออัดของการจราจรได้และเหมาะกับโรงเรียนที่ไม่มีรถสาธารณะผ่านเป็นอย่างมาก ทว่าการตัดสินใจเลือกวิธีเดินทางไปโรงเรียนนั้นไม่ได้ขึ้นกับตัวนักเรียนเพียงอย่างเดียว ผู้ปกครองเป็นส่วนที่มีบทบาทสำคัญมากในการตัดสินใจว่าจะให้บุตรหลานเดินทางไปโรงเรียนอย่างไร

รถโรงเรียนที่ให้บริการในประเทศไทย มีลักษณะการให้บริการแบบรับส่งจากบ้านของนักเรียนไปยังโรงเรียน ซึ่งการให้บริการในรูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่นิยมและคนรู้จักกันมาก ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งคือการรับส่งจากจุดที่กำหนดไว้ไปยังโรงเรียน มีลักษณะคล้ายรถโดยสารประจำทาง รถโรงเรียนแบบรับส่งนักเรียนจากบ้าน เน้นไปที่การอำนวยความสะดวกให้แก่นักเรียนผู้ใช้และตัดปัญหาเรื่องภาระการเดินทางไปส่งของผู้ปกครองได้ แต่การให้บริการรถโรงเรียนในลักษณะนี้อาจจะทำให้เส้นทางเดินรถมีความซับซ้อนและก่อให้เกิดระยะทางและระยะเวลาเดินทางที่ไม่จำเป็น อีกทั้งปัญหาความไม่ตรงต่อเวลาของนักเรียนที่ใช้รถโรงเรียนก็มีผลกระทบแบบลูกโซ่ต่อต่อนักเรียนคนอื่นๆ ที่นั่งรถโรงเรียนคันเดียวกัน จึงมักทำให้การเดินทางของรถโรงเรียนที่ให้บริการในลักษณะนี้ล่าช้ากว่าปกติ [1] ในทางกลับกันการให้บริการรถโรงเรียนแบบรับส่งจากจุดที่กำหนดไว้ไปยังโรงเรียน จะสามารถวางแผนในการจัดเส้นทางได้โดยไม่ก่อให้เกิดระยะทางและระยะเวลาเดินทางที่ไม่จำเป็น และสามารถควบคุมการเดินทางให้เป็นไปตามตารางเวลาที่กำหนดไว้ แต่ก็มีความไม่สะดวกสำหรับนักเรียนไม่สามารถเดินทางมาที่จุดจอดรถด้วยตนเองได้หรือเดินทางได้แต่ไม่สะดวก จึงเป็นสาเหตุที่ผู้ปกครองต้องใช้เวลาในการเดินทางบางส่วนเพื่อไปส่งบุตรหลานขึ้นรถโรงเรียน ซึ่งการให้บริการของรถโรงเรียนทั้งสองรูปแบบนั้นก็มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้รถโรงเรียนต่างกัน เช่น การให้บริการแบบรับส่งจากจุดที่กำหนดไปยังโรงเรียนจะต้องมีการคำนึงปัจจัยที่ผู้ปกครองจะต้องเดินทางไปส่งนักเรียนเพื่อขึ้นรถโรงเรียน แต่การให้บริการแบบรับส่งจากบ้านไปโรงเรียนจะไม่มีปัจจัยนี้เข้ามาเกี่ยวข้อง

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้รถโรงเรียนแบบรับส่งจากจุดที่กำหนดไปยังโรงเรียน

2. ทบทวนวรรณกรรม

ในปัจจุบันการเลือกรูปแบบการเดินทางไปโรงเรียนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ไม่ได้มีเพียงความสำคัญต่อตัวนักเรียนเท่านั้นการเลือกวิธีเดินทางยังส่งผลกระทบไปยังผู้ปกครองอีกด้วย ซึ่งวิธีการที่ใช้กันในประเทศไทยปัจจุบันก็มีหลายรูปแบบ เช่น เดิน จักรยาน รถจักรยานยนต์ส่วนตัว รถยนต์ส่วนตัว รถโดยสารสาธารณะ รถโรงเรียน ฯลฯ

2.1 การเลือกรูปแบบการเดินทางไปโรงเรียน

ระยะทางระหว่างที่พักอาศัยไปยังโรงเรียนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการเลือกรูปแบบการเดินทาง หากว่าระยะทางจากที่พักอาศัยไปยังโรงเรียนใกล้ รูปแบบการเดินทางที่เหมาะสมควรจะเป็นการเดินหรือการใช้จักรยาน เนื่องจากเป็นการเดินทางที่ทำได้ง่ายมีความยั่งยืน ไม่ก่อมลพิษ ช่วยลดปัญหาจราจรติดขัด และมีส่วนช่วยให้ผู้เดินทางได้ออกกำลังกายไปในตัวทำให้สุขภาพของผู้เดินทางดีขึ้นอีกด้วย [2] ทว่าการเดินทางส่วนใหญ่ของนักเรียนนั้นไม่ใช้การเดินหรือจักรยาน แต่มักพบการเดินทางด้วยพาหนะส่วนตัว จากการสำรวจวิธีการเดินทางไปโรงเรียนของ

นักเรียนโรงเรียนนาหลวงพบว่ามีการเดินหรือการใช้รถจักรยานเพียงแค่ร้อยละ 7.8 เท่านั้น แต่ในทางกลับกัน มีนักเรียนเดินทางมาโรเรียนโดยพาหนะส่วนตัวมากกว่าร้อยละ 50 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละของรูปแบบการเดินทางไปโรงเรียนของนักเรียนโรงเรียนนาหลวง [3]

รูปแบบการเดินทาง	เดินทางมาส่งนักเรียน	นักเรียนเดินทางมาเอง	รวม
รถยนต์ส่วนตัว	10.2	0.0	10.2
รถจักรยานยนต์ส่วนตัว	41.0	2.5	43.5
รถโดยสารประจำทาง	1.3	2.3	3.6
รถโดยสารสองแถว	0.8	2.3	3.2
รถกระป๋อ	2.1	8.9	11.0
รถแท็กซี่	0.6	0.0	0.6
รถจักรยานยนต์รับจ้าง	5.1	12.1	17.2
รถจักรยาน	1.5	0.4	1.9
เดิน	2.5	3.4	5.9
รถโรงเรียน	1.5	1.3	2.8
รวม	66.7	33.3	100

จากการสำรวจยังพบอีกว่าสาเหตุหลักที่ผู้ปกครองไม่อนุญาตให้นักเรียนเดินหรือใช้รถจักรยานมาโรงเรียน คือ ความรู้สึกไม่ปลอดภัยในการเดินหรือใช้จักรยาน ระยะทางที่ไกลเกินไป และอายุของนักเรียน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร้อยละของเหตุผลต่างๆ ที่ผู้ปกครองไม่อนุญาติให้เด็กเดินหรือปั่นจักรยานมาโรงเรียน [3]

เหตุผล	ไม่อนุญาตให้...เพราะ	
	เดิน	ปั่นจักรยาน
รู้สึกไม่ปลอดภัย	64.2	75.6
ระยะทางไกลเกินไป	48.8	37.0
เด็กอายุยังน้อยเกินไป	37.8	33.9
ใช้เวลาในการเดินทางนาน	24.4	16.9
สภาพทางเท้าไม่ดี	4.7	8.7
สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย	5.9	3.1

สำหรับผู้ที่อาศัยอยู่ไกลจากโรงเรียนมากรถโดยสารสาธารณะและรถโรงเรียนจึงเป็นอีกรูปแบบการเดินทางที่เหมาะสม ที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาการจราจรและปัญหามลพิษมากนัก แต่การเดินทางไปโรงเรียนของนักเรียนในกรุงเทพมหานคร เช่น บริเวณถนนสามเสนที่อยู่ในเขตตัวเมือง พบว่ากว่าร้อยละ 50 เดินทางมาด้วยยานพาหนะส่วนตัว และมีผู้เดินทางมาโรงเรียนด้วยรถโดยสารประจำทางประมาณร้อยละ 18 และใช้รถโรงเรียนประมาณร้อยละ 2 [4] หรืออีกกรณีนึง เช่น โรงเรียนรุ่งอรุณ เป็นโรงเรียนที่อยู่นอกเขตเมือง แม้ว่าร้อยละ 22 ของนักเรียนจะพักอาศัยอยู่ห่างจากโรงเรียนไม่เกิน 2 กิโลเมตร แต่กลับมีผู้ปกครองถึงร้อยละ 90 ใช้รถยนต์ส่วนตัวมาส่งบุตรหลานที่โรงเรียน สาเหตุเนื่องจากบริเวณโรงเรียนไม่มีทางเท้าที่ปลอดภัยและไม่มีรถสาธารณะผ่าน [3] และมีนักเรียนที่ใช้รถโรงเรียนประมาณร้อยละ 4 [5]

จะสังเกตได้ว่านักเรียนมักจะเดินทางมาโรงเรียนโดยใช้ยานพาหนะส่วนตัวเป็นหลัก การเลือกการเดินทางในรูปแบบนี้ผู้ปกครองจะต้องมีส่วนสำคัญในการตัดสินใจ [6] เพราะว่าผู้ปกครองส่วนใหญ่จะเป็นผู้รับผิดชอบในการเดินทางมาส่งเอง ซึ่งสาเหตุหลักในการเลือกเดินทางด้วยยานพาหนะส่วนตัวคือความสะดวกสบายและความกังวลในการให้บุตรหลานต้องไปเดินทางด้วยวิธีอื่น และในกรณีของโรงเรียนรุ่งอรุณที่ไม่มีรถโดยสารสาธารณะผ่านจึงทำให้ทางเลือกในการใช้รถโดยสารสาธารณะหมดไป ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าร้อยละ 37 ผู้ปกครองโรงเรียนรุ่งอรุณเลือกที่จะไปส่งบุตรหลานที่โรงเรียนด้วยรถยนต์ส่วนตัว มีสาเหตุเกี่ยวข้องกับรถโรงเรียนได้แก่ ไม่ได้อยู่ในพื้นที่ให้บริการของรถโรงเรียน มีสถานที่รับส่งขึ้นหรือลงรถโรงเรียนไม่เหมาะสม ไม่ไว้วางใจในการให้บริการรถโรงเรียน และความไม่ตรงต่อเวลาของรถโรงเรียน [1]

2.2 ความน่าเชื่อถือในบริการของรถโรงเรียน

ความไม่ไว้วางใจในการให้บริการรถโรงเรียนของผู้ปกครองมักเกิดขึ้นเป็นเรื่องปกติ เนื่องด้วยในประเทศไทยมีข่าวการลืมเด็กนักเรียนไว้ในรถจนเป็นเหตุให้ถึงแก่ชีวิตอยู่บ่อยครั้ง อีกทั้งยานพาหนะที่ใช้ดำเนินการเป็นรถโรงเรียนนั้นก็มีหลายรูปแบบมากทั้ง รถตู้ รถโดยสารขนาดใหญ่ รถสอง

แถว รถกระบะ ฯลฯ ซึ่งมีความน่าไว้วางใจและความปลอดภัยต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการนำมาใช้งานด้วย อย่างเช่นกรณีรถสองแถวที่นำมาใช้รับส่งนักเรียนและรับน้ำหนักบรรทุกเกินขนาดจนทำให้เสี่ยงอันตราย ทำให้เกิดความไม่น่าไว้วางใจในการใช้บริการ ดังรูปที่ 1 แต่หากมีการออกแบบและนำมาใช้งานอย่างถูกต้อง รถสองแถวก็เป็นพาหนะที่น่าเชื่อถือและปลอดภัย ดังรูปที่ 2 ได้นำรถสองแถวมาออกแบบใหม่ให้โครงสร้างหลังตาติดเข้ากับกระบะให้แข็งแรง ติดตั้งเก้าอี้นั่งกับพื้นรถให้แข็งแรง ทำประตูท้ายรถพร้อมสัญญาณแจ้งเตือนผู้ขับขี่เมื่อประตูเปิด ติดตั้งบันไดขึ้นลงซึ่งแข็งแรงแทนกันชนท้ายและไม่มีพื้นที่สำหรับการโหนท้ายรถ ติดไฟสัญญาณเหลืองอำพันรอบคันที่มองเห็นได้ชัดเจน [7]



รูปที่ 1 รถสองแถวรับส่งนักเรียนที่บรรทุกน้ำหนักเกินขนาด [8]



รูปที่ 2 รถสองแถวรับส่งนักเรียนที่น่าเชื่อถือและปลอดภัย [7]

3. วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ใช้โรงเรียนรุ่งอรุณเป็นกรณีศึกษา โรงเรียนรุ่งอรุณเป็นโรงเรียนเอกชนที่ให้การศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงระดับชั้นมัธยมปลายและนักเรียนส่วนมากเดินทางมาโรงเรียนโดยมีผู้ปกครองส่วนใหญ่ขับรถยนต์ส่วนตัวมาส่งเอง และในละแวกโรงเรียนไม่มีรถโดยสารสาธารณะผ่าน การสำรวจข้อมูลและวิธีการสำรวจข้อมูลจะแบ่งเป็นสองส่วน ดังต่อไปนี้

3.1 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการจัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียน

สำรวจข้อมูลเกี่ยวกับ ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการจัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ปกครองจำนวน 53 คน ทำโดยการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ในเดือนกุมภาพันธ์ 2563 ที่โรงเรียนรุ่งอรุณ โดยให้ผู้ปกครองประเมินระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ 14 ปัจจัย โดยใช้ระดับความสำคัญตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดย 1 คือมีความสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจน้อยที่สุด และ 5 คือมีความสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจมากที่สุด นำไปใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยโปรแกรม SPSS

3.2 การสำรวจข้อมูลจากแบบสอบถามสถานการณ์ทางเลือกสมมติ

การเก็บข้อมูลทำโดยการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้ปกครองของนักเรียนโรงเรียนรุ่งอรุณ เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ปกครอง ข้อมูลการเดินทางในปัจจุบัน และข้อมูลจากสถานการณ์ทางเลือกสมมติ โดยมีการกำหนดสถาณการณ์ ดังนี้ รถโรงเรียนที่ใช้เป็นรถโดยสารขนาด 29 ที่นั่ง เพื่อรับส่งนักเรียนของโรงเรียนรุ่งอรุณในช่วงเช้า มีลักษณะภายในและภายนอกของรถโรงเรียน ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 และตัวแปรที่ใช้ในสถาณการณ์สมมติ ได้แก่ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และ ระยะเวลาที่ผู้ปกครองใช้ในการไปส่งบุตรหลานขึ้นรถโรงเรียน และนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกด้วยโปรแกรม SPSS เพื่ออธิบายความเกี่ยวข้องของแต่ละปัจจัยกับการเลือกใช้รถโรงเรียน



รูปที่ 3 ลักษณะภายนอกของรถโรงเรียนที่ใช้เป็นตัวอย่างในสถานการณ์ทางเลือกสมมติ



รูปที่ 4 ลักษณะภายในของรถโรงเรียนที่ใช้เป็นตัวอย่างในสถานการณ์ทางเลือกสมมติ

การสำรวจข้อมูลทำโดยการใช้แบบสอบถามและการพูดคุยสัมภาษณ์กับผู้ตอบแบบสอบถาม ผ่านทางโทรศัพท์ โดยกลุ่มตัวอย่างคือผู้ปกครองโรงเรียนรุ่งอรุณ โดยสุ่มจากกลุ่มที่เคยให้บุตรหลานใช้รถโรงเรียนและกลุ่มที่ไม่เคยให้บุตรหลานใช้รถโรงเรียน และสุ่มตามระยะห่างของที่พักอาศัยกับโรงเรียนให้ข้อมูลมีการกระจายตัวกัน ซึ่งผู้ปกครองทุกคนต้องตอบแบบสอบถามในส่วน ข้อมูลทั่วไปของผู้ปกครอง ข้อมูลการเดินทางในปัจจุบัน และข้อมูลจากสถานการณ์ทางเลือกสมมติ โดยผู้ปกครองแต่ละคนจะได้ทำแบบสอบถามในส่วนสถานการณ์ทางเลือกสมมติคนละ 9 สถานการณ์ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างคือ 77 คน ทำให้ได้ข้อมูลจากการสำรวจ 693 สถานการณ์

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามสถานการณ์ทางเลือกสมมติ

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้รถโรงเรียน ทำโดยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก ประเภทของข้อมูลที่ใช้อยู่ในรูปแบบสถานการณ์ทางเลือกสมมติ ซึ่งเหมาะที่จะใช้กับสถานการณ์ที่ไม่ได้มีอยู่ในปัจจุบัน [9] จากข้อมูลสถานการณ์ทางเลือกที่มีทั้งหมด 693 สถานการณ์ จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก 623 สถานการณ์ และข้อมูลส่วนที่เหลือนำไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

4.ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับการตัดสินใจใช้รถโรงเรียน และผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามสถานการณ์ทางเลือกสมมติ

4.1 ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับกับการตัดสินใจใช้รถโรงเรียน

จากการสำรวจความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการจัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียนซึ่งมีทั้งหมด 14 ปัจจัย พบว่าปัจจัยหลัก ที่ผู้ปกครองให้ความสำคัญคือ ด้านความปลอดภัย บุคลิกของผู้ขับขี่ การมีพี่เลี้ยงคอยช่วยดูแลบนรถโรงเรียนและ ความตรงต่อเวลาของรถโรงเรียน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียน

ลำดับ	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียน	ระดับความสำคัญเฉลี่ย
1	ความปลอดภัยของระบบรถโรงเรียน	4.49
2	บุคลิกของผู้ขับขี่รถโรงเรียน	4.36
3	การมีพี่เลี้ยงบนรถโรงเรียน	4.28
4	ความตรงต่อเวลาของรถโรงเรียน	4.06
5	บรรยากาศบนรถโรงเรียน	3.87
6	อายุของบุตรหลาน	3.74
7	ระยะเวลาเดินทางจากบ้านไปถึงจุดขึ้นรถโรงเรียน	3.68
8	เวลาออกเดินทางของรถโรงเรียน	3.64

ลำดับ	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียน	ระดับความสำคัญเฉลี่ย
9	ประเภทของยานพาหนะที่ใช้เป็นรถโรงเรียน	3.47
10	เวลาที่รถโรงเรียนไปถึงโรงเรียน	3.36
11	ระยะเวลาเดินทางจากจุดขึ้นรถโรงเรียนไปถึงโรงเรียน	3.28
12	ช่วงเวลาเข้างานของผู้ปกครอง	2.98
13	อาชีพของผู้ปกครอง	2.72
14	ค่าโดยสารของรถโรงเรียน	2.68

เมื่อนำข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียนและระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก จะสามารถจัดองค์ประกอบได้ 5 องค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่มีร้อยละของความแปรปรวนมากที่สุดคือ ความปลอดภัยของระบบรถโรงเรียน รองลงมาคือ ตารางเวลาของรถโรงเรียน ภาระการงานของผู้ปกครอง ค่าโดยสารของรถโรงเรียน และอายุของบุตรหลาน ตามลำดับ โดยมีค่า KMO เป็น 0.667 และ Cronbach's alpha ของแบบสอบถามคือ 0.721 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนองค์ประกอบและร้อยละของความแปรปรวนแต่ละองค์ประกอบ

Component	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1. ความปลอดภัยของระบบรถโรงเรียน	3.991	28.507	28.507
2. ตารางเวลาของรถโรงเรียน	2.384	17.030	45.537
3. ภาระการงานของผู้ปกครอง	1.753	12.521	58.058
4. ค่าโดยสารของรถโรงเรียน	1.415	10.110	68.168
5. อายุของบุตรหลาน	1.171	8.363	76.531

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามสถานการณ์ทางเลือกสมมติ

จากการสำรวจข้อมูลจากแบบสอบถามสถานการณ์ทางเลือกสมมติ เป็นกลุ่มผู้ปกครองของโรงเรียนรุ่งอรุณ จำนวน 77 คนและมีคุณลักษณะเบื้องต้นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

คุณลักษณะ		ร้อยละ
เพศ	หญิง	68.8
	ชาย	31.2
อายุ	31 - 40 ปี	13.0
	41 - 50 ปี	79.2
	51 - 60 ปี	7.8
อาชีพ	ข้าราชการ / พนักงานรัฐวิสหกิจ	5.2
	พนักงาน / ลูกจ้างเอกชน	29.9
	ค้าขาย / ประกอบธุรกิจส่วนตัว	45.5
	ไม่ได้ประกอบอาชีพ / แม่บ้าน	19.5
รายได้ทั้งครัวเรือนต่อเดือน	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 40,000 บาท	3.9
	40,001 - 60,000 บาท	9.1
	60,001 - 80,000 บาท	19.5
	80,001 - 100,000 บาท	13.0
	100,001 - 200,000 บาท	35.1
	200,001 บาทขึ้นไป	19.5
ระยะทางจากที่พักอาศัยไปยังโรงเรียน	0 - 5 กิโลเมตร	26.0
	5.1 - 10 กิโลเมตร	32.5
	10.1 - 15 กิโลเมตร	14.3
	15.1 - 20 กิโลเมตร	7.8
	20 กิโลเมตรขึ้นไป	19.5

เมื่อนำข้อมูลสถานการณ์ทางเลือกสมมติไปวิเคราะห์ด้วยการถดถอยโลจิสติก พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้รถโรงเรียนจากสถานการณ์ทางเลือกสมมติได้แก่ จำนวนรถยนต์ที่มีในครอบครัว, การที่เคยให้บุตรหลานใช้รถโรงเรียนมาก่อน, ระยะทางจากที่พักอาศัยไปยังโรงเรียน, ค่าโดยสารของรถโรงเรียนและระยะเวลาที่ผู้ปกครองใช้เดินทางไปส่งบุตรหลานขึ้นรถโรงเรียนโดยแต่ละปัจจัยมีค่าสัมประ

สิทธิที่ได้จากการประมาณ ดังตารางที่ 6 โดยค่าของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในสมการแสดงไว้ดังตารางที่ 7 แบบจำลองมีร้อยละความถูกต้องโดยรวมของการพยากรณ์ที่ได้จากโปรแกรม ร้อยละ 78.2 ดังตารางที่ 8 และมีร้อยละความถูกต้องโดยใช้ข้อมูลส่วนที่แยกไว้ในการตรวจสอบ ร้อยละ 72.9 ซึ่งใกล้เคียงกันกับที่โปรแกรมตรวจสอบได้

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์ของตัวแปรจากการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก

Variables	B	Sig.	Exp(B)
Constant	2.460	0.000	11.705
NUM_CAR	-0.554	0.001	0.575
USE_SB	1.003	0.000	2.728
DIST(1)	0.636	0.024	1.888
DIST(2)	2.245	0.000	9.438
DIST(3)	1.471	0.013	4.352
DIST(4)	4.747	0.000	115.201
COST_SB	-0.048	0.000	0.953
PA_TT	-0.099	0.000	0.905

ตารางที่ 7 การแทนค่าของแต่ละตัวแปร

Variables	แทนค่า	ความหมาย
NUM_CAR	จำนวนรถ	จำนวนรถยนต์ที่มี (คัน)
USE_SB	0	ไม่เคยให้บุตรหลานใช้รถโรงเรียนมาก่อน
	1	เคยให้บุตรหลานใช้รถโรงเรียน
DIST(1)	0	ระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนไม่อยู่ระหว่าง 5.1 ถึง 10 กิโลเมตร
	1	ระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนอยู่ระหว่าง 5.1 ถึง 10 กิโลเมตร
DIST(2)	0	ระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนไม่อยู่ระหว่าง 10.1 ถึง 15 กิโลเมตร
	1	ระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนอยู่ระหว่าง 10.1 ถึง 15 กิโลเมตร

ตารางที่ 7 การแทนค่าของแต่ละตัวแปร (ต่อ)

Variables	แทนค่า	ความหมาย
DIST(3)	0	ระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนไม่อยู่ระหว่าง 15.1 ถึง 20 กิโลเมตร
	1	ระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนอยู่ระหว่าง 15.1 ถึง 20 กิโลเมตร
DIST(4)	0	ระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 กิโลเมตร
	1	ระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนมากกว่า 20 กิโลเมตร
COST_SB	ราคาค่าโดยสาร	ค่าโดยสารของรถโรงเรียนต่อเที่ยวต่อคน (บาท)
TT_PA	เวลาที่ใช้	ระยะเวลาที่ผู้ปกครองใช้ในการไปส่งบุตรหลานขึ้นรถโรงเรียน (นาที)

ตารางที่ 8 ร้อยละความถูกต้องในการพยากรณ์ของแบบจำลอง

Predicted / Observed	รถยนต์ส่วนตัว	รถโรงเรียน	ร้อยละความถูกต้อง
รถยนต์ส่วนตัว	330	58	85.1
รถโรงเรียน	78	157	66.8
ร้อยละความถูกต้องโดยรวม			78.2

5. สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับกับการตัดสินใจใช้รถโรงเรียน ผู้ปกครองมักคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยในการให้บริการของรถโรงเรียน ไม่ว่าจะเป็นการมีพี่เลี้ยงบนรถโรงเรียน หรือบุคลิกของผู้ขับขี่รถโรงเรียนล้วนเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตัดสินใจเลือกใช้รถโรงเรียนของผู้ปกครอง รวมถึงความสะดวกสบายในการเข้าถึงรถโรงเรียน เวลาในเดินทางจากบ้านไปถึงจุดขึ้นรถโรงเรียน และตารางเวลาในการให้บริการของรถโรงเรียนก็มีส่วนสำคัญเช่นกัน

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามสถานการณ์ทางเลือกสมมติพบว่าปัจจัยที่สำคัญในตัดสินใจ

ใช้รถโรงเรียนคือระยะทางจากที่พักอาศัยไปยังโรงเรียน ซึ่งมีแนวโน้มว่ายิ่งระยะทางจากที่พักอาศัยไปโรงเรียนไกลขึ้นก็จะเป็นการเพิ่มโอกาสในการเลือกใช้รถโรงเรียนมากขึ้น และสำหรับผู้ปกครองที่เคยให้บุตรหลานใช้รถโรงเรียนมาก่อน ก็มีแนวโน้มที่จะเลือกใช้รถโรงเรียนมากขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ผู้ปกครองให้ความสำคัญกับการตัดสินใจส่งบุตรหลานเดินทางด้วยรถโรงเรียนได้แก่ ระยะทางของที่พักอาศัยไปยังโรงเรียน ดังนั้นโรงเรียนที่มีนักเรียนอาศัยอยู่ห่างจากโรงเรียนเป็นจำนวนมาก การจัดการเดินทางในรูปแบบรถโรงเรียนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะ และการที่ผู้ปกครองเคยให้บุตรหลานใช้รถโรงเรียนมาก่อนเป็นอีกปัจจัยนึงที่มีความสำคัญในการตัดสินใจของผู้ปกครอง ดังนั้นการที่โรงเรียนได้มีการสนับสนุนหรือส่งเสริมให้ผู้ปกครองที่ไม่เคยใช้รถโรงเรียนมาก่อนได้มาทดลองใช้รถโรงเรียน ก็มีแนวโน้มที่จะมีผู้หันมาใช้รถโรงเรียนมากขึ้น ทั้งนี้รถโรงเรียนต้องมี ความปลอดภัยและระบบการให้บริการที่ดี เดินทางตรงต่อเวลา และมีพี่เลี้ยงเพื่อเพิ่มความไว้วางใจสำหรับผู้ปกครองที่บุตรหลานยังอายุน้อย

เอกสารอ้างอิง

[1] Srisurapanon, V., Siripongwutikorn, P., Wongghamkhun, C. and Karoonsoontawong, A. 2015. Designing a school bus management system, Asian Transportation Research Society, pp. 1-6.

[2] Panter, J.R., Jones, E.M., Sluijs, E.M.F., Griffin, S.J. 2009. Attitudes, social support and environmental perceptions as predictors of active commuting behaviour in school children, J Epidemiol Community Health, 2010, No. 64, pp. 41-48.

[3] สินีนาถ ใจซื่อ และวิโรจน์ ศรีสุรภานนท์. 2559. ลักษณะการเดินและปั่นจักรยานของเด็กมาโรงเรียน, น.1-7.ในรายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 21 วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ. จังหวัดสงขลา.

[4] อนนต์ศรี วงษ์ชัยสุวรรณ. 2552. รูปแบบการเดินทางของนักเรียนที่โรงเรียนตั้งอยู่บนถนนสามเสน, วิทยานิพนธ์ปริญญาการวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวางแผนภาค คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 95-96.

[5] Srisurapanon, V. 2016. The Case of Subsidizing School Bus Operations, Journal of Society for Transportation and Traffic Studies, Vol. 7, No. 4, pp. 11-19.

[6] Asamoah, G.A., Okyere, S.A. and Senayah, E.A.K. 2015. Factors influencing school travel mode choice in Kumasi, Ghana, International Journal of Development and Sustainability, Vol. 4, No. 1, pp. 1-17.

[7] Suvetwethin, D., รถนักเรียนปลอดภัย, ข้อมูลจาก http://www.thaihealth.or.th (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 เมษายน 2563).

[8] ประจวบ ผลิตผลการพิมพ์, เสี่ยงเกินไปไหม ถ้าให้ลูกนั่งรถโรงเรียน, ข้อมูลจาก http://www.csip.org (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 เมษายน 2563).

[9] ศักดิ์สิทธิ์ เฉลิมพงศ์. 2561. การวิเคราะห์ทางเลือกแบบไม่ต่อเนื่องสำหรับวิศวกรรมขนส่ง, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, หน้า 74-79.

ID090

การปรับปรุงประสิทธิภาพของการให้บริการแท็กซี่โดยใช้ข้อมูลจีพีเอสแบบเกินนับ
Improvement of Taxi Service Efficiency Based on GPS Big Data

พิษณุรักษ์ เจริญวัย[1],มัลลิกา พันธ์หงษ์[2], พิชชาพร ลิขิตปัญจมานนท์[2], พร พันธุ์จงหาญ[2] และ วิโรจน์ ศรีสุรภานนท์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2]ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
*E-mail: pitsanurak.chrw@gmail.com

Pitsanurak Chareonwai[1], Mullika Phanhong[2], Pitchaporn Likitpanjamanon[2], Phond Phunchongharn[2] and Viroat Srisurapanon[1]
[1]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering at, King Mongkut's University of Technology Thonburi
[2]Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering at, King Mongkut's University of Technology Thonburi
*E-mail: pitsanurak.chrw@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงแนวทางแก้ปัญหาการวิ่งเที่ยวเปล่าของแท็กซี่ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้การจราจรติดขัดและก่อให้เกิดมลพิษบนท้องถนน ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีจีพีเอสเข้ามาติดตั้งในแท็กซี่เพื่อติดตามและบริหารจัดการระบบแบบครบวงจรรวมไปถึงการเก็บข้อมูลการเดินทางของแท็กซี่ในแต่ละวัน ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าข้อมูลการเดินทางของแท็กซี่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์และหาแนวทางการแก้ปัญหาได้ จึงนำข้อมูลจีพีเอสแท็กซี่มาประยุกต์ใช้เพื่อ (1) ศึกษาพฤติกรรมการให้บริการของแท็กซี่ (2) วิเคราะห์หาจุดจอดที่เหมาะสมของแท็กซี่ (3) เปรียบเทียบผลกระทบของแท็กซี่วิ่งตระเวนและวิ่งเข้าจุดจอด จากรูปแบบข้อมูลการเดินทางจำเป็นต้องมีการคัดกรองให้เหมาะสมก่อนนำมาใช้งาน ในการศึกษาพฤติกรรมนั้นแสดงให้เห็นถึงบริเวณที่มีการเรียกใช้แท็กซี่เป็นจำนวนมากหลายจุด จึงได้กำหนดจุดที่มีการเรียกใช้เป็นจำนวนมากเหล่านั้นเป็นจุดจอดแท็กซี่ และทำการจำลองการใช้จุดจอดแท็กซี่มาเปรียบเทียบกับการตระเวนหาผู้โดยสาร จากผลการเปรียบเทียบนี้แสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่การวิ่งเที่ยวเปล่าของแท็กซี่จะลดลงและระยะเวลาการอยู่บนเส้นทางจราจรลดลงซึ่งจะส่งผลให้การจราจรมีความคล่องตัวขึ้นได้

คำหลัก เทคโนโลยีจีพีเอส, การวิเคราะห์, จุดจอดแท็กซี่, การวิ่งเที่ยวเปล่า

Abstract

This article represents a solution for taxi empty cruise which is the one of traffic and air contamination problem on street in Bangkok. Nowadays, a Global Positioning System (GPS) technology was installed in taxis for tracking and managing system including taxi travel data collection each day. The researcher realizes that the travel data was able to analyze and define a solution for the problem. Therefore, the data could be applied for (1) studying a behavior of taxi services (2) visualizing suitable taxi stands (3) comparing the influence between cruising taxis and using the parking points. The travel data format was necessary to clean it properly first. For the behavior study, we matched the taxi stands where there are a number of taxi stops. Afterwards, a simulation of taxi stands was compared with usual taxi cruising data. The result is not only to decrease the taxi empty cruises and empty cruise time on the street, but also make a traffic flow better.

Keywords: GPS, visualization, taxi stand, empty cruise

1. บทนำ

จากสภาพจราจรภายในกรุงเทพมหานครในปัจจุบันมีความหนาแน่นมากขึ้นในทุกๆวัน เนื่องจากประชากรใช้รถใช้ถนนเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็น รถยนต์ส่วนตัว รถมอเตอร์ไซค์ รวมถึงรถสาธารณะอื่นๆ เช่น รถแท็กซี่ รถตู้ รถมอเตอร์ไซค์รับจ้าง รถสองแถว รถเมล์ และปัญหาเรื่องมลพิษก็จะตามมา เนื่องด้วยกรุงเทพมหานครเป็นศูนย์รวมในทุกๆด้าน ทั้ง เศรษฐกิจ สังคม ชนชั้น การเมือง การเรียนการศึกษา ซึ่งทางรัฐยังไม่มีความจริงจังมากพอในการให้ร่วมมือจัดการปัญหาระบบขนส่งมวลชนให้มีประสิทธิภาพตอบสนองความต้องการของประชาชน ในจุดนี้ประชาชนทุกคนทราบและได้สัมผัสกับปัญหาในทุกๆวัน จึงตระหนักถึงปัญหาการจราจร

กรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางทางด้านเศรษฐกิจ จึงมีประชากรส่วนมากที่จำเป็นต้องเดินทางที่รวดเร็วไปถึงที่หมายทันเวลาที่คาดการณ์ไว้ สำหรับรถโดยสารประจำทางแล้วเป็นทางเลือกที่ใช้เวลาเดินทางนานและไม่สามารถกำหนดเวลาชัดเจนได้ รถแท็กซี่จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเดินทางไปยังที่หมายได้รวดเร็วใกล้เคียงกับการใช้รถยนต์ส่วนตัวมากที่สุด นักธุรกิจหรือในช่วงเวลาเร่งรีบมีการใช้บริการรถแท็กซี่เป็นจำนวนมากและสามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องการหาที่จอดรถยากภายในเขตกรุงเทพมหานคร ส่งผลให้มีจำนวนรถแท็กซี่ที่จดทะเบียนเพิ่มเข้ามาในระบบมากขึ้นในทุกๆปีและคาดว่าจะมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าปัญหารถติดและมลพิษส่วนหนึ่งเกิดจากรถแท็กซี่ที่เพิ่มขึ้น สาเหตุเพราะรถแท็กซี่แตกต่างจากรถยนต์ส่วนตัวที่การใช้รถส่วนตัวจะต้องมีจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางในการเดินทางที่ชัดเจน แต่รถแท็กซี่ในกรณีที่ไม่มีผู้โดยสารอยู่บนรถแท็กซี่จำเป็นจะต้องวิ่งเที่ยวเปล่าแบบไร้จุดหมายปลายทางอยู่บนถนนซึ่งเป็นการเปลืองพลังงาน สร้างมลพิษทางอากาศ และส่งผลต่อการจราจรบนถนนโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขับเพื่อหาผู้โดยสารจึงต้องขับชะลอทำให้การสันจรบนท้องถนนไม่ราบรื่น จึงคิดว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถมองเห็นภาพรวมจากข้อมูล Global Positioning System หรือ GPS ของแท็กซี่บนท้องถนน นำภาพรวมนั้นมาวิเคราะห์ ปรับปรุง และจัดสรรรถแท็กซี่วิ่งเที่ยวเปล่าได้

ในงานวิจัยนี้จะสนใจเรื่องระบบการขนส่งผู้โดยสารประเภทแท็กซี่ จากเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถที่จะระบุตำแหน่งและสถานะของวัตถุต่างๆได้ หนึ่งในเครื่องมือนั้นคือ GPS ซึ่งถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้านและถูกนำเข้ามาใช้ในการระบุตำแหน่ง เก็บข้อมูลสถานะต่างๆของแท็กซี่แต่ละคัน เช่น มีการให้บริการอยู่หรือไม่ มีความเร็ว ณ เวลานั้นเท่าไร ถ้าหากข้อมูลเหล่านี้เมื่อมีจำนวนมากจะสามารถตรวจสอบพื้นที่การให้บริการที่หนาแน่นและสามารถวางแผนการเดินทางในแต่ละวันได้

การศึกษานี้เป็นการนำข้อมูล GPS ของแท็กซี่มาจัดรูปแบบให้อยู่ในรูปแบบของจุดรับและส่งผู้โดยสาร มาวิเคราะห์ในบริเวณพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของการรับส่งผู้โดยสารมากเพื่อจัดเตรียมจุดจอดรอสำหรับแท็กซี่ที่ตระเวนอยู่ในบริเวณใกล้เคียงสำหรับรอรับผู้โดยสารที่ต้องการใช้บริการแท็กซี่ จะสามารถลดปริมาณการจราจรบนท้องถนนโดยการนำแท็กซี่ที่วิ่งตระเวนหาผู้โดยสารหรือแท็กซี่ที่ไม่มีการให้บริการผู้โดยสารบนท้องถนนออกจากระบบ ไปจอดรอในจุดจอดที่จัดเตรียมไว้ให้ ในขั้นแรกจะทำการมองภาพรวมทั้งการเรียกใช้บริการแท็กซี่และการส่งผู้โดยสารถึงจุดหมายที่เป็นที่นิยมมากก่อน ทำการวิเคราะห์หาจุดจอดที่เหมาะสมในบริเวณที่มีการใช้บริการมาก และมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้บริการแท็กซี่ก่อนและหลังจากมีจุดจอดเพื่อทราบว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาพฤติกรรมการเรียกใช้บริการแท็กซี่เพื่อกำหนดจุดจอดโดยสังเกตจากบริเวณที่มีการเรียกใช้บริการบ่อยครั้ง และเปรียบเทียบผลกระทบหลังจากมีการกำหนดจุดจอด

ได้มีการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้นำเสนอทฤษฎีแนวคิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 บิ๊กดาต้า (Big data)

คือคำนิยามของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ทุกชนิดที่อยู่ในองค์กรของเราไม่ว่าจะเป็น ข้อมูลบริษัท ข้อมูลลูกค้า Suppliers พฤติกรรมผู้บริโภค ไฟล์เอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งหมด รวมไปจนถึง รูปภาพ URLs ลิงค์ต่างๆที่คุณเก็บไว้ ฯลฯ ที่มีปริมาณมากจนกระทั่งซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ปกติทั่วไปไม่สามารถรองรับการเก็บข้อมูลหรือประมวลผลได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งอีกนัยนึง Big Data คือเทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมไอทีรุ่นใหม่ ที่สามารถรองรับการจัดเก็บ การจัดการ กรองเลือกข้อมูล การวิเคราะห์ และการใช้งานข้อมูล

2.2 การนำเสนอภาพข้อมูล (Data visualization)

ดร.ภูริพันธุ์ รุจิขจร ออกมาพูดคุยเรื่อง Data visualization คือการแสดงข้อมูลเป็นภาพ มีวิธีการใช้สองแบบ คือ 1. เราต้องการนำเสนอข้อมูลที่ทราบอยู่แล้วว่าข้อมูลมันมีอะไรบางอย่างเช่น มีค่าเฉลี่ยสูง ค่าเฉลี่ยต่ำ มีเทรนด์เป็นแบบใด แล้วนำเสนอข้อมูลออกมาเป็นภาพ 2.

คือเราไม่ทราบว่าข้อมูลมีอะไร ไม่สามารถระบุรูปแบบได้ ดังนั้นจึงเอาข้อมูลมาทำเป็นภาพ เพื่อจะได้เห็นว่าในข้อมูลชุดนั้นมีความหมายหรือรูปแบบอะไรที่น่าสนใจบ้าง Data Visualization มันมีมานาน ตั้งแต่สมัยที่ยังไม่มีคอมพิวเตอร์ แต่มาเริ่มใช้กันมากในช่วงหลังๆ เพราะคอมพิวเตอร์เริ่มทำงานกับข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลที่เป็นข้อความอย่างเดียวได้หลากหลาย สามารถรองรับข้อมูลจำนวนมากได้ เริ่มประมวลผล และแสดงภาพอะไรที่ซับซ้อนได้มากขึ้น Data Visualization ก็ทำให้ข้อมูลดูง่ายและน่าสนใจมากขึ้น ถ้าข้อมูลเป็นตาราง เป็นตัวเลขเยอะๆ มันก็อาจจะดูน่าเบื่อ แล้วก็ไม่เห็นค่าว่าอะไรมากกว่าอะไรเท่าไหร่ แต่ถ้าแสดงข้อมูลเป็นชาร์ต ก็พอจะเห็นรูปแบบบางอย่าง ถ้าค่าสูงขึ้น-น้อยลง เราก็จะพยายามหาสาเหตุว่ามันสูงขึ้นเพราะอะไร น้อยลงเพราะอะไร [1]

2.3 ข้อมูลจำนวนรถแท็กซี่ที่จดทะเบียนเป็นรถแท็กซี่ OK และ แท็กซี่ VIP

โครงการแท็กซี่ OK และ แท็กซี่ VIP เป็นโครงการพัฒนาระบบการให้บริการแท็กซี่ ทั้งระบบเพื่อสร้างความเชื่อมั่นมั่นใจในการให้บริการแท็กซี่โดยใช้เทคโนโลยีมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำกับ ดูแล และควบคุมความปลอดภัย และเพิ่มศักยภาพการเข้าถึงบริการอย่างสะดวก รวดเร็ว เพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชนเนื่องจากมีการพัฒนาขึ้นโดยมุ่งไปยังสิ่งที่ผู้โดยสารต้องการ

ตารางแสดงจำนวนรถที่จดทะเบียนเป็นรถแท็กซี่ (OK) และรถแท็กซี่(VIP) ทั่วประเทศ ณ วันที่ 31 มีนาคม 2562

ประเภทการจดทะเบียน	นิติบุคคล	บุคคลธรรมดา	รวม
จำนวนรถแท็กซี่ (OK)	10,247	6,993	17,240
จำนวนรถแท็กซี่ (VIP)	80	0	80
จำนวนรถ TAXI ทั้งหมด	40,750	37,328	78,078
สัดส่วนของจำนวนรถ TAXI OK เปรียบเทียบกับจำนวนรถ TAXI ทั้งหมด (ร้อยละ)	25.15	18.73	22.08
สัดส่วนของจำนวนรถ TAXI VIP เปรียบเทียบกับจำนวนรถ TAXI ทั้งหมด (ร้อยละ)	0.12	0	0.10

ที่มาของข้อมูล : สำนักการขนส่งผู้โดยสาร

ตาราง 1 แสดงจำนวนรถที่จดทะเบียนแท็กซี่okและvip [2]

จากตาราง 1 แสดงให้เห็นจำนวนแท็กซี่ทั้งหมดและแท็กซี่ที่มีการลงทะเบียนเป็นแท็กซี่ok และแท็กซี่VIP ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในปัจจุบันมีแท็กซี่ที่เข้าสู่ระบบการติด GPS เพื่อติดตามการเดินทางมีเพียงร้อยละ 22 เท่านั้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 การปรับเปลี่ยนวิธีการหาผู้โดยสารของแท็กซี่จากการวิ่งตระเวนหาผู้โดยสารเป็นการที่แท็กซี่จอดรอผู้โดยสารที่จุดจอดที่กำหนดไว้ให้ช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัด สิ้นเปลืองพลังงาน และมลพิษทางอากาศ ซึ่งจากการทดลองเป็นจำนวน 9 สัปดาห์ เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม ค.ศ. 2011 ถึง 21 กรกฎาคม ค.ศ. 2011 จุดจอดแท็กซี่ที่กำหนดอยู่บน ถนนพุทธบูชา ใกล้กับซอยพุทธบูชา 36 โดยกำหนดขอบเขต 2.5 กิโลเมตรโดยรอบเป็นพื้นที่การให้บริการผู้โดยสาร ไม่มีการคิดค่าบริการเพิ่มจากการไปรับผู้โดยสาร แท็กซี่ที่ถูกเรียกให้เข้าจอดเลือกจากแท็กซี่ที่มีการวิ่งเที่ยวเปล่าในบริเวณนั้น

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าผู้โดยสารส่วนใหญ่เป็นผู้ที่เคยใช้รถส่วนตัวมาก่อนประมาณร้อยละ 31 ของผู้ใช้รถยนต์เต็มใจใช้บริการแท็กซี่ที่บริการจากจุดจอดนี้และมีการเรียกใช้บริการแท็กซี่ทางโทรศัพท์มากขึ้นเมื่อระยะเวลาการรอรถภายใน 15 นาที ไม่เพียงผู้ที่เคยใช้แท็กซี่เป็นประจำเท่านั้นยังมีผู้ที่ใช้รถใช้ถนนจากรูปแบบอื่นเปลี่ยนมาใช้บริการแท็กซี่อีกด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งกว่าร้อยละ 72 ของผู้ใช้งานเป็นผู้ที่ใช้รถยนต์ส่วนตัว[3]

2.4.2 แบ่งลักษณะของจุดจอดแท็กซี่ ดังนี้

1.ลักษณะทั่วไปของจุดจอดแท็กซี่

สถานที่ตั้งของจุดจอดรถควรมีระยะทางใกล้ผู้โดยสารที่สุดหรือสามารถรับผู้โดยสารจากบริเวณใกล้เคียงได้ โดยผู้โดยสารใช้ระยะเวลาในการรอคอยน้อย ปริมาณของรถแท็กซี่ที่ให้บริการควรมีจำนวนที่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการของผู้โดยสาร บริเวณภายในจุดจอดรถแท็กซี่ควรมีพื้นที่กลับรถให้รถแท็กซี่ใช้เวียนรถอย่างเป็นระบบจุดจอดที่อยู่ตรงข้ามถนนควรมีสัญญาณไฟจราจรให้ผู้โดยสารสามารถข้ามมาใช้บริการ

2.ความสะดวกภายในจุดจอดรถแท็กซี่

บริเวณพื้นที่ของจุดจอดรถแท็กซี่ ไม่ควรให้รถประเภทอื่นเข้าจอดได้ โดยมีป้ายบ่งบอกอาณาเขตของจุดจอดอย่างชัดเจน และภายในจุดจอดรถแท็กซี่ต้องมีป้ายบอกข้อมูลต่างๆ เช่น

- นี่คือจุดจอดรถแท็กซี่
- บอกทิศทางการออกของรถแท็กซี่
- ป้ายแสดงเวลาการให้บริการ
- บอกที่ตั้งของจุดจอดรถแท็กซี่ในบริเวณใกล้เคียง
- บอกหมายเลขโทรศัพท์ของบริษัทที่ให้บริการ

พื้นที่พักสำหรับผู้โดยสารใช้ในการรอรถอย่างน้อย 1.8 เมตร และต้องไม่ควรมีสิ่งกีดขวาง เช่น ต้นไม้ เสาไฟฟ้า บริเวณจุดจอดควรมีหลังคาไว้เพื่อป้องกันแสงแดดและฝนดัง บางจุดจอดที่มีพื้นที่มาก วิศวกรผู้ออกแบบจะขยายความกว้างของทางเท้าในจุดจอด เพื่อสะดวกต่อการวางกระเป๋าเดินทางของผู้โดยสาร

3.ความปลอดภัยของผู้โดยสารและคนขับรถแท็กซี่

ปริมาณการใช้บริการของผู้โดยสารมีความสัมพันธ์กับความปลอดภัยของจุดจอดรถแท็กซี่ คือ จุดจอดรถแท็กซี่ที่มีผู้โดยสารในจำนวนมาก การติดตั้งระบบความปลอดภัยในบริเวณจุดจอดแท็กซี่ทำโดยการติดกล้องวงจรปิด และควรมีแสงไฟที่เพียงพอรอบๆจุดจอดเพื่อป้องกันการเกิด

อาชญากรรม หรือการตั้งจุดจอดแท็กซี่ในสถานที่สำคัญ เช่น โรงแรม ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล สถานีรถไฟ เป็นต้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพความปลอดภัยได้ เนื่องจากระบบรักษาความปลอดภัยของแต่ละสถานที่ ที่มีอยู่นั้นจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้จุดจอดบริเวณนั้นด้วย

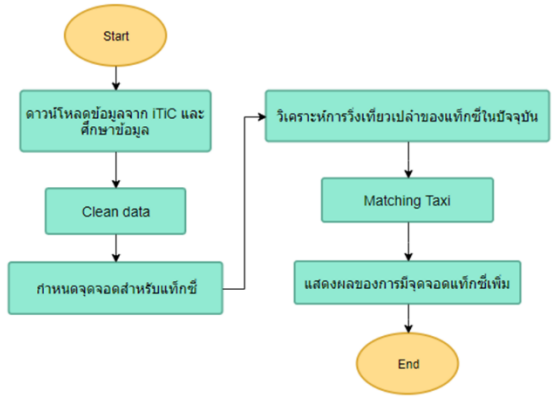
4.แผนผัง และความจุของจุดจอด

การจอดรถของแท็กซี่ภายในจุดจอดควรจอดรถแบบขนาน จะเหมาะสมที่สุดโดยวิธีนี้แท็กซี่คันแรกสามารถออกจากจุดจอดได้ง่าย และคันต่อไปสามารถเคลื่อนที่ตามคันหน้าได้ง่ายและสะดวกที่สุด ซึ่งการจอดแบบมุม จะไม่ค่อยเป็นที่นิยมในทุกๆประเทศที่มีจุดจอดแท็กซี่เพราะการเข้า-ออกในระบบนี้ทำได้ยากกว่าระบบการจอดแบบขนาน

ขนาดของจุดจอดจะขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการในการใช้ของผู้โดยสารหากมีความต้องการมากจุดจอดจะมีขนาดใหญ่ แต่หากไม่มีพื้นที่เพียงพอต่อการออกแบบจุดจอดรถแท็กซี่ควรมีการตั้งจุดพักรถในบริเวณใกล้กับจุดจอดแท็กซี่ เมื่อรถในจุดจอดให้บริการแก่ผู้โดยสาร แท็กซี่ที่จอดอยู่ในที่พักแท็กซี่ที่จอดอยู่ในที่พักรถจะวิ่งเข้ามาแทนที่รถที่ให้บริการ[4]

3. ภาพรวมการศึกษา

แบ่งออกเป็น 6 ส่วนหลัก ดังนี้



3.1 ศึกษาข้อมูล GPS ของแท็กซี่ประเทศไทย

ข้อมูลจาก มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทยหรือ iTiC (Intelligent Traffic Information Center)

```
7XwhsYC2dadEU6ClKJEMhuE7cGs,1,13.78347,100.65303,2017-01-01 23:59:30,0,354,1,1
SQYd8i3xt9wOq9a89pFXavSE0qo,1,13.64665,100.78812,2017-01-02 00:00:04,0,267,1,0
ge1IItWTKCPrH60Bq5Fby+tzh+o,1,13.74088,100.61317,2017-01-01 23:59:22,0,336,1,0
a6KFmunFoc5PYFAdw5sjqHKsN+Q,0,13.98656,100.60187,2017-01-01 23:57:28,0,199,1,0
tMIqrVz7bfc1Xe5J8Dx5CI3jcik,1,13.95454,100.73864,2017-01-01 23:59:37,0,283,1,0
```

รูปภาพ 1 ตัวอย่างข้อมูลจาก iTiC

ความหมายของข้อมูล

VehicleID, gpsvalid, lat, lon, timestamp, speed, heading, for_hire_light, engine_acc

ข้อมูลจะถูกเก็บทุกๆ 1 นาที กรณีที่เครื่องยนต์ติดอยู่ (engine_acc = 1) และ

ข้อมูลจะถูกเก็บทุกๆ 3 นาที กรณีที่เครื่องยนต์ดับอยู่ (engine_acc = 0)

ชื่อข้อมูล	ความหมายข้อมูล
VehicleID หรือ รหัสพาหนะ	คือ รหัสเฉพาะที่แสดงถึงรถแท็กซี่คนละคัน
gpsvalid หรือ สถานะจีพีเอส	คือ สถานะที่แสดงว่ารถแท็กซี่อยู่ในระบบจีพีเอสหรือไม่ (อยู่ 1 และ ไม่อยู่ 0)
lat หรือ ละติจูด	คือ เลขแสดงตำแหน่งละติจูดของรถแท็กซี่
lon หรือ ลองจิจูด	คือ เลขแสดงตำแหน่งลองจิจูดของรถแท็กซี่
timestamp หรือ เวลา	คือ วันและเวลาของข้อมูลที่เข้ามาสู่ระบบ (GMT+7)
speed หรือ ความเร็ว	คือ ความเร็วของรถแท็กซี่ขณะที่ข้อมูลเข้าสู่ระบบ (km/h)
heading หรือ ทิศทางของหัวรถ	คือ ทิศทางของหัวรถแสดงเป็นองศา (0-360) เริ่มจากทิศเหนือเป็น 0
for_hire_light หรือ สถานะไฟว่างงาน	คือ ไฟของรถแท็กซี่ที่แสดงว่ารถว่างหรือไม่ (ว่าง 1, ไม่ว่าง 0)
engine_acc หรือ สถานะการติดเครื่องยนต์	คือ รถติดเครื่องอยู่หรือไม่ (ติดเครื่อง 1, ดับเครื่อง 0)

ตาราง 2 ความหมายของข้อมูล

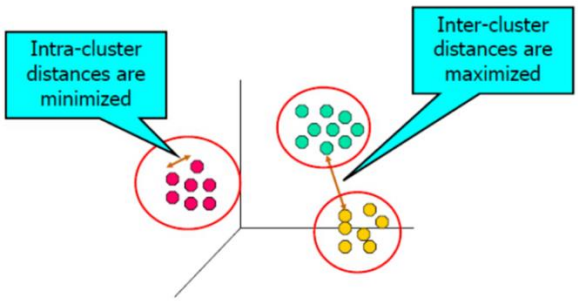
จากตาราง 2 แสดงความหมายของข้อมูลในแต่ละส่วนของข้อมูลข้างต้น

3.2 การจัดการข้อมูลหรือ Clean data

เนื่องจากข้อมูลเป็นแบบบิ๊กดาต้า ซึ่งยากที่จะจัดการจัดรูปแบบหรือวิเคราะห์ตามปกติ จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดสมมติฐานขึ้นมาเพื่อที่จะลดจำนวนข้อมูลและคัดกรองข้อมูลเพื่อใช้งานวิจัย รวมทั้งกำหนดตัวแปรเพิ่มขึ้นใหม่ตามเงื่อนที่กำหนดขึ้นมา เช่น สนใจแท็กซี่ที่มีการสตาร์ทเครื่องอยู่เท่านั้นและจำกัดขอบเขตภายในกรุงเทพมหานคร

3.3 การกำหนดจุดจอดสำหรับแท็กซี่

ในขั้นตอนนี้ทางผู้วิจัยสนใจเรื่องระยะเวลาการรอคอยแท็กซี่ของผู้โดยสาร จึงเลือกใช้ข้อมูลตำแหน่งที่มีการเรียกของผู้โดยสารเป็นหลักในการกำหนดจุดจอด ซึ่งวิธีการทางสถิติที่เลือกใช้คือ K-mean clustering หรือการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนบนโปรแกรม SPSS เป็นวิธีการแบ่งเวกเตอร์ออกเป็นกลุ่มโดยมีจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่ม



รูปภาพ 2 หลักการ Clustering [5]

จากรูปภาพ 2 แสดงการแบ่งกลุ่มตามหลักของเคมีน คือ ระยะห่างระหว่างข้อมูลต้องมีค่าที่น้อยที่ และระยะห่างระหว่างกลุ่มจะต้องมีค่ามากที่สุด

3.4 คำนวณการวิ่งเที่ยวเปล่าของแท็กซี่

จากข้อมูล GPS ของทาง iTiC ที่ผ่านการคัดกรองข้อมูลแล้ว สามารถที่จะคำนวณการวิ่งเที่ยวเปล่าของแท็กซี่แต่ละคันได้

ในวันนั้น สามารถแสดงออกมาเป็นจำนวนเที่ยววิ่งและแสดงร้อยละการวิ่งเที่ยวเปล่าของแต่ละคัน และค่าเฉลี่ยการวิ่งเที่ยวเปล่าในวันนั้นได้

3.5 การทดลองเส้นทางการเดินรถใหม่หลังการกำหนดจุดจอด หรือ Matching Taxi

ขั้นตอนนี้ทำได้หลังจากการมีการกำหนดจุดจอดแล้ว โดยนำข้อมูลของแท็กซี่ที่มีการวิ่งต่อเนื่องในวันนั้นไม่มีการหายไปจาก GPS ระหว่างทาง ในส่วนของตำแหน่งจุดเริ่มต้นและเวลาเริ่มตอนการวิ่งของวันนั้น มาเพื่อกำหนดเส้นทางการเดินรถใหม่ให้ โดยมีเงื่อนไขว่าจำเป็นต้องมุ่งหน้าตรงไปหาจุดจอดที่ใกล้ที่สุดเมื่อไม่มีผู้โดยสารอยู่บนรถด้วย จากนั้นถ้ามีการเรียกจากผู้โดยสารจำเป็นต้องมีการออกไปรับผู้โดยสารถึงตำแหน่งที่มีการเรียกและไปส่งผู้โดยสารไปยังที่หมายแล้วมุ่งหน้าหาจุดจอดที่ใกล้ที่สุดอีกครั้ง จนถึงเวลาสิ้นสุดการเดินทางของแท็กซี่เปรียบเทียบจากระยะเวลาสิ้นสุดการทำงานจากข้อมูล GPS

3.6 แสดงผลของการมีจุดจอดแท็กซี่เพิ่ม

ส่วนนี้จะมีการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูล 2 ชุด ชุดแรกจะเป็นข้อมูล GPS แท็กซี่ที่มีการวิ่งต่อเนื่องในวันนั้นเป็นข้อมูลการวิ่งตระเวนเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ทำการทดลองใช้งานจุดจอดที่กำหนด ว่ามีความแตกต่างในด้านการวิ่งเที่ยวเปล่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร

4. ผลการวิเคราะห์

4.1 ข้อมูล GPS ของแท็กซี่ในประเทศไทย

ข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำไปใช้วิเคราะห์ในงานวิจัยมีดังนี้

1. VehicleID
2. Latitude
3. Longitude
4. Timestamp
5. For hire light
6. Location type (คือ ณ ตำแหน่งที่ถูกเก็บข้อมูลแท็กซี่มีสถานะการรับ-ส่งผู้โดยสายเป็นอย่างไร ยังไม่มีข้อมูลในตอนนี้)

4.2 อัลกอริทึม (Algorithm)

เป็นการตั้งสมมติฐานเนื่องจากรูปแบบข้อมูลมีความแตกต่างกันจึงจำเป็นต้องทำการจัดเรียงข้อมูลใหม่ให้อยู่ในรูปแบบคล้าย ข้อมูลของ NYC Taxi คือการหาจุดรับ-ส่งผู้โดยสารจากข้อมูลของ iTiC จึงได้สร้างอัลกอริทึม (Algorithm) ในการจัดรูปแบบข้อมูลให้ออกมาอยู่ในรูปแบบที่ต้องการโดยเงื่อนไขการพิจารณามีดังนี้

1.รถต้องที่สถานะสตาร์ทเครื่องยนต์อยู่ (นำรถที่ดับเครื่องออกจากข้อมูล)

2.จากข้อมูลทุกๆ 1 นาทีของแต่ละคัน จะถูกทำการเรียงใหม่อีกครั้งตามลำดับ (IDเดียวกัน, ระยะเวลาอดีตถึงปัจจุบัน)

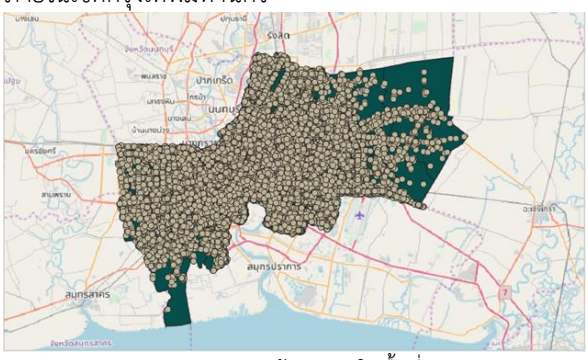
3.หลังจากนั้นจะพิจารณาเงื่อนไขของการเปิด/ปิดไฟว่าง เพื่อพิจารณาว่าแท็กซี่ คันนี้ รับผู้โดยสาร ส่งผู้โดยสาร อยู่ในระหว่างการเดินทาง ว่าง หรือไม่ตรงเงื่อนไขใดๆเลย

4.ถ้าหากพบว่าไม่ตรงเงื่อนไขใดๆเลยจะถือว่าข้อมูลนั้นเสียจะทำการนำออกจากการวิเคราะห์

จากเงื่อนไขการคัดกรองข้อมูล หลังจากมีการเรียงข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เป็นส่วนที่พิจารณาว่าจากข้อมูลทั้งหมดมีสถานะเป็นอย่างไร

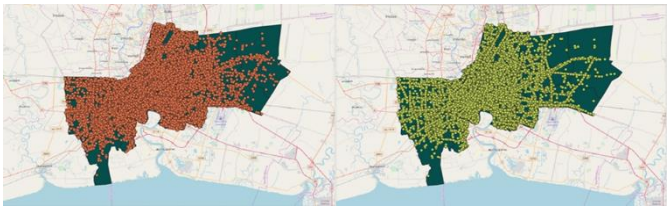
4.3 การกระจายตัวของข้อมูลบนโปรแกรม QGIS

ข้อมูลหลังจากทำการจัดระเบียบแล้ว ข้อมูลยังมีการกระจายอยู่ทั่วประเทศไทยเราจึงจำเป็นต้องจำกัดพื้นที่ให้ข้อมูลอยู่ภายในเขตกรุงเทพมหานคร



รูปภาพ 3 การกระจายตัวของข้อมูลภายในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

จากข้อมูลทั้งหมดได้มีแบ่งข้อมูลออกตามสถานะของการเดินทางโดยสนใจที่สถานะ Origin และ Destination โดยมีข้อมูลจุดรับ-ส่ง 24268 คู่ เพื่อดูความหนาแน่นของข้อมูลและเตรียมการนำไปวิเคราะห์



รูปภาพ 4 การกระจายตัวของข้อมูลจุดOrigin(ซ้าย)และจุดDestination(ขวา)

และมีการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือจุดรับผู้โดยสาร(Origin)และจุดส่งผู้โดยสาร(Destination)

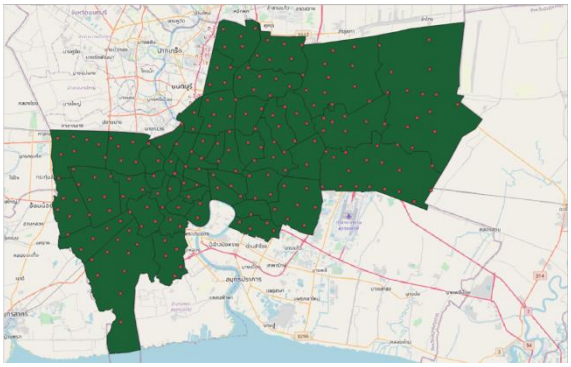
4.4 กำหนดจุดจอดที่เหมาะสมสำหรับแท็กซี่

4.4.1 การกำหนดจุดจอด

จากข้อมูลจุด Origin หรือ จุดที่แท็กซี่มีการรับผู้โดยสารซึ่งหมายถึงความต้องการใช้บริการแท็กซี่ของผู้โดยสาร และข้อมูลจุด Destination หรือ จุดหมายปลายทางของผู้โดยสารซึ่งหมายถึงปริมาณแท็กซี่สำหรับรองรับผู้โดยสารในบริเวณนั้น

จึงได้นำจุด Origin มาพิจารณาเพื่อกำหนดจุดจอดตามความต้องการใช้บริการแท็กซี่ของผู้โดยสาร โดยจะสนใจจุดที่มีผู้โดยสารนิยมใช้งานเยอะ จากการใช้ K-mean Clustering บนโปรแกรม SPSS

การกำหนดจุดจอดนั้นใช้การแบ่งกลุ่มจากการรวมตัวของประชากรและมีการกำหนดจำนวนกลุ่มของ Clustering (ศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูล) ตั้งแต่ 100, 150, 200, 250, 300 จุด เพื่อเปรียบเทียบในด้านความเหมาะสมที่ไปในแต่ละเขตของกรุงเทพมหานครเพื่อกำหนดจุดจอดให้ทั่วถึงในแต่ละพื้นที่



รูปภาพ 5 K-mean clustering 200 clusters

จากการ clustering นำระยะทางไกลจากจุดศูนย์กลางมากที่สุดของสมาชิกที่อยู่ในแต่ละ Cluster ออกมาพิจารณา (ซึ่งเป็นระยะทางกระจัดที่วัดตรงๆจากจุดศูนย์กลางไปยังสมาชิกที่ไกลที่สุด) เพื่อกำหนดขอบเขตของจุดจอดและจะมีจุดจอดที่มีสมาชิก 1 ตัว จึงไม่นำมาเฉลี่ยด้วย(เนื่องจากรัศมีเท่ากับ0 จากนั้นใช้ระยะขอบเขตเฉลี่ยของ cluster 200 ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 85 เท่ากับ 2.32 กิโลเมตร เนื่องจากสามารถเดินทางไปรับผู้โดยสารได้ทันภายใน 15 นาที ด้วยความเร็วเฉลี่ย 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อคำนวณหาเวลาในการเดินทางไปรับผู้โดยสารหรือเวลารอคอยแท็กซี่ของผู้โดยสาร

Cluster	Condition	Remain					
100	น้า 1 member ออก	100	cluster	ความเร็ว	10	กม./ชม.	
		avg	4.16894	กม.	(85p)	3.543599	กม.
		time avg	25.01364	นาที		21.26159	นาที
150	น้า 1 member ออก	146	cluster	ความเร็ว	10	กม./ชม.	
		avg	3.274028	กม.	(85p)	2.782923	กม.
		time avg	19.64417	นาที		16.69754	นาที
200	น้า 1 member ออก	196	cluster	ความเร็ว	10	กม./ชม.	
		avg	2.729148	กม.	(85p)	2.319776	กม.
		time avg	16.37489	นาที		13.91865	นาที
250	น้า 1 member ออก	246	cluster	ความเร็ว	10	กม./ชม.	
		avg	2.33495	กม.	(85p)	1.984707	กม.
		time avg	14.0097	นาที		11.90824	นาที
300	น้า 1 member ออก	292	cluster	ความเร็ว	10	กม./ชม.	
		avg	2.075734	กม.	(85p)	1.764374	กม.
		time avg	12.45441	นาที		10.58624	นาที

ตาราง 3 excel แสดงระยะเวลาการรอคอยเฉลี่ย

Cluster 100 ไม่มีการคัดออกได้จุดจอด 100 จุด รัศมีครอบคลุม 3.54 กิโลเมตร เวลารอรถ 21.26 นาที

Cluster 150 มีการคัดออก 4 จุด เหลือ 146 จุด รัศมีครอบคลุม 2.78 กิโลเมตร เวลารอรถ 16.7 นาที

Cluster 200 มีการคัดออก 4 จุด เหลือ 196 จุด รัศมีครอบคลุม 2.32 กิโลเมตร เวลารอรถ 13.92 นาที

Cluster 250 มีการคิดออก 4 จุด เหลือ 246 จุด รัศมีครอบคลุม 1.98 กิโลเมตร เวลารอรถ 11.91 นาที

Cluster 300 มีการคิดออก 8 จุด เหลือ 292 จุด รัศมีครอบคลุม 1.76 กิโลเมตร เวลารอรถ 10.59 นาที

ดังนั้นจึงเลือกใช้ที่จำนวน 200 Clusters ซึ่งจำนวนจุดจอดที่ใช้เท่ากับ 196 จุดจอด เนื่องจาก มีระยะเวลาการรอคอยแท็กซี่ที่ผู้โดยสารพึงพอใจที่จะรอ น้อยกว่า 15 นาที (13.92 นาที)และมีขอบเขตการดูแลผู้โดยสาร 2.32 กิโลเมตร

4.4.2 ลักษณะจุดจอด

ในส่วนของลักษณะจุดจอดเป็นเพียงสมมติฐานที่ตั้งขึ้น เนื่องจากข้อมูลไม่ใช่ข้อมูลของแท็กซี่ทั้งหมดภายในกรุงเทพมหานครจึงไม่สามารถกำหนดปริมาณช่องจอดในแต่ละตำแหน่งได้ จึงได้มีการตั้งสมมติฐานว่า

1. ใช้พื้นที่ว่างในบริเวณใกล้เคียงจุดที่กำหนด การตีเส้นช่องจอดหรือตั้งป้ายให้เป็นจุดจอดเฉพาะแท็กซี่เท่านั้น
2. ในกรณีที่ไม่มีพื้นที่จะใช้การตีเส้นช่องจอดริมถนนแทน เป็นจุดจอดชั่วคราวสำหรับแท็กซี่เท่านั้น
3. มีการจ่ายค่าเช่าพื้นที่และค่าบำรุงรักษาตามความเหมาะสม
4. มีแอพพลิเคชั่นช่วยในการจัดคิวแท็กซี่ในจุดจอดและบอกตำแหน่งผู้โดยสาร

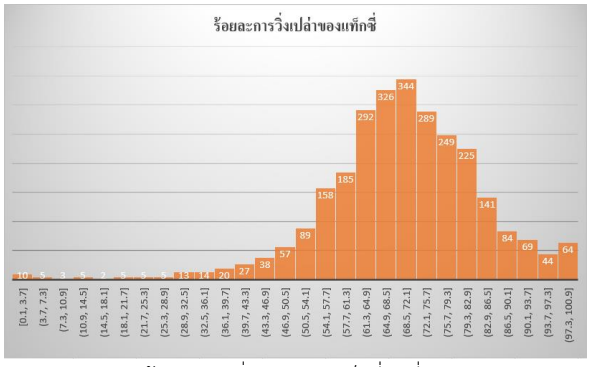
4.5 ขั้นตอนการทดลองใช้จุดจอด

4.5.1 เลือกข้อมูล GPS

จำเป็นต้องสุ่มเลือกข้อมูล GPS ของแท็กซี่เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและเปรียบเทียบประสิทธิภาพหลังจากมีจุดจอด ตามเงื่อนไขดังนี้

1. เลือกแท็กซี่ที่มีการวิ่งต่อเนื่องอย่างน้อย8–12 ชั่วโมง ในวันนั้น
2. ไม่มีการขาดช่วงการวิ่งในกะนั้นเกิน 10 นาที
3. มีการเริ่ม และ สิ้นสุด การทำงานในวันนั้น

จากเงื่อนไขของข้อมูลข้างต้นเป็นการเลือกข้อมูลที่ตรงตามเงื่อนไขเพื่อการคำนวณการเดินทางและเปรียบเทียบกับข้อมูลของการทดลองใช้จุดจอดที่กำหนดขึ้นได้



รูปภาพ 6 ร้อยละการวิ่งเปล่าของแท็กซี่วันที่ 4 ธ.ค. 2561

โดยสุ่มข้อมูลให้มีการกระจายตัวของการวิ่งเปล่าตามรูปภาพที่ 6 ซึ่งมีการกระจายตัวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 69.22% และมีค่า SD เท่ากับ 14.47% ของการวิ่งเที่ยวเปล่าในวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2561

4.5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองการใช้งานจุดจอด

ในขั้นแรกจะมีการทดลองใช้วิธีการนี้ด้วยการทำด้วยตนเองก่อน และภายหลังจะมีการเขียนโปรแกรมช่วยในการทำตามขั้นตอนแบบเดียวกัน ซึ่งมีการใช้โปรแกรมดังนี้

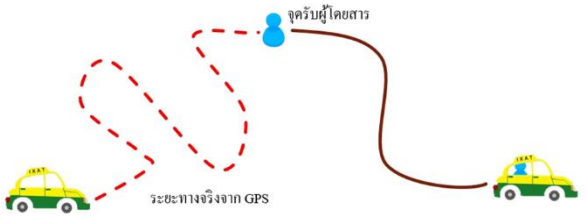
1. Microsoft Excel ในการจัดการข้อมูล
2. Qgis ในการแสดงข้อมูลในรูปแบบตำแหน่งของแท็กซี่และจุดจอดแท็กซี่
3. Google Map เพื่อดูเส้นทาง ระยะทาง และเวลาในการเดินทางไปยังจุดหมายที่ต้องการ
4. Jupyter notebook เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนโค้ดในจัดการข้อมูลและจำลองการเดินทางของแท็กซี่หลังจากการทำด้วยมือ

4.5.3 ขั้นตอนในการทดลองใช้จุดจอด

มีขั้นตอนในการทดลองใช้จุดจอดโดยการจำลองการเดินทางใหม่ขึ้นจากจุดเริ่มต้นของรถคันเดียวกันโดยการใช้ข้อมูลชุดเดิมในการทดลองดังนี้

1. ใช้จุดเริ่มต้นเดียวกัน (ละติจูด ลองจิจูด เวลาเริ่มต้น เวลาจบงาน เดียวกัน)
2. จากนั้นใช้ Qgis ค้นหาจุดจอดที่ใกล้ที่สุด และใช้ google map เส้นทางการเดินทางไปยังจุดจอด
3. เมื่อเข้าสู่จุดจอดจะทำการกำหนดขอบเขตการให้บริการรอบจุดจอด 2.32 กิโลเมตรและเมื่อมีผู้โดยสารเรียกใช้บริการคนแรก ให้แท็กซี่ในจุดจอดออกไปรับ ณ จุดที่ผู้โดยสารเรียก
4. นำผู้โดยสารไปส่งยังจุดหมายปลายทาง โดยสารดึงข้อมูลการเดินทางของผู้โดยสารคนนั้นจากข้อมูล GPS มาใช้เป็นเส้นทางของการเดินทางของผู้โดยสาร
5. หลังจากส่งผู้โดยสารแล้ว ให้หาจุดจอดที่ใกล้ที่สุดและเข้าจุดจอดต่อไป
6. จะสิ้นสุดเมื่อเวลาใกล้เคียง เวลาสิ้นสุดการวิ่งของแท็กซี่ที่ได้ทำการเลือกมา

4.6 การเปรียบข้อมูลแบบตระเวนและแบบใช้จุดจอด



รูปภาพ 7 การวิ่งแบบตระเวนหาผู้โดยสาร

เส้นประสีแดงแสดงถึงการวิ่งเปล่าก่อนที่จะเจอผู้โดยสาร และระยะทางที่มีผู้โดยสารบนรถ ซึ่งในข้อมูล GPS สามารถที่คำนวณระยะทางได้



รูปภาพ 8 การวิ่งแบบเข้าจุดจอดเพื่อรอผู้โดยสาร

เปรียบเทียบกับหลังจากมีจุดจอดสำหรับแท็กซี่ โดยแท็กซี่ถ้าหากไม่มีผู้โดยสาร จะกำหนดให้แท็กซี่มุ่งตรงไปยังจุดจอดที่ใกล้ที่สุด เพื่อจอดรอการเรียกจากผู้โดยสารในขอบเขตการให้บริการของจุดจอดนั้นๆ 2.32 กิโลเมตร เมื่อมีการเรียกจากผู้โดยสารจึงให้ออกไปรับผู้โดยสาร ณ จุดที่ผู้โดยสารทำการเรียก เนื่องจากการวิ่งแบบมีจุดจอดแบบนี้จะมีช่วงระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่า 2 ช่วง คือ ระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าเพื่อไปยังจุดจอดและจากจุดจอดไปหาผู้โดยสาร

4.7 การคิดค่าโดยสารและค่าเชื้อเพลิง

4.7.1 อัตราค่าโดยสารของแท็กซี่มิเตอร์

ในจุดนี้จะสนใจที่ระยะทางในการวิ่งเท่านั้น และคิดรายได้จากเงินที่ได้มาจากระยะทางในการวิ่งแต่ละเที่ยววิ่งของแท็กซี่เท่านั้น กรณีรถติดหรือวิ่งด้วยความเร็วต่ำกว่า 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะไม่ถูกนำมาคิดเป็นค่าโดยสาร เนื่องจากข้อมูลไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่ามีการจอดหรือความเร็วต่ำกว่า 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในช่วงเวลาใดบ้างอย่างชัดเจน จึงสามารถคำนวณได้เพียงระยะการเดินทางเท่านั้น

4.7.2 ค่าเชื้อเพลิง

แท็กซี่ส่วนใหญ่นิยมใช้ก๊าซ LPG เนื่องจากราคาไม่ต่างจาก NGV มาก และมีสถานีให้บริการมากกว่า



รูปภาพ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ของพลังงานแต่ละประเภท [6]

รถยนต์มีการใช้ก๊าซ LPG 16.53 กิโลเมตร ต่อ กิโลกรัม หรือ 8.94 กิโลกรัม ต่อ ลิตร (เทียบราคา LPG 11.46 บาทต่อลิตร เมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2563[7])

4.8 ตัวอย่างผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้ง 15 คัน จะทำการแสดงชื่อของรถแต่ละคันที่ได้สุ่มจากข้อมูล GPS เวลาเริ่มต้นเที่ยววิ่ง และเวลาสิ้นสุดเที่ยววิ่ง ของวันที่ 4 ธันวาคม 2561 และมีการแสดงเส้นทางการเดินรถหลังจากที่มีการกำหนดจุดจอดขึ้นมาเพื่อให้แท็กซี่ใช้งาน ดังนั้นจึงมีการทดสอบการใช้จุดจอดในการกำหนดเส้นทางการเดินรถใหม่ ยกตัวอย่างเช่น

คันที่ 1

Vehicle ID /1eV/tbeMHtFRrxwgkT893z7zgQ

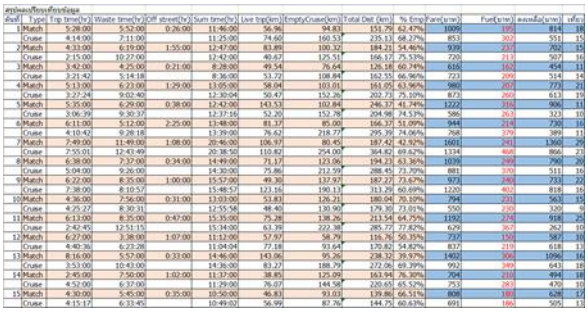
เริ่ม10.59 น. สิ้นสุด 22.24 น.ตามข้อมูลGPS (เส้นสีแดง)

เริ่ม10.59 น. สิ้นสุด 22.45 น.จากผลการทดลอง (เส้นสีน้ำเงิน)



รูปภาพ 10 เส้นทางการเดินรถตามข้อมูลGPSและจากการทดลองของคันที่ 1

4.9 อภิปรายผลการทดลอง



ตาราง 4 การเปรียบเทียบผลกระทบระหว่างการใช้จุดจอดและขับแบบตระเวน

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่ารถแท็กซี่ที่มีการใช้งานจุดจอดจะมีระยะทางการวิ่งแบบมีผู้โดยสารเพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 3.55 กิโลเมตรซึ่งไม่ส่งผลต่อรายได้เฉลี่ยมากนัก แต่มีระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่าเฉลี่ยลดลง 60 กิโลเมตร ส่งผลให้ค่าเชื้อเพลิงลดลงตามไปด้วยประมาณ 73 บาทต่อวัน ทำให้รายได้เฉลี่ยมากขึ้นกว่าแบบตระเวนอยู่ที่ 218 บาทต่อวัน ตามมิเตอร์โดยวัดจากระยะการเดินทาง ในกรณีที่ไม่คิดค่าเสียเวลาของการเดินทาง ในด้านการจราจรจะเห็นได้ว่ามีระยะเวลาของการเข้าจุดจอด (OffStreet) ซึ่งคือเวลาที่แท็กซี่ออกนอกระบบจราจรทำให้การจราจรบนท้องถนนราบรื่นขึ้นขณะที่แท็กซี่เข้าจุดจอด จากการที่แท็กซี่มีการจอดพักรถทำให้มีปล่อยไอเสียน้อยลง มลพิษบนท้องถนนจึงลดลงอีกด้วย

จากตัวอย่างที่มี 15 ตัวอย่างจึงเลือกใช้ T-Test ในการทดสอบข้อมูลระหว่างการขับตระเวนหาผู้โดยสาร (ก่อนมีการกำหนดจุดจอด) และ หลังจากการกำหนดจุดจอดแล้ว เพื่อพิจารณาและวิเคราะห์ผลดังนี้

1. ระยะทางการเดินรถที่มีผู้โดยสารอยู่ (Live trip)
2. ระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่า (Empty Cruise)
3. รายได้คงเหลือ (หลังจากหักค่าเชื้อเพลิงแล้ว)

สมมติฐานทางสถิติ :

H0:μก่อนมีการกำหนดจุดจอด = μหลังมีการกำหนดจุดจอด ผลการทดสอบก่อนและหลังมีจุดจอด “ไม่ต่างกัน”

H1:μก่อนมีการกำหนดจุดจอด ≠ μหลังมีการกำหนดจุดจอด ผลการทดสอบก่อนและหลังมีจุดจอด “แตกต่างกัน”

กำหนดค่าความเชื่อมั่น 95 % , จำนวนตัวอย่าง n = 15

<u>สรุปผลสถิติทดสอบ T-Test</u>

จากการที่ระยะทางการเดินรถที่มีผู้โดยสารอยู่ (Live trip) ยอมรับสมมติฐาน แสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าจะมีการวิ่งรับผู้โดยสารแบบตระเวน หรือแบบเข้าจุดจอดที่กำหนดไม่ได้ส่งผลต่อระยะทางที่มีผู้โดยสารอยู่บนรถ ส่งผลให้ค่าโดยสารที่แท็กซี่จะได้รับจะใกล้เคียงแบบตระเวน

ในส่วนของระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่า (Empty Cruise) ปฏิเสธสมมติฐาน แสดงให้เห็นว่าระยะทางการวิ่งเที่ยวเปล่าของการตระเวนหาผู้โดยสารมีค่ามากกว่าแบบเข้าจุดจอดที่กำหนด จากระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่าลดลงส่งผลให้ค่าเชื้อเพลิงของแท็กซี่ที่จำเป็นต้องใช้ลดลงตามไปด้วย

และจากการทำสถิติทดสอบในส่วนของรายได้คงเหลือ ปฏิเสธสมมติฐาน แสดงให้เห็นว่ารายได้คงเหลือของการเข้าจุดจอดนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องด้วยการสถิติทดสอบในเรื่องของระยะทางการเดินรถที่มีผู้โดยสารอยู่ (Live trip) และระยะทางวิ่งเที่ยวเปล่า (Empty Cruise) ที่มีค่าโดยสารที่ได้รับคงเดิมแต่ค่าเชื้อเพลิงที่ต้องจ่ายลดลง บ่งบอกถึงการเพิ่มขึ้นของรายได้เช่นกัน

5. สรุป

5.1 สรุปผลงานวิจัย

การศึกษานี้ข้อมูล GPS ของแท็กซี่แสดงให้เห็นพฤติกรรมการวิ่งรับผู้โดยสาร ตำแหน่งที่มีผู้โดยสารขึ้นรถ ตำแหน่งที่ผู้โดยสารลงรถ ระหว่างการเดินทาง รวมถึงการวิ่งเที่ยวเปล่าของแท็กซี่ซึ่งจำเป็นต้องลดการวิ่งเที่ยวเปล่าของแท็กซี่ภายในกรุงเทพมหานครลง

จากพฤติกรรมของแท็กซี่จะมีตำแหน่งที่แท็กซี่รวมตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่ซึ่งส่วนมากจะเป็นใจกลางของกรุงเทพและยังคงวิ่งอยู่บนถนนเพื่อตระเวนรับผู้โดยสาร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดหาจุดจอดเพื่อลดการจราจรบนถนนและการวิ่งตระเวนโดยไม่มีผู้โดยสารลง โดยใช้วิธีการ K-mean clustering โดยมีเงื่อนไขคือต้องเดินทางไปรับผู้โดยสารภายใน 15 นาที หรือ ประมาณ 2.5 กิโลเมตร เทียบกับความเร็วเฉลี่ยตามที่ สนข. ได้เฉลี่ยในตัวเมืองชั้นในออกมา 15.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงแบ่งจุดจอดภายในกรุงเทพมหานครออกมาได้ 196 จุดจอด

จากนั้นได้ทำการทดสอบการใช้งานจุดจอดโดยใช้ตัวอย่างข้อมูลของ วันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2561 สุ่มมา 15 คันเพื่อทดสอบและเปรียบเทียบผลกับข้อมูลการเดินทางแบบตระเวน ได้ผลดังนี้ จากการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบออกมานั้น ในเรื่องของค่าโดยสารยังคงเดิมเนื่องจากยังคงรับผู้โดยสารได้เท่าเดิม แต่ในด้านของระยะการวิ่งเที่ยวเปล่านั้นลดลงทำให้ค่าเชื้อเพลิงลดลงตามไปด้วย เนื่องจากมีจุดจอดให้รถสามารถจอดรอผู้โดยสารได้ จึงทำได้ผู้ขับแท็กซี่มีเวลาพักผ่อนระหว่างการขับรถได้ระหว่างการรอผู้โดยสารเรียกใช้บริการ และในด้านของการจราจร เมื่อแท็กซี่มีการจอดในจุดจอดที่กำหนดไว้ทำให้จำนวนรถบนท้องถนนลดลงให้ส่งผลให้การจราจรบนท้องถนนราบรื่นมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยนี้

- ในข้อมูล GPS ไม่มีการบอกเที่ยววิ่งและค่าโดยสารจากการกดมิเตอร์ที่ชัดเจน ถ้าหากข้อมูลมีบอกตำแหน่งที่มีการรับผู้โดยสาร หรือส่งผู้โดยสารที่ชัดเจน รวมไปถึงการเดินทางขณะที่มีผู้โดยสารอยู่บนแท็กซี่ และมีการเก็บข้อมูลค่าโดยสารแต่ละเที่ยววิ่ง จะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น
- ปัจจุบันข้อมูล GPS ของแท็กซี่ยังไม่ครอบคลุมถึงแท็กซี่ทุกคันภายในกรุงเทพมหานคร ดังนั้นการคาดการณ์จุดจอดจึงมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนของแท็กซี่ที่นำมาใช้วิเคราะห์หาจุดจอด ถ้าหาก GPS มีความแพร่หลายและถูกติดตั้งในแท็กซี่ทุกๆคันที่ลงทะเบียนจะสามารถนำข้อมูลมาเพิ่มความแม่นยำในการหาจุดจอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริการของแท็กซี่ได้แม่นยำมากขึ้นและยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการขนส่งอื่นๆได้
- จากงานวิจัยนี้ส่วนที่ขาดไปคือส่วนของอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่อการใช้จุดจอด เช่น แอปพลิเคชั่นสำหรับผู้โดยสารในการเรียกรถหรือระบุตำแหน่งจุดจอดใกล้ๆ ผู้ใช้บริการ และแอปพลิเคชั่นสำหรับผู้ขับแท็กซี่ในการแนะนำจุดจอดในบริเวณใกล้ๆ โดยอ้างอิงจากข้อมูลตำแหน่งการเรียกใช้บริการย้อนหลังเพื่อคาดการณ์ช่วงเวลาที่มีผู้โดยสารในแต่ละจุดจอด และการจัดสรรในเรื่องของคิวรถในจุดจอด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณต่อหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ทั้งข้อมูลจาก มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย ที่ให้ข้อมูลจีพีเอสของแท็กซี่ภายในประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

[1] บทสัมภาษณ์ ดร.ภูริพันธุ์ รุจิขจร, 2561, Data visualization, คณะบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ข้อมูลจาก https://thematter.co/science-tech/datavisualization/59402 (วันที่สืบค้น 20 กรกฎาคม 2563)

[2] สนข., รายงานการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนรถที่จดทะเบียนเป็นแท็กซี่(OK)และรถแท็กซี่(VIP) ณ วันที่ 31 มีนาคม 2562.

[3] Srisurapanon V., 2013. Ways to Promote Taxi Calling in Bangkok, The 18th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (HKSTS), p.529- 536.

[4] วีระเทพ ชนินทรเทพ, 2553. การจัดการจุดจอดรถแท็กซี่ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต . สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[5] จิตรลดา ทองอันตัง. สุขสมพร อโนไท. 2558. การวิเคราะห์กลุ่ม(Cluster Analysis) ข้อมูลจาก https://slideplayer.in.th/slide/2226485/ (วันที่สืบค้น 15 พฤษภาคม 2563)

[6] ปานเทพ พัวพงษ์พันธ์. 2559. บทวิเคราะห์เจาะลึก เติมน้ำมันหรือติดก๊าซชนิดไหนค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดเมื่อรถแล่นระยะทางเท่ากัน, ข้อมูลจาก https://mgronline.com/daily/detail/9590000015495 (วันที่สืบค้น 20 กรกฎาคม 2563)

[7] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2563.ราคาก๊าซ LPG วันที่ 20 กรกฎาคม 2563, ข้อมูลจาก https://www.ryt9.com/s/nepo/3142960 (สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2563)

The 4th KU SRC

Annual Conference 2020

Topic:

Hospitality and Tourism

ID024

Intercultural Service Encounters in Hospitality: A Survey and Theoretical Framework

Nasatorn Witayarat
Department of English, Faculty of Liberal Arts, Thammasat University
E-mail: nasatorn@tu.ac.th

Abstract

This paper presents a survey of the literature investigating intercultural service encounters from service employees' perspectives. It examines four main issues: service employee perception of cultural differences in international customer behavior, the challenges service employees face when dealing with cultural differences, their emotional responses to these challenges, and the way they deal with them. Then, it presents a framework that reflects the importance of cultural knowledge in intercultural service encounters in the hospitality industry and provides a structure for future research on this topic. Finally, this paper also provides recommendations for employee training and development in this area.

Keywords: intercultural service encounters, culture

1. Introduction

A service encounter is defined as a social interaction between an employee and a customer [1]. Research has shown that service encounters are crucial for organizations as they have an impact on customers' evaluation of service quality [1]. Increasing globalization has led to an increase in interactions between international customers and service employees — a situation where both parties have different cultural backgrounds [2]. This can pose a challenge when international customers and service employees do not understand each other's behavior due to their cultural differences [2]. Despite this increase in intercultural service encounters, few studies have explored service employees' experiences of intercultural service encounters or the challenges of such interactions. In an attempt to bridge this gap, the main contribution of this paper is twofold. First, this paper presents a survey of empirical studies published in refereed journals in order to generate a deeper understanding of intercultural service encounters experienced by service employees from different countries. Second, this paper presents a framework demonstrating the links between the main issues identified in order to offer insight into the challenges that service employees face.

For the purpose of the survey, key concepts are adapted and the term 'service employees' refers to persons working in hotels, restaurants, beauty salons, and shops whose responsibilities include interacting with guests or customers in order to create positive experiences for them. Thus, service employees in this paper include front-desk hotel personnel (receptionists, reservation personnel, guest relations personnel,

concierge personnel, and porters), restaurant servers, beauty service providers, and retail sellers (shoes, grocery, clothes, bakery). In the remainder of this section, the concept of intercultural service encounters in the hospitality industry is introduced and discussed in relation to the following: service employee perception of cultural differences in international customer behavior, the challenges faced by service employees during their intercultural service delivery, their emotional responses to these challenges, and the efforts made to overcome them. This is followed by a presentation of the framework proposed by the researcher in an attempt to analyze the links between the main themes identified in the literature. Finally, the conclusions are discussed, as well as possible limitations and related topics for future research.

2. An overview of the literature on intercultural service encounters in the area of hospitality

Studies on intercultural service encounters have noted that Hungarian service employees perceive cultural differences in customers' behavior during their interactions [3]. Furthermore, their perception of these cultural differences tends to influence their understanding of customers' preferences and consequently impacts their ability to provide a service that fulfils international customers' expectations. For example, Kenesei and Stier found that hotel service employees recognized different cultural norms such as an Arab woman being unable to swim in a pool when a man was already swimming [3]. In this situation, the employee decided to extend the opening hours of the pool for another half hour so that the customer could swim when the man left. This example demonstrates that having a knowledge of different cultures is crucial for positive intercultural service encounters and potentially leads to customer satisfaction. Another example is a qualitative study conducted by Wang and Mattila, in which American service employees observed that Japanese customers were unlikely to talk to employees when they served them food, unlike American customers, who tended to talk more and laugh with them [4]. The perception of this different customer behavior helped the employees learn about the difference between American and Asian customer expectations. Consequently, the American service employees remained quiet when serving food to Japanese customers but talked and laughed with American customers during their meals [4]. Potential reasons for this difference are that the Japanese customers may prefer to eat food in silence or face challenges related to their English language proficiency. The latter reason is supported by research conducted by Özdemir and Yolal, who found that Japanese tourists were unlikely to socialize with other groups of tourists from different nationalities due to their limited English language proficiency [5]. This highlights the importance of hiring service employees who can speak other foreign languages apart from English in order to facilitate communication with international customers who face difficulties when communicating in English.

On the other hand, research has shown that employees cannot always understand cultural differences in international customer behavior [6]. A possible cause of this could be insufficient knowledge of different cultures. For instance, a

study demonstrated how Thai hotel service employees believed that Japanese and Korean people consider it a deviant behavior to drink alcohol and eat food in their room instead of going to a bar or a restaurant. However, Japanese and Korean customers may consider it a normal behavior in a hotel [6]. This cultural misunderstanding illustrates the different etiquette norms among Asian countries and reflects the need to obtain a deeper understanding of differences in Asian cultures. Another example is a quantitative study conducted by Lam and Cheung, which found that hotel service employees in Hong Kong had limited cognitive cultural intelligence, which serves as a foundation for individuals to decode and understand behavior of individuals from other cultures, especially in terms of values and beliefs [7]. However, the study should have included interviews to provide more details of the hotel service employees' insufficient knowledge of the different cultures of their international customers. It should be noted that the perception of differences in international customer behavior should not be generalized to the whole population due to the individuality of international customers. For example, Yeung and Leung found that hotel employees in Hong Kong perceived that customers from Mainland China tend to speak loudly and behave in a disorderly manner in public [8]. However, this does not mean that every Chinese customer from Mainland China would uphold this type of behavior.

In addition to insufficient knowledge of different cultures, the issue of dealing with different varieties of English spoken by international customers poses a challenge to service employees. For instance, Inkaew found that Thai hotel front office personnel were unlikely to become accustomed to the non-English native accents of their international customers. Consequently, this could undermine their confidence when communicating with their customers [9]. This reflects employees' lack of awareness of World Englishes or the different varieties of English language used by people around the world, not limited to the native English-speaking countries [10]. Thus, this indicates that knowledge of World Englishes is crucial to positive intercultural service encounters as it enables service employees to understand the different English accents of customers who come from non-native English-speaking countries. For English-speaking service employees, the issue of understanding customers whose English is not their native language has been identified as a challenge encountered during interactions [11]. Research has indicated that this is because the employees expect their international customers to possess knowledge of English and the ability to communicate in English [11]. Arguably, this emphasizes the importance of service employees having knowledge of international languages, as it helps facilitate communication with international customers and increase customer satisfaction. These examples reflect the importance of service employees not only having knowledge of different cultures, but also having knowledge of foreign and different varieties of English language.

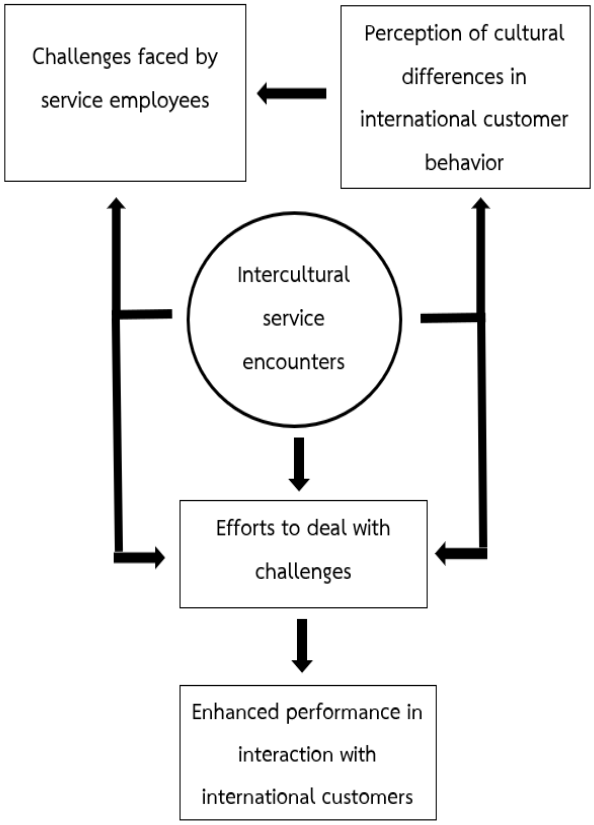
The emotional responses of service employees to the challenges encountered during interactions with international customers have also been identified in the literature. Research has shown that some service employees manage to

remain calm in order to maintain the level of service required [7]. However, some feel uncomfortable, frustrated, and stressed, and some may even refuse to serve international customers of certain nationalities [4]. To cope with these challenges, several studies have proposed cultural training and courses for both current employees and students majoring in hotel management so that they can obtain additional and in-depth understanding of different cultures [3] [4] [11]. Some studies have suggested details and types of classroom activities that could be implemented to increase employees' and hotel interns' knowledge of different cultures [8]. Furthermore, other possible ways of dealing with these challenges include hiring employees who can speak foreign languages, asking advice from more senior colleagues, and using non-verbal communication with non-native English customers when the latter cannot communicate in English [9] [11], although it is important to note that using non-verbal communication should be treated with caution as each culture has different ways of decoding non-verbal communication [12].

The suggestion to ask for advice from more senior staff indicates that the more work experience service employees have, the more knowledge of different cultures they gain. However, Inkaew observed no correlation between work experience and level of intercultural competence (defined as the understanding of people from different cultural backgrounds) in Thai hotel front office personnel [13]. He also claimed that work experience of dealing with international customers may not create sustainable intercultural competence as it is unlikely to apply to a different situation where there is a change in environment. Thus, it may be the case that more experienced employees' advice cannot be applied in every situation [13]. However, such a practice could serve as a general guideline for less experienced or new employees to equip them with knowledge from real-life work experience. Indeed, it may be advantageous for service employees to combine the knowledge gained from training and formal courses at educational institutions when they are an intern with trainings provided by their organization.

The following section examines the framework presented in Figure 1, which consists of the key points identified in the previous discussion.

Figure 1. Proposed theoretical framework for intercultural service encounters in the hospitality industry.



The diagram demonstrates that perception of cultural differences in international customer behavior plays an important role in intercultural service encounters. It enhances service employees' understanding of the different norms, values, and beliefs of international customers so they can provide service that fulfils customers' needs and possibly increases customer satisfaction. However, in some cases and situations, service employees tend to have inadequate knowledge of different cultures and encounter challenges when dealing with different varieties of English as well as challenges related to the English language proficiency of international customers. This issue of dealing with foreign languages and different varieties of English reflects the underlying challenges of intercultural service encounters experienced by service employees.

3. Conclusion

The main contribution of this paper is that it presented the empirical literature on the intercultural service encounters of service employees from different countries, which demonstrated the importance of understanding cultural differences in international customer behavior and highlighted the challenges that employees face and the ways they deal with these challenges during interactions with international customers. However, this paper did not investigate international customers' perceptions of service encounters and whether they are similar to the perceptions of service employees. Despite this limitation, the examination of service employee perceptions of cultural differences in international customer behavior helped identify potential solutions for dealing with challenges. As discussed, employees tend to solve the problem at hand (e.g. by asking advice from more senior colleagues), which is unlikely to provide long-term or sustainable solutions. Thus, this practice should be combined with courses that provide in-depth knowledge of different cultures, training, and language support provided by both educational institutions and employees' organizations. Therefore, future research on this additional support is necessary as it could contribute to the employees' professional development and the delivery of better customer service with minimal obstacles.

Reference

[1] Peter K. Mills. 1990. On the quality of service in encounters: an agency perspective, Journal of Business Research, Volume 20, p. 31-41.

[2] Sizoo Steve, Richard Plank, Wilfried Iskat and Hendrick Serrie. 2005. The effect of intercultural sensitivity on employee performance in cross-cultural service encounters, The Journal of Services Marketing, Volume 19 No. 4, p. 245-255.

[3] Zsofia Kenesei and Zsofia Stier. 2017. Managing communication and cultural barriers in intercultural service encounters: Strategies from both sides of the counter, Journal of Vacation Marketing, Volume 23 No. 4, p. 307-321.

[4] Chen-ya Wang and Anna S. Mattila. 2010. A grounded theory model of service providers' stress, emotion, and coping during intercultural service encounters, Managing Service Quality, Volume 20 No. 4, p. 328-342.

[5] Cansev O¨zdemir and Medet Yolal. 2017. Cross-cultural tourist behavior: An examination of

tourists' behavior in guided tours, Tourism and Hospitality Research, Volume 17 No. 3, p. 314-324.

[6] Seongseop Kim, Statia Elliot, Rob Law and Kaye Chon. 2014. Differences in Expectations and Perceptions Between Hospitality Providers and International Customers: The Case of Korean and Japanese Group Tourists in Thai Hotels, International Journal of Hospitality & Tourism Administration, Volume 15 No. 2, p. 121-149.

[7] Rachel Lam and Catherine Cheung. 2018. Towards an understanding of the culturally intelligent behaviour of hotel service employees, International Journal of Tourism Sciences, Volume 18 No. 3, p. 202-214.

[8] Sylvester Yeung and Cherry Leung. 2007. Perception and Attitude of Hong Kong Hotel Guest-contact Employees Towards Tourists from Mainland China, International Journal of Tourism Research, Volume 9, p. 395-407.

[9] Manachai Inkaew. 2016. An Analysis of Intercultural Communicative Competence: Hotel Front Office Personnel in Bangkok, PASAA, Volume 51, p.185-214.

[10] Jennifer Jenkins. 2009. World Englishes: A Resource Book for Students 2nd Edition, Routledge, London, UK.

[11] Eirini Daskalaki. 2020. Cultural Diversity and Indicated Intercultural Implications in the Hotel Working Environment in the United Kingdom: Underpinning the Employee's Perspective, The Market: International Journal of Business, Volume 1, p.91-107.

[12] James W. Neuliep. 7th Edition, Sage, London, UK.

[13] Manachai Inkaew. 2017. The Relationship between Hotel Employees' Backgrounds and Intercultural Communicative Competence Level: A Case Study of Hotel Front Office Personnel in Bangkok, rEFLections, Volume 23, p.51-70.

ID089

Attributes of Food and Beverage Quality Related to Customer Loyalty in Thai restaurants: A Case of Pattaya, Thailand

Parinya Nakpathom[1], Kongkidakarn Sakulsinlapakorn[1], Waraporn Theerasak[2], Atinun Machchimchai[3], Bonny Nyholt[3], Matika Kheesoon[3], Sukanya Boonthawee[3] and Supawan Sareeraporn[3]

[1]Department of International Hospitality and Tourism Management,

[2]Department of Global Business Communication,

[3]Undergraduate students in International Hospitality and Tourism Management Program,

Burapha University International College

*E-mail: parinyan@go.buu.ac.th

Abstract

The study aims to examine (1) the attributes of food and beverage quality (2) the influence of food and beverage quality toward customer satisfaction and (3) the customer satisfaction affecting customer loyalty. This study employed the simple random sampling method to select 400 respondents from data collection using online questionnaire. For the data analysis, the statistical methods were descriptive statistics and linear regression analysis. The linear regression model was developed to predict the customer loyalty of Thai restaurants. The results showed that the hypothesized antecedent variables were statistically significant to customer loyalty. In particular, safety (β = 0.195, p = 0.000) and physical environment (β = 0.303, p = 0.000) influenced to customer satisfaction. Moreover, a significant relationship between customer satisfaction and customer loyalty was identified with the effect size as (β = 0.705, p = 0.000).

Keywords: Food and Beverage quality, Customer Loyalty, Thai restaurants, Pattaya

1. Introduction

The Thai government has announced a new model for industrial development in order to enhance the potential of Thai businesses and enable them to compete in the constantly-changing 21st century. This model is called “Thailand 4.0” and its key concepts include changing from the manufacture of “Mass Products” to “Innovative Products” through technology, creativity, and new methods: and changing from a “production-based” to “service-based” economy using the digital system as part of the transformation (Fi Asia, 2019).

Food for the future is the most attractive for hospitality industry because Thai restaurant prefers to present the unique and wisdom of Thai cuisine which leads to the eating challenge (Phichagonakasit, 2019). Moreover, Thai food is actually based on the balance of different flavors including spicy, sour, sweet, salty, and bitter (Harry et al., 2019). This goes beyond simply combination of the flavors within an individual dish to

incorporate the contrast in flavors between two or three different dishes. In general, this is one of the reasons why Thai people love to share the meal and eat together as the family style (Fuller, 2014). One distinctive aspect of Thai food is the use of fresh herbs and spices as well as the inclusion of fermented fish sauce as an essential part of nearly every dish (Fuller, 2014).

Thailand is the center of Southeast Asia which is surrounded by other countries. Therefore, each part of Thailand has different tastes and cooking styles; it was influenced by neighboring border countries such as Malaysia, Myanmar, Cambodia, Laos, and China. In addition, tourism attractions in Thailand are adapting the modern Thai taste but still using the traditional methods. In this way, Thai restaurants present the same texture to support the customers who want to try new traditional foods in Thailand, for example: Making the Thai curry with mild flavors (not too spicy) (Phichagonakasit, 2019).

There are six regions of Thailand (Northern, Southern, Eastern, Western, Central, and Northeastern) with different styles of cuisines. Pattaya is one of Thailand's tourist attractions aside from Bangkok and Chiang Mai. It is one of the tourist attractions with the second highest attention of tourists. In Pattaya, there are many things that attract Thai tourists to visit and have the new experiences. In this case, food stands out as the number one of these experiences. However, the famous local dishes served in Pattaya are mainly seafood; it is accepted by Thai tourists due to its variety, freshness, deliciousness, and fragrance. One of the most important factors for developing the quality of Pattaya local food; is the potential of restaurant operators which is considered as the main mechanism for the improvement of local food quality (Gulasirima et al., 2019).

The food quality is one of the main factors providing the attention to tourists when they want to choose restaurants or places to eat. The outstanding food quality should always have the good taste and remain fresh. Also, in order to keep the freshness, restaurants should always use good quality of raw materials when cooking. Whenever tourists are impressed and satisfied with the products and services; they tend to express the loyalty to the local restaurants and tend to come back in the future. This would result in the positive word of mouth (WOM) from customers to friends, family or even online reviews (Gulasirima et al., 2019). Therefore, food quality is a key factor in the existence of the restaurant business.

Overall, this study aims to examine the attributes of food and beverage quality, to investigate the influence of food and beverage quality toward customer satisfaction and to investigate the customer satisfaction affecting customer loyalty. Moreover, the relationship between satisfaction and royalty was also examined by the abundant evidences. Online questionnaire was used for the data collection. Linear regression analysis was conducted to identify the validity and internal consistency of the structure used in the research and to verify the study hypothesizes.

2. Research Objectives

2.1 To study the attributes of food and beverage quality.

2.2 To study the influence of food and beverage quality toward customer satisfaction.

2.3 To study the customer satisfaction affecting customer loyalty.

3. Literature Review

3.1 Food and Beverage quality

Food and beverage quality is the key success in restaurants. Customers prefer to visit restaurants to try delicious food in their leisure time, and quality of food is always a predominant factor of this. Food quality is a predictor of food safety. It is much more common for human beings that they are curious about everything which relates to themselves such as what they eat, and what they feel. For, food and beverage quality, it can be distinguished and evaluated. Previous researches about the food and beverage quality (Phornchalearmphong, et al., 2019; Reeves, 2019; Serhan and Serhan, 2019; Safe Food Alliance, 2019; Sharma, 2018; Pragattakomol and Taylor, 2018; Louisa, et al., 2017; Perez, 2017; and Moller, 2015) showed 5 factors of food and beverage quality: Safety, Taste, Source of Ingredients, Quality of Service and Physical Environment.

3.1.1 Safety

Food and beverage services are bound to provide safe-to-eat food that is prepared and followed by the hygiene and sanitation practices. Food and beverage services have direct access to customers' health through food and beverages. Hence, if the service does not follow the proper practices of hygiene and sanitation, the guests might get foodborne diseases such as food poisoning, nausea, diarrhea, or vomiting. Food contamination can occur through unwashed vegetables, uncooked meat, soft cheeses, and unpasteurized milk (Sharma, 2018).

Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) is a system that identifies the food control -related health risks by monitoring food production, storage and distribution. The aim of this system is to prevent food becoming unsafe, rather than evaluating an end product (Virtual College, 2017).

The definition of food and beverage safety is the absence of safe and acceptable levels of hazards in food that may harm the health of customers. This refers to limiting the presence of those hazards including chronic or acute conditions that causes the injury to the health of the customers. It refers to the process of reducing the harmful impact to food-borne illnesses and maintaining hygiene and sanitation during harvest, processing, storage, distribution, all the way to preparation and consumption. Also, it is increasing in magnitude as a public health concern for health practitioners and the general public.

Thus, food and beverage safety is one of the crucial global concerns that covers a variety of different areas of daily life for health and well-being. In Thailand, there is an organization that controls and verifies the safeness of food ingredient quality. However, Ministry of Public Health manages the policy which related to the controlled quantity of chemicals allowed to use within the ingredients and to guarantee the well-known food safety.

3.1.2 Taste

Sensory pleasure from the taste of foods is a major determinant of food that satisfies the taste via flavor, texture, mouth, feel, and sensory

perception. Taste is not only to remind the eating experience, but also to remind a sense of satiation and satiety. Previous studies indicated that the nutritional composition, a food's taste, smell, texture, temperature, color and appearance of all affected satiety contributing to sensory-specific satiety; are attributed to individual foods (Moller, 2015). Each of the Thai dishes has its own unique taste. The perception of five taste qualities consists of sweet, bitter, umami (savory), sour, and salty which occurs through segregated pathways (Perez, 2017).

The best Thai restaurants in Pattaya present the world-famous cuisine in elegant style and utilize a huge and colorful array of herbs, vegetables, spices, and meats. Sometimes, the chef changes the recipes and uses the different ingredients. Therefore, it affects the quality and texture of the food (Reeves, 2019).

However, there are truly nine flavors of Thai food. Thai food is usually based on four flavors: salty, spicy, sweet, and sour. However, there are other flavors including bitter, astringent, and splint. Thailand has four regions: north, south, east, and west; and each region uses different methods and raw materials to create the flavors, resulting in unique taste of each region.

3.1.3 Source of ingredients

Sources of ingredient are raw materials that used in the food industry. The main ingredients in Thailand are vegetables and raw animal meat; obtained from agriculture, livestock committee, fishery, and some raw materials may collect from natural sources such as aquatic animals and seafood, which affect quality and quantity. The raw materials depend on nature, environment, and weather which are constantly changing (Phornchalearmphong, et al., 2019).

Customers' requirement is based on the diversity of local food resources. When the restaurants need to buy ingredients; it is better if they buy them from resources with high quality and fresher ingredients than the general market because sometimes the ingredients are not fresh. In Pattaya, there are many kinds of customers including local people who live in Pattaya City and other places. There always has a high demand of tourists who want to experience true culture of Thai food as well. Customers can enjoy Thai food from northern, central, southern, and western regions with first-rate ingredients, sublime preparations and unbelievable value to be found.

Most Thai cooking recipes in Pattaya require the ingredients from the sea, because it is easy to find the cheap and high quality. Most restaurant owners have a direct connection with the boat owner, allowing the restaurant owner to receive fresh products day-to-day, rather than buying from middle- vendors who sell things at the day market or markets open all day. It is necessary and very important to purchase raw quality materials for cooking and to serve customers the best quality food.

3.1.4 Quality of Service

Service quality is considered as a key element in the restaurant sector, bearing in mind that dining in restaurants is essentially a social event. In some studies, it found that service quality was more important than food quality in dining satisfaction. Service quality has a significant effect on dining satisfaction at an aggregate market level and particularly for adventurous or healthy food seekers.

Nowadays, quality of service has been measured the customers' expectations and insights towards the offered service. Customer satisfaction is affected by the quality of offered food service. In the same context, food service has an impact on customers' perceptions towards a restaurant. However, employees' behavior affects to customers' perceptions of service quality. The interaction between employees and customers, such as friendly gestures, greetings action and high levels of responsiveness, cleanliness, and quick service is important as its influences satisfaction with the service quality (Serhan and Serhan, 2019).

3.1.5 Physical Environment

People create culture to fulfill physical, mental, and social needs which is transmitted to the new generations. However, in some situations, people have been forced to change their original behavior patterns and they need to adapt themselves to a new environment and society. This is the starting point of building a new pattern of culture. Change is an essential process for cultural existence; and humans are passing forward these traditions to the next generation. Still, to preserve culture, people have to adapt and change some aspects following environmental conditions (Pragattakomol and Taylor, 2018).

Customers are careful about their health when traveling overseas or another country in general, which is why restaurants need to provide the clean environment, especially when the customers are mainly tourists. Tourists also love to gain new experience related to the true culture of Thai tradition and surroundings, therefore restaurants in Pattaya need to use decorations that allow the feeling of Thai home style to keep the environment to be Thai tradition.

In addition, parking convenience is among the factors that influence customers to repeat purchase and retain customers in one business. Moreover, convenience factor does help to satisfy customers' needs; so that they will be likely to repeat the purchase at the business. In any type of business, retaining a customer is the most important because it will cost less than attracting a new customer (Saber et al., 2017).

3.2 Customer Satisfaction

Customer satisfaction is the happy or unhappy feelings in someone; comparing with the perceived performance of the product (or result) to their expectations. The definition of customer satisfaction is the key of customers when they have the desire for future purchase. Customer satisfaction may relate to the way that they talk about their good experiences about the restaurant. On the other hand, satisfaction has been defined differently between expectation and performance; and also between quality and satisfaction.

This term is often used as a measurement of how the products and services provided by the company meet or exceed customer expectations. In the service environment, customer satisfaction has been seen as a special form of customer attitude (Zephan, 2018). Customer satisfaction can be understood to be the difference between customers' expectation before consumption and realization after consumption of product or service (Kotler and Armstrong, 2016).

Thai restaurants in Pattaya welcome many customers around the world, and these customers expect to get the good food quality and good

taste. Since most restaurants have very high-quality levels that are recognized and certified by the organization as the quality of food, and if they receive food that has good quality; customers will be satisfied and be loyal and they would like to come back to dine at the restaurant again. In some cases, customers also get the good impact of recommendations from other customers by word of mouth as well.

3.3 Customer Loyalty

Generally, customer loyalty has been defined in behavioral terms as repeat purchasing frequency or relative volume of same-brand purchasing. Also, loyal customers have been defined as those who re-buy a brand, consider only that brand, and do no other brand-related information seeking (Pitchayadejanant and Nakpathom, 2016). Furthermore, the loyalty has been defined as tourists' intentions or actual behavior to repeatedly purchase certain products or services (Ngoc and Trinh, 2015).

Customer loyalty is one of the major marketing objectives in business industries. Customer loyalty can be identified by word of mouth (WOM) from the customers to friends, relatives or satisfied reviews on social websites. Another is continuous purchase from the customers, meaning that the customer has become satisfied with the product leading them to reuse the business's products or services and becoming the loyalty customer.

Thus, this study of tourist's loyalty has pointed out the tourism in Pattaya City as one of the major driving forces to increase tourist's loyalty to maintain the number of tourists who come to visit Pattaya city and to increase the number of tourists in the future (Tansiri, 2016).

3.4 Thai restaurants in Pattaya

Thai restaurants in Pattaya present this world-famous cuisine in elegant and fantastic style. In addition, spicy flavor and colorful array of herbs, vegetables, spices, and meat; make Thai food to be unique than any other in the world. No trip to the Land of Smiles is complete without indulging all five senses and experiencing the food as it is supposed to be served (Audiger, 2019).

Hundreds of restaurants in Pattaya are fantastic. The selection of Thai cuisine relates to a wide variety of national cuisines with various prices. The best restaurants in Pattaya can be found not only the local Thai restaurants, but also upscale restaurants. Most of Thai people were well-known as polite and friendly. In this case, Thai restaurant owners could position their restaurants as a place to learn Thai culture, serving customers with Thai polite manners, treating customers like they were at home; and with such a warm welcome would create tourists' satisfaction toward places.

Today, Thai restaurants and Thai food can be found in almost all parts of the world, especially in major cities such as Pattaya. Tourists can learn Thai culture when visiting Pattaya by watching or Thai traditional shows. Moreover, Thai food and Thai restaurants can create an outstanding marketing strategy to encourage tourists to be impressed with Thai culture.

Hence, destination managers should provide more advertising campaign regarding to Thai Food; as to provide tourists with delicious the delicious

food and healthy food. Finally, eating Thai food is another way to learn Thai culture (Stephan, 2020).

4. Hypothesis

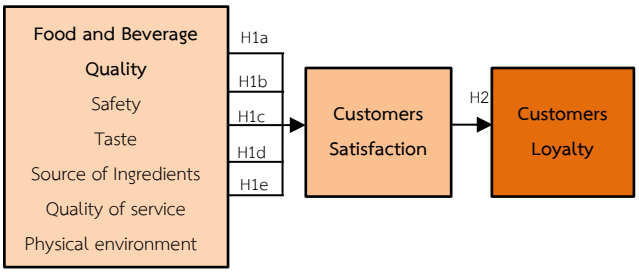


Figure 1 Hypothesis

Accordingly, to the above theoretical framework, the following research hypotheses are formulated:

H1a: Safety has a positive effect on customers' satisfaction.

H1b: Taste has a positive effect on customers' satisfaction.

H1c: Source of Ingredients has a positive effect on customers' satisfaction.

H1d: Quality of service has a positive effect on customers' satisfaction.

H1e: Physical environment has a positive effect on customers' satisfaction.

H2: Customers' satisfaction has a positive effect on customers' loyalty.

5. Research Methodology

To achieve the study objectives, this study aims to examine (1) the attributes of food and beverage quality (2) the influence of food and beverage quality toward customer satisfaction; and (3) the customer satisfaction affecting customer loyalty. This study is quantitative research which conducts with Linear Regression Analysis.

5.1 Measurement

Researchers developed the questionnaire to be reliable and valid. The useful questions from previous studies as stated and cited in literature review: were adapted to the questionnaire. The developed questionnaire was validated by 3 specialists in hospitality and tourism industries, humanity and social science and psychologist. The questionnaire consists of six sections. First section is for demographic information including 4 questions. The second section is about customer behavior including 4 questions. The third section is on food and beverage quality factors consisting of 15 questions. The fourth section is on customers' satisfaction including 3 questions. The fifth section is customers' loyalty including 3 questions. The last section is for recommendation. All items were measured by a 5-point Likert Scale ranging from 1 to 5; 5 – Very high perception, 4 – High perception, 3 – Moderate, 2 – Low perception and 1 – Very low perception.

5.2 Data collection

The samples were collected from 400 tourists who were randomly selected. The data collection was completed in two months from the beginning of March to the end of April, 2020.

5.3 Data Analysis

This study uses data analysis techniques in both descriptive statistics and prediction for identifying groups and using Linear Regression Analysis. Five-Likert scale was used for all questions in the questionnaire; except demography profiles part. The analysis is based on data availability from the survey for statistical tests; data analysis was performed by Statistics software package.

6. Research Finding

Four hundred of questionnaires were completed by tourists who were randomly selected not depending on either their regions. The results of sample's demographic characteristic were analyzed in percentage as shown in table 1.

Table 1 - Sample' Demographic Characteristics (n=400)

Sample's Demographic Characteristic		Frequency	Percentage
Gender	Male	159	39.7
	Female	241	60.3
Age	less than 20	23	5.7
	21-30	184	46.0
	31-40	73	18.3
	41-50	56	14.0
	51-60	55	13.7
	More than 61	9	2.3
Region of hometown	North	21	5.2
	Northeast	62	15.5
	West	22	5.5
	Central	85	21.3
	East	156	39.0
	South	54	13.5
Monthly income (Baht)	Less than 10,000	72	18.0
	10,001-20,000	169	42.2
	20,001-30,000	63	15.8
	More than 30,001	96	24.0

The sample of demographic characteristic shows 39.7% of males and 60.3% of females; noted that female is more than male. The average age of the sample was between less than 20 years old to more than 61 years old; noted that the age of sample ranged from less than 20 years old was 5.7%, 21-30 years old was 46.0%, 31- 40 years old was 18.3%, and more than 61 years old was 2.3%. Most samples were 21-30 years old (46.0%).

Table 2 – Customer behavior

Customer behavior		Frequency	Percentage
How often do you dine in Thai restaurants per month?	1-2 times	238	58.2
	3 - 4 times	56	21.5
	5 - 6 times	26	6.5
	More than 7 times	55	13.8
Who do you have Thai food with?	Alone	17	4.3
	family	254	63.5
	friend	127	31.7
	other	2	0.5
When do you have in a Thai restaurant?	Morning	3	0.8
	Lunch time	131	32.7
	Dinner	258	64.5
	other	8	2.0
How much do you spend in Thai restaurant? (Baht)	Less than 1,000	174	43.5
	1,001 - 2,000	170	42.5
	2,001 -3,000	47	11.7
	More than 3,001	9	2.3

Overall, Thai tourist customers mostly dine in Thai restaurants 1-2 times per month (58.2%) with their family (63.5%), most of customers have dinner at Thai restaurants (64.5%); and pay an average of 1001-2000 baht (42.5%).

The fourth part of a questionnaire was analyzed by using Exploratory Factor Analysis (EFA) with Varimax Rotation in order to create correlated variable composites from the original 35 attributes and identify a smaller set of factors, which explained most of the variances between the 28 attributes. Each factor was retained if it had the Eigenvalues greater than or equal to 1.0; and attributes were retained only if the factor loading greater than or equal to 0.7. The Eigenvalues showed the four-factor solution with 28 attributes explained 70.249% of the overall variance was

appropriate and summarized in table 2, together with Factor Loading, Mean, S.D. and level of students' expectation.

Table 3 – food and beverage quality and customer satisfaction

food and beverage quality	Unstandardized Coefficients	Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	P–Values
Safety	.195	.047	.214	.000**
Taste	.113	.051	.109	.027
Source of Ingredient	.094	.055	.094	.088
Quality of Service	.055	.041	.064	.175
Physical Environment	.303	.052	.313	.000**

** p = <.05

This section shows the Result of Linear Regression, and the relationship of coefficients perception towards customer satisfaction and customer loyalty. Coefficients perception towards customer satisfaction and customer loyalty in Thai restaurant was answered by obtaining the linear regression weights and the p-values for these weights. In table 3.1, the results of the linear regression analysis are displayed. The estimated linear regression weights, standard errors and p-values for all the predictors are given. Safety and Taste were significant predictor of customer satisfaction, (β = 0.214, p = 0.000) and (β = 0.109, p = 0.027), respectively. These two significant variables have positively affected customer satisfaction. However, Source of Ingredients (β = 0.094, p = 0.088); Quality of Service (β = 0.064, p = 0.175); and Physical Environment (β= 0.313, p = 0.000) were not significant as predictors of customer satisfaction.

Table 4 - customer satisfaction and customer loyalty.

Customer satisfaction and loyalty	Unstandardized Coefficients	Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	P–Values
Satisfaction	.736	.037	.705	.000**

** p = <.05

Customer satisfaction and customer loyalty were analyzed by the multiple regression weights and the p-values for these weights. In table 3.2 shows the results of the linear regression analysis. The estimated multiple regression weights, standard errors and p-values for all the predictors are given. Customer satisfaction is a significant predictor of customer loyalty, (β = 0.705, p = 0.000). As a consequence, customer satisfaction has positively affected tourist's loyalty.

Table 5 - Result of hypotheses

Relationship	Independent Variable	Dependent Variable	Results
H1a	Safety	Customer satisfaction	Not rejected
H1b	Taste	Customer satisfaction	Rejected
H1c	Source of Ingredient	Customer satisfaction	Rejected
H1d	Quality of Service	Customer satisfaction	Rejected
H1e	Physical Environment	Customer satisfaction	Not rejected
H2	Customer satisfaction	Customer Loyalty	Not rejected

Table 5 shows the conclusion and results of research hypotheses. There are 3 hypotheses which are “not rejected” and 3hypotheses which are “rejected”.

7. Conclusion

The majority of Linear Regression perception had a significant impact of safety and physical environment on overall customer satisfaction. These results of safety, Thai restaurant should train all employees in restaurant safety procedures and operate restaurant equipment safely. Moreover, staff should provide the service with service mind in efficient and effective ways.

In addition, Physical Environment is another factor which is analyzed by Linear Regression analysis to support customer satisfaction. The result of physical environment implies that staff should practice restaurant “Fire Safety” to be responsive to protect the customers and offer service carefully in order to increase trust and confidence for customers (the quality of service).

Customer’s satisfaction had a positive effect on customer loyalty in Thai restaurants. Moreover, the factors of the customer loyalty are the affective revisit, word of mouth (WOM), and pay more money at a destination.

However, the development of Thai restaurant in Pattaya, Ministry of Public health should provide high quality of ingredients; not only safety, taste, source of ingredient, quality of service and physical environment, but also the staff uniform. In order to improve the service quality, the shopkeepers should provide the training to the staff before the actual work, or to work before the actual jobs; so that the staff will be able to have experience in work. As a result, the restaurants will have the higher standard in the industry.

8. Reference

[1] Audiger, S. 2019. 10 Best Thai Restaurant in Pattaya. Retrieved August 2019, from http://www.bangkok.com/pattaya/top10-thai-restaurants.htm

[2] Serhan, M. and Serhan, C. 2019. The Impact of Food Service Attributes on Customer Satisfaction in a Rural University Campus Environment. International Journal of Food Science, p. 1-12.

[3] Pragattakomol, P. and Taylor, K. 2018. The Evolution of Cultural Landscape and Built Environment Through: Thai Food and Way of Living: The Case Study of Central Region of Thailand. Dusit Thani College Journal, Vol. 12 No. 1, p. 124-149.

[4] Fuller, T. 2014. Food in Thailand. Retrieved from http://factsanddetails.com/southeast-asia/Thailand/sub5_8d/entry-3233.html

[5] Gulasirima, R., Rasamipiboonb, N., Pichaiyongvongdeeb, S., Chantrarasanamb, C. and Yambunjongc, P. 2019. Developing Potential of Restaurant Entrepreneurs in Pattaya Using Process of Knowledge Management of Local Wisdom on Foods. Journal of Multidisciplinary in Social Sciences, Vol. 15 No. 1, p. 32-42.

[5] Hague, P. and Hague, N. 2016. Customer Satisfaction Survey: The customer experience through the customer’s eyes. London: Cogent Publication.

[7] Harry, S. et al. 2019. 3 Tips on How to Eat Spicy Food Like a Local Thai. Retrieved from https://www.marketexperiences.com/single-post/2019/07/17/3-Tips-on-How-to-Eat-Spicy-Food-Like-a-Local-Thai

[8] Louisa, S. et al. 2017. Product quality: food, beverage, and service. Retrieved from https://blog.ehl.edu/what-makes-a-successful-fb-concept-in-todays-market

[9] Phornchalearmphong, P. and Rattanapanon, N. 2019. Raw material. Retrieved from http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0464/raw-material-วัตถุดิบ

[10] Pitchayadejanant, K. and Nakpathom, P. (2016). The Effect of Demographic Information as Moderator toward Relationship between Service Quality, Customer Satisfaction, and Customer Loyalty in Thai Low Cost Carriers' Passengers. Journal of Marketing Management. 4(1): 172-182.

[11] Saber, J. M., Fadli Ibrahim, M. Z., Mustapha, R. I., Salim, A., Sandikau, E. N. and Lajis, N. A. 2017. The Effects of Parking Convenience Towards Customer Retention in Gurney Drive, Penang: A Preliminary Study. International Academic Research Journal of Social Science, Vol. 3 No. 1, P. 1-5.

[12] Safe Food Alliance. 2019. The beginner's guide to HACCP. Retrieved from https://safefoodalliance.com/haccp/the-beginners-guide-to-haccp/

[13] Sharma, D. 2018. Importance of Hygiene in F&B Service. Retrieved from https://www.linkedin.com/pulse/importance-hygiene-fb-service-deepak-sharma

[14] Stephan, A. 2020. Where and what to eat in Pattaya. Retrieved from http://www.bangkok.com/pattaya/food.htm

[15] Tansiri, M. 2016. The factor influence of tourists' loyalty on their revisit intension: in case of travel in Pattaya city. Master Degree of Business Administration (International program), Graduate School of Commerce, Burapha University.

[16] Virtual college. 2017. The 7 principles of HACCP, Retrieved from https://www.virtual-college.co.uk/resources/2017/08/the-7-principles-of-haccp

ID097

การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม: ตัวอย่างเส้นทางการท่องเที่ยวตามรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันในประเทศไทย

Cultural Tourism: Examples of Travel Routes with German Architectural Traces in Thailand

ดนยา ตันติสันติสม[1*] และ ศรินยา ตรีธวัชชัยวงศ์[1]
[1]สาขาวิชาภาษาเยอรมัน ภาควิชาภาษาและวัฒนธรรมตะวันตก คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
[*]E-mail: danaya.t@arts.tu.ac.th

Danaya Tantisantisom[1*] and SarinyaTrithawatchaiwong[1]
[1]German Section, Department of Western Languages and Cultures, Faculty of Liberal Arts, Thammasat University
[*]E-mail: danaya.t@arts.tu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตุประสงค์ในการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ที่มีร่องรอยสถาปัตยกรรมเยอรมัน(และยุโรป)ในประเทศไทย และนำมาประมวลผลเพื่อนำเสนอเป็นตัวอย่างเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ซึ่งเป็นการท่องเที่ยวรูปแบบหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ โดยเส้นทางท่องเที่ยวที่นำเสนอนี้อาจจะเป็นทางเลือกใหม่อีกทางหนึ่งสำหรับผู้ที่สนใจเรื่องสถาปัตยกรรมเยอรมันและยุโรปในประเทศไทย ผู้ที่สนใจด้านประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมไทย-เยอรมัน รวมถึงนักศึกษาที่ศึกษาด้านภาษาและวัฒนธรรมเยอรมันและ/หรือยุโรป ตลอดจนสถาบันการศึกษาต่าง ๆ อาจนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือจัดเส้นทางทัศนศึกษาให้แก่นักเรียนนักศึกษาได้ ข้อมูลในบทความนี้จะประกอบด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ต่าง ๆ ที่มีร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมัน และตัวอย่างเส้นทางท่องเที่ยวตามรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันในประเทศไทย ซึ่งจะแบ่งเป็น เส้นทางกรุงเทพฯ-เพชรบุรี และเส้นทางตามทางรถไฟสายเหนือ ทั้งนี้ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า สถานที่ส่วนมากที่มีร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมันมักจะเป็นวังและสถานีรถไฟ เนื่องจากในสมัยรัชกาลที่ 5 ได้มีการมอบหมายให้สถาปนิกและวิศวกรชาวเยอรมันหลายคนเข้ามาทำงานออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ สถานีรถไฟ และพระตำหนัก พระราชวังต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องยาวนานหลายปี ตัวอย่างสถานที่สำคัญที่มีร่องรอยความเป็นเยอรมันหรือเป็นผลงานของชาวเยอรมันที่ผู้เขียนได้รวบรวมและนำมาเสนอเป็นเส้นทางการท่องเที่ยว ได้แก่ พระรามราชนิเวศน์ (วังบ้านปืน) วังวรดิศ ตำหนักสมเด็จในวังบางขุนพรหม สถานีรถไฟบางกอกน้อย (ธนบุรี) สถานีรถไฟบ้านปิน เป็นต้น โดยหนึ่งในสถาปนิกชาวเยอรมันคนสำคัญที่ฝากผลงานไว้ในแผ่นดินสยามเป็นจำนวนไม่น้อย คือ คาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง (Karl Siegfried Döhring)

คำหลัก การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม สถาปัตยกรรมเยอรมัน เส้นทางท่องเที่ยว

Abstract

The purposes of this study were to collect the information about places with German architectural traces in Thailand and to present some examples of cultural travel routes visiting these places. Nowadays, many people are interested in cultural tourism. So, these new suggested routes could be interesting for the tourists, students or other people who are studying or are interested in history, arts and architecture, especially the European or German styles. The content of this article was divided into two parts: places with German architectural traces in Thailand and the examples of travel routes with German architectural traces in Thailand. There are two suggested routes presented in this study: the Bangkok-Petchaburi-Route and the route along the northern railway. Based on the works of German architects and engineers in Siam during the regime of King Rama V, most German architectural traces found in Thailand are in forms of railway stations and palaces. The important ones are, for examples, Phra Ram Ratchaniwet (Wang Ban Puen), Varadis Palace, Tamnak Somdej, Ban Pin Station etc. And one of the most dominant persons in designing and building these places was a German architect, Karl Siegfried Döhring.

Keywords: cultural tourism, German architecture, travel routes

1. บทนำ

ประเทศไทยและเยอรมนีมีความสัมพันธ์ทางการค้ามายาวนานก่อนจะเริ่มต้นความสัมพันธ์ทางการทูตอย่างเป็นทางการด้วยการลงนามในสนธิสัญญาออยเลนบวร์กเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2405 (ค.ศ. 1862) [1] ในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ความสัมพันธ์ระหว่างไทยและเยอรมนีเป็นไปอย่างราบรื่นและยิ่งแน่นแฟ้นมากขึ้นในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว การเสด็จประพาสยุโรปทั้ง 2 ครั้งของพระองค์ในปี พ.ศ. 2440 และ 2450 (ค.ศ. 1897 และ 1907) และการที่ทรงมีสัมพันธไมตรีอันดียิ่งทั้งกับสมเด็จพระจักรพรรดิแห่งเยอรมนีและบริษัทผู้ผลิตรถจักรรายใหญ่อย่างเช่นครุปป์ (Krupp) [2] นอกจากจะมีผลดีในเรื่องการถ่วงดุลอำนาจของชาติมหาอำนาจอย่างอังกฤษและฝรั่งเศสที่กำลังล่าอาณานิคมในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แล้ว ในอีกด้านหนึ่งยังเป็นการนำไปสู่การพัฒนาประเทศสยามให้มีความเจริญในด้านต่าง ๆ ตามแบบตะวันตก [3] โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการสื่อสารและการคมนาคมด้วย

ในด้านสถาปัตยกรรมนั้น ประเทศไทยรับอิทธิพลศิลปะยุโรปจากสถาปนิกและวิศวกรชาวยุโรปมาตั้งแต่ครั้งสถาปนากรุงเทพฯ เป็นเมืองหลวง โดยมักปรากฏในรูปแบบของอาคารที่ทำการต่าง ๆ ของรัฐ โบสถ์ และสถานทูต เป็นต้น [2] ในส่วนของสถาปนิกและวิศวกรชาวเยอรมันนั้น ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างเด่นชัดในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว โดยเริ่มจากด้านการรถไฟ ซึ่งนายคาร์ล เบทเกอ (Karl Bethge) ได้รับการแต่งตั้งให้เป็นเจ้ากรมรถไฟคนแรกของสยามในปี พ.ศ. 2433 (ค.ศ. 1890) และยังมีวิศวกรชาวเยอรมันอีกสองคนรับตำแหน่งสืบต่อมา ได้แก่ นายแฮร์มัน เกียร์ทส์ (Hermann Gehrts) และนาย ลูอิส ไวเลอร์ (Luis Weiler) โดยวิศวกรชาวเยอรมันได้รับมอบหมายให้ดูแลการก่อสร้างทางรถไฟสายเหนือจากชุมทางบ้านภาชีถึงเชียงใหม่ รวมเป็นระยะทาง 661 กิโลเมตร ซึ่งสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2469 (ค.ศ. 1926) [4] [5] นอกจากนี้ ยังมีสถาปนิกและวิศวกรชาวเยอรมันอีกหลายคนเดินทางเข้ามาทำงานในสยามในช่วงปี พ.ศ. 2434-2457 (ค.ศ. 1891-1914) โดยบุคคลสำคัญชาวเยอรมันอีก 3 คนที่มีผลงานโดดเด่นในการสร้างงานสถาปัตยกรรมในประเทศไทย ก็คือ เอมิล ไอเซนโฮเฟอร์ (Emil Eisenhofer) วิศวกรผู้สร้างอุโมงค์ขุนตาน คาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง (Karl Siegfried Döhring) สถาปนิกผู้ออกแบบวังและสถานที่ต่าง ๆ มากมาย เช่น พระรามราชนิเวศน์ ตำหนักสมเด็จในวังบางขุนพรหม วังวรดิศ สถานีรถไฟบางกอกน้อย ฯลฯ ซึ่งล้วนแล้วแต่มี

ความสวยงามน่าชมเป็นอย่างยิ่ง และ ควร์ท ไบเออร์ (Kurt Beyer) วิศวกรโครงสร้างที่มีผลงานการก่อสร้างวังและสถานที่ต่าง ๆ หลายแห่งเช่นกัน

สถาปัตยกรรมเยอรมันและยุโรปเป็นสถาปัตยกรรมที่มีความงดงามและน่าสนใจไม่แพ้สถาปัตยกรรมรูปแบบอื่น ๆ ในโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อถูกนำมาใช้ผสมผสานกับความเป็นไทย ก็ส่งผลให้เกิดความโดดเด่นและแปลกใหม่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น สถานที่ต่าง ๆ ที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้นตามแบบสถาปัตยกรรมเยอรมันหรือออกแบบและสร้างโดยสถาปนิกและวิศวกรชาวเยอรมัน จึงเป็นสถานที่ที่มีความงดงามและทรงคุณค่าทางศิลปะ ควรค่าแก่การอนุรักษ์ไว้ให้เป็นสถานที่สำหรับศึกษาประวัติศาสตร์และงานศิลปะ รวมทั้งเป็นแหล่งท่องเที่ยวสำหรับผู้ที่สนใจศึกษาศิลปะและวัฒนธรรมเยอรมันและ/หรือยุโรป ซึ่งในปัจจุบัน การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมก็นับเป็นการท่องเที่ยวรูปแบบหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ บทความนี้จึงประสงค์จะนำเสนอตัวอย่างสถานที่และเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมตามรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันในประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางเลือกสำหรับการจัดการท่องเที่ยวสำหรับนักท่องเที่ยวและผู้ที่มีความสนใจด้านศิลปวัฒนธรรมและสถาปัตยกรรมเป็นพิเศษ นักเรียน/นักศึกษาที่กำลังศึกษาเกี่ยวกับประวัติศาสตร์ ศิลปะ สถาปัตยกรรม และวัฒนธรรมเยอรมันและ/หรือยุโรป หรือแม้แต่นักท่องเที่ยวทั่วไปที่ประสงค์จะชื่นชมความงามของอาคารแบบยุโรปก็สามารถเดินทางไปเที่ยวชมสถานที่ต่าง ๆ ในประเทศไทยตามเส้นทางที่นำเสนอได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการเดินทางไปต่างประเทศ นอกจากนี้ ผู้เขียนยังหวังว่า การนำเสนอครั้งนี้จะมีส่วนช่วยส่งเสริมให้สถานที่ท่องเที่ยวที่มีคุณค่าทางสถาปัตยกรรมเหล่านี้เป็นที่รู้จักมากขึ้น และได้รับการดูแลอนุรักษ์อย่างดีต่อไป

2. ร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมันในประเทศไทย

ร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมันที่พบในประเทศไทยอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ 1) สถาปัตยกรรมที่ออกแบบและ/หรือสร้างโดยชาวเยอรมัน เช่น พระรามราชนิเวศน์ (วังบ้านปืน) และ 2) สถาปัตยกรรมที่ไม่ได้ถูกออกแบบหรือสร้างโดยชาวเยอรมัน แต่มีต้นแบบมาจากเยอรมนี เช่น สถานีรถไฟหัวลำโพงที่สร้างตามแบบของสถานีรถไฟกลางแฟรงค์เฟิร์ต (Frankfurt Hauptbahnhof) ในเยอรมนี [2]

เนื่องจากสถาปนิกและวิศวกรชาวเยอรมันหลายคนได้เข้ามารับราชการและมีบทบาทในการออกแบบและก่อสร้างทางรถไฟ สถานีรถไฟ และสถานที่ต่าง ๆ ในแผ่นดินสยามในช่วงรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว สถานที่ที่มีร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมัน จึงมักเป็นสถานที่ในรูปแบบของเส้นทางรถไฟ สถานีรถไฟ และตำหนักหรือวังต่าง ๆ ซึ่งมีอายุยาวนานเกินกว่า 100 ปี โดยสถานที่บางแห่งยังคงอยู่ในรูปแบบเดิม บางแห่งได้รับการบูรณะปรับปรุงใหม่ ในขณะที่บางแห่งได้ถูกทำลายและถูกสร้างขึ้นใหม่ในรูปแบบอื่นที่แตกต่างจากของเดิม ดังข้อมูลที่ปรากฏในตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 1 สถานที่ที่มีร่องรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันในประเทศไทย

สถานที่	จังหวัดที่ตั้ง	สถานะในปัจจุบัน
พระรามราชนิเวศน์ (วังบ้านปืน)	เพชรบุรี	ยังคงอยู่
วังวรดิศ	กรุงเทพฯ	ยังคงอยู่ – พิพิธภัณฑ์วังวรดิศและหอสมุดดำรงราชานุภาพ
ตำหนักสมเด็จ (วังบางขุนพรหม)	กรุงเทพฯ	ยังคงอยู่ – ธนาคารแห่งประเทศไทย
วังพระองค์เจ้าดิลกนพรัฐ	กรุงเทพฯ	ยังคงอยู่
ตำหนักเขาน้อย	สงขลา	ยังคงอยู่ – จวนผู้ว่าราชการจังหวัดสงขลา
สถานีรถไฟกรุงเทพ (สถานีรถไฟหัวลำโพง)	กรุงเทพฯ	ยังคงอยู่
สถานีรถไฟธนบุรี (สถานีรถไฟบางกอกน้อย)	กรุงเทพฯ	ยังคงอยู่ – พิพิธภัณฑ์ศิริราชพิมุขสถาน
สถานีรถไฟพิษณุโลก	พิษณุโลก	ยังคงอยู่
สถานีรถไฟอุตรดิตถ์	อุตรดิตถ์	ถูกทำลาย – สร้างขึ้นใหม่ในรูปแบบอื่น
สถานีรถไฟบ้านปิน	แพร่	ยังคงอยู่
สถานีรถไฟลำปาง	ลำปาง	ยังคงอยู่
อุโมงค์ขุนตาน	ลำปาง	ยังคงอยู่

สถานที่	จังหวัดที่ตั้ง	สถานะในปัจจุบัน
สะพานปรมินทร์ (บ้านดารา)	อุตรดิตถ์	ถูกทำลาย - สร้างขึ้นใหม่ในรูปแบบอื่น

จากตารางข้างต้น จะเห็นได้ว่าสถานที่ส่วนมากจะตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมักจะเป็นวังที่ประทับของเชื้อพระวงศ์หรือเจ้านายชั้นสูงที่ทรงโปรดให้ออกแบบและสร้างตามอย่างตะวันตก และอีกส่วนหนึ่งจะอยู่ตามเส้นทางรถไฟสายเหนือซึ่งเป็นส่วนที่กลุ่มนายช่างชาวเยอรมันเป็นผู้รับผิดชอบดูแลการก่อสร้าง ดังนั้น เราจึงอาจแบ่งประเภทของสิ่งก่อสร้างออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ ได้แก่ 1) สิ่งก่อสร้างที่เป็นวังที่ประทับของพระมหากษัตริย์ พระราชวงศ์ และเจ้านายชั้นสูง และ 2) สิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวกับการเดินรถไฟ เช่น ทางรถไฟ สถานีรถไฟ อุโมงค์ และสะพาน

2.1 สิ่งก่อสร้างประเภทวัง

2.1.1 พระรามราชนิเวศน์ (วังบ้านปืน)

พระรามราชนิเวศน์หรือวังบ้านปืนตั้งอยู่ที่จังหวัดเพชรบุรี พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวโปรดเกล้าฯ ให้สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2453 (ค.ศ. 1910) เพื่อใช้เป็นสถานที่ประทับแปรพระราชฐานในฤดูฝน โดยมีพระราชประสงค์ให้สร้างพระราชวังแบบยุโรป คล้ายกับพระราชวังของพระจักรพรรดิแห่งเยอรมนีที่เคยเสด็จไปประทับ ทรงมอบหมายให้นายคาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง สถาปนิกชาวเยอรมันเป็นผู้ออกแบบ

ในการออกแบบวังแห่งนี้ มีหลายส่วนที่แสดงให้เห็นว่าสถาปนิกได้รับอิทธิพลและแรงบันดาลใจจากรูปแบบสถาปัตยกรรมในเยอรมนี นับตั้งแต่การวางผังโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นแบบโรมาเนสก์ (Rhenish Romanesque) โดยมีปลายด้านทิศตะวันออกเป็นลักษณะคล้ายรูปดอกจิกสามแฉก คล้ายคลึงกับโบสถ์ St. Aposteln (The Church of Apostles) ในเมืองโคโลญจน์ (Köln) และโบสถ์อื่น ๆ อีกหลายแห่งในประเทศเยอรมนี การตกแต่งในรูปแบบที่เป็นการผสมผสานระหว่างศิลปะแบบบาโรก (Baroque) และนวศิลป์เยอรมัน (Jugendstil) รวมไปถึงลักษณะสำคัญอีกหลายประการที่คล้ายคลึงกับอาคาร Folkwang Museum in Hagen ในเยอรมนี เช่น มุมโค้งของอาคารที่มีโดมอยู่ด้านบน และโถงหน้าบันได [5]



รูปที่ 1 พระรามราชนิเวศน์ (วังบ้านปืน)
ที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/พระรามราชนิเวศน์/

2.1.2 วังวรดิศ

วังวรดิศตั้งอยู่ที่ถนนหลานหลวง กรุงเทพมหานคร เป็นวังที่ประทับของสมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมพระยาดำรงราชานุภาพ “พระบิดาแห่งประวัติศาสตร์และโบราณคดี” สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2454 (ค.ศ. 1911) ออกแบบโดยคาร์ล ซีกฟรีก เดอห์ริง สถาปนิกชาวเยอรมัน



รูปที่ 2 วังวรดิศ
ที่มา: http://www.area.co.th/thai/area_announce/area_press.php?strquey=press_announcement1372.htm

ตัวอาคารที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีหลังคาลาดสองชั้นหรือหลังคาสูงทรงจั่วหัวตัด เป็นสิ่งที่สะท้อนความเป็นสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นแบบเยอรมันได้เป็นอย่างดี ในส่วนของการตกแต่งก็มีรูปแบบของนวศิลป์เยอรมัน (Jugendstil) ปรากฏให้เห็นค่อนข้างชัด นอกจากนี้ พระตำหนักนี้ยังแสดงให้เห็นถึงรสนิยมและความสามารถที่ยอดเยี่ยมของสถาปนิกในการตีความและนำทฤษฎีการออกแบบสไตล์ยุโรปสมัยใหม่ตามพระประสงค์ของท่านเจ้าของวังมาปรับใช้ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยที่เป็นประเทศเมืองร้อนได้อย่างดีอีกด้วย [5]

2.1.3 ตำหนักสมเด็จ

ตำหนักสมเด็จตั้งในอยู่ในบริเวณวังบางขุนพรหม ถนนสามเสน ติดแม่น้ำเจ้าพระยา สันนิษฐานว่า สมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ เจ้าฟ้าบริพัตรสุขุมพันธุ์ กรมพระนครสวรรค์

วรพินิต ได้ติดต่อว่าจ้างให้นายคาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง สถาปนิกชาวเยอรมันเป็นผู้ออกแบบ และได้เริ่มการก่อสร้างในช่วง พ.ศ. 2455 (ค.ศ. 1912) เพื่อให้เป็นที่ประทับของสมเด็จพระนางเจ้าสุขุมาลมารศรีฯ พระมารดาของพระองค์ หลังการสวรรคตของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว [6]



รูปที่ 3 ตำหนักสมเด็จ วังบางขุนพรหม
ที่มา: https://www.thairath.co.th/news/local/bangkok/1627078

เนื่องจากเป็นที่ประทับของเจ้านายฝ่ายสตรี ตำหนักสมเด็จจึงได้รับการออกแบบให้มีลักษณะงดงามอ่อนหวานตามแบบนวศิลป์เยอรมัน (Jugendstil) ตัวอาคารเป็นตึกสองชั้น มีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีหลังคาสูงทรงจั่วหัวตัด รวมทั้งมีมุขทรงกลมด้านหน้า สะท้อนลักษณะของคฤหาสน์ในชนบทหรือชานเมืองของเยอรมันในสมัยนั้น [5][6] โดยในส่วนของมุขนี้ยังมีความคล้ายคลึงกับอาคารที่มีชื่อเสียงหลายแห่งในเยอรมนี เช่น Haus Keller ใน Darmstädter Künstlerkolonie อีกด้วย [5]

2.1.4 วังพระองค์เจ้าดิลกนพรัฐ

วังพระองค์เจ้าดิลกนพรัฐเป็นวังแห่งแรกในสยามที่ คาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง สถาปนิกชาวเยอรมัน เป็นผู้ออกแบบ ตัวอาคารมีลักษณะความเป็นยุโรปสมัยใหม่ที่มีความเรียบง่าย เนื่องจากพระองค์เจ้าดิลกนพรัฐได้ทรงศึกษาและใช้ชีวิตในต่างประเทศ ได้แก่ อังกฤษและเยอรมนีเป็นระยะเวลานานหลายปี ทรงเป็นเจ้านายพระองค์แรกที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก โดยทรงได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์จากมหาวิทยาลัยทือบิงเง่น (Universität Tübingen) มหาลัยวิทยาลัยเก่าแก่แห่งหนึ่งในเยอรมนี ปัจจุบันวังแห่งนี้อยู่ในการดูแลของการไฟฟ้านครหลวง และได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโบราณสถานแห่งชาติเมื่อปี พ.ศ. 2553

2.1.5 ตำหนักเขาน้อย

ตำหนักเขาน้อยตั้งอยู่ที่จังหวัดสงขลา สร้างขึ้นเมื่อราวปี พ.ศ. 2455 (ค.ศ. 1912) เพื่อเป็นที่ประทับของสมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ เจ้าฟ้ายุคลทิฆัมพร กรมหลวงลพบุรีราเมศวร์ เมื่อครั้งเสด็จมาดำรงตำแหน่งสมุหเทศาภิบาลมณฑลนครศรีธรรมราช คาดว่าตำหนักนี้มี ดร.ควร์ท ไบเออร์ วิศวกรชาวเยอรมันเป็นผู้ดูแลการก่อสร้าง พระตำหนักเขาน้อยเป็นพระตำหนักที่มีสถาปัตยกรรมที่โดดเด่นสวยงามจนได้รางวัลอนุรักษ์ศิลปสถาปัตยกรรมดีเด่นในปี 2525 [7] และกรมศิลปากรได้ขึ้นทะเบียนตำหนักเขาน้อยเป็นโบราณสถานเมื่อวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2537

2.2 สิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการรถไฟ

2.2.1 สถานีรถไฟกรุงเทพ หรือ สถานีรถไฟหัวลำโพง

สถานีรถไฟกรุงเทพเป็นเป็นสถานีรถไฟหลักของประเทศไทย เปิดทำการครั้งแรกในปี พ.ศ. 2459 (ค.ศ. 1916) และยังคงมีการใช้งานต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวโปรดเกล้าฯ ให้สร้างสถานีรถไฟแบบที่คล้ายกับสถานีรถไฟกลางแฟรงค์-เฟิร์ตของเยอรมนี ซึ่งพระองค์ได้เสด็จเยือนและเกิดความพอพระราชหฤทัยเมื่อครั้งเสด็จประพาสยุโรปเป็นครั้งที่สองในปี พ.ศ. 2450 (ค.ศ. 1907) โดยมีสถาปนิกชาวอิตาเลียน คือ มาริโอ ตามานโญ (Mario Tamagno) และอันนิบาล ริกอตตี้ (Annibale Rigotti) เป็นผู้รับผิดชอบในการออกแบบ ทั้งนี้สถานีรถไฟกรุงเทพมีส่วนที่คล้ายคลึงกับสถานีรถไฟเยอรมันอยู่หลายประการ เช่น ตัวอาคารทรงโดม อาคารมุขหน้ากับห้องโถงชั้นครึ่งที่ใช้รองรับผู้โดยสาร และนาฬิกาขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่บนจั่วหน้าบันทรงครึ่งวงกลมเหนือโถงทางเข้า นอกจากนี้ ยังมีการนำเหล็กที่ผลิตและนำเข้าจากเยอรมนีมาใช้ในการก่องสร้างหลังคาบางส่วนด้วย [2] [8]



รูปที่ 4 สถานีกรุงเทพ (สถานีหัวลำโพง)
ที่มา: https://www.prachachat.net/property/news-412302

2.2.2 สถานีรถไฟธนบุรี หรือ สถานีรถไฟบางกอกน้อย

สถานีรถไฟธนบุรี หรือสถานีรถไฟบางกอกน้อยนับเป็นสถานีสำคัญที่เป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทางรถไฟสายใต้ สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2443 (ค.ศ. 1900) คาดว่าได้รับการออกแบบโดยคาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง สถาปนิกชาวเยอรมัน ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 สถานีรถไฟบางกอกน้อยได้ถูกทำลายลง แต่ก็ได้มีการสร้างขึ้นใหม่และตั้งชื่อใหม่ว่าสถานีรถไฟธนบุรี ตัวอาคารสถานีนั้นเป็นสถาปัตยกรรมที่สวยงามและโดดเด่นด้วยอิฐสีแดงและหอนาฬิกา ในปัจจุบัน อาคารสถานีรถไฟธนบุรีเดิมนั้น ได้เป็นพิพิธภัณฑ์ศิริราชพิมุขสถาน มีรถจักรไอน้ำมิกาโด หมายเลข 950 จอดอยู่ที่หน้าสถานีเดิม เพื่อเป็นอนุสรณ์ว่าที่แห่งนี้เคยเป็นสถานีรถไฟมาก่อน



รูปที่ 5 สถานีรถไฟธนบุรี (สถานีรถไฟบางกอกน้อย)
ที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/สถานีรถไฟธนบุรี_(เดิม)

2.2.3 สถานีรถไฟพิษณุโลก

สถานีรถไฟพิษณุโลกเป็นสถานีรถไฟอีกแห่งหนึ่งที่ได้รับการออกแบบโดยคาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง สถาปนิกชาวเยอรมัน เริ่มต้นสร้างขึ้นในปีพ.ศ. 2449 (ค.ศ. 1906) โดยมีลักษณะอาคารเป็นแบบ Half-timbered คือเป็นอาคารปูนที่ตกแต่งด้วยโครงไม้อันเป็นลักษณะเฉพาะที่พบได้มากในแถบเยอรมนีตอนใต้ นับเป็นอีกหนึ่งสถานที่ที่สถาปนิกได้นำเอาสถาปัตยกรรมเยอรมันมาผสมผสานกับศิลปะแบบไทยได้อย่างลงตัว ทำให้อาคารนี้มีความเป็นเอกลักษณ์และน่าสนใจ อาคารสถานีรถไฟพิษณุโลกนี้ยังเปิดใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

2.2.4 สถานีรถไฟบ้านปิน

สถานีรถไฟบ้านปินเป็นสถานีรถไฟขนาดเล็กในจังหวัดแพร่ โดยเป็นหนึ่งในสถานีที่อยู่ในเส้นทางรถไฟสายเหนือจากกรุงเทพถึงเชียงใหม่ สร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2457 (ค.ศ. 1914) ภายใต้การควบคุมดูแลของเอมิล ไอเซนโฮเฟอร์ วิศวกรชาวเยอรมัน ความโดดเด่นของสถานีนี้คือตัวอาคารที่เป็นสถาปัตยกรรมแบบ Half-timbered หรือ Fachwerkhaus ในภาษาเยอรมัน คือเป็นอาคารปูนที่ตกแต่งด้วยโครงไม้ เป็นลักษณะพิเศษที่พบได้ในแถบทางใต้ของเยอรมนี โดยเฉพาะในแคว้นบาวาเรีย และสิ่งที่ทำให้พิเศษยิ่งขึ้นไปอีกก็คือการผสมผสานศิลปะไทยแบบปั้นหยาเข้าไปในตัวอาคารนี้ด้วย



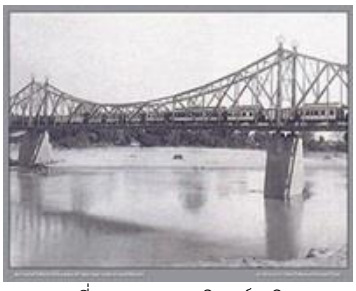
รูปที่ 6 สถานีรถไฟบ้านปิน
ที่มา: https://www.museumthailand.com/th/3551/storytelling/สถานีรถไฟบ้านปิน/

2.2.5 สถานีรถไฟอุตรดิตถ์

สถานีรถไฟอุตรดิตถ์เป็นสถานีรถไฟอีกแห่งหนึ่งที่เป็นผลงานการออกแบบและก่อสร้างร่วมกันของสถาปนิกและวิศวกรชาวเยอรมัน คาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง และควร์ท ไบ-เออร์ ตัวอาคารถูกสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2448 (ค.ศ. 1905) โดยมีความสวยงามตามแบบนวศิลป์เยอรมัน (Jugendstil) อย่างไรก็ตาม อาคารสถานีรถไฟอุตรดิตถ์ได้ถูกทำลายลงในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง และแม้จะมีการก่อสร้างสถานีรถไฟอุตรดิตถ์ขึ้นใหม่อีกครั้ง แต่ก็มิได้เป็นอาคารในรูปแบบเดิม เราจึงสามารถชื่นชมความงามของสถาปัตยกรรมชิ้นนี้ได้เพียงจากรูปถ่ายสมัยเก่าเท่านั้น



รูปที่ 7 สถานีรถไฟอุตรดิตถ์ (เดิม)
ที่มา: https://www.museumthailand.com/th/3938/storytelling/สถานีรถไฟอุตรดิตถ์/



รูปที่ 8 สะพานปรมินทร์ (เดิม)
ที่มา: http://oknation.nationtv.tv/blog/sonorwut/2013/07/16/entry-3

2.2.6 สถานีรถไฟลำปาง

สถานีรถไฟลำปางเป็นอีกหนึ่งสถานีที่อยู่ในเส้นทางรถไฟสายเหนือและได้รับการออกแบบและก่อสร้างโดยวิศวกรชาวเยอรมันผู้รับผิดชอบการก่อสร้างเส้นทางรถไฟสายนี้ ความน่าสนใจของสถานีรถไฟลำปางคือการเป็นอาคารที่ผสมผสานศิลปะตะวันตกกับศิลปะแบบไทยได้อย่างงดงามลงตัว ในปี พ.ศ. 2536 สถานีรถไฟลำปางได้รับคัดเลือกจากคณะกรรมการอนุรักษ์ สถาปัตยกรรมแห่งสมาคมสถาปนิกสยามฯ ให้เป็นอาคารอนุรักษ์ดีเด่น ประเภทอาคารสถาบันและสาธารณะ [9]

2.2.7 สะพานปรมินทร์

สะพานปรมินทร์ตั้งอยู่ที่ตำบลบ้านดารา อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นสะพานรถไฟใหญ่ที่สุดของทางรถไฟสายเหนือ สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2449 เพื่อข้ามแม่น้ำน่าน โดยมีคาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง และควร์ท ไบเออร์ สถาปนิกและวิศวกรชาวเยอรมันเป็นผู้ควบคุมดูแลการก่อสร้าง สะพานนี้มีลักษณะเป็นสะพานเหล็กขนาดใหญ่แบบคานยื่น รูปร่างคล้ายสะพานแขวน ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 สะพานปรมินทร์ได้รับความเสียหายหนักจากการเป็นเป้าทิ้งระเบิด ทำให้ต้องมีการสร้างสะพานขึ้นใหม่และเปลี่ยนรูปแบบสะพานไปจากเดิม

2.2.8 อุโมงค์ขุนตาน

อุโมงค์ขุนตานเป็นอุโมงค์รถไฟที่ยาวที่สุดในประเทศไทย มีความยาว 1.3 กิโลเมตร เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางรถไฟสายเหนือ ตั้งอยู่ระหว่างอำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง และอำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน

การขุดเจาะอุโมงค์ขุนตานเริ่มต้นขึ้นในปี พ.ศ. 2450 (ค.ศ. 1907) ซึ่งอยู่ในสมัยรัชกาลที่ 5 โดยมีวิศวกรชาวเยอรมัน เอมิล ไอเซนโฮเฟอร์ (Emil Eisenhofer) เป็นผู้ควบคุมการก่อสร้าง เนื่องจากเทคโนโลยีของสยามในสมัยนั้นยังไม่ก้าวหน้าเช่นทุกวันนี้ การขุดเจาะอุโมงค์จึงมิใช่เรื่องง่าย ต้องอาศัยความรู้ความสามารถของทีมวิศวกรชาวเยอรมันผนวกกับแรงงานคนทั้งชาวจีนและชาวไทยอีสานจำนวนมาก และต้องใช้เวลานานถึง 8 ปีจึงจะสามารถขุดอุโมงค์จากปลายทั้งสองด้านเข้ามาบรรจบกันได้สำเร็จ หลังจากนั้นยังต้องใช้เวลาอีก 3 ปีในการทำผนังและเพดานคอนกรีตเพื่อป้องกันน้ำรั่วซึม โดยอุโมงค์ขุนตานได้สร้างเสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2461 (ค.ศ. 1918) และเริ่มเปิดให้มีการเดินรถไฟผ่านอุโมงค์ไปยังเชียงใหม่อย่างเป็นทางการในสมัยรัชกาลที่ 7

เนื่องจากนายช่างเอมิล ไอเซนโฮเฟอร์ เป็นผู้มีบทบาทสำคัญมากในการขุดเจาะอุโมงค์ขุนตาน ทางการรถไฟแห่งประเทศไทยจึงได้บรรจุอัฐิของเขาไว้ในสถูปด้านหน้าอุโมงค์ขุนตานทางทิศเหนือเพื่อเป็นอนุสรณ์



รูปที่ 9 อุโมงค์ขุนตานและสถูปอัฐิของเอมิล ไอเซนโฮเฟอร์
ที่มา: https://readthecloud.co/khuntan-railway-station/

3. ตัวอย่างเส้นทางการท่องเที่ยวตามรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันในประเทศไทย

จากข้อมูลเกี่ยวกับร่องรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันในประเทศไทยที่ได้รวบรวมไว้ข้างต้น ผู้เขียนได้คัดเลือกสถานที่บางแห่งที่น่าสนใจมาทดลองจัดเป็นเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม คือการท่องเที่ยวตามรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันในประเทศไทย ซึ่งตัวอย่างเส้นทางที่จะนำเสนอในเบื้องต้นนั้นจะมีอยู่ 2 เส้นทางหลักด้วยกัน คือ เส้นทางกรุงเทพฯ – เพชรบุรี และเส้นทางตามทางรถไฟสายเหนือ

3.1 เส้นทางกรุงเทพฯ - เพชรบุรี

ในเส้นทางนี้ การท่องเที่ยวจะเน้นไปที่การเที่ยวชมวังเป็นหลัก โดยวัง 4 แห่งที่มีร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมันที่เด่นชัด ได้แก่ วังวรดิศ วังพระองค์เจ้าดิลกนพรัฐ ตำหนักสมเด็จในวังบางขุนพรหม และพระรามราชนิเวศน์ (วังบ้านปืน) ซึ่งล้วนแต่เป็นผลงานการออกแบบของสถาปนิกชาวเยอรมันคาร์ล ซิกฟรีด เดอห์ริง ทั้งสิ้น โดยสามแห่งแรกที่กล่าวถึงตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร ส่วนแห่งสุดท้ายตั้งอยู่ที่จังหวัดเพชรบุรี

แม้ว่าวังทั้ง 4 แห่งจะได้รับการออกแบบโดยสถาปนิกคนเดียวกัน แต่ละแห่งก็มีรูปแบบที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวแตกต่างกันไป เพราะนอกจากคาร์ล ซิกฟรีด เดอห์ริงจะสร้างสรรค์ผลงานทุกชิ้นออกมาโดยไม่ซ้ำรูปแบบกันแล้ว เขายังได้ออกแบบวังให้สอดคล้องกับอุปนิสัยหรือลักษณะเฉพาะของเจ้าของวัง เช่น พระรามราชนิเวศน์ (วังบ้านปืน) ถูกสร้างให้ใหญ่โต สง่างาม คู่ควรกับพระบารมีของพระมหากษัตริย์ ในขณะที่ตำหนักสมเด็จ วังบางขุนพรหม ซึ่งเป็นที่ประทับของสมเด็จพระนางเจ้าสุขุมาลมารศรีฯ ได้ถูกออกแบบให้มีความงดงามอ่อนช้อยแบบสตรีเพศ [17] ดังนั้น การเที่ยวชมวังถึง 4 แห่งในเส้นทางเดียวกันจึงไม่ได้ทำให้เกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เส้นทางนี้มีความน่าสนใจและหลากหลายมากขึ้น จึงได้มีการนำสถานที่อื่น ๆ ที่น่าสนใจอีก 2 แห่งเข้ามาผนวกด้วย ได้แก่ สถานีรถไฟบางกอกน้อยหรือสถานีรถไฟธนบุรี (ปัจจุบันคือพิพิธภัณฑ์ศิริราชพิมุขสถาน) และสถานีรถไฟกรุงเทพหรือสถานีรถไฟหัวลำโพง นอกจากนี้ ยังได้มีการเสริมสร้างบรรยากาศความเป็นเยอรมันด้วยการแนะนำร้านอาหารเยอรมันในระหว่างการท่องเที่ยวด้วย



รูปที่ 10 ตัวอย่างเส้นทางการท่องเที่ยวกรุงเทพฯ-เพชรบุรี

ภาพข้างต้นเป็นการแสดงตัวอย่างเส้นทางการท่องเที่ยวตามรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันในกรุงเทพฯ และเพชรบุรี การเดินทางท่องเที่ยวตามเส้นทางนี้ ควรใช้เวลาอย่างน้อย 2 วัน 1 คืน เนื่องจากต้องเดินทางข้ามจังหวัด หากต้องการให้ได้อรรถรสเต็มที่ อาจเลือกเดินทางโดยรถไฟจากสถานีหัวลำโพงไปยังจังหวัดเพชรบุรี แต่หากต้องการประหยัดเวลา อาจเลือกใช้การเดินทางโดยรถยนต์แทน

ตัวอย่างกำหนดการท่องเที่ยวเส้นทางกรุงเทพฯ-เพชรบุรี (2 วัน 1 คืน)

วันที่ 1

9.00 - 9.30	สถานีรถไฟธนบุรี
10.00 – 11.00	ตำหนักสมเด็จ (วังบางขุนพรหม)
11.30 – 12.30	รับประทานอาหารกลางวัน
13.00 – 13.30	วังพระองค์เจ้าดิลกนพรัฐ
14.10 – 15.30	วังวรดิศ
16.00 – 17.00	สถานีรถไฟหัวลำโพง

17.30 – 18.45	รับประทานอาหารเย็นที่ร้าน Bei Otto หรือ Ratsstube
วันที่ 2	
8.00	สถานีรถไฟหัวลำโพง
8.30	ออกเดินทางโดยรถไฟไปยังเพชรบุรี
11.30	รับประทานอาหารกลางวันบนรถไฟ
12.30 – 14.30	พระรามราชนิเวศน์ (วังบ้านปืน)
14.30	ออกเดินทางกลับกรุงเทพฯ
18.30	ถึงสถานีรถไฟหัวลำโพง

กำหนดการท่องเที่ยวข้างต้นนี้เป็นเพียงตัวอย่างที่สร้างขึ้นและนำเสนอเพื่อให้เห็นภาพเท่านั้น ในการท่องเที่ยวจริง นักท่องเที่ยวหรือผู้จัดการท่องเที่ยวสามารถปรับกำหนดการให้เหมาะสมกับเวลาและความต้องการของแต่ละกลุ่ม/บุคคลได้ เช่น อาจปรับเพิ่มระยะเวลาการเยี่ยมชมสถานที่บางแห่งให้มากขึ้น หรือตัดสถานที่บางแห่งออก อาจจะเพิ่มจำนวนวันเป็น 3 วัน 2 คืน หรือแยกรายการท่องเที่ยวออกเป็นแบบวันเดียว (One-day trip) ก็สามารถทำได้เช่นกัน

3.2 เส้นทางตามทางรถไฟสายเหนือ

เส้นทางนี้เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจหรือชื่นชอบการเดินทางท่องเที่ยวโดยรถไฟ เนื่องจากสถานที่ที่จะเยี่ยมชมเป็นสถานีรถไฟที่อยู่ตามเส้นทางรถไฟสายเหนือ เส้นทางนี้จึงถูกออกแบบให้เป็นการเดินทางท่องเที่ยวโดยรถไฟและแวะชมสถานีต่าง ๆ ที่มีร่องรอยสถาปัตยกรรมเยอรมันตามรายทาง นับเป็นการท่องเที่ยวอีกรูปแบบหนึ่งที่ค่อนข้างต่างไปจากการท่องเที่ยวโดยทั่วไป



รูปที่ 11 ตัวอย่างเส้นทางการท่องเที่ยวตามเส้นทางรถไฟสายเหนือ

ภาพข้างต้นแสดงตัวอย่างเส้นทางการท่องเที่ยวตามเส้นทางรถไฟสายเหนือ โดยเริ่มจากสถานีรถไฟพิษณุโลก ซึ่งเป็นหนึ่งในสถานที่ที่มีร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมันและเดินทางด้วยรถไฟไปจนสิ้นสุดปลายทางที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยในระหว่างทาง นักท่องเที่ยวจะมีโอกาสได้ชมสถานที่และสถานีรถไฟที่มีร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมันหลายแห่ง อาทิ สะพานปรมินทร์ สถานีรถไฟบ้านปิน สถานีรถไฟลำปาง อุโมงค์ขุนตาน เป็นต้น ทั้งนี้ การเดินทางด้วยสถานีรถไฟจากสถานีพิษณุโลกไปยังสถานีเชียงใหม่จะใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง แต่หากต้องการแวะเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ ตามรายทางก็จะต้องคำนวณเวลาเพิ่มเข้าไปตามความเหมาะสมด้วย

การเดินทางท่องเที่ยวในเส้นทางนี้ อาจใช้เวลามากกว่า 1 วัน และอาจปรับให้เป็นการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์และธรรมชาติควบคู่ไปด้วยก็ได้ โดยนอกจากจะเยี่ยมชมสถานีรถไฟตามรายทางแล้ว นักท่องเที่ยวอาจถือโอกาสเยี่ยมชมเมืองต่าง ๆ รวมถึงเที่ยวชมธรรมชาติที่งดงามไปในคราวเดียวกันด้วย

4. สรุป

ประเทศไทยได้รับอิทธิพลทางศิลปะและสถาปัตยกรรมจากทางยุโรปค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าอยู่หัวที่ทรงมีนโยบายปฏิรูปสยามให้มีความเจริญตามอย่างตะวันตกในทุกด้าน สถาปัตยกรรมเยอรมันก็เป็นสิ่งหนึ่งที่เข้ามามีบทบาทในการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ ในประเทศไทย และสถานที่หลายแห่งก็ยังคงมีร่องรอยความเป็นเยอรมันให้เราได้เห็นอยู่ แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยผ่านมาเกินกว่า 1 ศตวรรษแล้วก็ตาม

สถานที่ที่มีร่องรอยของสถาปัตยกรรมเยอรมันที่พบในประเทศไทยส่วนมากจะเป็นผลงานการออกแบบและก่อสร้างของสถาปนิกและวิศวกรชาวเยอรมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง ที่ได้ฝากผลงานการออกแบบวังและสถานที่ต่าง ๆ ไว้มากมาย ซึ่งสถานที่แต่ละแห่งก็มีความสวยงามและมีเอกลักษณ์ที่น่าสนใจ ควรค่าแก่การเดินทางไปเยี่ยมชมเป็นอย่างยิ่ง น่าเสียดายที่สถานที่บางแห่งถูกทำลายลงไปในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 และสถานที่บางแห่งก็อาจจะยังไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร

การจัดเส้นทางท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมโดยการตามรอยรอยสถาปัตยกรรมเยอรมัน ไม่ว่าจะเป็นเส้นทางกรุงเทพฯ-เพชรบุรีที่เน้นการเยี่ยมชมวังเป็นหลัก หรือเส้นทางตามทางรถไฟสายเหนือที่เน้นการเดินทางโดยรถไฟและเยี่ยมชมสถานีรถไฟเป็นสำคัญ อาจจะเป็นตัวอย่างที่จุดประกายให้เกิดความสนใจในการท่องเที่ยวสถานที่ต่าง ๆ ที่ไม่ใช่สถานที่ท่องเที่ยวในกระแสนิยมหลักแต่ทรงคุณค่าทางประวัติศาสตร์และศิลปะ และอาจกระตุ้นให้เกิดแนวคิดสำหรับจัดการท่องเที่ยวที่มีประเด็น (theme) เฉพาะในรูปแบบอื่น ๆ ต่อไปได้อีก

เอกสารอ้างอิง

[1] พรสรรค์ วัฒนางกูร. 2556. Festschrift 150 ปี ความสัมพันธ์ทางการทูตไทย-เยอรมนี: อดีต-ปัจจุบัน-มุ่งสู่อนาคต. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

[2] Schacht, Martin. 2563. ร่องรอยเยอรมันในกรุงเทพฯ และร่องรอยประเทศไทยในเบอร์ลิน. สถาบันเกอเธ่, กรุงเทพ.

[3] อรพินทร์ ลีลิตธรรม. 2560. ข้อเสนอแนวทางการพัฒนาการดำเนินการการทูตวัฒนธรรมของไทยในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี กรณีศึกษากรุงเบอร์ลิน เมืองพหุวัฒนธรรม. กระทรวงการต่างประเทศ, กรุงเทพ.

[4] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, เล่มที่ 4, เรื่องที่ 7 รถไฟ, ประวัติการรถไฟในไทย, ข้อมูลจาก http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=4&chap=7&page=t4-7-infodetail03.html (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 เมษายน 2563).

[5] สมชาติ จึงสิริอารักษ์. 2540. รายงานการวิจัย สถาปัตยกรรมของคาร์ล ดือห์ริ่ง = The Works of Karl Siegfried Döhring, Architect, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

[6] วังบางขุนพรหม, ข้อมูลจาก https://www.bot.or.th/Thai/MuseumAndLearningCenter/BOTMuseum/Palace/Pages/default.aspx (วันที่สืบค้นข้อมูล 11 มิถุนายน 2563).

[7] พระตำหนักเขาน้อย, ข้อมูลจาก http://www. songkhla.go.th/travel/detail/26 (วันที่สืบค้นข้อมูล 11 มิถุนายน 2563).

[8] ธนสาร สุธาบัณฑิตพงศ์, สภาวะบวกและลบของที่ว่างทางสถาปัตยกรรม: กรณีศึกษา สถานีรถไฟกรุงเทพหัวลำโพง, ข้อมูลจาก http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/thapra/Tanasarn_Sutabunditpong/fulltext.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 เมษายน 2563).

[9] Exploring Thai art: Karl Siegfried Döhring, ข้อมูลจาก https://blogs.bl.uk/asian-and-african/2015/11/exploring-thai-art-karl-siegfried-d%C3%B6hring.html (วันที่สืบคืน 25 เมษายน 2563).

[10] สถานีรถไฟบ้านปิน "บาวาเรียนสไตล์" แห่งแรกของเมืองไทย, ข้อมูลจาก https://www.museumthailand.com/th/3551/ storytelling/สถานีรถไฟบ้านปิน/ (วันที่สืบค้น 5 พฤษภาคม 2563).

[11] อุตรดิตถ์ในอดีต, ข้อมูลจาก http://www.uttaradit.go.th/Uttaradit_past/uttaradit_past.html (วันที่สืบค้น 8 เมษายน 2563).

[12] ประวัติสถานีรถไฟลำปาง, ข้อมูลจาก

http://www.lampang.go.th/travel/weblp/page/page6.html (วันที่สืบค้น 5 พฤษภาคม 2563).

[13] องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านดารา, สะพานปรมินทร์, ข้อมูลจาก http://www.bandara.go.th/page.php?pagename=travelview&activityid=23 (วันที่สืบค้น 25 เมษายน 2563).

[14] 104 ปี สะพานปรมินทร์, ข้อมูลจาก http://oknation.nationtv.tv/blog/sonorwut/2013/07/16/entry-3 (วันที่สืบค้น 25 เมษายน 2563).

[15] อุโมงค์ขุนตาน, ข้อมูลจาก https://www.thailandtourismdirectory.go.th/th/info/attraction/detail/itemid/21285 (วันที่สืบค้น 28 กรกฎาคม 2563).

[16] วันวิสข์ เนียมปาน, Train to ขุนตาน, ข้อมูลจาก https://readthecloud.co/khuntan-railway-station/ (วันที่สืบค้น 28 กรกฎาคม 2563).

[17] ตฤณ เดี่ยวตระกูล, คาร์ล ซีกฟรีด เดอห์ริง (Karl Siegfried Dohring), ข้อมูลจาก http://onceuponarch.blogspot.com/2010/09/karl-siegfried-dohring.html (วันที่สืบค้น 8 เมษายน 2563).

[18] ไวเลอร์, ลูอิส. กำเนิดการรถไฟในประเทศไทย. แปลจาก Anfang der Eisenbahn in Thailand. แปลโดย ถนอมนวล โอเจริญ และ วิลิตา ศรีอุฬารพงศ์. 2556. คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

ID100

ผลกระทบจากการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 และการฟื้นฟูการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตในมุมมองของมัคคุเทศก์อาชีพ

Impact of COVID-19 pandemic and Tourism recovery of Phuket province from the perspective of professional tourist guides

ธรณิศ ลีลาเศรษฐกุล และ เปรมสินี คำทัปน์ [1]
[1]คณะวิเทศศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต
*E-mail: toranit.l@phuket.psu.ac.th

Thoranit Lilasetthakul and Pramesini Khamtab [1]
[1]Faculty of International Studies, Prince of Songkla university, Phuket Campus
* E-mail: toranit.l@phuket.psu.ac.th

บทคัดย่อ

การแพร่ระบาดใหญ่ของเชื้อโคโรน่าไวรัสสายพันธุ์ใหม่ที่มีชื่อว่า COVID-19 ไม่เพียงส่งผลต่อประชากรโลกในแง่ของสุขภาพเท่านั้น แต่ในขณะเดียวกันยังส่งผลร้ายแรงต่อเศรษฐกิจทั่วโลก โดยเฉพาะในภาคการท่องเที่ยวของแต่ละประเทศ งานวิจัยฉบับนี้มุ่งศึกษาผลกระทบจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ที่มีต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและมัคคุเทศก์อาชีพในจังหวัดภูเก็ต รวมถึงการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพที่มีต่อนโยบายการฟื้นฟูการท่องเที่ยวของภาครัฐและภาคเอกชน อีกทั้งยังได้รวบรวมข้อเสนอแนะของกลุ่มมัคคุเทศก์เหล่านี้ในด้านแนวทางการฟื้นฟูการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกในการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสโนว์บอลเพื่อเลือกกลุ่มตัวอย่างในการสัมภาษณ์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกผู้ให้สัมภาษณ์จำนวน 20 คน จากกลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพจังหวัดภูเก็ต งานวิจัยพบว่าในมุมมองของมัคคุเทศก์อาชีพจังหวัดภูเก็ต การแพร่ระบาดใหญ่ของเชื้อโควิด 19 ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและมัคคุเทศก์อาชีพในจังหวัดภูเก็ตมากที่สุดหากเทียบกับวิกฤตการณ์อื่นที่เคยเกิดขึ้น ทั้งนี้นโยบายที่ทางภาครัฐให้การช่วยเหลือแม้ว่าจะไม่ได้เป็นการช่วยแก้ปัญหาของมัคคุเทศก์อาชีพอย่างตรงจุด แต่ก็ถือว่าเป็นการเริ่มต้นที่ดีในการกระตุ้นการท่องเที่ยวซึ่งจะส่งผลต่อมัคคุเทศก์อาชีพต่อไป ในส่วนของข้อเสนอแนะต่อแนวทางการฟื้นฟูการท่องเที่ยวจังหวัดภูเก็ต กลุ่มตัวอย่างได้ให้แนวคิดหลากหลายที่เป็นประโยชน์ แต่แนวคิดที่โดดเด่นคือการแบ่งระยะการเตรียมความพร้อมในการรับนักท่องเที่ยวออกเป็น 4 ช่วงเพื่อเร่งกระตุ้นการท่องเที่ยวและป้องกันการระบาดของเชื้อโควิด 19 อย่างมีประสิทธิภาพไปในคราวเดียวกันอย่างไรก็ดี ผู้วิจัยคาดหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ไม่มากก็น้อยแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลักดันนโยบายการฟื้นฟูการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตและผู้ที่สนใจ

คำหลัก เชื้อไวรัสโควิด 19 ผลกระทบ การฟื้นฟูการท่องเที่ยว จังหวัดภูเก็ต มัคคุเทศก์อาชีพ

Abstract

The epidemic of a new Coronavirus, named "COVID-19", not only affects the world's population in terms of healthcare, but it also causes serious consequences for the global economy at the same time, especially in

the tourism sector of each country. This research aimed to study on the effect of COVID-19 on the tourism industry and professional tour guides in Phuket, survey the opinions of professional tour guides regarding the government' s tourism revitalization policy, and gather the recommendations of these tour guides regarding Phuket tourism revitalization guidelines. The research is a qualitative research, of which collecting information method is in-depth interviews. Additionally, the researchers applied the snowball theory as a sampling method to select 20 interviewees from the professional tour guides in Phuket. The research shows that the professional tour guides in Phuket perceived that the epidemic of COVID-19 has the most impact on the tourism industry and professional tour guides in Phuket, compared to other crises. Although the policy provided by government does not directly solve the problems of the professional tour guides it is considered a good start to stimulate tourism, which will affect the professional tour guides. As for the suggestions for the rehabilitation of tourism in Phuket, the sample group provided useful ideas. But the outstanding idea is to divide the preparation period for receiving tourists into 4 phases in order to speed up tourism and prevent the outbreak of the covid virus at the same time. However, the researchers hope that this research will be useful to those involved in the Phuket tourism recovery policy and those interested.

Keywords: COVID-19, Impact, Tourism Recovery, Phuket Province, Professional Tourist Guide

1. บทนำ

วันที่ 11 มีนาคม 2563 ดร.เทดรอส อาดานอม เกเบรเยซัส ผู้อำนวยการใหญ่ WHO ได้ประกาศยกระดับให้การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่เป็น “การระบาดใหญ่” (Pandemic) หลังจากมีผู้ติดเชื้อกว่า 121,000 คนใน 118 ประเทศและดินแดนทั่วโลก โดยมีผู้เสียชีวิตจำนวน 4,300 คน[1] การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ได้ส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจของแทบทุกพื้นที่ในโลกใบนี้ โดยเฉพาะธุรกิจภาคการท่องเที่ยว เช่น ธุรกิจโรงแรม สายการบิน บริษัทนำเที่ยว ร้านค้า ร้านอาหาร สปา และร้านนวด เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากในหลายประเทศทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทย ได้ใช้มาตรการในการป้องกันควบคุมโรคอย่างเข้มข้น เช่น การใช้มาตรการปิดพรมแดนและประกาศให้ประชาชนงดเว้นการเดินทางหากไม่จำเป็น ตลอดช่วงการระบาดของเชื้อไวรัสชนิดนี้[2] เป็นเหตุให้จำนวนนักท่องเที่ยวในหลายพื้นที่มีจำนวนลดลงจนแทบเป็นศูนย์ และคงสภาพนี้เป็นระยะเวลาติดต่อกันนานหลายเดือน สร้างความเสียหายกับเศรษฐกิจไทยในทุกภาคส่วนเป็นอย่างมาก

อาชีพมัคคุเทศก์เป็นหนึ่งในหลายอาชีพที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 เนื่องจากอาชีพมัคคุเทศก์เป็นอาชีพที่ทำหน้าที่ในการให้บริการด้านข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวแก่นักท่องเที่ยว โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวต่างชาติ ดังนั้นเมื่อเกิดการระบาดของเชื้อไวรัส จำนวนนักท่องเที่ยวจึงลดลงอย่างเห็นได้ชัด และด้วยมาตรการรักษาความปลอดภัยทางด้านสาธารณสุขอันเข้มงวดของประเทศไทยและประเทศต้นทางของนักท่องเที่ยว เป็นเหตุให้มีมัคคุเทศก์เป็นจำนวนมากที่ต้องอยู่ในสภาวะไร้งานทำและได้รับความเดือดร้อนในการดำรงชีวิตเป็นอย่างมาก

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ที่ส่งผลต่อการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตและมัคคุเทศก์อาชีพในจังหวัดภูเก็ต
2. เพื่อศึกษาทัศนคติของมัคคุเทศก์อาชีพในจังหวัดภูเก็ตที่มีต่อนโยบายการให้ความช่วยเหลือจากภาครัฐในช่วงการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19
3. เพื่อศึกษาถึงแนวคิดในการฟื้นฟูการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตหลังสิ้นสุดการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 จากมุมมองของมัคคุเทศก์อาชีพในจังหวัดภูเก็ต

3. ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีกลุ่มเป้าหมายในการศึกษาคือกลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพที่ประกอบอาชีพอยู่ในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาเอกสาร รายงานการวิจัย หนังสือ บทความ ข้อมูลจากเว็ปไซต์ ตลอดจนดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย โดยมีขอบเขตการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ การวิจัยครั้งนี้ศึกษาในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลกระทบจากการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ที่มีต่อการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตและมัคคุเทศก์อาชีพที่ประกอบอาชีพอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดภูเก็ต รวมถึงศึกษาทัศนคติของมัคคุเทศก์ที่มีต่อนโยบายการให้ความช่วยเหลือจากภาครัฐในช่วงสถานการณ์ดังกล่าว และศึกษาแนวคิดของมัคคุเทศก์อาชีพเกี่ยวกับการฟื้นฟูการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต

3. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยได้แก่กลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพที่ประกอบอาชีพอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดภูเก็ต ในช่วงก่อนการระบาดและในช่วงการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 จำนวน 20 คน โดยผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มเป้าหมายเพื่อสังเกตุพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายตลอดช่วงระยะเวลาของการให้ข้อมูล

4. นิยามศัพท์

1. เชื้อไวรัส COVID-19 เป็นเชื้อไวรัสสายพันธุ์ใหม่ที่ถูกค้นพบในช่วงปลายปีค.ศ. 2019 ถึงต้นปีค.ศ. 2020 และได้รับการตั้งชื่ออย่างเป็นทางการจากองค์การอนามัยโลก (WHO) ว่า “COVID-19” เมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ ค.ศ.2020 ซึ่งต่อมาในภายหลังกระทรวงสาธารณสุขไทยได้ประกาศให้ “โรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019” หรือเรียกสั้นๆว่า “โรคโควิด 19” เป็นโรคติดต่ออันตรายตามพระราชบัญญัติโรคติดต่อ พ.ศ. 2553[3] โดยเชื้อไวรัสชนิดนี้เป็นเชื้อไวรัสที่กลายพันธุ์มาจากเชื้อโคโรน่าไวรัส (Corona Virus) และมีการระบาดของเชื้อไวรัสชนิดนี้ในมนุษย์อย่างแพร่หลายไปแทบทุกภูมิภาคในโลก โดยมีการคาดการณ์ว่าเชื้อไวรัสสายพันธุ์นี้อาจมีจุดเริ่มต้นของการแพร่ระบาดในเมืองอู่ฮั่น (WuHan) มณฑลหูเป่ย (HuBei) ประเทศจีน

2. มัคคุเทศก์อาชีพ หมายถึงมัคคุเทศก์ที่ได้เข้ารับการอบรม และผ่านการประเมินตามหลักสูตรการเป็นมัคคุเทศก์ตามหลักเกณฑ์ของกรมการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย และได้ขึ้นทะเบียนเป็นมัคคุเทศก์อาชีพที่มีใบอนุญาตประกอบธุรกิจนำเที่ยวได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย โดยในงานวิจัยฉบับนี้จะทำการเก็บข้อมูลจากมัคคุเทศก์อาชีพที่ปฏิบัติงานในเขตพื้นที่จังหวัดภูเก็ต ในช่วงก่อนการระบาดและได้รับผลกระทบจากการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 แต่เพียงเท่านั้น

5. ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 ประเด็นผลกระทบจากการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 ที่ส่งผลต่อการท่องเที่ยวไทย

ข้อมูลจาก UNWTO ในปี 2559 ประเทศไทยถูกจัดให้อยู่ในรายนามประเทศที่มีนักท่องเที่ยวต่างชาติสูงสุด 10 อันดับแรกของโลก โดยในปีดังกล่าวมีนักท่องเที่ยวเดินทางมาเที่ยวประเทศไทยเป็นจำนวน 32,600,000 คน ซึ่งจังหวัดที่มีนักท่องเที่ยวต่างชาติเดินทางมามากที่สุด 3 อันดับแรกคือ กรุงเทพฯ ภูเก็ตและชลบุรี ตามลำดับ[4] เดือนเมษายน 2563 มีหลายประเทศทั่วโลกถึงร้อยละ 96 ที่ใช้มาตรการจำกัดในการเดินทางเพื่อสร้างความมั่นคงทางสุขภาพในประเทศของตน ซึ่งรวมถึงประเทศที่เป็นกลุ่มตลาด(การท่องเที่ยว)หลักของประเทศไทยด้วย เช่น จีน มาเลเซีย รัสเซีย เกาหลีใต้และอินเดีย[5] โดยข้อมูลจากกองเศรษฐกิจการท่องเที่ยวและกีฬาสามารถสรุปเหตุการณ์ที่ส่งผลถึงการท่องเที่ยวไทยได้ดังตารางที่ 1 [6]

ตาราง 1 สรุปเหตุการณ์ที่ส่งผลถึงการท่องเที่ยวไทยในช่วงโควิด 1

วันที่	เหตุการณ์	ประเภทเหตุการณ์
24 มกราคม 2563	รัฐบาลจีนประกาศระงับบริษัทนำเที่ยวดำเนินกิจกรรมในและต่างประเทศ	ผลกระทบจากโควิด19
12 กุมภาพันธ์ 2563	WHO ประกาศชื่อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่อย่างเป็นทางการว่า “COVID-19”	ผลกระทบจากโควิด19
29 กุมภาพันธ์ 2563	กระทรวงสาธารณสุขไทยประกาศให้ “โรคโควิด 19” เป็นโรคติดต่ออันตรายตามพรบ. โรคติดต่อ พ.ศ. 2558	ผลกระทบจากโควิด19
12 มีนาคม 2563	WHO ประกาศให้ COVID-19 เป็นโรคระบาดใหญ่ (Pandemic) ที่ระบาดไปทั่วโลก	ผลกระทบจากโควิด19
13 มีนาคม 2563	ทางการไทยประกาศยกเลิก VOA นักท่องเที่ยวจีนและอีก17 ประเทศ	ผลกระทบจากโควิด19
24 มีนาคม 2563	มาตรการเยียวยา ผู้ประกันตนและผู้ประกอบการที่ได้รับผลกระทบจาก COVID 19	การฟื้นฟูและเยียวยา
25 มีนาคม 2563	ประกาศ พ.ร.ก.ฉุกเฉิน (มีผลในวันที่ 26 มีนาคม 2563)	ผลกระทบจากโควิด19
03 เมษายน 2563	รัฐบาลไทยประกาศห้ามประชาชนออกนอกเคหสถานในยามวิกาลทั่วประเทศ ระหว่างเวลา 22:00-04:00 น.	ผลกระทบจากโควิด19
15 เมษายน 2563	ประกาศ กพท.เรื่อง ห้ามอากาศยานทำการบินเข้าสู่ประเทศไทยเป็นการชั่วคราว(ฉบับที่ 3)	ผลกระทบจากโควิด19
27 เมษายน 2563	ประกาศ กพท.เรื่อง ห้ามอากาศยานทำการบินเข้าสู่ประเทศไทยเป็นการชั่วคราว(ฉบับที่ 4)	ผลกระทบจากโควิด19
04 พฤษภาคม 2563	กระทรวงสาธารณสุข ประกาศว่าสถานการณ์โรค COVID-19ในประเทศไทยอยู่ในระดับที่ควบคุมได้	สร้างความเชื่อมั่น
13 พฤษภาคม 2563	ศูนย์บริหารสถานการณ์โควิด-19 (ศบค.) แถลงการณ์ว่าประเทศไทยไม่พบผู้ป่วยรายใหม่เป็นวันแรก	สร้างความเชื่อมั่น
16 พฤษภาคม 2563	ประกาศ กพท.เรื่อง ห้ามอากาศยานทำการบินเข้าสู่ประเทศไทยเป็นการชั่วคราว(ฉบับที่ 5)	ผลกระทบจากโควิด19
17 พฤษภาคม 2563	ศบค. ประกาศใช้มาตรการผ่อนปรนในระยะที่ 2 โดยอนุญาตให้เปิดห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า สถานออกกำลังกายบางส่วน	สร้างความเชื่อมั่น
29 พฤษภาคม 2563	คณะรัฐมนตรีมีมติต่อ พรก.ฉุกเฉิน อีก 1 เดือน มีกำหนดสิ้นสุด 30 มิถุนายน2563 และมีประกาศการผ่อนปรนระยะที่ 3 เริ่มวันที่ 1 มิถุนายน 2563 โดยให้กิจการและกิจกรรมที่มีความเสี่ยงปานกลางถึงสูง กลับมาเปิดให้บริการได้	ส่งผลกระทบ(พ.ร.ก.ฉุกเฉิน)และสร้างความเชื่อมั่น(มาตรการผ่อนปรน)
12 มิถุนายน 2563	โฆษก ศบค. แถลงข่าวเกี่ยวกับมาตรการบังคับใช้กฎหมายที่สำคัญ และมาตรการผ่อนคลายโควิด 19 ระยะที่ 4 โดยมาตรการดังกล่าวได้รับการอนุมัติในที่ประชุมแล้ว และจะมีผลตั้งแต่วันที่ 15 มิถุนายนเป็นต้นไป	สร้างความเชื่อมั่น
29 มิถุนายน 2563	โฆษก ศบค. แถลงผลประชุมของ ศบค. ชุดใหญ่ มีมติเห็นชอบผ่อนคลายมาตรการระยะที่ 5 ใน 5 กลุ่มกิจการ/กิจกรรม ที่มีความเสี่ยงสูง มีผลในวันที่ 1 กรกฎาคม 2563	สร้างความเชื่อมั่น
20 กรกฎาคม 2563	โฆษก ศบค. รายงานสถานการณ์โควิด-19 จากไวรัสโคโรนา ในประเทศไทย จับตาผ่อนปรนระยะ 6 และการใช้ พ.ร.ก.ฉุกเฉิน ว่าจะมีต่ออายุหรือไม่	สร้างความเชื่อมั่น

จากเหตุการณ์ข้างต้นส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวไทยโดยสะท้อนออกมาในแง่ของสถานการณ์การท่องเที่ยว ดังนี้ ระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม 2563 จำนวนนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ 6.70 ล้านคน หดตัวร้อยละ 59.97 จากช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมา สร้างรายได้เพียง 0.33 ล้านล้านบาท ส่วนจำนวนนักท่องเที่ยวชาวไทย 25.05 ล้านคน-ครั้ง หดตัวร้อยละ 60.75 จากช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมา สร้างรายได้ประมาณ 0.19 ล้านล้านบาท หดตัวร้อยละ 57.80 จากช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมา โดยรายได้รวมจากการท่องเที่ยวทั้งหมด 0.52 ล้านล้านบาท หดตัวร้อยละ 58.94 จากช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม การท่องเที่ยวตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นมาเริ่มมีแนวโน้มดีขึ้นเนื่องจากภาครัฐได้มีการผ่อนปรนกิจกรรมทางสังคมและเศรษฐกิจภายในประเทศมากขึ้น

สำหรับภาคใต้ ภาคบริการและการท่องเที่ยวหดตัวมากจากระยะเดียวกันกับปีก่อนในทุกประเภทธุรกิจ แม้ว่าช่วงต้นไตรมาสจะยังมีนักท่องเที่ยวรัสเซียและยุโรปที่เข้ามาเที่ยวตามแผนเดิมอยู่ แต่การแพร่ระบาดของโควิดทั้งในและต่างประเทศ การประกาศปิดประเทศของทางการจีน การที่สายการบินระหว่างประเทศทยอยยกเลิกเที่ยวบินอย่างต่อเนื่อง และผลของการปิดประเทศมาเลเซียตั้งแต่กลางเดือนมีนาคม ทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ผู้ประกอบการโรงแรมหลายรายต้องปิดกิจการลงเนื่องจากไม่สามารถแบกรับภาระต้นทุนได้ ในส่วนการจ้างงาน ธุรกิจภาคการท่องเที่ยวและธุรกิจอื่นที่เกี่ยวเนื่องมีการจ้างงานลดลงมาก มีการเลิกจ้างพนักงานบางส่วนเนื่องจากการปิดกิจการ และมีการปรับรูปแบบการจ้างงานอื่นๆ เช่น ขอความร่วมมือให้พนักงานลาโดยไม่ได้รับค่าจ้าง การลดเงินเดือน ด้านต้นทุนและราคาสินค้า ในส่วนของธุรกิจภาคการค้าและการท่องเที่ยวมีการแข่งขันมีแนวโน้มรุนแรงขึ้น บางรายปรับตัวโดยการจัดกิจกรรมส่งเสริมการขายอย่างต่อเนื่อง บริหารสต็อก วัตถุดิบและสินค้าให้มีประสิทธิภาพ ปรับลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นเพื่อประคองธุรกิจให้ดำเนินต่อได้ แนวโน้มและปัจจัยที่ส่งผลต่อภาคธุรกิจในระยะถัดไป ผู้ประกอบการคาดว่า การท่องเที่ยวภาคใต้จะยังไม่ฟื้นตัวในช่วง high season ของปีนี้ (พฤศจิกายน 2563 – กุมภาพันธ์ 2564) ซึ่งรายได้ของลูกจ้างที่ลดลงจากการปรับโครงสร้างการจ้างงานจะส่งผลต่อเนื่องมายังกำลังซื้อของครัวเรือนในภาคการค้าและอสังหาริมทรัพย์ให้มีความเปราะบางมากขึ้น[7]

ผลกระทบจากวิกฤตโควิด ส่งผลให้แรงงานในภาคการท่องเที่ยวถูกเลิกจ้างหรือขาดรายได้ไม่ต่ำกว่า 2.3 ล้านคน อาชีพไกด์เป็นอาชีพสงวนสำหรับคนไทยตามพระราชกำหนดการบริหารจัดการการทำงานของคนต่างด้าว พ.ศ. 2560 ผลจากมาตรการรับมือของภาครัฐในช่วงการระบาดของเชื้อโควิด ทำให้ไม่มีนักท่องเที่ยว ส่งผลให้มัคคุเทศก์หรือไกด์ตกอยู่ในภาวะไร้งานทำ ตั้งแต่ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้ผู้ประกอบอาชีพในกลุ่มนี้ต้องดำรงชีพโดยการหาอาชีพเสริม เช่น การขายของผ่านช่องทางออนไลน์ เกิดการรวมกลุ่มกันเพื่อแบ่งปันความช่วยเหลือ การรับบริจาคสิ่งของ ทั้งนี้มีไกด์บางกลุ่มเห็นว่า การช่วยเหลือจากภาครัฐเป็นสิ่งที่จำเป็น แต่ควรเป็นไปในลักษณะการจ้างแทนการช่วยเหลือแบบให้เปล่า เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และนำไปสู่การต่อยอดอาชีพในอนาคต [8]

5.2 ประเด็นการฟื้นฟูการท่องเที่ยวไทยจากผลกระทบของการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19

ภายหลังวิกฤตการการระบาดของเชื้อโควิด 19 ธุรกิจท่องเที่ยวส่วนใหญ่ปรับตัวได้ค่อนข้างยากจากลักษณะของธุรกิจ เช่น สายการบิน โรงแรม หรือ สถานที่ท่องเที่ยว บางส่วนปรับรูปแบบการบริการให้หลากหลายมากขึ้น อาทิ โรงแรมหันมาทำอาหารขายและส่งถึงบ้าน รถโดยสารสาธารณะ หันมาส่งสินค้าแทนการรับส่งผู้โดยสาร ส่วนใหญ่คาดว่าการท่องเที่ยวจะกลับมาได้เร็วสุดราวช่วงไตรมาสที่ 4 ปี 2563 แต่อาจใช้เวลาอีก 1-2 ปี กว่าจะเข้าสู่ภาวะปกติ โดยผู้ประกอบการมีแนวโน้มเน้นทำตลาดและให้บริการหลากหลายมากขึ้น เพื่อกระจายความเสี่ยง[9]

ในส่วนการช่วยเหลือเยียวยาในระยะแรกจากทางภาครัฐคือในส่วนของการลดเงินสมทบเข้ากองทุนประกันสังคมทั้งของนายจ้างและลูกจ้าง สำหรับมาตรการที่ผู้ประกอบการได้รับประโยชมากที่สุดคือ การให้สินเชื่อดอกเบี้ยต่ำ จากธนาคารออมสิน สำหรับผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว ส่วนมาตรการในระยะที่2 จะถูกแบ่งออกเป็น

6 ด้าน คือ 1.มาตรการเสริมสร้างและการรักษาขีดความสามารถด้านการท่องเที่ยว 2.มาตรการด้านการสร้างรายได้แก่สถานประกอบการท่องเที่ยว 3.การพัฒนาทักษะบุคลากรด้านการท่องเที่ยว 4.การสร้างมาตรฐานความปลอดภัยด้านการท่องเที่ยวด้านสุขอนามัย 5.การช่วยเหลือกลุ่มผู้ประกอบการท่องเที่ยว 6.การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยเชื่อว่ามาตรการข้างต้นจะนำไปสู่การพัฒนาการท่องเที่ยวที่สามารถตอบสนองความปกติใหม่ มุ่งเน้นการท่องเที่ยวเชิงคุณภาพ อุตสาหกรรมการให้บริการและเศรษฐกิจสร้างสรรค์โดยปรับปรุงและฟื้นฟูแหล่งท่องเที่ยวและสิ่งอำนวยความสะดวกในเมืองหลักและเมืองรองยกระดับคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวและบริการให้ได้มาตรฐานสากล สร้างมาตรฐานด้านสาธารณสุขและด้านความปลอดภัยของนักท่องเที่ยว ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการให้บริการและฝึกอบรมพัฒนาผู้ประกอบการ ตลอดจนพัฒนาฝีมือแรงงานในอุตสาหกรรมท่องเที่ยว สร้างแบรนด์การท่องเที่ยวให้เป็นที่จดจำและประทับใจแก่นักท่องเที่ยวไทยและต่างชาติ พัฒนาแหล่งท่องเที่ยวและการท่องเที่ยวโดยชุมชน พัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านการท่องเที่ยวไทยให้สมบูรณ์และยกระดับความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่[10]

6. ระเบียบวิธีวิจัย เครื่องมือวิจัย

ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ลึกกว่าการสำรวจเชิงปริมาณ ทั้งนี้ผู้วิจัย ได้ออกแบบข้อคำถามขึ้นตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างแบบสโนว์บอล (Snowball Sampling) จากกลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพในจังหวัดภูเก็ต จำนวน 20 ราย โดยได้รับความช่วยเหลือจากทางสมาคมมัคคุเทศก์อาชีพจังหวัดภูเก็ต สำหรับช่องทางการติดต่อผู้ให้ข้อมูลในเบื้องต้น และผู้วิจัยได้ขอให้ผู้ให้ข้อมูลช่วยแนะนำมัคคุเทศก์อาชีพรายต่อไปเพื่อทำการขอนัดสัมภาษณ์ โดยมีช่วงระยะเวลาในการสัมภาษณ์ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม 2563

7. ผลสำรวจ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพ จำนวน 20 คน ระบุว่าผู้ให้ข้อมูลเป็นเพศชายร้อยละ 60 และเพศหญิงร้อยละ 40 อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 30 - 45 ปีร้อยละ 30 และอยู่ในช่วงอายุมากกว่า 45 ปีร้อยละ 70 อายุการทำงานในสายงานมัคคุเทศก์ไม่ถึง 5 ปีร้อยละ 30 อายุงาน 5 ถึง 10 ปีร้อยละ 5 และอายุงานมากกว่า 10 ปีร้อยละ 65 มัคคุเทศก์ทั้งหมดทำงานให้บริการนำเที่ยวแก่ชาวต่างชาติเป็นหลัก โดยกลุ่มนักท่องเที่ยวที่ใช้บริการนำเที่ยวเดินทางมาจากประเทศต่างๆ ค่อนข้างหลากหลาย ซึ่งรวมไปถึง จีน เกาหลี อังกฤษ ฝรั่งเศส รัสเซีย อินเดีย ออสเตรเลีย สิงคโปร์ อเมริกา และอีกหลายประเทศในแถบอาหรับและยุโรป

7.1 ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ที่ส่งผลถึงการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตและมัคคุเทศก์

ผู้ให้ข้อมูลร้อยละ 95 ต่างให้ข้อมูลในแนวทางเดียวกันว่าต่างได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก เนื่องจากจังหวัดภูเก็ตเป็นจังหวัดที่มีรายได้จากธุรกิจภาคการท่องเที่ยวเป็นหลักและสามารถสร้างรายได้ได้ถึง 4 แสนล้านบาทต่อปีในช่วงภาวะปกติ แต่การระบาดของโรคร้ายในครั้งนี้เป็นวิกฤตการณ์ที่รุนแรงและส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวอย่างหนักที่สุด หนักยิ่งกว่าการระบาดของเชื้อโรคอื่นใด เช่น ไข้หวัดนก ซาร์ส (SARs) เมอร์ส(MERS-CoV) หรือแม้เมื่อเทียบกับผลกระทบจากคลื่นยักษ์สึนามิและเหตุการณ์เรือท่องเที่ยวฟินิกซ์ล่ม ผลกระทบจากการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ก็ยังส่งผลกระทบที่รุนแรงกว่ามาก เนื่องจากวิกฤตการณ์ในครั้งนี้ได้ทำให้ธุรกิจทุกประเภทที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวจำเป็นต้องหยุดประกอบกิจการโดยถ้วนหน้า เป็นระยะเวลายาวนานหลายเดือน ผู้ประกอบการหลายแห่งไม่สามารถแบกรับภาระค่าใช้จ่ายได้ โดยเฉพาะผู้ประกอบการโรงแรมที่พักและบริษัททัวร์ต่างๆ จึงต้องเลิกกิจการหรือลดจำนวนพนักงาน ส่งผลให้มีคนตกงานเป็นจำนวนมาก ซึ่งรวมถึงมัคคุเทศก์จำนวนมากที่ต้องอยู่ในสภาวะว่างงาน จำเป็นจะต้องเปลี่ยนอาชีพ หรือหารายได้เสริมโดยการประกอบอาชีพอื่น เช่น ค้าขาย ทำสวน รับจ้าง หรืองานช่าง ตามกำลังความสามารถที่ตนเคยมีตั้งแต่ก่อนที่จะประกอบอาชีพมัคคุเทศก์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก

ขาดความเชี่ยวชาญในสาขาอาชีพที่ไม่ใช่มัคคุเทศก์ ทำให้ไม่สามารถประกอบกิจการได้คุณภาพเทียบเท่ากับมืออาชีพในสายงานนั้นๆ จึงทำให้สินค้าและบริการไม่เป็นที่ต้องการของตลาดเท่าที่ควร รายได้เสริมที่เข้ามาจึงเป็นเพียงรายได้ที่เพียงพอแก่การดำรงชีวิตไปในแต่ละวัน แต่ไม่เพียงพอต่อการชำระหนี้สิน หรือในบางรายถึงขั้นไม่มีรายได้ที่เพียงพอต่อการใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ทั้งตัวมัคคุเทศก์เองและสมาชิกในครอบครัวล้วนได้รับความเดือดร้อนกันโดยถ้วนหน้า

อย่างไรก็ตาม มีผู้ให้ข้อมูลร้อยละ 5 ได้แสดงความคิดเห็นที่น่าสนใจในมุมมองที่ต่างออกไป โดยระบุว่าสถานการณ์วิกฤตในครั้งนี้ถือเป็นโอกาสดีต่อทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวที่จะได้ร่วมกันคิดพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวให้เป็นการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน เน้นคุณภาพ มุ่งเน้นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และยังถือเป็นโอกาสดีที่ธรรมชาติจะได้ใช้เวลานี้ในการฟื้นฟูตัวเอง เนื่องจากจำนวนนักท่องเที่ยวลดลงเป็นอย่างมากในช่วงสถานการณ์วิกฤต

7.2 ประเด็นความคิดเห็นต่อแนวทางการให้ความช่วยเหลือมัคคุเทศก์อาชีพจากภาครัฐ

ผู้ให้ข้อมูลร้อยละ 55 ได้แสดงความคิดเห็นในเชิงพึงพอใจต่อนโยบายการให้ความช่วยเหลือของภาครัฐต่อกลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพ โดยมองว่านโยบายการกระตุ้นการท่องเที่ยวภายในประเทศหลายๆโครงการ เป็นนโยบายฟื้นฟูการท่องเที่ยวที่มีประสิทธิภาพ แม้จะยังไม่สามารถช่วยให้มัคคุเทศก์อาชีพกลับมาประกอบอาชีพได้ดังเดิม แต่ก็ถือเป็นจุดเริ่มต้นที่ดี นอกจากนี้การลดค่าใช้จ่ายต่างๆในการท่องเที่ยวลง เช่น ลดค่าที่พัก ค่าเดินทาง ค่าสินค้าและบริการ รวมถึงการกำหนดให้มีช่วงวันหยุดยาว เหล่านี้ล้วนมีส่วนช่วยในการกระตุ้นการท่องเที่ยวให้ฟื้นฟูกลับมาได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตามผู้ให้ข้อมูลในส่วนนี้ได้แสดงออกถึงความกังวลว่าอาจจะมีการระบาดระลอกใหม่ของเชื้อไวรัสได้ หากนักท่องเที่ยวไม่มีความระวังในการป้องกันตัวเองทางด้านสุขอนามัยที่ดีพอในระหว่างการท่องเที่ยว

ในทางกลับกัน ผู้ให้ข้อมูลอีกร้อยละ 45 ได้แสดงความคิดเห็นในเชิงไม่พอใจกับนโยบายในการให้ความช่วยเหลือกลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพ โดยเฉพาะความช่วยเหลือจากทางภาครัฐ ทั้งยังได้ระบุจุดที่ควรพัฒนาแก้ไข เช่น ระบุว่าการให้ความช่วยเหลือจากภาครัฐส่วนใหญ่เป็นการเน้นให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ประกอบการรายใหญ่ ขาดการให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ประกอบการรายย่อย หรือในบางโครงการจะเป็นการให้ความช่วยเหลือแก่ประชาชนทุกคนในภาพรวม แต่ขาดการให้ความช่วยเหลือแบบเฉพาะเจาะจงมาที่กลุ่มของมัคคุเทศก์ซึ่งได้รับผลกระทบจากการขาดรายได้หลักโดยสิ้นเชิง และหากเป็นการจัดโครงการอบรมต่างๆที่ประสานงานผ่านไปยังสถาบันศึกษา สถาบันศึกษาหลายแห่งได้เกณฑ์นักเรียนนักศึกษามาเข้าร่วมฟังเป็นจำนวนมาก ทำให้เหลือที่สำหรับบุคคลภายนอกที่ได้รับความเดือดร้อนจริงๆค่อนข้างจำกัด ซึ่งจากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าผู้ให้ข้อมูลในส่วนนี้ ได้รับทราบถึงการให้ความช่วยเหลือจากภาครัฐแต่ยังคงมีความคิดเห็นว่าการให้ความช่วยเหลือต่างๆนั้นยังไม่ทั่วถึงและยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ที่เดือดร้อนจริงๆ

7.3 ประเด็นแนวโน้มการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตในช่วงหลังการระบาดหนักของเชื้อไวรัส COVID-19

เมื่อขอให้ผู้ให้ข้อมูลประเมินสถานการณ์ทางด้านแนวโน้มการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตในอนาคต เพื่อเป็นฐานในการวิเคราะห์หาแนวทางในการฟื้นฟูการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตต่อไป ผู้ให้ข้อมูลต่างลงความเห็นในประเด็นนี้ไปในทิศทางที่คล้ายกัน กล่าวคือ ในระยะแรกของการเปิดการท่องเที่ยว เป็นไปได้ที่จำนวนนักท่องเที่ยวจะยังคงมีปริมาณน้อย แต่จะค่อยๆมีปริมาณที่มากขึ้นภายในระยะเวลา 1-2 ปี และจำนวนนักท่องเที่ยวจะกลับมามีปริมาณที่มากดั่งเช่นช่วงก่อนการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 หรือกระทั่งอาจจะมีปริมาณที่มากขึ้นกว่าเดิม ก็ต่อเมื่อมีการประกาศใช้วัคซีนป้องกันโรคไวรัส กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ทั้งนี้มีผู้ให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมที่น่าสนใจในประเด็นนี้ อาทิเช่น เนื่องจากนักท่องเที่ยวชาวต่าวชาติเป็นกลุ่มนักท่องเที่ยวหลักของจังหวัดภูเก็ต ดังนั้นแนวโน้มของการท่องเที่ยวในอนาคตจะเป็นเช่นไรนั้น จำเป็นต้องพิจารณาจากการนโยบายด้านการท่องเที่ยวของต่างประเทศด้วยเช่นกัน เช่น หากต่างประเทศใช้นโยบายในการส่งเสริมการท่องเที่ยวภายในประเทศในระยะต้นเช่นเดียวกับไทย จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในไทยในช่วงระยะต้นนี้ก็อาจจะมี

ปริมาณที่ไม่สูงมาก เป็นต้น

จากแนวคิดในด้านทิศทางการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ตในอนาคตข้างต้น มัคคุเทศก์อาชีพกลุ่มนี้ได้เสนอแนวทางที่น่าสนใจในการฟื้นฟูการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยสามารถสรุปใจความและแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วงระยะ ดังนี้

1) ในระยะที่ 1 เป็นระยะที่เน้นการเตรียมการก่อนเปิดรับนักท่องเที่ยว ซึ่งหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องควรร่วมกันคิดหาแนวทางในการเพิ่มความสามารถในการใช้จ่ายให้กับประชาชนภายในประเทศเป็นลำดับแรก โดยอาจให้ความช่วยเหลือทั้งทางด้านการเงิน หรือจัดอบรมวิชาชีพให้แก่ประชาชนที่เดือดร้อนจากการว่างงานอย่างทั่วถึง ในขณะเดียวกัน หน่วยงานภาครัฐนำโดยกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาควรใช้โอกาสนี้ในการพลิกวิกฤตให้เป็นโอกาส และสร้างมาตรฐานการทางด้านการท่องเที่ยวให้สูงขึ้นกว่าเดิม โดยอาจหารือกับตัวแทนผู้ประกอบการในแต่ละระดับ เพื่อร่วมกันยกระดับการท่องเที่ยวของไทย ให้เป็นการท่องเที่ยวที่เน้นคุณภาพมากกว่าปริมาณ หรือเน้นการต้อนรับลูกค้าที่มีกำลังทรัพย์โดยการเสนอการให้บริการทางการท่องเที่ยวแบบพรีเมี่ยม และเน้นการท่องเที่ยวในเชิงอนุรักษ์ รักษาดูแลแหล่งท่องเที่ยว โดยเฉพาะแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติทางทะเลซึ่งเป็นจุดขายของจังหวัดภูเก็ต เพื่อให้การท่องเที่ยวในช่วงหลังการระบาดของเชื้อไวรัสเป็นการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนอย่างแท้จริง

2) ในระยะที่สอง เมื่อประชาชนมีกำลังในการใช้จ่ายที่มากขึ้นและทางรัฐบาลได้หารือกับผู้ประกอบการถึงแนวทางในการยกระดับมาตรฐานการท่องเที่ยวแล้ว หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจัดให้มีการอบรมเกี่ยวกับหลักเกณฑ์มาตรฐานและข้อตกลงใหม่ทางการท่องเที่ยวให้เป็นที่ทราบโดยทั่วกันในส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว ซึ่งรวมไปถึงการจัดอบรมให้แก่มัคคุเทศก์อาชีพ เพื่อให้มัคคุเทศก์สามารถเตรียมตัวให้พร้อมต่อการปฏิบัติหน้าที่ในการนำเที่ยวที่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ใหม่ที่ได้ถูกกำหนดขึ้น จากนั้นจึงค่อยดำเนินการประชาสัมพันธ์ข้อมูลที่จำเป็นให้แก่ประชาชนในแหล่งท่องเที่ยว ถึงการปฏิบัติตนที่เหมาะสมในการท่องเที่ยวในช่วงสถานการณ์การระบาดของโรค จากนั้นจึงค่อยเน้นประชาสัมพันธ์เพื่อกระตุ้นให้เกิดการท่องเที่ยวโดยเริ่มจากการท่องเที่ยวภายในประเทศ โดยต้องสร้างความเชื่อมั่นในการท่องเที่ยวอย่างปลอดภัยจากเชื้อไวรัสให้แก่ประชาชน กระตุ้นให้เกิดการใช้จ่ายภายในประเทศ เพื่อเป็นการกระจายรายได้ไปสู่ชุมชน ทำให้สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวภายในประเทศดีขึ้นตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม ในระยะที่สองนี้ ทุกภาคส่วนควรให้ความสำคัญกับการบังคับใช้มาตรการในการควบคุมและป้องกันการระบาดของเชื้อไวรัสที่จำเป็นและเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันควบคู่ไปกับการกระตุ้นให้เกิดการท่องเที่ยว เพื่อไม่ให้เกิดการระบาดของโรคร้ายขึ้นอีกครั้ง

3) ในระยะที่สาม หากสถานการณ์การท่องเที่ยวภายในประเทศในระยะที่สองเป็นไปด้วยความราบรื่นเรียบร้อยโดยไม่เกิดการแพร่ระบาดขึ้นอีกระลอกหนึ่ง รัฐบาลจึงค่อยดำเนินการต้อนรับนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาจากกลุ่มประเทศที่ไม่พบการระบาดของเชื้อไวรัส หรือมีการระบาดแต่เพียงน้อย โดยอาจดำเนินการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวผ่านทางสื่อหลักและทางสื่อโซเชียลมีเดียหลักของกลุ่มประเทศเป้าหมายทางการท่องเที่ยวของไทย การประชาสัมพันธ์โดยเน้นกลุ่มเป้าหมายที่มีกำลังซื้อสูงเป็นทางเลือกที่ดีในการฟื้นฟูการท่องเที่ยว การเสนอโปรแกรมการท่องเที่ยวภายใต้การควบคุมของกรมการท่องเที่ยวและกรมควบคุมโรคตลอดช่วงระยะเวลากักตัว 14 วันเป็นหนึ่งในทางเลือกที่สามารถทำได้ โดยมีเกณฑ์กำหนดให้ผู้ประกอบการที่ต้องการจะร่วมให้บริการต้อนรับนักท่องเที่ยวกลุ่มนี้ จะต้องผ่านการประเมินความพร้อมจากกรมควบคุมโรคและดำเนินการตามระเบียบข้อบังคับจากกรมควบคุมโรคอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้เพื่อเป็นการรับประกันความปลอดภัยของนักท่องเที่ยวและเจ้าบ้านที่ทำหน้าที่ในการให้การต้อนรับ โดยสถานประกอบการใดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางด้านสุขอนามัยดังกล่าวนี้จะได้รับใบรับรอง SHA (Amazing Thailand Safety and Health Administration) ซึ่งเป็นเอกสารที่ออกให้โดยกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาร่วมกับกระทรวงสาธารณสุข

4) ในระยะที่ 4 หากมาตรการในการควบคุมการท่องเที่ยวในระยะที่ 1-3 เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การ

ดำเนินการในระยะที่ 4 จะเป็นการเปิดประเทศสู่การท่องเที่ยวโดยสมบูรณ์ ซึ่งก่อนจะไปถึงขั้นนี้ได้นั้น จะต้องมีมาตรการในการคัดกรองผู้ติดเชื้อที่เข้มแข็ง เนื่องจากเราไม่อาจทราบได้ว่า สถานการณ์โลกในอนาคตจะเป็นเช่นไร ดังนั้นการเตรียมพร้อมในด้านการคัดกรองผู้ติดเชื้อก่อนที่จะอนุญาตให้นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาจากทั่วโลก ผ่านเข้ามาในราชอาณาจักรไทยนั้นจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างที่สุด ในขณะเดียวกัน ทุกหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนจะต้องร่วมมือกันในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติอย่างยั่งยืนและเน้นการให้บริการทางการท่องเที่ยวที่มีคุณภาพสูง เพื่อเป็นการยกระดับมาตรฐานในการท่องเที่ยว และเป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นในมาตรฐานการให้บริการคุณภาพสูงที่มีมาตรฐานความปลอดภัยทางด้านสุขอนามัยในระดับสูงเช่นเดียวกัน ด้วยรูปแบบการท่องเที่ยวข้างต้นและการประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ กลุ่มมัคคุเทศก์อาชีพเชื่อว่าจะสามารถดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเกิดความสนใจที่จะมาสัมผัสถึงการท่องเที่ยวรูปแบบดังกล่าวนี้ และจะส่งผลให้คุณภาพการท่องเที่ยวในจังหวัดภูเก็ตมีมาตรฐานที่สูงขึ้นกว่าเดิม ทั้งยังเป็นการท่องเที่ยวที่ยั่งยืนอีกประการหนึ่ง

8. สรุปผลวิจัย

งานวิจัยพบว่าในมุมมองของมัคคุเทศก์อาชีพจังหวัดภูเก็ต การแพร่ระบาดใหญ่ของเชื้อโควิด 19 ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและมัคคุเทศก์อาชีพในจังหวัดภูเก็ตมากที่สุดหากเทียบกับวิกฤตการณ์อื่นที่เคยเกิดขึ้น ทั้งนี้นโยบายที่ทางภาครัฐให้การช่วยเหลือแม้ว่าจะไม่ได้เป็นการช่วยแก้ปัญหาของมัคคุเทศก์อาชีพอย่างตรงจุด แต่ก็ถือว่าเป็นการเริ่มต้นที่ดีในการกระตุ้นการท่องเที่ยวซึ่งจะส่งผลต่อมัคคุเทศก์อาชีพต่อไป ในส่วนของข้อเสนอแนะต่อแนวทางการฟื้นฟูการท่องเที่ยวจังหวัดภูเก็ต กลุ่มตัวอย่างได้ให้แนวคิดหลากหลายที่เป็นประโยชน์ แต่แนวคิดที่โดดเด่นคือการแบ่งระยะการเตรียมความพร้อมในการรับนักท่องเที่ยวออกเป็น 4 ช่วงเพื่อเร่งกระตุ้นการท่องเที่ยวและป้องกันการระบาดของเชื้อโควิด 19 อย่างมีประสิทธิภาพไปในคราวเดียวกัน

9. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้มีจุดประสงค์ในการสำรวจข้อมูลในเชิงลึกจากกลุ่มเป้าหมาย เป็นเหตุให้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสัมภาษณ์ในเชิงลึก (Indepth Interview) ในการเก็บข้อมูล ซึ่งส่งผลดีต่อการได้มาซึ่งข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงที่สุด แต่มีข้อจำกัดในการนำเสนอข้อมูลในเชิงปริมาณหรือการนำเสนอข้อมูลในภาพกว้าง

หากนักวิจัยท่านใดสนใจในการศึกษาวิจัยในประเด็นเดียวกันนี้ อาจเลือกใช้วิธีการกระจายแบบสอบถาม เพื่อทำการศึกษาข้อมูลในภาพกว้าง เป็นการเติมเต็มข้อมูลในส่วนนี้จากมุมมองของมัคคุเทศก์อาชีพได้อีกทางหนึ่ง หรืออาจทำการศึกษาผลกระทบและข้อเสนอแนะจากมุมมองของสาขาอาชีพอื่นได้เช่นกัน

10. เอกสารอ้างอิง

[1] บีบีซี นิวส์, ไวรัสโคโรนา: อนามัยโลกประกาศให้โควิด-19 เป็น “การระบาดใหญ่” ทั่วโลก, ข้อมูลจาก https://www.bbc.com/thai/international-51838536 (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กรกฎาคม 2563)

[2] เดอะโมเมนตัม, อัปเดตสถานการณ์ การปิดประเทศ/เมือง/พรมแดน และมาตรการต่างๆ เกี่ยวกับโควิด-19 ทั่วโลก, ข้อมูลจาก https://themomentum.co/lock-down-country-measure-covid19/ (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กรกฎาคม 2563)

[3] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวเดือนพฤษภาคม 2563, ข้อมูลจาก https://www.mots.go.th/download/article/article_20200626093026.jpg (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กรกฎาคม 2563)

[4] อารยา จันทร์สกุล, ผลกระทบและแนวทางการจัดการเพื่อความยั่งยืน, ธนาคารแห่งประเทศไทย(สำนักงานภาคใต้), ข้อมูลจาก https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Southern/ReasearchPaper/Overtourism.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 3 กรกฎาคม 2563)

[5] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวเดือนเมษายน 2563, ข้อมูลจาก https://www.mots.go.th/download/article/article_20200529103312.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 2 กรกฎาคม 2563)

[6] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม 2563, ข้อมูลจาก https://www.mots.go.th/download/article/article_20200626093026.jpg (วันที่สืบค้นข้อมูล 2 กรกฎาคม 2563)

[7] ธนาคารแห่งประเทศไทย, รายงานแนวโน้มธุรกิจ, ข้อมูลจาก https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/EconomicConditions/BLP/BLP_TH_Q1_2020_cbkhlkip.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 กรกฎาคม 2563)

[8] หนังสือพิมพ์โพสต์ทูเดย์, “ไกด์ไทย” ความท้าทายใหม่ในธุรกิจท่องเที่ยวหลังโควิด, ข้อมูลจาก https://www.posttoday.com/economy/news/624992 (วันที่สืบค้นข้อมูล 3 กรกฎาคม 2563)

[9] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวเดือนเมษายน 2563, ข้อมูลจาก https://www.mots.go.th/download/article/article_20200529103312.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 2 กรกฎาคม 2563)

[10] ธนาคารแห่งประเทศไทย, รายงานแนวโน้มธุรกิจ, ข้อมูลจาก https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/EconomicConditions/BLP/BLP_TH_Q1_2020_cbkhlkip.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 กรกฎาคม 2563

ID105

แนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

Guideline for promoting potential of tourism in Bor Hin Subdistrict Sikao District Trang Province.

อธิติยา สุขอรุณ[1*] วารุนันท์ ดำขุนนุ้ย[2] และธารินทร์ มานีมาน[3]
สาขาการโรงแรมและการท่องเที่ยว คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
[*]E-mail: Varunand@outlook.com

Athitiya Sukarun[1*] Varunan Damkhunnuy[2] and Tharin Maneeman[3]
Hospitality and Tourism Program, Faculty of liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya
[*]E-mail: Varunand@outlook.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง และ 2) ศึกษาแนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) รวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยว ได้แก่ ผู้นำตำบลบ่อหิน ผู้ประกอบการหรือผู้เกี่ยวข้อง และนักท่องเที่ยว ใช้วิธีการจดบันทึกและการบันทึกเสียงมาถอดความสรุปเป็นสาระสำคัญตามขอบเขตเนื้อหา การวิจัยเชิงปริมาณรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากนักท่องเที่ยวจำนวน 100 ชุด โดยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ผลวิจัยพบว่า 1) ศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน มีเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นโดยชาวบ้านใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการประกอบอาชีพ ธรรมชาติโดยรอบของแหล่งท่องเที่ยวมีความสวยงาม อุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่มีกิจกรรมการท่องเที่ยวหลากหลาย เช่น ศึกษาระบบนิเวศป่าชายเลน ปลูกหญ้าทะเลเพื่อเป็นอนุรักษ์ปลาพะยูน และมีการศึกษาเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น 2) แนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน มีการจัดทำเส้นทางในพื้นที่ที่สามารถจัดกิจกรรมท่องเที่ยวเพิ่มเติมได้ในอนาคต จัดทำป้ายบอกทางให้เพิ่มมากขึ้นเพื่อความสะดวกแก่คนที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน มีมาตรการป้องกันไวรัส Covid-19 ให้กับนักท่องเที่ยว ทางแหล่งท่องเที่ยวอัพเดทข้อมูลเพจเฟซบุ๊คสำหรับการโปรโมทบ่อหินฟาร์มสเตย์ เกี่ยวกับเส้นทางท่องเที่ยวและกิจกรรมการท่องเที่ยวของตำบล มีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้ในด้านของการท่องเที่ยวเพื่ออำนวยความสะดวกสูงสุด เช่น ปักหมุดแหล่งท่องเที่ยวตำบลบ่อหินในกูเกิลแมพเพื่อให้นักท่องเที่ยวสามารถเดินทางท่องเที่ยวได้เองผ่านการดูแผนที่ และสร้างคิวอาร์โค้ดสำหรับสแกนเพื่อนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวแทนการใช้มัคคุเทศก์บรรยายตามแหล่งท่องเที่ยว

คำสำคัญ : ศักยภาพการท่องเที่ยว, แนวทางการส่งเสริม, ตำบลบ่อหิน

Abstract

The research aims to 1) The study for potential of tourism in Bor Hin Subdistrict Sikao District Trang Province. 2) The study to guideline for promoting potential of tourism in Bor Hin Subdistrict Sikao District Trang Province. This is mixed method research and compile data by interview who concerned to tourism in Bor Hin Subdistrict such as community leader Entrepreneurs or related persons and tourism. By use the method

note taking and audio recording. Then, transcribe and summarize the important content. Quantitative research will compile data using 100 sets of questionnaires from tourists by accidentally random. Data analysis by the way find the average ($\bar{x}$) and standard deviation (S.D). Research results showed that 1) the potential of tourism in Bor Hin Subdistrict has the local unique. The local people use local knowledge to their career. The surrounding nature of tourist attractions are beautiful and abundant. Is an ecotourism attraction with a variety of tourism activities such as study ecosystem of mangrove forest plant sea grass for preserved dugong and learn the local knowledge. 2) guideline for promoting potential of tourism in Bor Hin Subdistrict. Add tourism routes to new tourism activities in the future. Add the informational sign and signpost for convenience when who coming Bor Hin Subdistrict. There are measures to prevent the virus Covid-19 for tourist. They will update information on tourist routes and activities to promote Bor Hin Farm Stay on Facebook. Has the idea to use technology in the field of tourism to facilitate such as pin a tourist attraction in Bor Hin Subdistrict in Google Map so that tourists can travel on their own through the map view. and create a QR code for scanning to present tourist information instead of using guides.

Keyword: Tourism potential, Guideline for promotion, Bor Hin Subdistrict

1. บทนำ

การท่องเที่ยวของประเทศไทยมีการพัฒนาและขยายตัวอย่างรวดเร็ว สามารถสร้างประโยชน์ทางเศรษฐกิจได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากการท่องเที่ยวในเมืองหลักแล้วยังมีการกระจายตัวไปยังเมืองรองต่าง ๆ ตามนโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวเมืองรองที่คณะรัฐมนตรีให้ความเห็นชอบ พร้อมมีมาตรการส่งเสริมสนับสนุนตั้งแต่การลดหย่อนภาษีแก่นักท่องเที่ยว การยกเว้นภาษีกรณีจัดอบรมสัมมนาในจังหวัดเมืองรอง การจัดกิจกรรมส่งเสริมการท่องเที่ยวของเมืองรองต่าง ๆ พบว่านักท่องเที่ยวขยายตัวจากปี พ.ศ. 2554 จำนวน 50 ล้านคน เป็น 90 ล้านคนในปี พ.ศ. 2561 โดยนักท่องเที่ยวมีการขยายตัวไปในทุกจังหวัด [1] (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2563)

โดยแนวโน้มการท่องเที่ยวในปี พ.ศ. 2563 จะเป็นปีแห่งการท่องเที่ยว “เมืองรอง” รัฐบาลได้กำหนดนโยบายให้ความสำคัญเป็นพิเศษในเรื่องปรับปรุงดูแลแหล่งท่องเที่ยวให้สามารถเป็นเครื่องมือในการลดการเหลื่อมล้ำ การทำให้เกิดการพัฒนาทางกายภาพที่ทำให้แหล่งท่องเที่ยวมีความยั่งยืน สะดวก ปลอดภัย ได้เอกลักษณ์ โดยเน้นการเดินทางท่องเที่ยวในเมืองรองมากยิ่งขึ้น [2] (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2561)

โดยการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) สำนักงานตรัง มุ่งประชาสัมพันธ์และส่งเสริมให้เกิดการเดินทางท่องเที่ยวสร้างประสบการณ์ในพื้นที่ 55 เมืองรองท่องเที่ยว เน้นการต่อยอดสร้างสรรค์ Content ด้วยเรื่องราวที่น่าสนใจที่ทำให้คนไทยรู้จักและรักเมืองไทยมากขึ้นไปกว่าเดิม ผ่านแคมเปญ Amazing ไทย โดยใช้ศักยภาพคนท้องถิ่นทั่วไทยจะขนานนามว่า Local Hero เป็นทั้งผู้ปกป้อง สืบสานและถ่ายทอดวิถีชีวิต ภูมิปัญญา วัฒนธรรม ธรรมชาติ ให้คงอยู่ [3] (สำนักข่าว กรมประชาสัมพันธ์, 2563)

ตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เป็นชุมชนชนบทที่มีวิถีชีวิตความเป็นอยู่ที่เรียบง่าย โดยประกอบอาชีพประมงและเกษตรกรรมเป็นหลัก อีกทั้งมีภูมิปัญญาที่เป็นเอกลักษณ์คือการจักรสานเตยปาหนัน ที่สืบทอดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และเนื่องด้วยศักยภาพด้านพื้นที่ของตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เป็นที่ราบชายฝั่ง ป่าชายเลน ภูเขา น้ำตก ทะเล และเกาะแก่ง ชาวบ้านจึงมีการรวมตัวกันในนามวิสาหกิจชุมชนจัดการการท่องเที่ยวที่มีการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศโดยใช้ชื่อวิสาหกิจชุมชนเลี้ยงปลากระชังบ้านพรุจูด คือการทำบ่อหินฟาร์มสเตย์ โดยได้รับรางวัลอุตสาหกรรมท่องเที่ยวไทย ประจำปี พ.ศ. 2556 สาขาองค์กรสนับสนุนและส่งเสริมการท่องเที่ยว ประเภทชุมชน

ท่องเที่ยว และสร้างกิจกรรมด้านการท่องเที่ยวจากพื้นฐานอาชีพ อาทิ การชมวิธีการเลี้ยงปลาในกระชังและหอยแมลงภู่ การปลูกหญ้าทะเลเพื่อศึกษาระบบนิเวศน์ป่าชายเลน การแปรรูปอาหารเป็นสินค้าOTOP เช่น ปลาเค็มกางมุ้ง อาหารทะเล การจักสานเตยปาหนัน เป็นต้น โดยจะเน้นการศึกษาเรียนรู้ สัมผัสกับวิถีชีวิตชุมชนโดยแท้จริง อีกทั้งยังมีแหล่งท่องเที่ยวและกิจกรรมที่โดดเด่น อาทิ ชมพระอาทิตย์ตกดิน ณ หาดเก็บตะวัน และชมวิวทิวทัศน์ ณ เขาเจ็ดยอด

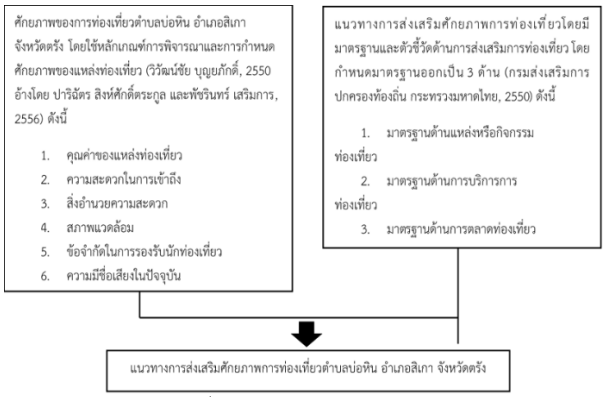
ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง มีเพียงแค่บ่อหินฟาร์ม สเตย์ ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะศึกษาศักยภาพการท่องเที่ยวของตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เพื่อส่งเสริมให้เกิดการท่องเที่ยวทั้งตำบลบ่อหิน

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาเรื่องแนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าไว้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง
2. เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method) ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามและสัมภาษณ์ใช้วิธีการจดบันทึกและการบันทึกเสียงของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ดังนั้นกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณของ [4] Taro Yamane (1967 อ้างถึงใน ศิริพงศ์ พฤทธิพันธ์, 2553)

$$n = -\frac{N}{1+N(e)^2} \qquad (1)$$

จากการคำนวณตามสูตรกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับจำนวน 99.97 คน ผู้วิจัยจึงจัดเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีทดลอง Try out 30 ชุดก่อนเก็บจริงจำนวน 100 ชุด โดยสุ่มเก็บข้อมูลจากนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรังแบบสุ่มบังเอิญ

ผลการศึกษา

การศึกษาแนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลการวิจัยเชิงปริมาณรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากนักท่องเที่ยวจำนวน 100 ชุด โดยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยวเพศหญิง มีช่วงอายุระหว่าง 20-35 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรี มีรายได้ต่อเดือน 15,001-30,000 บาท ภูมิลำเนาที่อาศัยอยู่จังหวัดตรัง จำนวนครั้งในการเดินทางส่วนใหญ่ครั้งแรก วัตถุประสงค์ในการเดินทางเพื่อพักผ่อน / ท่องเที่ยว ลักษณะการเดินทางมากับเพื่อน / คู่รัก พาหนะที่ใช้ในการเดินทางโดยรถยนต์ส่วนตัว ในการเดินทางมาท่องเที่ยวเพื่อพักแรมจะกลับมาท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน

ส่วนที่ 2 ศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

ผู้วิจัยได้แบ่งประเด็นการประเมินศักยภาพของการท่องเที่ยวในตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ออกเป็น 6 ประเด็นได้แก่ คุณค่าของแหล่งท่องเที่ยว ความสะดวกในการเข้าถึง สิ่งอำนวยความสะดวก สภาพแวดล้อม ข้อจำกัดในการรองรับนักท่องเที่ยว และความมีชื่อเสียงในปัจจุบัน สามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ ดังนี้

2.1 คุณค่าของแหล่งท่องเที่ยว

ตารางที่ 2 แสดงศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ด้านคุณค่าของแหล่งท่องเที่ยว

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ระดับความคิดเห็น
- ตำบลบ่อหินมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น	4.52	มากที่สุด
- ความสวยงามของแหล่งท่องเที่ยวในตำบลบ่อหิน	4.51	มากที่สุด
- กิจกรรมท่องเที่ยวมีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่	4.52	มากที่สุด
รวม	**4.06**	**มาก**

เมื่อพิจารณาประเด็นย่อยพบว่า นักท่องเที่ยวมีความคิดเห็นด้านความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น และกิจกรรมท่องเที่ยวมีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ทั้ง 2 ประเด็นมีระดับความคิดเห็นเท่ากันคือ 4.52 และอยู่ในระดับมากที่สุดและความสวยงามของแหล่งท่องเที่ยวในตำบลบ่อหินอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.51) ตามลำดับ

2.2 ความสะดวกในการเข้าถึง

ตารางที่ 3 แสดงศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ด้านความสะดวกในการเข้าถึง

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ระดับความคิดเห็น
- ความปลอดภัยในการเดินทางจากภายนอกเข้าสู่แหล่งท่องเที่ยว	3.8	มาก
- มีบริการรถโดยสารเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวและเพียงพอต่อความต้องการ	2.48	น้อย
- มีการเชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวอื่น	3.41	ปานกลาง
รวม	**3.27**	**ปานกลาง**

เมื่อพิจารณาประเด็นย่อยพบว่า นักท่องเที่ยวมีความคิดเห็นด้านความปลอดภัยในการเดินทางจากภายนอกเข้าสู่แหล่งท่องเที่ยวอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.8) การเชื่อมโยงกับแหล่งท่องเที่ยวอื่นอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.41) และมีบริการรถโดยสารเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวและเพียงพอต่อความต้องการอยู่ในระดับน้อย ($\bar{x}$ = 2.48) ตามลำดับ

2.3 สิ่งอำนวยความสะดวก

ตารางที่ 4 แสดงศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ระดับความคิดเห็น
- มีร้านอาหารหลากหลายและเพียงพอต่อความต้องการ	2.48	น้อย
- ปราชญ์ชาวบ้านมีการให้ข้อมูลที่เข้าใจง่าย	3.26	ปานกลาง
- มีสถานที่ปฏิบัติทางศาสนา เช่น ห้องละหมาด	3.36	ปานกลาง
รวม	**2.99**	**ปานกลาง**

เมื่อพิจารณาประเด็นย่อยพบว่า นักท่องเที่ยวมีความคิดเห็นด้านมีสถานที่ปฏิบัติทางศาสนา เช่น ห้องละหมาดอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.36) รองลงมาคือ ปราชญ์ชาวบ้านมีการให้ข้อมูลที่เข้าใจง่ายอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.26) มีร้านอาหารหลากหลายเพียงพอต่อความต้องการอยู่ในระดับน้อย ($\bar{x}$ = 2.48) ตามลำดับ

2.4 สภาพแวดล้อม

ตารางที่ 5 แสดงศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ด้านสภาพแวดล้อม

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
- ตำบลบ่อหินมีทรัพยากรแหล่งท่องเที่ยวที่หลากหลาย	3.63	มาก
- ความสะอาดของแหล่งท่องเที่ยวในตำบลบ่อหิน	3.66	มาก
- แหล่งท่องเที่ยวมีทัศนียภาพโดยรอบที่สวยงาม	3.68	มาก
รวม	**3.64**	**มาก**

เมื่อพิจารณาประเด็นย่อยพบว่า นักท่องเที่ยวมีความคิดเห็นด้านแหล่งท่องเที่ยวมีทัศนียภาพโดยรอบที่สวยงามอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.68) รองลงมาคือความสะอาดของแหล่งท่องเที่ยวในตำบลบ่อหินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.66) และตำบลบ่อหินมีทรัพยากรแหล่งท่องเที่ยวที่หลากหลายอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.63) ตามลำดับ

2.5 ข้อจำกัดในการรองรับนักท่องเที่ยว

ตารางที่ 6 แสดงศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ด้านข้อจำกัดในการรองรับนักท่องเที่ยว

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
- มีสาธารณูปโภค เช่น น้ำ ไฟฟ้า ทั่วถึงทั้งตำบลบ่อหิน	3.86	มาก
- มีสถานที่นั่งพักตามแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ บริการ	2.35	น้อย
- ตำบลบ่อหินสามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้จำนวนมาก	3.24	ปานกลาง
รวม	**3.31**	**ปานกลาง**

เมื่อพิจารณาประเด็นย่อยพบว่า นักท่องเที่ยวมีความคิดเห็นด้านมีสาธารณูปโภค เช่น น้ำ ไฟฟ้า ทั่วถึงทั้งตำบลบ่อหินอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.86) รองลงมาตำบลบ่อหินสามารถรองรับนักท่องเที่ยวได้จำนวนมากอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.24) และมีสถานที่นั่งพักตามแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ บริการอยู่ในระดับน้อย ($\bar{X}$ = 2.35) ตามลำดับ

2.6 ความมีชื่อเสียงในปัจจุบัน

ตารางที่ 7 แสดงศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ด้านข้อจำกัดในการรองรับนักท่องเที่ยว

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความคิดเห็น
- แหล่งท่องเที่ยวของตำบลบ่อหินเป็นที่รู้จัก	3.22	ปานกลาง
- การโปรโมทของบ่อหินหินฟาร์มสเตย์ในสื่อต่าง ๆ เช่น Facebook Youtube เว็บไซต์ เป็นต้น	2.8	ปานกลาง
- จักรสานเตยปาหนันและปลาเค็มกางมุ้งเป็นสินค้าโอท็อปขึ้นชื่อของตำบลบ่อหิน	3.1	ปานกลาง
รวม	**3.04**	**ปานกลาง**

เมื่อพิจารณาประเด็นย่อยพบว่า นักท่องเที่ยวมีความคิดเห็นด้านแหล่งท่องเที่ยวของตำบลบ่อหินเป็นที่รู้จักอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.22) รองลงมาคือจักรสานเตยปาหนันและปลาเค็มกางมุ้งเป็นสินค้าโอท็อปขึ้นชื่อของตำบลบ่อหินอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.1) และการโปรโมทของบ่อหินฟาร์มสเตย์ในสื่อต่าง ๆ เช่น Facebook Youtube เว็บไซต์ เป็นต้น อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.8) ตามลำดับ

3. ข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 8 ข้อเสนอแนะของนักท่องเที่ยว

ข้อเสนอแนะ	ค่าความถี่
- จัดทำช่องทางการโปรโมทประชาสัมพันธ์ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมและสถานที่ท่องเที่ยวภายในตำบลบ่อหินผ่านทางเว็บไซต์	3
- มีการรักษาสภาพแวดล้อม ระบบนิเวศให้คงอยู่	1

การศึกษาแนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์จากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องใน

พื้นที่แหล่งท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง แสดงผลการศึกษาดังนี้

1. มาตรฐานด้านแหล่งหรือกิจกรรมท่องเที่ยว

องค์การบริหารส่วนตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง กล่าวว่า มีการเพิ่มห้องน้ำและจุดแวะพักระหว่างทางและในแหล่งท่องเที่ยวที่อยู่ในความรับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลบ่อหิน ซึ่งพื้นที่ที่กำลังดำเนินการอยู่คือ เขาเจ็ดยอด มีการสร้างห้องน้ำ สถานที่นั่งพักต่าง ๆ และมีการกำลังพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์อีกแห่งหนึ่ง อีกทั้งในประเด็นของป้ายบอกทางในชุมชนและป้ายสื่อความปัญหาในการเดินทางเข้ามายังแหล่งท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน ภายในปีหน้ามีการจัดตั้งงบประมาณในส่วนนี้จะนำไปพัฒนาปรับปรุงป้ายบอกทางและสร้างป้ายสื่อความบอกข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว เช่น จัดทำประวัติความเป็นมาของหาดคลองสน

2. มาตรฐานด้านการบริการการท่องเที่ยว

ผู้ประกอบการบ่อหินฟาร์มสเตย์ได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการให้บริการเป็นแบบ New Normal ซึ่งมีมาตรการป้องกันไวรัส Covid-19 มีบริการเจลแอลกอฮอล์ล้างมือ ในด้านที่พักมีการปรับเป็น 1 เตียงต่อ 1 คน ทำความสะอาดทุกจุดจะมีการฆ่าเชื้อทั้งก่อนและหลังใช้บริการ ในด้านอาหารถ้าเป็นลูกค้าแบบประชุมสัมมนาจะจัดอาหารเป็นเซ็ตต่อคน แต่ถ้ามาแบบครอบครัวจะทานแบบเซ็ตโต๊ะมีช้อนกลาง ในด้านของเจ้าหน้าที่ให้บริการจะต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลาที่ปฏิบัติหน้าที่ ร่วมกับทางตำบลบ่อหินได้สร้างแนวทางความปลอดภัยทางสุขอนามัยของนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามายังตำบลบ่อหิน จะต้องสวมหน้ากากอนามัยทุกคน มีการตรวจวัดอุณหภูมิในบางแหล่งท่องเที่ยว และมีบริการเจลแอลกอฮอล์ล้างมือตามจุดต่าง

องค์การบริหารส่วนตำบล มีแนวคิดที่จะเพิ่มเส้นทางการท่องเที่ยวและกิจกรรมการท่องเที่ยว เช่น มีบริการจักรยานสำหรับกิจกรรมปั่นจักรยาน เนื่องจากมีการปรับปรุงจัดทำถนน และเส้นทางเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวเสร็จเรียบร้อยแล้ว และแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้ในด้านของการท่องเที่ยวเพื่ออำนวยความสะดวกสูงสุด เช่น ปักหมุดแหล่งท่องเที่ยวตำบลบ่อหินในกูเกิลแมพเพื่อให้นักท่องเที่ยวสามารถเดินทางท่องเที่ยวได้เองผ่านการดูแผนที่ และสร้างคิวอาร์โค้ดสำหรับสแกนเพื่อนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวแทนการใช้มัคคุเทศก์บรรยายตามแหล่งท่องเที่ยว

3. มาตรฐานด้านการตลาดการท่องเที่ยว

แหล่งท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานททท. หน่วยงานมหาวิทยาลัยและสื่อโทรทัศน์เข้ามาถ่ายทำวิดีและรายการนำเที่ยวให้กับตำบลบ่อหินอยู่เสมออีกทั้งผู้ประกอบการ ได้แก่ บ่อหินฟาร์มสเตย์ กลุ่มแปรรูปอาหารทะเลปลาเค็มกางมุ้ง และกลุ่มจักรสานเตยปาหนันเองจะคอยอำนวยความสะดวกในเรื่องของการเป็นผู้ให้ข้อมูลแก่หน่วยงานสื่อต่าง ๆ ที่เข้ามาทำการตลาด และองค์การบริหารส่วนตำบลบ่อหินเองมีการจัดทำแผ่นพับ และเว็บไซต์ในการประชาสัมพันธ์ตำบลบ่อหิน

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลจากการศึกษาแนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ครั้งนี้สามารถอภิปรายผลการศึกษาได้ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง จะเห็นได้ว่าตำบลบ่อหินมีศักยภาพในเรื่องของความเป็นเอกลักษณ์ที่ชาวบ้านนำเอาภูมิปัญญามาใช้ในการประกอบอาชีพหลัก ได้แก่ กลุ่มจักรสานเตยปาหนัน กลุ่มผ้าบาติก และกลุ่มแปรรูปอาหารทะเลปลาเค็มกางมุ้ง เป็นต้น อีกทั้งด้านพื้นที่ยังมีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สวยงาม อุดมสมบูรณ์และสะอาด โดยบ่อหินฟาร์มสเตย์เน้นการท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์ มีกิจกรรมการท่องเที่ยวที่หลากหลายและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ มีความปลอดภัยและนักท่องเที่ยวเข้ามามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกับชาวบ้าน ได้แก่ ล่องเรือชมเกาะต่าง ๆ ศึกษาป่าชายเลน บ่อน้ำพุร้อน ปลูกหญ้าทะเลเพื่ออนุรักษ์อาหารปลาพะยูน และเรียนรู้ภูมิปัญญาและวิถีชีวิตชาวบ้านตำบลบ่อหิน โดยจะมีปราชญ์ชาวบ้านที่ให้ข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวและศูนย์การเรียนรู้ที่เข้าใจง่าย ซึ่งเส้นทางถนนที่เข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวมีความสะดวกสบาย มีถนนลาดยางทั่วทั้งตำบล สามารถใช้เส้นทางถนนได้ตลอดทั้งปี ในส่วนของบ่อหินฟาร์มสเตย์มีที่จอดรถเพียงพอต่อความต้องการของ

นักท่องเที่ยว และที่พักที่ได้มาตรฐานโฮมสเตย์ระดับอาเซียน ซึ่งสอดคล้องกับ [5] ศิรินันทน์ พงษ์นิรันดร โอชัญญา บัวธรรม และชัชชญา ยอดสุวรรณ (บทคัดย่อ : 2559) การศึกษาเรื่องแนวทางในการพัฒนาศักยภาพการจัดการท่องเที่ยวอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมางานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดึงดูดใจให้นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวในพื้นที่ วิเคราะห์ศักยภาพในการพัฒนางานด้านการท่องเที่ยว และเสนอแนวทางการจัดการท่องเที่ยวของอำเภอวังน้ำเขียวจังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัย พบว่า สิ่งดึงดูดใจด้านทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งอำนวยความสะดวกที่มีให้บริการอย่างเพียงพอและการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวได้อย่างรวดเร็วและสะดวก เป็นปัจจัยที่ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวในพื้นที่ แนวทางในการจัดการท่องเที่ยวแบบมีส่วนร่วมทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ ด้านทรัพยากรท่องเที่ยวควรออกระเบียบข้อบังคับเพื่อเน้นการอนุรักษ์ทรัพยากร ท่องเที่ยว ด้านการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว ควรจัดระบบคมนาคมและการสัญจรให้ชัดเจน พร้อมกับทำป้ายบอกทางให้ถูกต้องและติดตั้งเป็นระยะ ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ควรจัดให้มีการบริการที่ครอบคลุมและทั่วถึง ด้านความปลอดภัยควรจัดระบบรักษาความปลอดภัยในแต่ละแหล่งท่องเที่ยว ด้านความสามารถในการรองรับของพื้นที่ควรทำการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับของแหล่งท่องเที่ยวแต่ละแห่งเพื่อให้ง่ายต่อการบริหารจัดการ และด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนควรให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการแหล่งท่องเที่ยวโดยการจัดตั้ง เป็นคณะกรรมการดำเนินการวางแผน การกำหนดแนวปฏิบัติการติดตามและประเมินผลการดำเนินการต่าง ๆ เกี่ยวกับการท่องเที่ยวในพื้นที่

2. เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ทางองค์การบริหารส่วนตำบลบ่อหิน มีแนวคิดที่จะพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์แห่งใหม่ มีการจัดทำเส้นทางถนนเพื่อในอนาคตจะจัดทำเส้นทางท่องเที่ยวและกิจกรรมการท่องเที่ยวใหม่ ๆ โดยมีการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้กับการท่องเที่ยวในตำบลบ่อหิน เช่น การปักหมุดเส้นทางในกูเกิลแมพ การจัดทำข้อมูลการท่องเที่ยวเพื่อนำเสนอผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ด อีกทั้งยังมีการจัดตั้งงบประมาณภายในปีหน้าเพื่อนำไปพัฒนาปรับปรุงป้ายบอกทางและสร้างป้ายสื่อความบอกข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว เพื่ออำนวยความสะดวก และในส่วนของผู้ประกอบการเองมีการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ปัจจุบัน โดยผู้ประกอบการบ่อหินฟาร์มสเตย์ มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการท่องเที่ยวเป็นแบบ New Normal มีมาตรการป้องกันไวรัส Covid-19 มีบริการเจลแอลกอฮอล์ล้างมือ มีการจัดการเว้นระยะห่างของนักท่องเที่ยว ฆ่าเชื้อทำความสะอาดในจุดต่าง ๆ และด้านอาหารถ้าเป็นลูกค้าแบบประชุมสัมมนาจะจัดอาหารแยกเป็นเซ็ตของแต่ละบุคคล เจ้าหน้าที่ให้บริการ เช่น คนเรือ แม่บ้าน จะต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลาที่ปฏิบัติหน้าที่ และทางตำบลบ่อหินได้สร้างแนวทางความปลอดภัยทางสุขอนามัยของนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามายังตำบลบ่อหิน จะต้องสวมหน้ากาอนามัยทุกคน มีการตรวจวัดอุณหภูมิในบางแหล่งท่องเที่ยว และมีบริการเจลแอลกอฮอล์ล้างมือตามจุดต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ [6] มธุรา สวนศรี (บทคัดย่อ : 2559) การศึกษาเรื่องแนวทางการพัฒนาและส่งเสริมการท่องเที่ยวเพื่อสะท้อนอัตลักษณ์ตลาดน้ำบางน้ำผึ้งจังหวัดสมุทรปราการครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรับรู้อัตลักษณ์ของนักท่องเที่ยวที่มีต่อชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง และเพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมการท่องเที่ยวเพื่อสะท้อนอัตลักษณ์ตลาดน้ำบางน้ำผึ้งจังหวัดสมุทรปราการ ผลการวิจัยพบว่า นักท่องเที่ยวมีการรับรู้อัตลักษณ์ที่มีต่อชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้งด้านวิถีชีวิต คือ มีอาชีพดั้งเดิมทำสวนเกษตรผสมผสาน ด้านวัฒนธรรมประเพณี คือการมีอัธยาศัยไมตรีและแสดงออกซึ่งไมตรีจิตต่อนักท่องเที่ยว และด้านการจัดการท่องเที่ยว คือการมีเส้นทางจักรยานชมวิถีชีวิตชุมชนเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลิน มีความปลอดภัยและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม สำหรับแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมการท่องเที่ยวเพื่อสะท้อนอัตลักษณ์ของชุมชนตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง คือการบริหารจัดการการท่องเที่ยวโดยการมีส่วนร่วมกับชุมชนในการกำหนดอัตลักษณ์ของชุมชนที่มีส่วนส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน โดยการพัฒนารูปแบบการ

ท่องเที่ยว เส้นทางกิจกรรม การปรับปรุงภูมิทัศน์ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการให้ข้อมูลการท่องเที่ยวควบคู่กับการให้ความรู้ด้านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เพื่อให้เกิดจิตสำนึกในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการรวบรวมภูมิปัญญาท้องถิ่นจัดตั้งเป็นศูนย์การเรียนรู้ชุมชน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยครั้งนี้

ผลการศึกษาแนวทางการส่งเสริมศักยภาพการท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรังในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะดังนี้

1.1 ควรมีการเพิ่มป้ายบอกทางไปยังศูนย์การเรียนรู้และแหล่งท่องเที่ยวในตำบล และจัดทำป้ายสื่อความในแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ

1.2 ควรนำเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้ในการท่องเที่ยวทั้งเส้นทางการเดินทางเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวและในแหล่งท่องเที่ยว

1.3 ตำบลบ่อหินควรมีการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวและสินค้าโอท็อปอย่างสม่ำเสมอเพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ศึกษาความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

2.2 แนวทางการพัฒนากิจกรรมการท่องเที่ยวอย่างสร้างสรรค์ของตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาและการอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ธารินทร์ มานีมาน อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษาในการทำวิจัยฉบับนี้ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณหัวหน้าสำนักงานปลัดองค์การบริหารส่วนตำบลบ่อหิน คุณวรุต อัตกลับ คุณสุดชา ฤทธิ์เดช ผู้นำกลุ่มอาชีพหลักอื่น ๆ และบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวตำบลบ่อหิน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการตอบแบบสอบถามและการสัมภาษณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2563). ผลการดำเนินงานครบรอบ 4 ปี, ข้อมูลจาก https://media.thaigov.go.th/uploads/public_img/source. (วันที่สืบค้นข้อมูล 3 กุมภาพันธ์2563).

[2] การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2561). Tourism Go Local ชุมชนเติบใหญ่ เมืองไทยเติบโต, ข้อมูลจาก https://www.tatreviewmagazine.com/article/tourism-go-local. (วันที่สืบค้นข้อมูล 3 กุมพาพันธ์ 2563).

[3] สำนักข่าว กรมประชาสัมพันธ์. (2563). การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) สำนักงานตรัง มุ่งประชาสัมพันธ์และส่งเสริมให้เกิดการเดินทางท่องเที่ยว, ข้อมูลจาก http://thainews.prd.go.th/th/news/print_news/TCATG. (วันที่สืบค้นข้อมูล 3 กุมพาพันธ์ 2563).

[4] ศิริพงศ์ พฤทธิพันธุ์. 2553. ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับธุรกิจ, สำนักพิมพ์ ฮาซันพริ้นติ้ง, กรุงเทพ.

[5] ศิรินันทน์ พงษ์นิรันดร โอชัญญา บัวธรรม และชัชชญา ยอดสุวรรณ. (2559). แนวทางในการพัฒนาศักยภาพการจัดการท่องเที่ยว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา, วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ข้อมูลจาก https://www.tci-thaijo.org. (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มกราคม 2563).

[6] มธุรา สวนศรี. (2559). แนวทางการพัฒนาและส่งเสริมการท่องเที่ยวเพื่อสะท้อนอัตลักษณ์ตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง จังหวัดสมุทรปราการ, ข้อมูลจาก http://www.kmutt.ac.th. (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 มกราคม 2563).