

สักทอง

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)

Vol.7 No.2 July-December 2020

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2563

ISSN 2408-0837 (Print) ISSN 2651-1576 (Online)

SCIENCE
AND
TECHNOLOGY JOURNAL



สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



สัทธิทธิ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)
The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)
ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2563 Vol.7 No.2 July-December 2020
ISSN 2408-0837 (Print) ISSN 2651-1576 (Online)

วัตถุประสงค์	เพื่อตีพิมพ์ผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การอาหาร เทคโนโลยีการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี สาธารณสุข เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมศึกษา เผยแพร่แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป	
ขอบเขต	จัดพิมพ์เสนอผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ	
เจ้าของที่ปรึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ วงษ์บุญมาก รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง เขาวงกิตพิงศ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ระมัด โชชัย	อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
บรรณาธิการ	ดร.สุภาพร พงศ์ภิญโญโอบาส	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑา หมี่ไพรพฤกษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัทธิษา ตันติสันติสม	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
กองบรรณาธิการ	Professor Dr.Shong Huang ศาสตราจารย์ ดร.เกษม จันท์แก้ว ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญา ศาสตราจารย์ ดร.พานิช วุฒิพฤกษ์	National Taiwan Normal University มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนศักดิ์ บ้ายเที่ยง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ดำรง วังศ์สว่าง	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร ไชยยะ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาศ พุ่มพิมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชัย กลิ่นหอม	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญดาว แจ่มแจ่ม	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุทธิ์ พิพรรณจินดา	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์แดนชัย เครื่องเงิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณูญ บุลย์ประมุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรวิระ สิงห์คง	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
อาจารย์วันวิสา รักพ่วง	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ฝ่ายจัดการ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุณี บุญพิทักษ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจักษ์ ก๊กก้อน
 อาจารย์ประภัสสรฯ ห่อทอง
 นายทวิช ปิ่นวิเศษ
 นางสาวนิสาชล จันทะระ

ผู้จัดทำและเผยแพร่	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
กำหนดออก	ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม-ธันวาคม
สำนักงาน	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 โทรศัพท์ 0-5572-1879 ต่อ 1760 http://research.kpru.ac.th/journal_science/

บทความที่ตีพิมพ์ทุกบทความผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิและบทความหรือข้อคิดเห็นใดๆ
 ที่ปรากฏในวารสารเป็นวรรณกรรมของผู้เขียนโดยเฉพาะ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรและ
 บรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย

บรรณาธิการแถลง

วารสาร สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม- ธันวาคม 2563 ประกอบด้วย บทความวิจัยเกี่ยวกับ 1) ชีวมวลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า 2) โรงอบแห้งอัจฉริยะร่วมกับระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยี 3) การดำเนินงานในลานคอนเทนเนอร์ 4) ระบบการกรองก๊าซชีวภาพเพื่อลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 5) ระบบสารสนเทศออนไลน์ และแบบจำลองสามมิติแหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธ 6) การปฏิบัติงานของอาสาสมัครสาธารณสุข 7) การพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิของบุคลากรสาธารณสุข 8) ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) กับปริมาณสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชพาราไอซอลเอทิล 9) พฤติกรรมของผู้สูงอายุ 10) การตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต

กองบรรณาธิการวารสาร สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลงานทางวิชาการของอาจารย์และนักศึกษาได้เป็นอย่างดี และคาดหวังว่าสาระของบทความในวารสารฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อการพัฒนาศาสตร์ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อประยุกต์ใช้ในการเสริมสร้างการพัฒนาที่ยั่งยืนให้กับบุคคล ชุมชน สังคม และประเทศชาติต่อไป

บรรณาธิการ

สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวส.)

The Golden Teak : Science and Technology Journal (GTSJ.)

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2563 Vol.7 No.2 July-December 2020

ISSN 2408-0837 (Print) ISSN 2651-1576 (Online)

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
○ บรรณาธิการแถลง.....	ก
○ บทความวิจัย	
การศึกษาศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ธัญญพัทธ์ ทิพย์ศุภวงค์, วชิระ วงศ์ปัญญา, บุญวัฒน์ วิจารณ์พล และเกษณีย์ อิน้อย The Study of Biomass Potential in Electricity Generation in Mae Moh District, Lampang Province Thanyapat Thipsupawong, Watchara Wongpanyo, Bunyawat Vichanpol and Kesane Inai.....	1
การพัฒนาโรงอบแห้งอัจฉริยะร่วมกับระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยีเพื่อการจัดการ การแปรรูปกล้วยของกลุ่มกล้วยอบราชสาส์น อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา ณัฐวิทย์ ทองมงคล และวชิระ วงศ์ปัญญา Development of Intelligent Drying Plant with Smart Grid Technology for Banana Processing Management of Drying Bananas Ratchasan Group, Ratchasan District, Chachoengsao Nattawit Tongmongkon and Watchara Wongpanyo.....	13
การปรับปรุงการดำเนินงานในลานคอนเทนเนอร์ของผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สาม นันทพงษ์ นันทสำเร้ง และสุกัญญา ประมาปัด Operations Improvement in Container Yard of the 3 rd Party Logistics Service Provider Natthapong Nanthasamroeng and Sukanya Puramapad.....	31
การเปรียบเทียบระบบการกรองก๊าซชีวภาพด้วย ฝอยเหล็ก สารละลายต่าง และถ่านกัมมันต์ เพื่อลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ นัตยา เจริญสุข และเดชา โฉมงามดี The comparatives of biogas filter system using namely steel capillary, alkaline solution and charcoal for remove hydrogen sulfide Nartaya Chareonsuk and Decha Chomngamdee.....	43

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

การพัฒนาาระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธ กรณีศึกษา กลุ่มวัดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พรหมเมศ วีระพันธ์, ฆัมภิกา ดันตสันติสม และจินดาพร อ่อนเกตุ The development of online system and 3D models for Buddhist tourist attractions : Case study temples in Muang District, Kamphaeng phet Phrommate Weraphan, Khumphicha Tantisantisom and Jindaporn Ongate.....	57
แรงจูงใจที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำ หมู่บ้านเขตอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส นอร์ไอนี ยูโซ๊ะ และอมรศักดิ์ โพธิ์อ่ำ Motivation Factor Effecting to Practices Based on Roles Performance Among Village Health Volunteers in Takbai District, Narathiwas Province Norinee Yusoh and Amornsak Poum.....	71
แรงจูงใจที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิของบุคลากรสาธารณสุข จังหวัดนราธิวาส นุรมา สมการณ์ และอมรศักดิ์ โพธิ์อ่ำ Motivation Factor Effecting to Participation in Primary Care Unit Development Among Health Personnel in Narathiwas Province Nurma Soomkan and Amornsak Poum.....	85
การตรวจประเมินความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) กับปริมาณสารเคมีกำจัดแมลง และศัตรูพืชพาราโอซอลเอทิลที่ตกค้างในผลผลิตการเกษตรโดยใช้ แอนไชม์อะซิติลโคลลีนเอสเทอเรส พิมพ์พิมล ตันต์เจริญรัตน์, หยาดนภา ผาเจริญ, เบญญา เขิดหิรัญกร, ชिरาวุฒิ เพชรเย็น และ สุรเชษฐ์ ตุ่มมี Assessing the Relationship between Color Values (L^* , a^* and b^*) and Paraoxon-Ethyl Pesticide Residue in Agricultural Products with Acetylcholinesterase Pimpimon Tunjaroenrat, Yardnapar Parchaoen, Benya Cherdhirunkorn, Chiravoot Pechyen and Surachet Toomree.....	101

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผู้สูงอายุในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ รัตนกาญจน์ เจริญศรีรุ่งเรือง และธัญช กนกเทศ Factors Associated with Active Aging Among Elderly People in Krokphra District, Nakhonsawan Province Rattanağarn Charoensrirungrueng and Thanach Kanokthet.....	121
การตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้างในผักโดยใช้ เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรสสำหรับการประยุกต์เป็นเซนเซอร์ทางการเกษตร สุพัตรา รสชุ่ม, เบญญา เขิดหิรัญกร, ชिरาวุฒิ เพชรเย็น และสุรเชษฐ์ ตุ่มมี Determination of Carbamates Pesticide Residue in Vegetables by Acetylcholinesterase for Application Sensors Supattra Rotchum, Benya Cherdhirunkorn, Chiravoot Pechyen and Surachet Toommee.....	133

- คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความ.....
- แบบฟอร์มการส่งบทความ.....
- แบบฟอร์มค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์เผยแพร่.....
- จริยธรรมในการตีพิมพ์ในวารสาร (Publication Ethics).....
- ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.....



การศึกษาศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
The Study of Biomass Potential in Electricity Generation in Mae Moh District,

Lampang Province

ธัญญพัทธ์ ทิพย์ศุภวงค์*

Thanyapat Thipsupawong

วัชระ วงศ์ปัญญา*

Watchara Wongpanyo

บุญวัฒน์ วิจารณ์พล*

Bunyawat Vichanpol

เกษณีย์ อินอ้าย**

Kesanee Inai

Received : December 23, 2019

Revised : March 11, 2020

Accepted : May 14, 2020

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงการศึกษาข้อมูลศักยภาพเชิงพื้นที่ของชีวมวลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง แล้วนำไปวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวล ประกอบด้วยพลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ ศักยภาพพลังงานไฟฟ้า และขนาดของโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งข้อมูลชีวมวลที่นำมาศึกษาได้จากวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มเกษตรกรจากพืชหลักที่มีศักยภาพทางชีวมวล มีอยู่ 7 ประเภท ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง มะม่วง ลำไย และลิ้นจี่ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ ของอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีศักยภาพในการนำชีวมวลใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยศักยภาพเชิงพื้นที่ของอำเภอแม่เมาะ ผลการประเมินศักยภาพพลังงาน จากวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มเกษตรกรจากพืชหลักที่มีศักยภาพชีวมวล พบว่า อำเภอแม่เมาะ มีปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ประมาณ 54 พันตัน คิดเทียบเท่าน้ำมันดิบ ประมาณ 12.92 ktoe (kilo tons of oil equivalents) ถ้านำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรดังกล่าว ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ภายในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า ที่มีกำลังงานการใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 30.23 GWh หรือ

*อาจารย์ประจำสาขาพลังงานทดแทน คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

Lecturer in Alternative Energy Faculty of Energy and Environment Phayao University

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาการวัดและประเมินผล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

Lecturer in Measurement and Evaluation Department, Faculty of Education, Lampang Rajabhat

เทียบเท่ากับโรงไฟฟ้า ที่มีอัตราการผลิตไฟฟ้า อย่างน้อย 3.82 MW จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีศักยภาพในด้านการใช้พลังงาน จากเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ คิดเป็นร้อยละ 0.1 ของศักยภาพพลังงานในระดับประเทศที่มีอยู่ประมาณ 3,943.72 MW ตามระบบรายงาน ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

คำสำคัญ : ชีวมวล / พลังงานไฟฟ้า / พลังงานทดแทน

ABSTRACT

This paper presents a study of the potential of biomass for electricity generation in Mae Moh District, Lampang Province. Then analyze the potential of biomass energy that consists of unused energy, tons of oil equivalents, electricity potential and the size of the biomass power plant. The biomass data that can be studied from waste materials from farmers' groups from primary plants. There are 7 types of biomass potential which are rice, corn, sugarcane, cassava, mango, longan and lychee. The study indicated that most area has the potential to use biomass to generate electricity that has approximately 54 thousand tons of agricultural waste or 12.92 ktoe (kilo tons of oil equivalents). If those agricultural waste is used as fuel for electricity generation in Mae Moh district area will be able to generate electricity which has a utilization power around 30.23 GWh or equivalent to a power plant with a power generation rate at 3.82 MW. In conclusion, Mae Moh District, Lampang Province has the potential to use energy from agricultural waste. It is representing 0.1 percent of the national energy potential of approximately 3,943.72 MW as report of biomass potential in Thailand of the Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE).

Keywords : Biomass / Electrical Energy / Renewable Energy

บทนำ

ประเทศไทยมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ประมาณปีละ 1,200 เมกะวัตต์ ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ในขณะที่ทรัพยากรในประเทศ มีจำกัดและขาดแคลน จึงต้องมีการนำเข้าน้ำมัน ก๊าซ และถ่านหิน ที่ผ่านมาในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงาน คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,098,763 ล้านบาท (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2561) ปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อสนับสนุนความต้องการของประเทศ เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินลิกไนต์ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงปีละประมาณ 16 ล้านตัน (พงษ์ดิษฐ, 2561) เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ แต่มีปัญหาเรื่องมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ในโรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์จะก่อให้เกิด ฝุ่นควัน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจน และ

ปัญหาผลภาวะจากการสะสมตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในชั้นบรรยากาศช่วงอากาศปิดส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ของชาวบ้านที่อาศัยอยู่รอบๆ โรงไฟฟ้า ตลอดจนทำให้เกิดความเสียหายต่อพืชและสัตว์เลี้ยง สาเหตุเนื่องจากสภาพอากาศที่แปรเปลี่ยนไปจากเดิม รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น ที่ได้กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิงตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 หรือ AEDP2015 (กระทรวงพลังงาน, 2558) ให้มีสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนในภาพรวมของทั้งประเทศ ที่ร้อยละ 20 ของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้ารวมสุทธิ จากเดิมที่มีสถานภาพและเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนแต่ละประเภทเชื้อเพลิง เมื่อสิ้นปี 2557 คือ ขยะชุมชน ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย) พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมเป็น 4,494.03 เมกะวัตต์หรือ ร้อยละ 9.87 จากความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ โดยที่ ซึ่งสอดคล้องตามกรอบการกำหนดสัดส่วนเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 หรือ PDP2015 (กระทรวงพลังงาน, 2558) ที่ระบุว่าจะให้มีส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอยู่ในช่วงร้อยละ 15-20 ภายในปี 2579 จากเดิมที่มีปริมาณพลังงานชีวมวลในปี พ.ศ. 2555 เท่ากับ 1,959.95 เมกะวัตต์ พ.ศ. 2556 เมกะวัตต์ เท่ากับ 2,320.78 และ พ.ศ. 2557 เท่ากับ 2,451.82 เมกะวัตต์ ให้ไปเป็น 5,570 เมกะวัตต์ ในปี พ.ศ.2579 (กระทรวงพลังงาน, 2558) เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ศึกษารูปแบบการยอมรับและใช้งานสมรรถกฤตเทคโนโลยีของผู้บริโภคในประเทศไทยที่จะต้องมีพลังงานทดแทนเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในด้านประโยชน์การใช้งาน คุณค่าการใช้งาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่มีอิทธิพลรวม ที่แสดงให้เห็นว่ามี การยอมรับของผู้บริโภคในการใช้พลังงานในอนาคต (ชนพล และคนอื่นๆ, 2560) นอกจากนี้ประเทศไทยยังได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาพลังงานทดแทนจากชีวมวล เนื่องจากพลังงานจากชีวมวลนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบต่างๆ ของไทย ไม่ว่าจะเป็นทางด้านวัตถุดิบซึ่งประเทศไทยมีชีวมวลจากเกษตรกรรมจำนวนมาก นอกจากนี้ประเทศไทยยังพึ่งพิงการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศในระดับสูงและการพัฒนาพลังงานทดแทนจากชีวมวลจะเป็นการกระตุ้นให้เกิดการสร้างงานและรายได้ให้กับคนในภาคเกษตรกรรมและพัฒนาความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ และมุ่งหวังให้การพัฒนาโครงการชีวมวลจะสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็งและการมีส่วนร่วมของชุมชนได้อีกด้วย ซึ่งปัจจุบันนโยบายของภาครัฐที่ชัดเจนและมีการส่งเสริมและสนับสนุนพลังงานหมุนเวียนอย่างจริงจังและเป็นประเทศแรกๆของเอเชียที่มีนโยบายส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนได้แก่มาตรการแก้ไขหรือปรับปรุงระเบียบให้สอดคล้องกับพลังงานหมุนเวียน รวมถึงการกำหนดระเบียบเฉพาะสำหรับพลังงานหมุนเวียน เพื่อให้มีความชัดเจนและเป็นไปตามมาตรฐานสากลเรื่อยๆ และมาตรการสนับสนุนทางการเงินเพื่อส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนมากขึ้น โดยลักษณะของมาตรการจูงใจจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมเอื้อต่อการพัฒนาและเป็นธรรมต่อประชาชนทุกภาคส่วน แนวทางและมาตรการส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศไทยด้านการส่งเสริมชีวมวลของประเทศไทย เช่น มาตรการส่วนเพิ่มราคาซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Adder Cost) ที่เป็นการให้เงินสนับสนุนการผลิตต่อหน่วยการผลิตเป็นการกำหนดราคาซื้อในอัตราพิเศษหรือเฉพาะสำหรับไฟฟ้าที่มาจากพลังงานหมุนเวียน โครงการเงินหมุนเวียนเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ที่กำหนดให้สถาบันการเงินนำเงินที่ พพ.จัดสรรให้ไป

เป็นเงินกู้ผ่านต่อให้โรงงาน/อาคารควบคุมหรือโรงงาน/อาคารทั่วไปตลอดจนบริษัทจัดการพลังงาน (ESCO) นำไปลงทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) โดยการผลิตพลังงานทดแทนประเภทชีวมวลเพื่อการผลิตไฟฟ้าจึงเป็นแนวทางที่มีความเหมาะสม ยั่งยืน และสามารถช่วยลดผลกระทบต่างๆ อันเกิดจากการเผาไหม้ได้ อีกทั้งยังสามารถตอบโจทย์ต่อนโยบายการผลิตพลังงานทดแทนของประเทศได้อีกด้วย ซึ่งประเทศไทยมีพื้นฐานเป็นประเทศเกษตรกรรม มีเศษวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น แกลบ ชานอ้อย ทะลายปาล์ม ส่วนเหลือมันสำปะหลัง ฯลฯ การประเมินศักยภาพของชีวมวลเหลือทิ้งจากการเกษตร ทำให้ทราบถึงศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของพื้นที่ เพื่อช่วยในการวางแผนและการจัดการแนวทางการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศต่อไป ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาศักยภาพของแหล่งพลังงานชีวมวล จากวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มเกษตรกร ในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เพื่อสร้างการยอมรับ ลดการต่อต้านจากชุมชนการพัฒนาชุมชนรอบโรงไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น หลักสำคัญคือจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมภายในชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัยจากปัญหามลพิษ รวมถึงลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สู่ชั้นบรรยากาศ บทความนี้จะนำเสนอแหล่งพลังงานพลังงานชีวมวล จากวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มเกษตรกรจากพืชเศรษฐกิจ 7 ประเภท ในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง มะม่วง ลำไย และลิ้นจี่ พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวล โดยให้ความสำคัญกับปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยคือ พื้นที่เพาะปลูก และขอบเขตพื้นที่ที่มีศักยภาพในการใช้ชีวมวลเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกสามารถนำไปใช้การคำนวณหาปริมาณผลผลิตทางการเกษตรที่ผลิตได้ ปริมาณชีวมวลแต่ละชนิดที่เกิดขึ้น และศักยภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของชีวมวล

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานของงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาข้อมูลชีวมวลของอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เพื่อทำการประเมินศักยภาพชีวมวลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลและเอกสารด้านการเกษตรกรรมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง สำนักงานเกษตรอำเภอแม่เมาะ พลังงานชีวมวลจากฐานข้อมูลงานวิจัย เป็นต้น
- 2) วิเคราะห์ศักยภาพพลังงานชีวมวล ประกอบด้วย พลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ พลังงานเทียบเท่า น้ำมันดิบ ศักยภาพพลังงานไฟฟ้า และขนาดของโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์ขนาดของโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า
- 3) การประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลของอำเภอแม่เมาะ มีขั้นตอนการดำเนินการและข้อมูลที่ใช้ในการประเมิน ประกอบด้วย
 - 3.1) รวบรวม ศึกษาพฤติกรรมการปลูก การเก็บเกี่ยวพืชที่เกิดชีวมวลภายหลังการเก็บเกี่ยว พร้อมทั้งจำนวนพื้นที่ปลูก (ไร่/ปี) อัตราผลผลิต (ตัน/ไร่) และปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี) ในแต่ละอำเภอ/แม่เมาะ
 - 3.2) รวบรวม ศึกษาข้อมูลสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิต ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง มะม่วง ลำไย และลิ้นจี่

3.3) การประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลแต่ละชนิดในอำเภอแม่เมาะ ทุกจังหวัดทั่วประเทศ
 ดังสมการ (3) และ (4) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556)

$$\text{ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี)} = \text{ปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี)} \times \text{สัดส่วนชีวมวลต่อปริมาณผลผลิต (ตันชีวมวล/ตันผลผลิต)} \quad (3)$$

$$\text{ปริมาณชีวมวลที่เกิด (ตัน/ปี)} = \text{ปริมาณพื้นที่โค่น (ไร่/ปี)} \times \text{สัดส่วนชีวมวลต่อพื้นที่โค่น (ตันชีวมวล/ไร่)} \quad (4)$$

ผลการวิจัย

จากการศึกษา และรวบรวมข้อมูลของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พบว่าพืชหลักที่มีศักยภาพทางชีวมวล ประกอบด้วย ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง มะม่วง ลำไย และ ถั่วลิสง โดยแบ่งข้อมูลการศึกษาวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

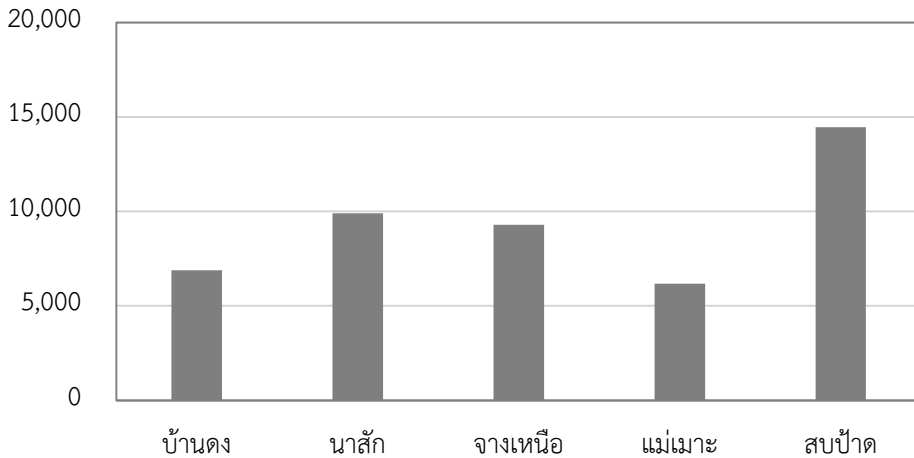
1. ข้อมูลพื้นฐานอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีพื้นที่ทั้งหมด 860.80 ตารางกิโลเมตร มี 5 ตำบล 45 หมู่บ้าน จำนวนประชากร 39,987 คน มีจำนวนครัวเรือนที่อาศัยอยู่จริง จำนวน 11,695 ครัวเรือน แยกเป็น ประชากรชาย จำนวน 15,139 คน และจำนวนประชากรหญิง จำนวน 15,272 คน (สำนักงานพัฒนาชุมชน อำเภอแม่เมาะ, 2561) ประชาชน ส่วนใหญ่ ประกอบอาชีพหลัก ทำการเกษตร และพนักงานรัฐวิสาหกิจ (กฟผ.) อาชีพเสริม ค้าขาย รับจ้าง และข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูกของอำเภอแม่เมาะ (สำนักงานเกษตรอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง, 2561) จากข้อมูลของสำนักงานเกษตรอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 โดยแสดงเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

ตำบล	จำนวน			พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)	พื้นที่การเกษตร (พืช/ไร่)					รวมพื้นที่การเกษตร (ไร่)
	หมู่บ้าน	ครัวเรือน	เกษตรกร		ข้าวนาปี + ข้าวไร่	พื้นที่พืชไร่	พื้นที่ไม้ผล	พื้นที่ผัก	ไม้ดอก ไม้ประดับ	
บ้านดง	8	1,639	1,165	163,429	4,162	626	1,851	241	-	6,880.10
นาสัก	9	1,807	1,237	98,468	4,152.25	3,709	1,726	317	-	9,904.25
จางเหนือ	7	1,427	1,121	27,620	4,103.75	3,994	1,006	192	-	9,295.75
แม่เมาะ	12	7,170	1,238	94,445	857.25	1,062	4,155	99	5	6,178.25
สบป่าด	8	1,910	1,195	48,690	3,715.25	7,750	2,250	740	-	14,455.25
รวม	44	13,953	13,953	432,652	16,990.50	17,141	10,988	1,589	5	46,713.50

พื้นที่การเกษตร อ.แม่เมาะ (ไร่)



ภาพที่ 2 แสดงภาพข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

2. ชนิดและปริมาณของผลผลิตพื้นที่อำเภอแม่เมาะจังหวัดลำปาง

พื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นที่ตั้งของเหมืองแร่ลิกไนต์ และโรงไฟฟ้าแม่เมาะ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบระหว่างภูเขา มีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 13,953 ครัวเรือน (ข้อมูลสำนักเกษตรอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พ.ศ.2561) มีพื้นที่เพื่อการเกษตร โดยรวม 46,713.50 ไร่

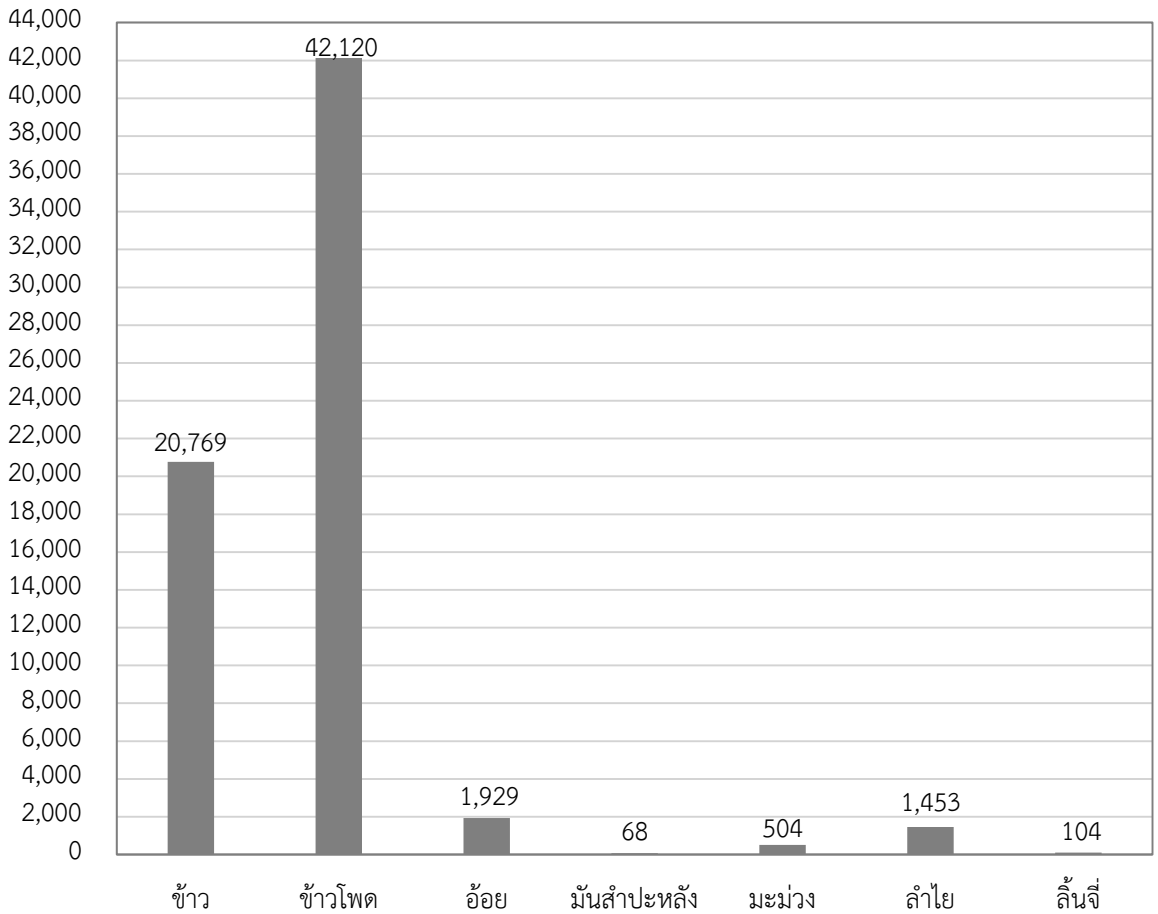
ศักยภาพชีวมวลทางการเกษตรของพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีการปลูกพืชเศรษฐกิจ ที่มีศักยภาพด้านพลังงาน ประกอบด้วย ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด ลำไย และลิ้นจี่ มีผลการศึกษา ดังนี้ พื้นที่เพาะปลูกพืชชีวมวลมากที่สุด คือ ข้าวโพด มีพื้นที่เพาะปลูก 42,120 ไร่ รองลงมาได้แก่ ข้าว อ้อย ลำไย มะม่วง ลิ้นจี่ และมันสำปะหลัง มีพื้นที่เพาะปลูกเท่ากับ 20,769 ไร่ 1,929 ไร่ 1,453 ไร่ 504 ไร่ 104 ไร่ และ 68 ไร่ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559) รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงพื้นที่เพาะปลูก อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

ประเภทพืช	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)
ข้าว	20,769
ข้าวโพด	42,120
อ้อย	1,929
มันสำปะหลัง	68
มะม่วง	504
ลำไย	1,453
ลิ้นจี่	104

ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง ในการผลิตไฟฟ้าแต่ละประเภทในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง สามารถนำมาแสดงเป็นแผนภูมิได้ ดังภาพที่ 3

พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)



ภาพที่ 3 แสดงพื้นที่เพาะปลูกพืชในอำเภอแม่เมาะจังหวัดลำปาง

3. ศักยภาพพลังงานเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

จากข้อมูลการเพาะปลูกพืชทางการเกษตรแต่ละชนิดในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เมื่อนำมาประเมินทางด้านพลังงานด้วยสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิตที่ใช้ประเมินปริมาณการเกิดชีวมวลแต่ละชนิด และค่าความร้อนเทียบเท่าฟืนต้นน้ำมันดิบตามข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2562) ดังแสดงในตารางที่ 3 จะทำให้ประเมินค่าพลังงานที่ได้จากชีวมวล รวมถึงนำไปวิเคราะห์ขนาดโรงงานไฟฟ้าชีวมวลได้ดังตารางที่ 4

ลักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.)

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

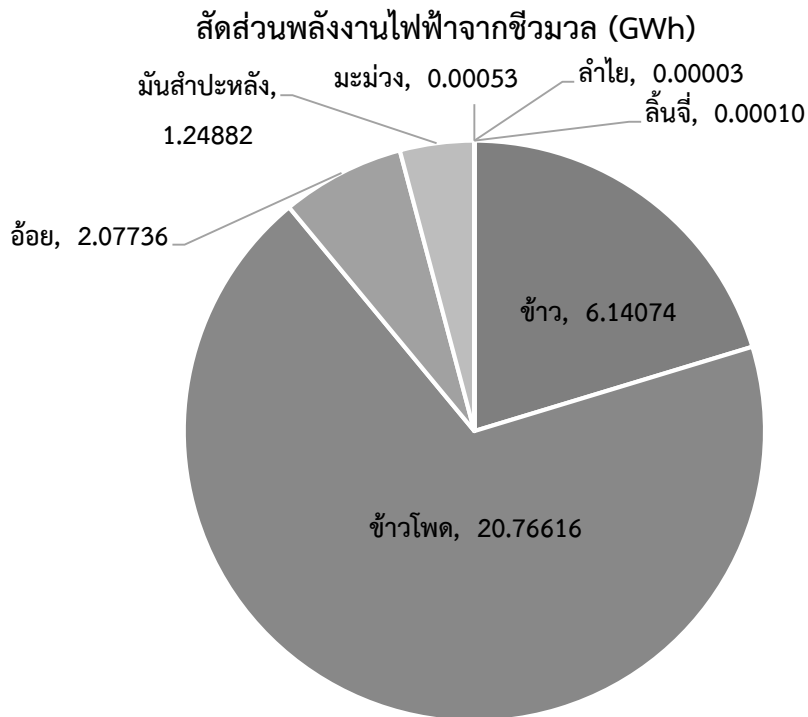
ตารางที่ 3 ตารางแสดงสัดส่วนการเกิดชีวมวล และค่าความร้อนของชีวมวล

พืช	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	ชีวมวล	ค่าความร้อน (MJ/kg)	อัตราส่วนชีวมวล
ข้าว	599	แกลบ	13.52	0.21
		ฟางข้าว	12.33	0.49
ข้าวโพด	866	ลำต้น	9.83	0.24
		ซังข้าวโพด	9.62	0.82
อ้อย	7,366	ยอดและใบอ้อย	15.48	0.17
มันสำปะหลัง	3,800	ลำต้น	15.59	0.09
		เหง้า	5.49	0.20
มะม่วง	-	เศษกิ่งมะม่วง	18.98	0.43 ตัน/ไร่
ลำไย	-	เศษกิ่งลำไย	17.35	0.31 ตัน/ไร่
ลิ้นจี่	-	เศษกิ่งลิ้นจี่	17.35	0.41 ตัน/ไร่

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณศักยภาพพลังงานเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

ชนิด	ชนิดชีวมวล	เศษวัสดุทางการเกษตร (kg)	พลังงานชีวมวล (MJ)	เทียบเท่าไฟฟ้า (GWh)
ข้าว	แกลบ	2,612,532	35,321,432.6	1.96230
	ฟางข้าว	6,099,909	75,211,878	4.17844
ข้าวโพด	ลำต้น	8,754,220.8	86,053,990.5	4.78078
	ซังข้าวโพด	29,910,254.4	287,736,647	15.98538
อ้อย	ยอดและใบอ้อย	2,415,532.38	37,392,441.2	2.07736
มันสำปะหลัง	ลำต้น	23,256	362,561.04	0.02014
	เหง้า	4,028,456	22,116,223.4	1.22868
มะม่วง	เศษกิ่งมะม่วง	216.72	9,565.92	0.00053
ลำไย	เศษกิ่งลำไย	25,209.55	450.43	0.00003
ลิ้นจี่	เศษกิ่งลิ้นจี่	42.64	1,804.4	0.00010
รวม		53,869,629	544,206,994.49	30.23374

จากข้อมูลในตารางที่ 4 เมื่อนำมาสร้างแผนภูมิสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลของแต่ละชนิดในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ดังแสดงในภาพที่ 5 จะทำให้เห็นว่า ชีวมวลของพืชที่มีปริมาณการผลิตไฟฟ้าได้มากที่สุด คือ ข้าวโพด คิดเป็น 20.76616 GWh หรือ 68.69% รองลงมาคือ ข้าว คิดเป็น 6.14074 หรือ 20.31% หากประเมินศักยภาพโดยรวมของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากชีวมวลจะเทียบเท่าไฟฟ้า 30.23374 GWh เมื่อนำมาทำการประเมินศักยภาพของชีวมวลโดยกำหนดเงื่อนไข คือ โรงไฟฟ้าเดินเครื่อง 24 ชม./วัน 330 วัน/ปี ที่ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า 20% จะต้องมีโรงไฟฟ้าขนาด 3.82 MW



ภาพที่ 5 แผนภูมิสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลของแต่ละชนิดในอำเภอแม่เมาะ

อภิปรายผล

ผลการประเมินศักยภาพพลังงาน จากวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มเกษตรกรจากพืชหลักที่มีศักยภาพชีวมวลพบว่า อำเภอแม่เมาะ มีปริมาณเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ประมาณ 54 พันตัน คิดเทียบเท่าน้ำมันดิบประมาณ 12.92 ktoe (kilo tons of oil equivalents) ถ้านำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรดังกล่าว ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ภายในพื้นที่ที่อำเภอแม่เมาะ จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า ที่มีกำลังงานการใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 30.23 GWh หรือเทียบเท่ากับโรงไฟฟ้าที่มีอัตราการผลิตไฟฟ้าขนาด 3.82 MW จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีศักยภาพในด้านการใช้พลังงาน จากเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ คิดเป็นร้อยละ 0.1 ของศักยภาพพลังงานในระดับประเทศที่มีอยู่ประมาณ 3,943.72 MW

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

ตามระบบรายงาน ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) โดยข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากชีวมวลของอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลพลังงานทดแทนอื่นๆ ที่ผู้วิจัยจะทำการศึกษาต่อไปในอนาคต ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างสมรรถกฤตเทคโนโลยีที่จะช่วยพัฒนาระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง, สำนักงาน. (2561). ข้อมูลพื้นฐานการเกษตร. [Online]. Available : <http://maemo.lampang.doe.go.th/> [2562, สิงหาคม 1].
- ชนพล แสงสุวรรณ และคนอื่นๆ. (2560). รูปแบบการยอมรับและใช้งานสมาร์ทกริดเทคโนโลยีของผู้บริโภคในประเทศไทย. สัปดาห์ที่ 7 : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 4(1), 107-116.
- ณิชารัตน์ พาณิชย์ และวิสาขา ภูจินดา. (2556). แนวทางการบริหารจัดการพลังงานหมุนเวียนในระดับชุมชนของประเทศไทย. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, 10(1), 55-76.
- นภนต์ สุรงค์รัตน์ และตุลวิทย์ สถาปนจารุ. (2556). การหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้ยางพาราในจังหวัดระยอง. 14th Graduate research conference 2013. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. (2562). ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย. [Online]. Available : http://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html [2562, สิงหาคม 1].
- _____. (2561). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม-ธันวาคม 2561. [Online]. Available : http://www.dede.go.th/download/stat62/front_page_sit2_61_dec_edit.pdf [2562, กรกฎาคม 15].
- _____. (2556). ฐานข้อมูลศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย ประจำปีเพาะปลูก พ.ศ. 2556. [Online]. Available : <http://webkc.dede.go.th/testmax/node/2450> [2563, มีนาคม 15].
- _____. (2554). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 4 พลังงานชีวมวล. [Online]. Available : https://www.dede.go.th/article_attach/h_biomass.pdf [2562, ตุลาคม 18].
- พัฒนาที่ดิน, กรม. (2559). สรุปประเภทการใช้ที่ดิน จังหวัดลำปาง ปี พ.ศ.2559. [Online]. Available : http://www1.ddd.go.th/WEB_OLP/Lu_59/Lu59_N/LPG59.htm [2562, สิงหาคม 5].
- พงษ์ดิษฐ พงษา. (2561). วิกฤติพลังงานไฟฟ้า...ทางออกสุดท้ายที่เหลืออยู่. [Online]. Available : https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=363&Itemid=217 [2562, กรกฎาคม 15].
- พลังงาน, กระทรวง. (2558). แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP2015). [Online]. Available: http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/PDP_TH [2563, เมษายน 15].
- _____. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015). [Online]. Available : http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf [2563, มีนาคม 15].
- พีรภพ จอมทอง. (2559). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก 10-90 เมกะวัตต์ กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.



การพัฒนาโรงอบแห้งอัจฉริยะร่วมกับระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยีเพื่อการจัดการ
การแปรรูปกล้วยของกลุ่มกล้วยอบราชสาส์น อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา
Development of Intelligent Drying Plant with Smart Grid Technology for
Banana Processing Management of Drying Bananas Ratchasan Group,
Ratchasan District, Chachoengsao

ณัฐวิทย์ ทองมงคล*

Nattawit Tongmongkon

วัชรระ วงศ์ปัญญา*

Watchara Wongpanyo

Received : December 16, 2019

Revised : March 11, 2020

Accepted : May 14, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแปรรูปกล้วยของกลุ่มกล้วยอบราชสาส์น อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่มีกระบวนการตากกล้วยอบแผ่นในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกด้วยอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ประมาณ 7-8 ชั่วโมง โดยมีปัญหาคือในวันที่ไม่มีแดดหรือวันที่ต้องเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้มากขึ้น ผู้ผลิตจึงต้องการที่จะผลิตกล้วยอบแผ่นให้ได้ทั้งกลางวันและกลางคืนเพราะเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาโรงอบอัจฉริยะร่วมกับระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้ การวิจัยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในโรงอบจำนวน 5 จุด และนอกโรงอบ จำนวน 1 จุด ผลของอุณหภูมิภายในโรงอบของเซ็นเซอร์ทั้ง 5 ตัวจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น. จากอุณหภูมิ 30-38 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเวลา 13.00-14.00 น. จะมีอุณหภูมิสูงสุดคือ 55-60 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงอบโดยมีผลต่างประมาณ 20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิจะลดลงจนถึงเวลา 18.00 น. ที่ยังมีอุณหภูมิภายในประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส สำหรับความชื้นจะแปรผกผันกับอุณหภูมิคือความชื้นภายในโรงอบจะมีค่าต่ำแต่อุณหภูมิจะมีค่าสูงซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของการอบแห้ง เมื่อทำการติดตั้งระบบการให้ความร้อนจากแก๊สที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยเวลา 18.00 น. จะทำการเปิดระบบแก๊สกำหนดอุณหภูมิภายในโรงอบอยู่ในช่วง 40-50 องศาเซลเซียสจนถึงเวลา 23.00 น. แล้วทำการปิดแก๊สพบว่า อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกโรงอบจะลดลงอย่างรวดเร็ว และทำให้

*อาจารย์ประจำสาขาพลังงานทดแทน คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

Lecturer in Alternative Energy Faculty of Energy and Environment Phayao University

เปอร์เซ็นต์ความชื้นก็จะมีค่าสูงด้วย จากข้อมูลดังกล่าว สรุปว่า ในช่วงเวลา 8.00-18.00 น. จะอบแห้งกล้วยได้จำนวน 1 รอบ หากต้องการอบแห้งกล้วยอีก 1 รอบ จะต้องเปิดระบบแก๊สเมื่อเวลา 18.00 น. เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงอบอยู่ช่วง 40-50 องศาเซลเซียส และปิดระบบแก๊สเวลา 23.00 น. ทำให้สามารถอบแห้งกล้วยได้ปริมาณเพิ่มขึ้น เป็น 2 รอบ/วัน ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนการผลิตกล้วยอบได้มากกว่าเดิมตามความต้องการได้

คำสำคัญ : โรงอบแห้งอัจฉริยะ / สมาร์ทกริดเทคโนโลยี / กล้วยอบ

ABSTRACT

This paper aims to study about the intelligent drying plant with smart grid technology for banana processing management of Drying Bananas Ratchasan Group, Ratchasan district, Chachoengsao. The process of drying the bananas in a solar-powered solar greenhouse at a temperature of 50-60 °C for about 7-8 hours. The production has problem on a no sunny day or a day that has to increase production. The producers would like to produce drying bananas for both day and night because the sunlight is uncertainly. The researcher has the idea to use the intelligent drying plant with smart grid technology for solving the problem. The research will collect temperature and humidity data in the solar drying plant which install 5 - inside sensor and an outside sensor. The result shown that the inside temperature will increase from 30-38 °C at 8 AM to 55-60 °C in afternoon (1-2 PM) that more than outside temp. around 20 °C. The inside temp. will slightly decrease to 30-38 °C until 6 PM. For the humidity in the solar drying plant tends to be the opposite of temperature which is according to the theory of drying. When installing a gas heating system that can be controlled the temperature. We will open the gas system to set the temperature in the solar drying plant in the range of 40-50 °C until 11PM and turn off the gas system. The inside and outside temperature of the solar drying plant will decrease dramatically and the percentage of humidity will also be high. The conclusions are the bananas can be dried 1 cycle during 8AM-6PM. If the producer would like to dry the bananas for 1 more time, the gas system must be turned on at 6PM that temperature controlled in the solar drying plant is between 40-50 °C. After that the producers have to turn off the gas system at 11PM. The research can be increased the ability of drying bananas to 2 cycles/day which support the producer demand as well.

Keywords : Intelligent Drying Plant / Smart Grid Technology / Drying Bananas

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มกล้วยอบราชสาส์น อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา คือ กล้วยอบแผ่นซึ่งในกระบวนการผลิตจะต้องนำเข้าตากในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกด้วยอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 7-8 ชั่วโมง โดยแหล่งพลังงานคือแสงอาทิตย์แต่ปัญหาคือในวันที่ไม่มีแดดหรือวันที่ต้องเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้มากขึ้น เช่น ในช่วงเทศกาล ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการทางกลุ่มจึงต้องการที่จะผลิตกล้วยอบแผ่นให้ได้ทั้งกลางวันและกลางคืนเพราะเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต การควบคุมการใช้แสงจึงเป็นไปได้ยาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบโรงอบระบบอบแห้งอัจฉริยะร่วมกับระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้ซึ่งระบบสมาร์ตกริดเป็นระบบที่มีความสามารถในการจัดการพลังงานให้มีความสามารถยิ่งขึ้นด้วยเทคโนโลยี กล่าวคือ เป็นการพัฒนาการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถทำงานได้ตลอดเวลาซึ่งในกลางวันใช้พลังงานความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์และในเวลากลางคืนหรือช่วงที่ไม่มีแสงจะใช้ความร้อนจากแก๊สแอลพีจีโดยทั้งหมดจะควบคุมและแสดงผลผ่านระบบสารสนเทศสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ได้ตามความต้องการโดยระบบจะถูกวิจัยและพัฒนาาร่วมกันระหว่างคณะผู้วิจัยและผู้ประกอบการซึ่งถ้าอบแห้งกล้วยอบให้มีสภาพภายนอกให้สวยงามแล้วจะทำให้จำหน่ายได้เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งในโรงอบระบบอบแห้งอัจฉริยะจะใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการของโรงอบซึ่งจะเป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนทั้งในรูปแบบความร้อน (กระบวนการอบแห้ง) และผลิตกระแสไฟฟ้า สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพ ได้มาตรฐาน เป็นที่ยอมรับของตลาดและลดความเสียหายของผลิตภัณฑ์ เพิ่มยอดจำหน่ายให้มากขึ้นอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานของการพัฒนาระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ ในลักษณะแบบเรือนกระจกของระบบอบแห้งอัจฉริยะ (Smart Solar Drying) โดยมีรายละเอียดระเบียบวิธีวิจัย ดังต่อไปนี้

1. การวางแผนเตรียมโครงการ

ขั้นตอนการวางแผน เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานว่าควรดำเนินขั้นตอนใดก่อนหรือหลัง เพื่อช่วยในการทำโครงการได้อย่างเป็นระบบซึ่งขั้นตอนการวางแผนมี ดังนี้

- 1) กำหนดขอบเขตเป็นการทำโครงการที่จะปฏิบัติ แล้วเสนอให้อาจารย์พิจารณาความเหมาะสมว่าสมควร ถ้าหากเห็นสมควรก็จะได้จัดทำโครงการต่อไป
- 2) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเป็นการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำโครงการทั้งหมด เพื่อที่จะมาเป็นตัวอ้างอิงถึงการทำให้โครงการขึ้นนี้
- 3) ออกแบบเครื่องอบแห้งและอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมภายในเครื่องอบแห้ง
- 4) ออกแบบบอร์ด ARDUINO และทำการเขียนคำสั่งระบบควบคุมสั่งงานอุปกรณ์ภายในโดยงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบที่อุณหภูมิของอากาศร้อน กับความชื้นของอากาศร้อน

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

- 5) ทำการสร้างเครื่องอบแห้งและติดตั้งอุปกรณ์ภายในเครื่องอบแห้ง
- 6) ทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งและทำการเก็บค่าพลังงาน
- 7) วิเคราะห์ผลการทดลอง จากการเปรียบเทียบเวลาของการอบกล้วย ก่อนและหลัง

ปรับปรุงจากข้อมูล เวลาของการอบในแต่ละรอบ หรือ จำนวนรอบของการอบใน 1 วัน

2. อุปกรณ์ควบคุมและประมวลผล

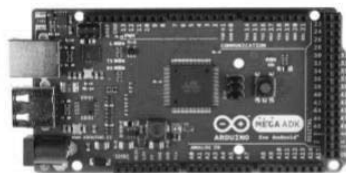
ระบบสมองกลฝังตัวจะต้องมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ควบคุมและประมวลผล ซึ่งในโครงงานนี้ จะมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และเวลา แล้วนำค่าที่ได้มาประมวลผลเพื่อให้เครื่องอบแห้งทำงานตามระบบที่ได้ทำการเขียนโปรแกรมไว้ ซึ่งอุปกรณ์ในระบบควบคุมและประมวลผลเครื่องอบแห้งของโครงงานนี้ มีดังนี้

- 1) KEYPAD รับค่าข้อมูลเป็นค่าตัวเลขเพื่อส่งไปยังบอร์ดควบคุม ทำหน้าที่รับค่าข้อมูลการตั้งเวลาและอุณหภูมิ
- 2) SD Card Module SD Card เป็นอุปกรณ์ที่สื่อสารโดยใช้ Serial Peripheral Protocol (SPI) โดยทั่วไป การสื่อสารแบบ SPI ใช้สื่อสารระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ ต่อพ่วงอื่นๆได้พร้อมกันหลายๆ ชิ้น



ภาพที่ 1 SD Card Module SD Card

- 3) ARDUINO MEGA ทำหน้าที่ศูนย์กลางการควบคุม รับค่าข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นแล้วทำการประมวลผล



ภาพที่ 2 ARDUINO MEGA

- 4) LCD DISPLAY ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูล DHT22, KEYPAD, CURRENT SENSOR โดยผ่านการประมวลจาก ARDUINO MEGA



ภาพที่ 3 LCD DISPLAY

5) Smart Phone Display เพื่อแสดงความขึ้น อุณหภูมิภายในและภายนอก รวมทั้งการใช้

พลังงาน



ภาพที่ 4 Smart Phone Display

6) ก๊าซ LPG เพื่อเป็นก๊าซเผาไหม้ที่จะให้พลังงานความร้อน

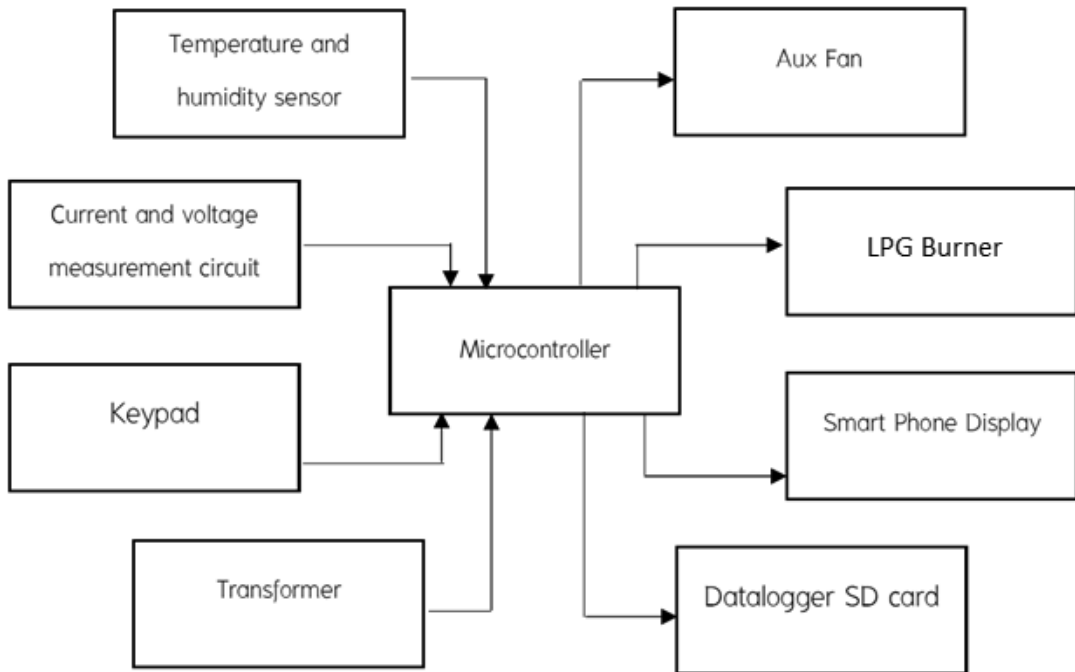


ภาพที่ 5 ก๊าซ LPG

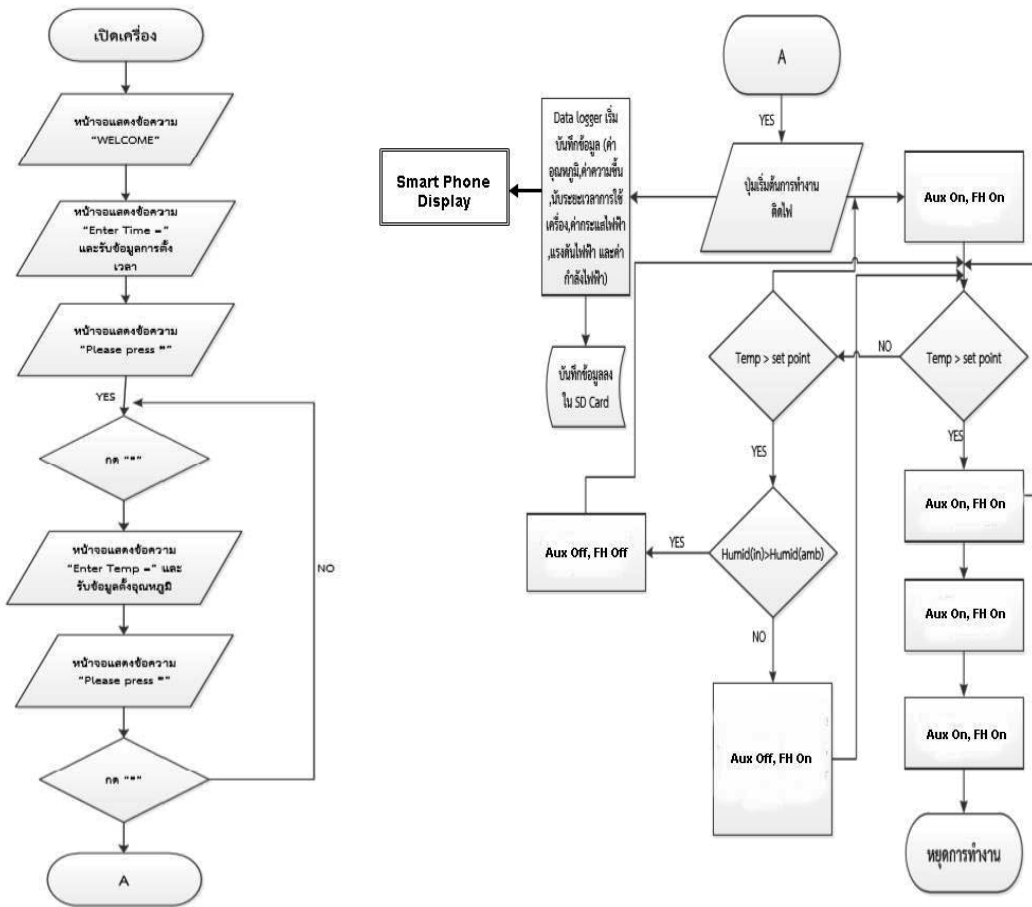
3. ออกแบบบอร์ด ARDUINO เขียนคำสั่งงานอุปกรณ์ภายใน

การเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องอบแห้งต้องมีการวางแผนระบบควบคุม เมื่อทำการวางแผนการควบคุมเสร็จ ต้องเลือกระบบควบคุมที่นำมาใช้ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้บอร์ด ARDUINO และภาษาที่ใช้ในการเขียนคำสั่งคือ ภาษาซี จากนั้นทำการเขียนคำสั่งลงไปบนบอร์ดเพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และเวลา แล้วนำมาประมวลผลเพื่อไปสั่งการอุปกรณ์ภายในเครื่องอบแห้งตามที่เราได้เขียนคำสั่งควบคุมไว้ ซึ่งการออกแบบบอร์ด ARDUINO และเขียนคำสั่งระบบควบคุม มีขั้นตอนดังนี้

1) แผนผังการควบคุม ระบบควบคุมนั้นจะต้องจะมีการทำงานเป็นขั้นตอน ใช้งานได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ซึ่งจะต้องวางแผนก่อนที่จะนำไปเขียนคำสั่ง เพื่อที่จะให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดในการนำมาเขียนคำสั่งควบคุมเครื่องอบแห้ง โดยมีภาพไดอะแกรมระบบการควบคุมดัง ภาพที่ 6 และระบบควบคุมเป็นไปตามแผนผังดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 ไดอะแกรมระบบการควบคุม



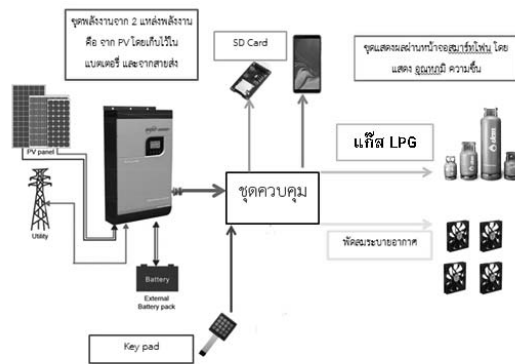
ภาพที่ 7 แผนผังการควบคุม

จากรูปที่ 6 ไดอะแกรมระบบควบคุม ระบบอบแห้งอัจฉริยะ (Smart Solar Drying) จะทำโดยการป้อนค่าจากปุ่มกดเข้ามาเพื่อตั้งค่าอุณหภูมิ ความชื้น และเวลาที่ต้องการ หลังจากนั้นเครื่องทำงานปกติเมื่ออุณหภูมิหรือความชื้นมีค่าสูงขึ้นหรือต่ำลง ระบบควบคุมจะทำการสั่งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้อุณหภูมิหรือความชื้นมีค่าตามที่ตั้งไว้ ซึ่งระบบการทำงานจะถูกควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ทำให้การทำงานของระบบเป็นอัตโนมัติด้วยการควบคุมเวลา อุณหภูมิ และความชื้นด้วยการวัดอุณหภูมิ ความชื้นภายในห้องอบแห้งและความชื้นจากอากาศภายนอกเพื่อเพิ่มความสามารถในการอบแห้งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2) ระบบควบคุม

ระบบการทำงานจะถูกควบคุมด้วยระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ทำให้การทำงานของระบบเป็นอัตโนมัติด้วยการควบคุมเวลา อุณหภูมิ และความชื้นด้วยการวัดอุณหภูมิ ความชื้น

ภายในห้องอบแห้งและความชื้นจากอากาศภายนอกเพื่อเพิ่มความสามารถในการอบแห้งให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 8 การออกแบบระบบควบคุมระบบอบแห้งอัจฉริยะ (Smart Solar Drying)

ระบบควบคุมของเครื่องอบแห้งแบบใช้ความร้อนจากแก๊สLPG โครงการนี้ใช้บอร์ด ARDUINO MEGA 2560 เป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมด โดยการป้อนค่าจากปุ่มกดเข้ามาเพื่อตั้งค่า อุณหภูมิ ความชื้น และเวลาที่ต้องการ หลังจากนั้นเครื่องทำงานปกติ เมื่ออุณหภูมิหรือความชื้นมีค่า สูงขึ้นหรือต่ำลง ระบบควบคุมจะทำการสั่งอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้อุณหภูมิหรือความชื้นมีค่าตามที่ตั้งไว้ และมีการวัดค่า กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า อีกทั้งมีการบันทึกข้อมูลเพื่อทราบอุณหภูมิ ความชื้น กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ณ ที่เวลาต่างๆ ดังแสดงในการออกแบบระบบควบคุมระบบอบแห้งอัจฉริยะ (Smart Solar Drying) ในรูปที่ 8

4. การทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งและทำการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้า

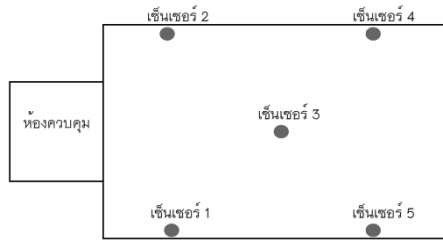
การทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งและการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าให้บรรลุวัตถุประสงค์จะต้องมีการวางแผนให้เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้ เช่น การกำหนดเวลา อุณหภูมิ และความชื้น ต้องเป็นไปตามขอบเขตงานวิจัย เป็นต้น จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่ามาวิเคราะห์ ซึ่งการทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งและการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้า มีขั้นตอนดังนี้

- 1) จัดเตรียมผลผลิตเข้าห้องอบแห้ง ตั้งอุณหภูมิควบคุม ที่ 55 °C ความชื้นที่ 50 % RH
- 2) บันทึกอุณหภูมิและความชื้นภายในเครื่องอบแห้ง โดยใช้ Sensor DHT22 ต่อเข้ากับ

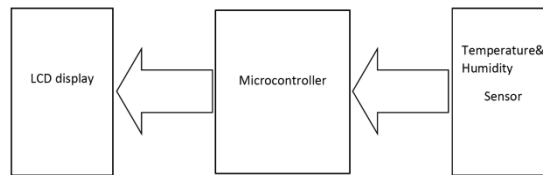
บอร์ด วงจรและเก็บค่าเข้า data logger

ผลการวิจัย

ขั้นตอนของการออกแบบในขั้นต้นได้ทำการวางแผนการติดต่อเซนเซอร์ภายในโรงอบแห้งจำนวน 5 จุด และภายนอกจำนวน 1 จุด เพื่อเก็บอุณหภูมิของอากาศและเปอร์เซ็นต์ความชื้นของอากาศ ตามตำแหน่งของโรงอบแห้งภาพที่ 9 โดยมีผังการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นดังภาพที่ 10

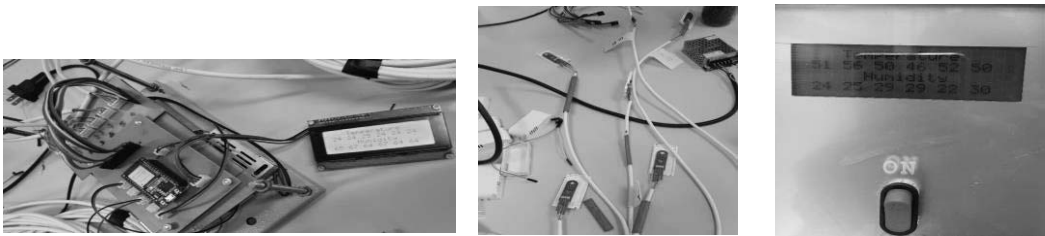


ภาพที่ 9 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงอบแสงอาทิตย์



ภาพที่ 10 ผังการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิและความชื้น

ในขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ในการวิจัยเพื่อพัฒนาโรงอบแห้งอัจฉริยะร่วมกับระบบสมาร์ทกริดเทคโนโลยี มีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ดังภาพที่ 11-13



(ก) ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้น

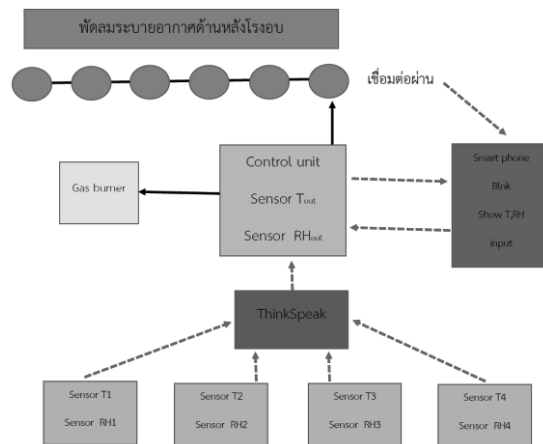
(ข) เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น

(ค) รูปแสดงจอแสดงผล LCD

ภาพที่ 11 อุปกรณ์สำหรับการพัฒนาโรงอบแห้งอัจฉริยะร่วมกับระบบสมาร์ทกริดเทคโนโลยี



ภาพที่ 12 ดำเนินการติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในโรงอบแสงอาทิตย์

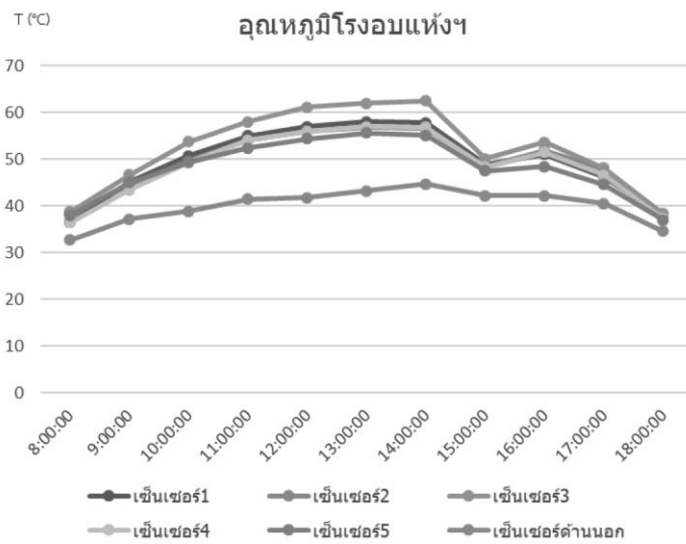


ภาพที่ 13 Flow Chart การติดตั้งระบบโรงอบแห้งอัจฉริยะ

หลังจากติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในโรงอบแห้งโดยติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในโรงอบจำนวน 5 จุด และนอกโรงอบ จำนวน 1 จุด โดยมีผลการเก็บข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อนำมาสร้างกราฟแสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบ จะได้ดังภาพที่ 14

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบเวลา 8.00-18.00 น.

เวลา	อุณหภูมิของแต่ละเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)					
	1	2	3	4	5	outside
8:00:00	36.5	38.4	38.8	36.5	37.9	32.7
9:00:00	45.1	44.6	46.7	43.5	45	37.2
10:00:00	50.8	49.7	53.8	49.3	49.4	38.9
11:00:00	55	54.2	58.1	54.1	52.4	41.5
12:00:00	57	56.1	61.2	56	54.4	41.8
13:00:00	58.1	56.8	62	57	55.6	43.2
14:00:00	57.8	56.6	62.5	56.9	55.1	44.7
15:00:00	48.9	48.6	50.1	48.4	47.5	42.2
16:00:00	51.1	51.9	53.7	51.5	48.5	42.2
17:00:00	46.3	47.8	48.1	46.6	44.6	40.5
18:00:00	37.8	38.1	38.4	37.3	37	34.6

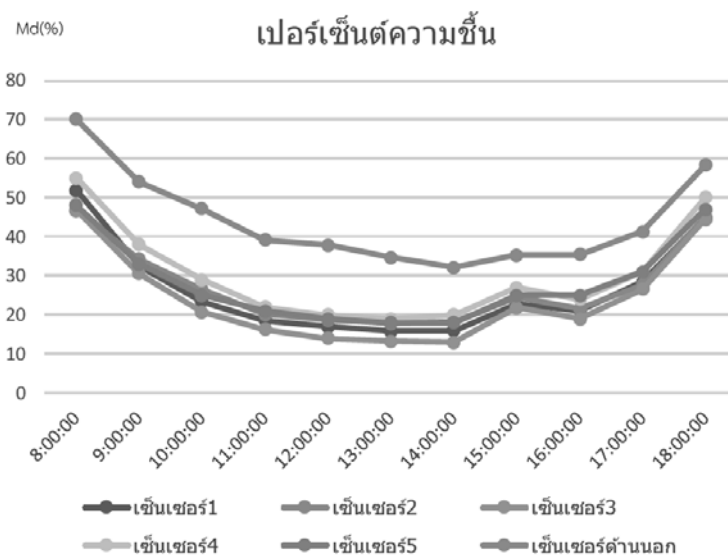


ภาพที่ 14 อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบเวลา 8.00-18.00 น.

การเก็บข้อมูลความชื้นภายในและภายนอกโรงอบเวลา 8.00-18.00 น. หลังจากการติดตั้งอุปกรณ์ แสดงดังตารางที่ 2 เมื่อนำมาสร้างกราฟเปอร์เซ็นต์ความชื้นภายในและภายนอกโรงอบ จะได้ดังภาพที่ 15

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นภายในและภายนอกโรงอบเวลา 8.00-18.00 น.

เวลา	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของแต่ละเซนเซอร์					
	1	2	3	4	5	outside
8:00:00	51.9	46.8	46.7	55	48	70.1
9:00:00	32.4	34.3	30.5	38	33	54.1
10:00:00	23.4	26.6	20.7	29	25	47.1
11:00:00	18.6	20.1	16.3	22	21	39.1
12:00:00	16.9	18.7	14	20	19	37.8
13:00:00	15.8	17.8	13.2	19	18	34.7
14:00:00	16	18.2	12.9	20	18	32.1
15:00:00	22.8	24.6	21.8	27	25	35.3
16:00:00	21.1	21.5	19	24	25	35.5
17:00:00	28.4	27.7	26.5	31	31	41.3
18:00:00	44.8	45	44.4	50	47	58.3

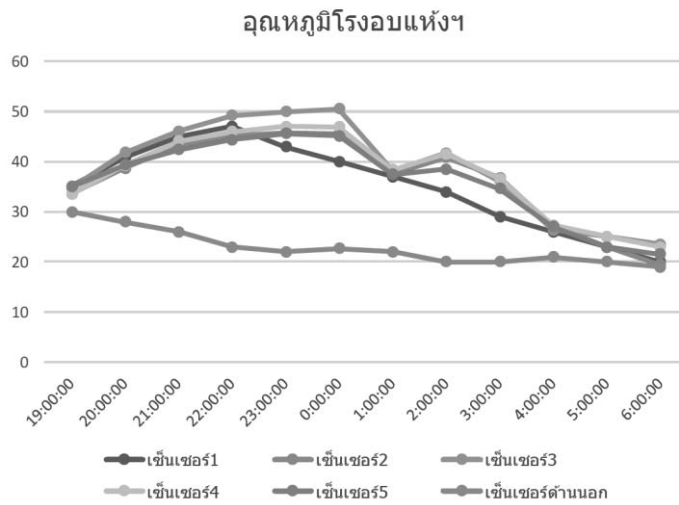


ภาพที่ 15 เปอร์เซ็นต์ความชื้นภายในและภายนอกโรงอบเวลา 8.00-18.00 น.

ขั้นตอนที่ 2 จะทำการติดตั้งระบบคอนโทรลอุณหภูมิภายในโรงอบ โดยใช้ระบบการเผาไหม้ของแก๊สให้ความร้อนภายในโรงอบหลังเวลา 18.00 น. เพื่อนำกล้วยมาอบในครั้งที่ 2 โดยมีผลการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3 และ 4 พร้อมทั้งแสดงผลของอุณหภูมิและความชื้นเป็นกราฟ ดังภาพที่ 16 และ 17

ตารางที่ 3 แสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบเวลา 19.00-6.00 น.

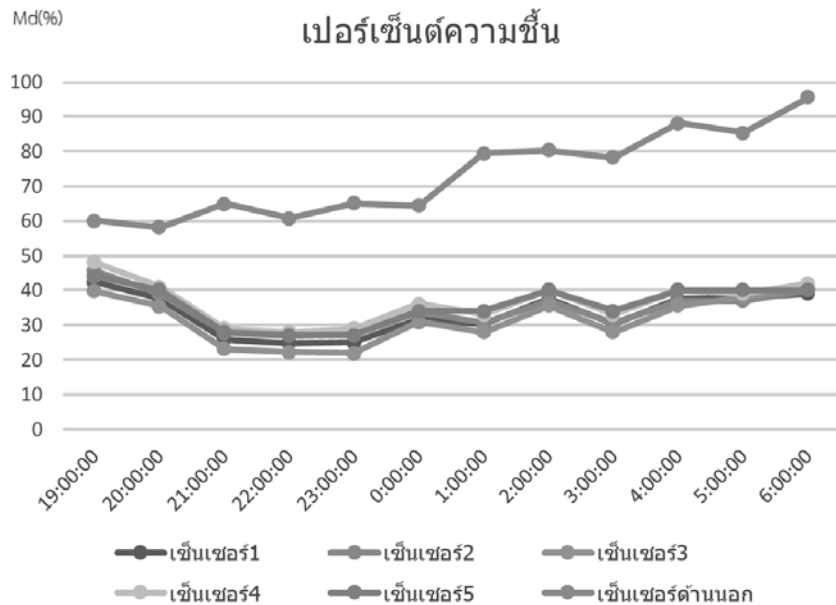
เวลา	อุณหภูมิของแต่ละเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)					
	1	2	3	4	5	outside
19:00:00	35.1	33.6	34.7	33.5	35	30
20:00:00	40.8	38.7	41.8	39.3	39.4	28
21:00:00	45	43.2	46.1	44.1	42.4	26
22:00:00	47	45.1	49.2	46	44.4	23
23:00:00	43	45.8	50	47	45.6	22
0:00:00	40	45.6	50.5	46.9	45.1	22.7
1:00:00	37	37.6	38.1	38.4	37.5	22
2:00:00	34	40.9	41.7	41.5	38.5	20
3:00:00	29	36.8	36.1	36.6	34.6	20
4:00:00	26	27.1	26.4	27.3	27	21
5:00:00	23	23	25	25	23	20
6:00:00	20	19.5	23.5	23	21.5	19



ภาพที่ 16 อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงอบเวลา 19.00-6.00 น.

ตารางที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นภายในและภายนอกโรงอบเวลา 19.00-6.00 น.

เวลา	เปอร์เซ็นต์ความชื้นของแต่ละเซนเซอร์					
	1	2	3	4	5	outside
19:00:00	42.4	45.6	39.7	48	44	60.1
20:00:00	37.6	39.1	35.3	41	40	58.1
21:00:00	25.9	27.7	23	29	28	64.8
22:00:00	24.8	26.8	22.2	28	27	60.7
23:00:00	25	27.2	21.9	29	27	65.1
0:00:00	31.8	33.6	30.8	36	34	64.3
1:00:00	30.1	30.5	28	33	34	79.5
2:00:00	37.4	36.7	35.5	40	40	80.3
3:00:00	30.1	30.5	28	33	34	78.3
4:00:00	37.4	36.7	35.5	40	40	88.2
5:00:00	38	37	38	39	40	85.3
6:00:00	39	40	41	42	40	95.5



ภาพที่ 17 เปอร์เซ็นต์ความชื้นภายในและภายนอกโรงอบเวลา 19.00-6.00 น.

ช่วงเวลา 8.00-18.00 น. อุณหภูมิภายในโรงอบของเซ็นเซอร์ทั้ง 5 ตัวจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น. จากอุณหภูมิ 30-38 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเวลา 13.00-14.00 น. จะมีอุณหภูมิสูงสุดคือ 55-60 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงอบโดยมีผลต่างประมาณ 20 องศาเซลเซียส และจะลดลงจนถึงเวลา 18.00 น.

จากข้อมูล เวลา 18.00 น. เมื่อทำการเปิดระบบแก๊สกำหนดอุณหภูมิภายในโรงอบอยู่ในช่วง 40-50 องศาเซลเซียส จนถึงเวลา 23.00 น. ทำการปิดแก๊สอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกโรงอบจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากเป็นเวลาในช่วงกลางคืน เปอร์เซนต์ความชื้นก็จะมีค่าสูงด้วยเพราะมีความชื้นในอากาศมากขึ้นในเวลากลางคืน

อภิปรายผล

การทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงอบแห่งพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในโรงอบห่างจากการติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในโรงอบจำนวน 5 จุด และนอกโรงอบ จำนวน 1 จุด ผลของอุณหภูมิภายในโรงอบของเซ็นเซอร์ทั้ง 5 ตัวจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น. จากอุณหภูมิ 30-38 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงเวลา 13.00-14.00 น. จะมีอุณหภูมิสูงสุดคือ 55-60 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงอบโดยมีผลต่างประมาณ 20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิจะลดลงจนถึงเวลา 18.00 น. ก็ยังมีอุณหภูมิภายในโรงอบประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส สำหรับความชื้นจะแปรผกผันกับอุณหภูมิคือ ความชื้นภายในโรงอบจะมีค่าต่ำแต่อุณหภูมิจะมีค่าสูงซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของการอบแห้ง

หลังจากติดตั้งระบบการให้ความร้อนจากแก๊สที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยเวลา 18.00 น. ทำการเปิดระบบแก๊สกำหนดอุณหภูมิภายในโรงอบอยู่ในช่วง 40-50 องศาเซลเซียสจนถึงเวลา 23.00 น. ทำการปิดแก๊สอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกโรงอบจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากเป็นเวลาในช่วงกลางคืน เปอร์เซนต์ความชื้นก็จะมีค่าสูงด้วยเพราะมีความชื้นในอากาศมากขึ้นในเวลากลางคืน

จากข้อมูลในช่วงเวลา 8.00-18.00 น. อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจากช่วงเช้าและมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงบ่ายและจะลดลงในช่วงเย็นซึ่งจะอบแห้งกล้วยได้จำนวน 1 รอบและถ้าต้องการอบแห้งกล้วยอีก 1 รอบ จะต้องเปิดระบบควบคุมโดยกำหนดอุณหภูมิภายในโรงอบอยู่ในช่วง 40-50 องศาเซลเซียส ทำการเปิดระบบแก๊สเวลา 18.00 น. และปิดระบบแก๊สในเวลา 23.00 น. อุณหภูมิภายในโรงอบจะอยู่ในช่วงที่ต้องการและสามารถอบแห้งกล้วยได้ปริมาณเพิ่มขึ้นดังนั้นการอบแห้งของทางกลุ่มก็สามารถเพิ่มรอบการอบกล้วยให้ได้ 2 รอบ/วัน ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนการผลิตกล้วยอบได้มากกว่าเดิมตามความต้องการได้ โดยจะนำผลการทดลองนี้ไปทำการวิจัยเชิงลึกของระบบอบแห้งอัจฉริยะที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพร่วมกับระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยีในการวิจัยขั้นต่อไป

จากผลการทดลอง จะทำให้ทราบว่า มีลักษณะการอบที่ดีขึ้นในเรื่องของการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เช่นเดียวกับงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา แต่จะมีข้อดีก็คือการเพิ่มรอบการอบแห้งกล้วยได้อีก 1 รอบต่อวัน และมี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

ข้อบกพร่องที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไขในอนาคตคือความสม่ำเสมอของอุณหภูมิในจุดต่างๆของโรงอบที่มีความแตกต่างกันอยู่

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาโรงอบระบบอบแห้งอัจฉริยะร่วมกับระบบสมาร์ตกริดเทคโนโลยีเพื่อการจัดการการแปรรูปกล้วยของกลุ่มกล้วยอบราชสาส์น อำเภอราชสาส์น จังหวัดฉะเชิงเทรา” คณะผู้วิจัยได้รับสนับสนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมและสนับสนุนบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการจัดการจากภาครัฐและสถาบันอุดมศึกษาไปปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มขีดความสามารถแข่งขันในภาคการผลิตและบริการ (Talent Mobility) ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

- ธนพล แสงสุวรรณ. (2560, มกราคม-มิถุนายน). รูปแบบการยอมรับและใช้งานสมาร์ตกริดเทคโนโลยีของผู้บริโภคในประเทศไทย. สัปดาห์ที่ 7 : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.), 4(1), 107-116.
- ปาณิศา อ่อนดอกไม้. (2560). การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ (Greenhouse Solar Dryer). ลำปาง : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- พรพิมล กันทะวงศ์ และคนอื่นๆ. (2557). การควบคุมตู้อบแห้งแบบใช้ปั๊มความร้อนด้วยระบบสมองกลฝังตัว. [Online]. Available : https://prezi.com/wif-rg4q_ize/presentation/ [2562, มกราคม 22].
- พลังงาน, กระทรวง. (2560). โครงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งใช้งานระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (พาราโบลาดอม) ประจำปี 2560. [Online]. Available : <http://www.solar-dryerdede.com/?p=1823> [2562, มีนาคม 19].
- _____. (2554). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25 % ใน 10 ปี (พ.ศ.2554-2563). กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน.
- พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, สำนักงาน. (2557). ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ : From Smart Grid to Smart Cities. [Online]. Available : <http://www2.mtec.or.th/eventnstda/Template/index.aspx?EventID=S14069&ContentID=2165> [2563, มีนาคม 15].
- ภาคิน มณีโชติ, วัชร วงศ์ปัญญา และบุญวัฒน์ วิจารณ์พล. (2561). การพัฒนาสมาร์ตมิเตอร์ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. สัปดาห์ที่ 7 : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.), 5(2), 65-74.
- วสันต์ จินธาดา. (2560, มกราคม-เมษายน). ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 21(1), 89-99.
- Modern Manufacturing. (2560). MODERN MANUFACTURING. [Online]. Available : <https://www.mmthailand.com/นิตยสาร-modern-manufacturing-vol-15-ฉบับเดือน-august-2017> [2563, พฤษภาคม 1].
- _____. (2560). ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ : Smart Grid. [Online]. Available : <https://www.mmthailand.com/โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ-smart-grid> [2563, พฤษภาคม 1].



การปรับปรุงการดำเนินงานในลานคอนเทนเนอร์ของผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สาม
Operations Improvement in Container Yard of the 3rd Party Logistics Service

Provider

นัทรพงศ์ นันทสำเริง*

Natthapong Nanthasamroeng

สุกัญญา ปุระมาปัด**

Sukanya Puramapad

Received : April 5, 2020

Revised : June 2, 2020

Accepted : June 26, 2020

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการดำเนินงานในลานคอนเทนเนอร์ของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สามแห่งหนึ่ง จากการศึกษาสภาพปัญหาเบื้องต้นพบว่าระยะเวลาในการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 720 วินาทีต่อตู้ สาเหตุเกิดจากการขาดการสื่อสารระหว่างพนักงานขับรถบรรทุกกับเจ้าหน้าที่ลานคอนเทนเนอร์ ทำให้ตู้คอนเทนเนอร์ไม่ได้รับการกำหนดตำแหน่งในลานคอนเทนเนอร์ซึ่งนำไปสู่ความยากลำบากในการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์ ผู้วิจัยได้นำระบบจัดการลานคอนเทนเนอร์มาใช้ โดยกำหนดรหัสตำแหน่งในลานคอนเทนเนอร์และปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานในการรับและจ่ายตู้คอนเทนเนอร์ในลาน ผลจากการปรับปรุงกระบวนการพบว่าเวลาเฉลี่ยในการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์ลดลงเหลือเพียง 225 วินาทีต่อตู้หรือลดลงถึงร้อยละ 68.75 ซึ่งสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานลงได้กว่า 3.8 ล้านบาทต่อเดือน และระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์มีความพึงพอใจของผู้ใช้ในภาพรวมระดับมาก ($\bar{X}=4.06$, S.D.=1.07)

คำสำคัญ : ลานคอนเทนเนอร์ / ผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สาม / ระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Assistant Professor, Department of Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

**นักศึกษาสาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Student, Department of Logistics Management, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

ABSTRACT

This research article aimed to improve the operations in container yard of the 3PL company. The initial study of container yard operations revealed that an average time to search the container in the yard was 720 seconds per container. Lacking of communication between truck drivers and yard staff was a major problem. Therefore, the containers could not be determined its location in the yard and brought about difficulty of searching the containers. The container yard management system (CYMS) was introduced to solve the container operations problem. Firstly, each container parking locations in the yard was determined and encoded. Then, the processes of container management were redesigned. The improved process showed that the average container searching time reduced to 225 seconds per container or 68.75% reduction resulted in cost reduction 3.8 million Baht per month. In addition, the satisfaction of CYMS's users was at a high level (\bar{X} =4.06, S.D.=1.07).

Keywords : Container Yard / 3PL / Container Yard Management System

บทนำ

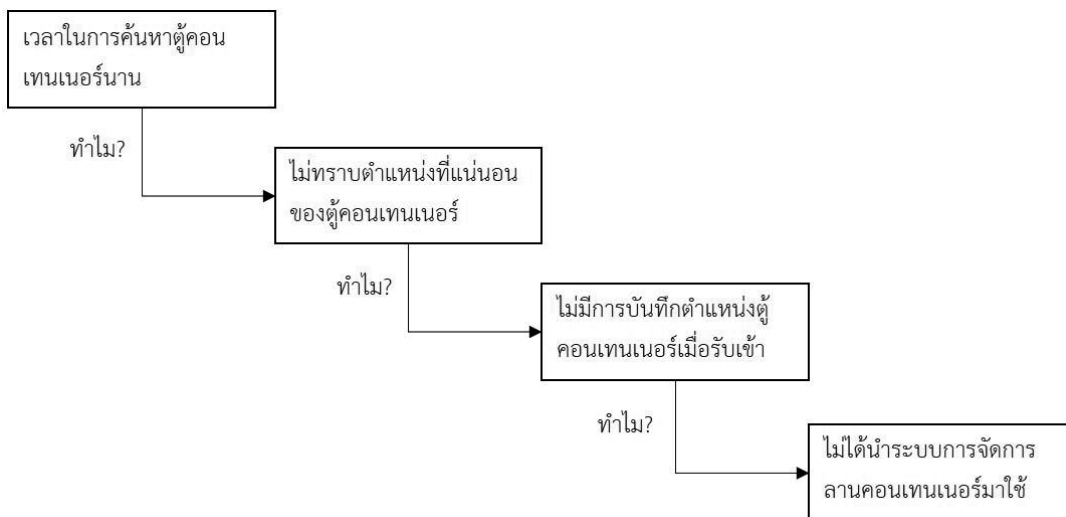
การขนส่งเป็นหนึ่งในกิจกรรมโลจิสติกส์ที่มีความสำคัญอย่างมาก โดยในปี พ.ศ.2560 มีการขนส่งสินค้าทั้งในประเทศและระหว่างประเทศรวมกันกว่า 900 ล้านตัน ในจำนวนนี้เป็น การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศกว่า 300 ล้านตัน คิดเป็นอัตราการขยายตัวถึงร้อยละ 24.8 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) ซึ่งในการขนส่งระหว่างประเทศนั้นจำเป็นต้องใช้ตู้คอนเทนเนอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยในการขนส่งเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่อตัวสินค้า ลดเวลาในการขนถ่ายสินค้า ลดระยะเวลาการจอดเรือและยังช่วยให้บริหารพื้นที่การจัดวางสินค้าบนเรือมีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย (สิริพร, รัชชานา และเสกสรร, 2555) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในท่าเรือแหลมฉบังซึ่งเป็นท่าเรือที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทยนั้น ในปี พ.ศ. 2562 ที่ผ่านมามีปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ผ่านเข้า-ออกท่าเรือแหลมฉบังจำนวนทั้งสิ้น 8,063,982 ทีอียู ดังนั้นการบริหารจัดการลานสำหรับวางตู้คอนเทนเนอร์จึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์ของประเทศไทย (การทำเรือแห่งประเทศไทย, 2563)

จะเห็นได้ว่าการรับส่งตู้คอนเทนเนอร์ภายในลานคอนเทนเนอร์เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการส่งออกและนำเข้าสินค้าทางทะเลด้วยระบบคอนเทนเนอร์ โดยปัจจุบันการรับส่งตู้คอนเทนเนอร์ใช้ระยะเวลาในการรับส่งตู้คอนเทนเนอร์ จากการศึกษาของสุนทร และคนอื่นๆ (2562) พบว่าบริษัทรถขนส่งที่เข้าไปรับตู้สินค้าและหรือตู้คอนเทนเนอร์เปล่าที่ลานตู้คอนเทนเนอร์ในเขตลาดกระบัง ใช้เวลาเฉลี่ยถึงคันละ 95 นาที ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรแออัดภายในลานตู้คอนเทนเนอร์และถนนสาธารณะ เพิ่มภาระต้นทุนการขนส่ง มีความเสี่ยงที่จะส่งสินค้าไม่ทันตามกำหนด ตลอดจนก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศอีกด้วย

ธุรกิจการให้บริการด้านโลจิสติกส์ มีประวัติศาสตร์อันยาวนานมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 โดยในช่วงเริ่มต้นจะเป็นการให้เข้าพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้า ต่อมาจึงได้ขยายขอบเขตการให้บริการครอบคลุมในด้านการตลาด การบรรจุสินค้า การขนส่งและกระจายสินค้า การส่งออกและนำเข้า ตลอดจนกิจกรรมเพิ่มมูลค่าอื่น (Value-added services) เช่น การประกอบชิ้นส่วนสินค้าขั้นตอนสุดท้าย การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพสินค้า การจัดการสินค้าคงคลังและโลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse logistics) การให้บริการด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ตลอดจนการให้คำปรึกษาด้านโลจิสติกส์ ซึ่งจากการที่มีบริการที่หลากหลายนี้เองทำให้ผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์ถูกเรียกในชื่อต่าง ๆ อาทิเช่น ธุรกิจรับขนส่งสินค้า (Carriers) ธุรกิจผู้ให้บริการจัดการคลังสินค้า (Warehouse operators) ตัวแทนผู้นำเข้าส่งออกสินค้า (Freight forwarder) รวมถึงบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สาม (Third Party Logistics Service Provider : 3PL) ซึ่งในบทความนี้จะหมายถึง บริษัทภายนอกที่ได้รับการว่าจ้างเป็นตัวแทนในการดำเนินงานกิจกรรมโลจิสติกส์ของผู้ว่าจ้าง ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนตลอดช่วงเวลาตามที่ตกลงกันไว้ (กฤติยา และคนอื่นๆ, 2562)

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการซึ่งได้ดำเนินงานในบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สามแห่งหนึ่งบริเวณท่าเรือแหลมฉบัง โดยบริษัทกรณีศึกษาดังกล่าวมีตู้คอนเทนเนอร์หมุนเวียนเข้ามาจัดเก็บในบริเวณลานคอนเทนเนอร์ของบริษัทเป็นปริมาณมาก จากการศึกษาข้อมูลย้อนหลังในปี พ.ศ. 2562 พบว่ามีปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่รับเข้ามาในลานคอนเทนเนอร์เฉลี่ยเดือนละ 12,704 ตู้ และจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบกว่าในการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์ที่ถูกจัดเก็บไว้ในลานคอนเทนเนอร์ใช้เวลาเฉลี่ย 12 นาทีต่อตู้ และมีค่าใช้จ่ายในการยกย้ายเพื่อค้นหาตู้คอนเทนเนอร์เฉลี่ย 1,500 บาทต่อตู้อีกด้วย ซึ่งความล่าช้าในการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์และการบริหารจัดการพื้นที่เก็บตู้คอนเทนเนอร์ระหว่างขนส่งนั้นถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการของลูกค้า (ดวงใจ, 2558) หากบริษัทไม่มีการปรับปรุงแก้ไขในประเด็นดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อรายได้และผลประโยชน์ในอนาคตได้ (สุนทร และคนอื่นๆ, 2562)

จากการวิเคราะห์สาเหตุของสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้นด้วยการวิเคราะห์ทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์สาเหตุโดยวิธีการถามคำถามว่าทำไม-ทำไม (ภิม และคณะ, 2556) โดยกระบวนการวิเคราะห์จะกระทำโดยถามคำว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งพบปัจจัยที่เป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (คลอเคลีย, 2562) โดยการวิเคราะห์จะเริ่มจากการเขียนโครงข่าย Why-Why ซึ่งจะมีโครงสร้างเหมือนกัน คือด้านซ้ายมือจะเป็นส่วนที่แสดงปัญหาที่จะแก้ไขและด้านขวามือจะเป็นสาเหตุของปัญหา (กนกวรรณ และคนอื่นๆ, 2562) ปัญหาซึ่งจากการศึกษาพบว่าสาเหตุหลักเกิดจากการขาดการบันทึกข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของคอนเทนเนอร์ที่รับเข้ามาโดยละเอียด และไม่มีกรนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังแสดงในภาพที่ 1



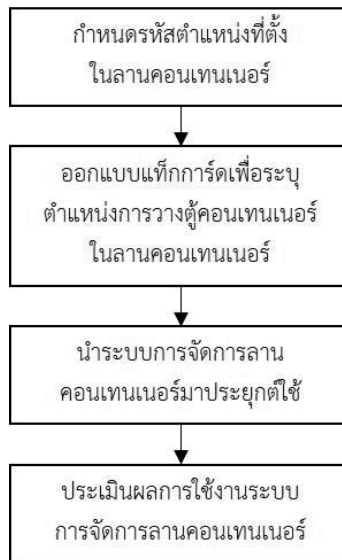
ภาพที่ 1 การวิเคราะห์สาเหตุด้วยวิธี Why-Why Analysis

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการดำเนินงานภายในลานคอนเทนเนอร์ของผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สามที่เป็นกรณีศึกษาดังกล่าว โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการบันทึกข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของผู้คอนเทนเนอร์ที่รับเข้าลานคอนเทนเนอร์เพื่อช่วยลดเวลาการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์ในลานคอนเทนเนอร์และเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของลานคอนเทนเนอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งดำเนินการในพื้นที่ของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สามซึ่งเป็นกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยเครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย (1) การวิเคราะห์สาเหตุด้วยวิธี Why-Why Analysis (2) เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการจัดการ และ (3) แบบสอบถามมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ ระยะเวลาในการทำการศึกษาวิจัยเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563

วิธีดำเนินการวิจัยจะเริ่มจาก (1) กำหนดรหัสตำแหน่งที่ตั้งในลานคอนเทนเนอร์ (2) ออกแบบแท็กการ์ดเพื่อใช้ในการสื่อสารเกี่ยวกับตำแหน่งตู้คอนเทนเนอร์ระหว่างพนักงานขับรถบรรทุกและพนักงานประจำลานคอนเทนเนอร์ (3) นำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการลานคอนเทนเนอร์มาใช้ และ (4) ประเมินผลการใช้ระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

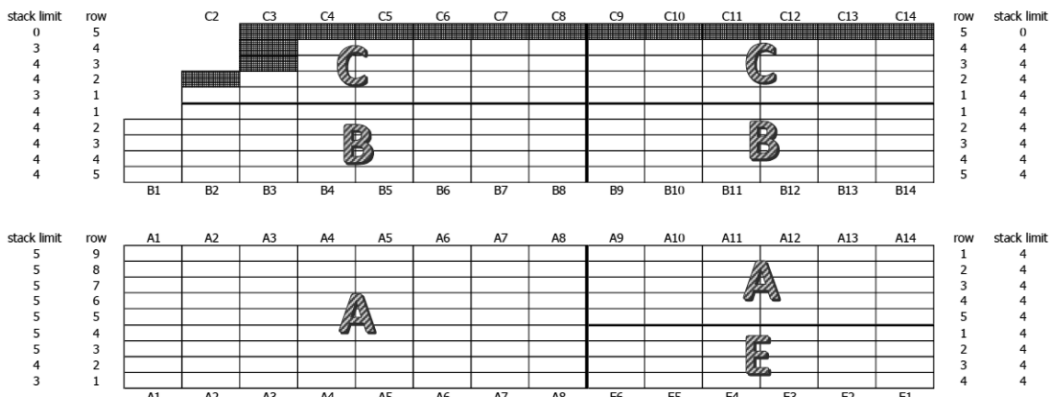
ในส่วนของการประเมินผลการใช้งานระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์จะใช้แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศของผู้ใช้งานระบบ (ธนภฤต และอัจฉรีย์, 2559) ซึ่งมีจำนวนประชากรทั้งหมด 17 คน แบ่งพนักงานแผนก Operations 6 คน และแผนก Container Yard 11 คน โดยทำการเลือกผู้ตอบแบบเจาะจงจากพนักงานในแผนก Operations จำนวน 2 คน และแผนก Container Yard จำนวน 7 คน รวมเป็น 9 คน ซึ่งแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบจะเป็นแบบสอบถามมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ด้านละ 4 ข้อ รวม 20 ข้อ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน โดยข้อคำถามทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item objectives congruence index : IOC) ไม่ต่ำกว่า 0.5 คะแนนทุกข้อคำถาม จากนั้นนำมาประมวลผลทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วจึงทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับเกณฑ์ประเมินดังแสดงในตารางที่ 1 (ธีรวุฒิ และคนอื่นๆ, 2562)

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมิน (Best, J.W. & Kahn, J.V., 2014)

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.50 – 5.00	มากที่สุด
3.50 – 4.49	มาก
2.50 – 3.49	ปานกลาง
1.50 – 2.49	น้อย
1.00 – 1.49	น้อยที่สุด

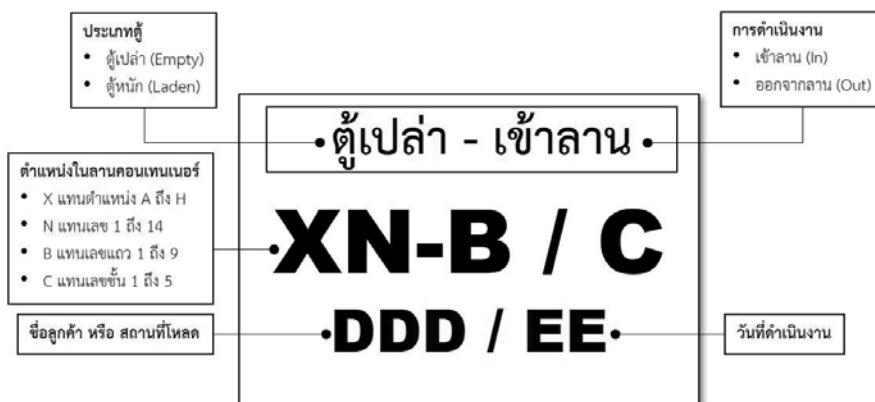
ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดรหัสตำแหน่งของจุดวางตู้คอนเทนเนอร์ในลานคอนเทนเนอร์ โดยตำแหน่งในลานคอนเทนเนอร์จะกำหนดโซน A ถึง H โดยแต่ละโซนจะมีรหัสตำแหน่งย่อย เช่น โซน A จะประกอบไปด้วยตำแหน่ง A1 ถึง A14 แต่ละตำแหน่งสามารถวางตู้คอนเทนเนอร์ได้ 4 ถึง 9 แถว และแต่ละแถวจะสามารถวางตู้คอนเทนเนอร์ซ้อนกันได้ 3 ถึง 5 ชั้น ซึ่งเมื่อกำหนดตำแหน่งแล้วได้จัดทำแผนผังการจัดวางดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งในลานคอนเทนเนอร์ของบริษัทกรมศึกษา

จากนั้นได้ทำการออกแบบกระบวนการทำงานใหม่สำหรับ 4 กระบวนการ ดังนี้คือ (1) การนำตู้คอนเทนเนอร์เปล่าเข้าลานคอนเทนเนอร์ (Empty In) (2) การนำตู้คอนเทนเนอร์เปล่าออกจากลานคอนเทนเนอร์ (Empty Out) (3) การนำตู้คอนเทนเนอร์หนักเข้าลานคอนเทนเนอร์ (Laden In) และ (4) การนำตู้คอนเทนเนอร์หนักออกจากลานคอนเทนเนอร์ (Laden Out) ซึ่งต้องมีการใช้แท็กการ์ด (Tag Card) ซึ่งได้ออกแบบไว้สำหรับการระบุตำแหน่งที่ชัดเจนของตู้คอนเนอร์ ดังแสดงในภาพที่ 4

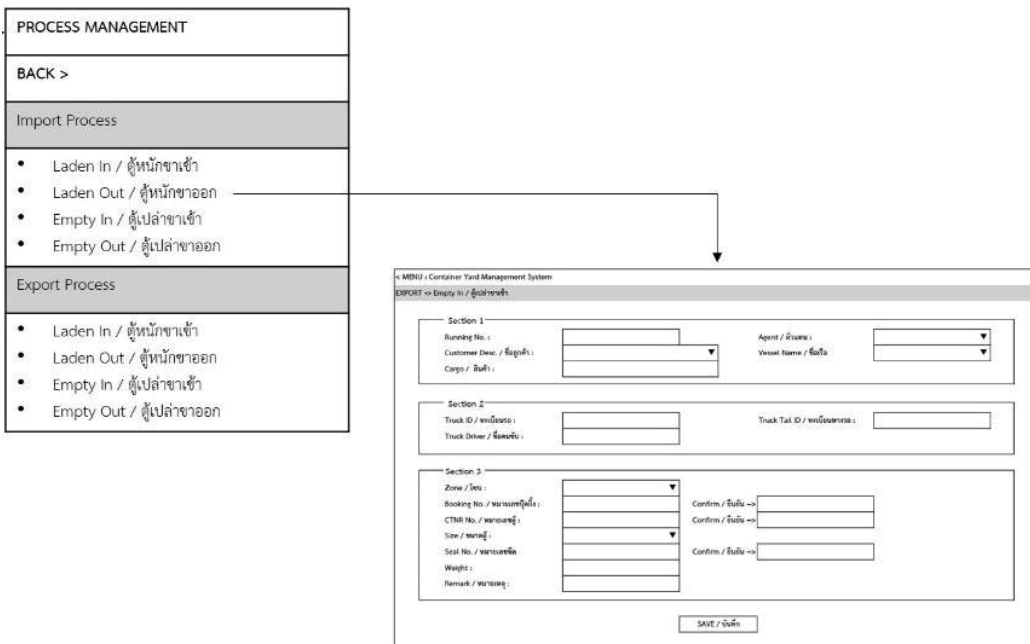


ภาพที่ 4 แท็กการ์ดระบุตำแหน่งตู้คอนเทนเนอร์สำหรับพนักงานขับรถบรรทุก

ในกระบวนการดำเนินงานที่ออกแบบขึ้นมาใหม่นั้น พนักงานขับรถบรรทุกจะต้องนำไปขับเข้าไปแลกแท็กการ์ดก่อนซึ่งจะมีการระบุตำแหน่งตู้คอนเทนเนอร์อย่างชัดเจน โดยหากเป็นการนำตู้คอนเทนเนอร์เข้าสู่ลานคอนเทนเนอร์นั้นพนักงานประจำลานคอนเทนเนอร์จะเป็นผู้บันทึกข้อมูลของตู้คอนเทนเนอร์ที่รับเข้าลงในระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์ (Container Yard Management System, CYMS) โดยระบบจะแสดงผลของตำแหน่งในลานคอนเทนเนอร์ที่วางเพื่อให้เจ้าหน้าที่เลือกตำแหน่งสำหรับตู้คอนเทนเนอร์ที่กำลังดำเนินการรับเข้าและบันทึกลงในระบบพร้อมทั้งเขียนตำแหน่งดังกล่าวลงบนแท็กการ์ดเพื่อให้พนักงานขับรถบรรทุกนำตู้คอนเทนเนอร์ไปไว้ ณ ตำแหน่งที่ได้ระบุไว้อย่างถูกต้อง

ในทางกลับกัน หากเป็นกระบวนการดำเนินงานเกี่ยวกับการนำตู้คอนเทนเนอร์ออกจากลานคอนเทนเนอร์ พนักงานขับรถบรรทุกก็เพียงแค่แจ้งหมายเลขตู้คอนเทนเนอร์ให้กับเจ้าหน้าที่ประจำลานคอนเทนเนอร์เพื่อทำการกรอกหมายเลขดังกล่าวลงในระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์ ระบบดังกล่าวก็จะแสดงให้ทราบถึงตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์นั้นในลานคอนเทนเนอร์ โดยเจ้าหน้าที่ประจำลานคอนเทนเนอร์ก็จะเขียนตำแหน่งลงบนแท็กการ์ดแล้วส่งมอบให้กับพนักงานขับรถบรรทุกเพื่อนำรถไปจอดรอการขึ้นตู้คอนเทนเนอร์ ณ ตำแหน่งที่ระบุไว้

ระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์ที่กล่าวข้างต้นเป็นโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นมาด้วยภาษา PHP โดยเจ้าหน้าที่ของแผนกเทคโนโลยีสารสนเทศของบริษัทผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์บุคคลที่สามซึ่งเป็นกรณีศึกษา ดังแสดงตัวอย่างหน้าจอที่ติดต่อกับผู้ใช้ (User's interface) ในภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการทำงานเมื่อดำเนินการรับตู้เปล่าเข้าลาน

<table border="1"> <tr><td colspan="8">A</td></tr> <tr><td colspan="8">Capacity : 510</td></tr> <tr><td colspan="8">Total Actual : 101</td></tr> <tr><td colspan="8">- Reserve 1</td></tr> <tr><td colspan="8">- Put Away 100</td></tr> <tr><td colspan="8">Balance : 409</td></tr> </table>								A								Capacity : 510								Total Actual : 101								- Reserve 1								- Put Away 100								Balance : 409								<table border="1"> <tr><td colspan="8">B</td></tr> <tr><td colspan="8">Capacity : 510</td></tr> <tr><td colspan="8">Total Actual : 101</td></tr> <tr><td colspan="8">- Reserve 1</td></tr> <tr><td colspan="8">- Put Away 100</td></tr> <tr><td colspan="8">Balance : 409</td></tr> </table>								B								Capacity : 510								Total Actual : 101								- Reserve 1								- Put Away 100								Balance : 409								<table border="1"> <tr><td colspan="8">C</td></tr> <tr><td colspan="8">Capacity : 510</td></tr> <tr><td colspan="8">Total Actual : 101</td></tr> <tr><td colspan="8">- Reserve 1</td></tr> <tr><td colspan="8">- Put Away 100</td></tr> <tr><td colspan="8">Balance : 409</td></tr> </table>								C								Capacity : 510								Total Actual : 101								- Reserve 1								- Put Away 100								Balance : 409							
A																																																																																																																																																																							
Capacity : 510																																																																																																																																																																							
Total Actual : 101																																																																																																																																																																							
- Reserve 1																																																																																																																																																																							
- Put Away 100																																																																																																																																																																							
Balance : 409																																																																																																																																																																							
B																																																																																																																																																																							
Capacity : 510																																																																																																																																																																							
Total Actual : 101																																																																																																																																																																							
- Reserve 1																																																																																																																																																																							
- Put Away 100																																																																																																																																																																							
Balance : 409																																																																																																																																																																							
C																																																																																																																																																																							
Capacity : 510																																																																																																																																																																							
Total Actual : 101																																																																																																																																																																							
- Reserve 1																																																																																																																																																																							
- Put Away 100																																																																																																																																																																							
Balance : 409																																																																																																																																																																							
A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08																																																																																																																																																
A09	A10	A11	A12	A13	A14			B09	B10	B11	B12	B13	B14			C09	C10	C11	C12	C13	C14																																																																																																																																																		
<table border="1"> <tr><td colspan="8">D</td></tr> <tr><td colspan="8">Capacity : 510</td></tr> <tr><td colspan="8">Total Actual : 101</td></tr> <tr><td colspan="8">- Reserve 1</td></tr> <tr><td colspan="8">- Put Away 100</td></tr> <tr><td colspan="8">Balance : 409</td></tr> </table>								D								Capacity : 510								Total Actual : 101								- Reserve 1								- Put Away 100								Balance : 409								<table border="1"> <tr><td colspan="8">E</td></tr> <tr><td colspan="8">Capacity : 510</td></tr> <tr><td colspan="8">Total Actual : 101</td></tr> <tr><td colspan="8">- Reserve 1</td></tr> <tr><td colspan="8">- Put Away 100</td></tr> <tr><td colspan="8">Balance : 409</td></tr> </table>								E								Capacity : 510								Total Actual : 101								- Reserve 1								- Put Away 100								Balance : 409								<table border="1"> <tr><td colspan="8">F</td></tr> <tr><td colspan="8">Capacity : 510</td></tr> <tr><td colspan="8">Total Actual : 101</td></tr> <tr><td colspan="8">- Reserve 1</td></tr> <tr><td colspan="8">- Put Away 100</td></tr> <tr><td colspan="8">Balance : 409</td></tr> </table>								F								Capacity : 510								Total Actual : 101								- Reserve 1								- Put Away 100								Balance : 409							
D																																																																																																																																																																							
Capacity : 510																																																																																																																																																																							
Total Actual : 101																																																																																																																																																																							
- Reserve 1																																																																																																																																																																							
- Put Away 100																																																																																																																																																																							
Balance : 409																																																																																																																																																																							
E																																																																																																																																																																							
Capacity : 510																																																																																																																																																																							
Total Actual : 101																																																																																																																																																																							
- Reserve 1																																																																																																																																																																							
- Put Away 100																																																																																																																																																																							
Balance : 409																																																																																																																																																																							
F																																																																																																																																																																							
Capacity : 510																																																																																																																																																																							
Total Actual : 101																																																																																																																																																																							
- Reserve 1																																																																																																																																																																							
- Put Away 100																																																																																																																																																																							
Balance : 409																																																																																																																																																																							
D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	E01	E02	E03	E04	E05	E06			F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08																																																																																																																																																
																F09	F10																																																																																																																																																						
<table border="1"> <tr><td colspan="8">G</td></tr> <tr><td colspan="8">Capacity : 510</td></tr> <tr><td colspan="8">Total Actual : 101</td></tr> <tr><td colspan="8">- Reserve 1</td></tr> <tr><td colspan="8">- Put Away 100</td></tr> <tr><td colspan="8">Balance : 409</td></tr> </table>								G								Capacity : 510								Total Actual : 101								- Reserve 1								- Put Away 100								Balance : 409								<table border="1"> <tr><td colspan="8">H</td></tr> <tr><td colspan="8">Capacity : 510</td></tr> <tr><td colspan="8">Total Actual : 101</td></tr> <tr><td colspan="8">- Reserve 1</td></tr> <tr><td colspan="8">- Put Away 100</td></tr> <tr><td colspan="8">Balance : 409</td></tr> </table>								H								Capacity : 510								Total Actual : 101								- Reserve 1								- Put Away 100								Balance : 409																																																															
G																																																																																																																																																																							
Capacity : 510																																																																																																																																																																							
Total Actual : 101																																																																																																																																																																							
- Reserve 1																																																																																																																																																																							
- Put Away 100																																																																																																																																																																							
Balance : 409																																																																																																																																																																							
H																																																																																																																																																																							
Capacity : 510																																																																																																																																																																							
Total Actual : 101																																																																																																																																																																							
- Reserve 1																																																																																																																																																																							
- Put Away 100																																																																																																																																																																							
Balance : 409																																																																																																																																																																							
G01	G02	G03	G04	G05				H01	H02	H03	H04	H05																																																																																																																																																											

ภาพที่ 6 ตัวอย่างการทำงานเมื่อระบบแสดงตำแหน่งที่สามารถจัดวางตู้คอนเทนเนอร์ได้

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองค้นหาตู้คอนเทนเนอร์จำนวน 20 ตู้ และนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยของเวลาการค้นหาตู้ที่เกิดขึ้นภายหลังการปรับปรุงการดำเนินงานในลานคอนเทนเนอร์ พบว่าเวลาในการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์ในลานคอนเทนเนอร์เฉลี่ยอยู่ที่เพียง 225 วินาทีต่อตู้ คิดเป็นเวลาที่สามารถลดลงได้ร้อยละ 68.75 โดยเมื่อทราบตำแหน่งที่ตู้คอนเทนเนอร์ที่แน่นอนจะลดจำนวนครั้งที่ทำการยกหรือย้ายตู้จากเดิมเฉลี่ย 6 ครั้งต่อตู้เหลือเพียง 4 ครั้งต่อตู้ซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการขนย้ายซึ่งโดยปกติการยกย้ายตู้เปล่าจะเสียค่าใช้จ่ายครั้งละ 100 บาทต่อตู้ และการยกย้ายตู้หนักจะเสียค่าใช้จ่ายครั้งละ 150 บาทต่อตู้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ต้นทุนที่สามารถประหยัดได้จากการปรับปรุงการดำเนินงานในลานคอนเทนเนอร์ (ต่อตู้)

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง
จำนวนการยกตู้ (ครั้งต่อตู้)	6	4	ลดลง 2 ครั้งต่อตู้
เวลาการค้นหาตู้เฉลี่ย (วินาทีต่อตู้)	720	225	ลดลง 495 วินาทีต่อตู้
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน			
1) ค่ายกย้ายตู้เปล่า (บาทต่อตู้)	600	400	ลดลง 200 บาทต่อตู้
2) ค่ายกย้ายตู้หนัก (บาทต่อตู้)	900	600	ลดลง 300 บาทต่อตู้

เมื่อนำปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ผ่านเข้าออกลานคอนเทนเนอร์ของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สามซึ่งเป็นบริษัทในกรณีศึกษาในปี พ.ศ. 2562 ที่ผ่านและนำมาพยากรณ์ปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่จะผ่านเข้าออกลานคอนเทนเนอร์ของบริษัทฯ ในปี พ.ศ. 2563 ด้วยตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สามเดือน (3 months Moving Average) พบว่าการปรับปรุงการดำเนินงานในลานคอนเทนเนอร์โดยใช้ระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์จะสามารถลดต้นทุนในการขนย้ายตู้คอนเทนเนอร์ได้ถึง 3.8 ล้านบาทต่อเดือนโดยเฉลี่ย

ในส่วนของผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์นั้นพบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก (\bar{X} =4.06, S.D.=1.07) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าผู้ที่มีความพึงพอใจในด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบสูงสุด โดยมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.36, S.D.=0.76) และผู้ที่มีความพึงพอใจน้อยที่สุดในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (\bar{X} =3.86, S.D.=1.17) โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบการจัดการลานคอนเทนเนอร์

หัวข้อการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
1. ด้านความตรงความต้องการ (Functional Requirement Test)			
1) ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามความต้องการ	4.22	0.97	มาก
2) การประมวลผลมีความรวดเร็วและถูกต้อง	4.33	0.87	มาก
3) การแก้ไขข้อมูลสามารถทำได้ตรงตามความต้องการ	3.56	1.33	มาก
4) รูปแบบการแสดงผลเหมาะสมตรงตามความต้องการ	4.11	1.17	มาก
รวม	4.06	1.09	มาก
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ (Functional Test)			
1) การแสดงผลตำแหน่งของตู้คอนเทนเนอร์มีความถูกต้อง	4.44	0.73	มาก
2) การประมวลผลข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำ	4.44	0.73	มาก
3) เวลาในการประมวลผลข้อมูลมีความรวดเร็ว	4.22	0.83	มาก
4) การจัดการข้อมูลกระทำได้ง่ายและรวดเร็ว	4.33	0.87	มาก
รวม	4.36	0.76	มาก
3. ด้านการติดต่อกับผู้ใช้โปรแกรม (Usability Test)			
1) การใช้งานของระบบ สามารถใช้งานได้ง่าย	4.22	0.97	มาก
2) ความเหมาะสมในการจัดวางองค์ประกอบในหน้าจอ	4.00	1.22	มาก

ตารางที่ 3 (ต่อ)

หัวข้อการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
3) ความเหมาะสมในการรายงานข้อมูลต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง	3.89	1.05	มาก
4) รูปแบบการใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	3.89	1.36	มาก
5) การแสดงผลลัพธ์มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	3.89	1.36	มาก
รวม	3.98	1.16	มาก
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security Test)			
1) การรักษาความปลอดภัยโดยรวมมีความเหมาะสม	3.78	1.30	มาก
2) ความปลอดภัยขณะเข้าสู่ระบบมีความเหมาะสม	3.78	1.20	มาก
3) การตรวจสอบก่อนเข้าสู่ระบบมีความเหมาะสม	4.00	1.22	มาก
4) ความปลอดภัยในการใช้งานระบบตามลำดับขั้นตอน	3.89	1.17	มาก
รวม	3.86	1.17	มาก
ความพึงพอใจในภาพรวมของระบบทั้งหมด	4.06	1.07	มาก

อภิปรายผล

ผลการปรับปรุงการดำเนินงานในลานคอนเทนเนอร์ของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สามที่เป็นกรณีศึกษาโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการตำแหน่งที่ตั้งของตู้คอนเทนเนอร์สามารถลดเวลาในการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์ร้อยละ 68.75 อีกทั้งช่วยให้ประหยัดต้นทุนกว่า 3.8 ล้านบาทต่อเดือนซึ่งเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของบริษัทฯ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิตรารณ (2553) ซึ่งได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการลานคอนเทนเนอร์โดยทำการจัดแผนผังของลานคอนเทนเนอร์ใหม่และปรับปรุงกระบวนการในลานคอนเทนเนอร์ทำให้สามารถลดเวลาการเข้ารับบริการของรถหัวลากลงได้ร้อยละ 38.92 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของดวงใจ (2558) ที่สรุปว่าความเร็วในการค้นหาตู้คอนเทนเนอร์และการบริหารจัดการพื้นที่เก็บตู้คอนเทนเนอร์ระหว่างขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการของลูกค้าอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณแหล่งข้อมูลจากบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์บุคคลที่สามที่เป็นกรณีศึกษาในบทความฉบับนี้ รวมถึงพนักงานในแผนก CS และ Operations ของบริษัทดังกล่าวที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่ใช้ในการจัดการลานคอนเทนเนอร์

เอกสารอ้างอิง

- กฤติยา ยวงนิชย์, นิภา รุ่งเรืองวุฒิไกร และธัญชนก เกิดศักดิ์สิทธิ์. (2562). การใช้บริการจากผู้ให้บริการด้าน
โลจิสติกส์: ปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกและที่เป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพการบริการต่างกัน. **วารสาร
อิเล็กทรอนิกส์ Veridian มหาวิทยาลัยศิลปากร (มนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์และศิลปะ)**, 12(6),
53-73.
- กนกวรรณ สุภักดี และคนอื่นๆ. (2562). **วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.**, 12(2), 112-122.
การทำเรือแห่งประเทศไทย. (2563). **สถิติรายปีท่าเรือแหลมฉบัง พ.ศ. 2562**. กรุงเทพฯ : การท่าเรือ
แห่งประเทศไทย.
- คลอเคลีย วจนะวิชาการ. (2562). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตห้อง 9 จูม กรณีศึกษา ชุมชนถิ่นฐานทำ
ห้องบ้านคอนสาย จังหวัดอุบลราชธานี. **วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.**, 12(2), 86-98.
- จิตรารณณ์ คงพูล. (2553). **การปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการลานวางตู้คอนเทนเนอร์.**
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ดวงใจ จันทร์ตาแสง. (2558). ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการให้บริการขนส่งด้วยตู้คอนเทนเนอร์ :
กรณีศึกษา บริษัทอุตสาหกรรมในเขตบางนา กรุงเทพมหานคร. **วารสารวิทยาลัยโลจิสติกส์และ
ซัพพลายเชน**, 1(1), 26-32.
- ธนกฤต บุตรอ่อน และอัจฉริย์ พิมพ์มูล. (2559). การพัฒนาระบบพัสดุ แผนและงบประมาณเพื่อการบริหาร
โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา. **วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**, 6(1), 120-134.
- ธีรวุฒิ พุ่มเอี่ยม, พระครูโกศลวชิรภิก และฉัฒมิษา ต้นดีสันติสม. (2562). การพัฒนาเว็บไซต์นำเสนอวัด
ประตูลาย จ.กำแพงเพชร ด้วยภาพ 3 มิติ. **สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 6(1),
95-103.
- กิม พรประเสริฐ และคณิศร ภูนิคม. (2556). การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตกระดาษ กรณีศึกษากลุ่ม
วิสาหกิจชุมชนในจังหวัดอุบลราชธานี. **วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ
อุบลราชธานี**, 3(6), 61-72.
- สภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. (2562). **รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทย ประจำปี
2561**. กรุงเทพฯ : สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- สิริพร เรืองสุข, รัชชานา สีนวาลัย และเสกสรร สุธรรมานนท์. (2555). การศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดตั้ง
โรงงานซ่อมตู้คอนเทนเนอร์ในเขตจังหวัดสงขลา. **วารสารศรีปทุมปริทรรศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี**, 4(1), 73-80.
- สุนทร ผจญ, รัชฎา พงษ์อนิก และสมเกียรติ กอบัวแก้ว. (2562). ประสิทธิภาพกับการบริหารการรับส่ง
ตู้คอนเทนเนอร์เปล่า ณ ลานตู้คอนเทนเนอร์. **วารสารสมาคมนักวิจัย**, 24(2), 123-134.
- Best, J. W., & Kahn, J. V. (2006). **Research in education**. Boston: Allyn and Bacon.



การเปรียบเทียบระบบการกรองก๊าซชีวภาพด้วย ฝอยเหล็ก สารละลายต่าง และถ่านกัมมันต์
เพื่อลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

The comparatives of biogas filter system using namely steel capillary, alkaline
solution and charcoal for remove hydrogen sulfide

นายทยา เจริญสุข*

Narttaya Chareonsuk

เดชา โฉมงามดี*

Decha Chomngamdee

Received : April 12, 2020

Revised : June 2, 2020

Accepted : July 17, 2020

บทคัดย่อ

ปัจจุบันก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นพลังงานทางเลือกอย่างหนึ่ง จากองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่ามีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งส่งผลทำให้คุณภาพของก๊าซชีวภาพลดลง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยศึกษาการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เปรียบเทียบผ่านวัสดุดูดซับ 3 ชนิด คือ ฝอยเหล็ก ที่ปริมาณ 1, 1.5, 2 และ 2.5 กิโลกรัม สารละลาย NaOH ที่ pH 8, 9, 10 และ 11 และถ่านกัมมันต์ ที่ปริมาณ 1, 2, 3 และ 4 กิโลกรัม ในถังกรองขนาด 25 ลิตร จากระบบการหมักก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยนำก๊าซชีวภาพให้ผ่านวัสดุกรองที่อัตราการไหล 0.35 ลิตรต่อนาที วัดปริมาณก๊าซก่อนผ่านวัสดุกรองพบก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 1,305 ppm และก๊าซมีเทน (CH_4) 70.8% ในถังหมักขนาด 100 ลิตร ผลการทดลองพบว่า เมื่อก๊าซชีวภาพกรองผ่านฝอยเหล็กสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้สูงสุด 98.9 % ที่ปริมาณฝอยเหล็ก 2.5 kg กรองผ่านสารละลาย NaOH สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้สูงสุด 95.6 % ที่ pH 11 และกรองผ่านถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้สูงสุด 50 % ที่ปริมาณถ่านกัมมันต์ 4 กิโลกรัม และเมื่อนำมากรองผ่านวัสดุทั้ง 3 ชนิด สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้สูงสุด 99 %

คำสำคัญ : ระบบกรองก๊าซ / ก๊าซชีวภาพ / ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Nonthaburi campus

ABSTRACT

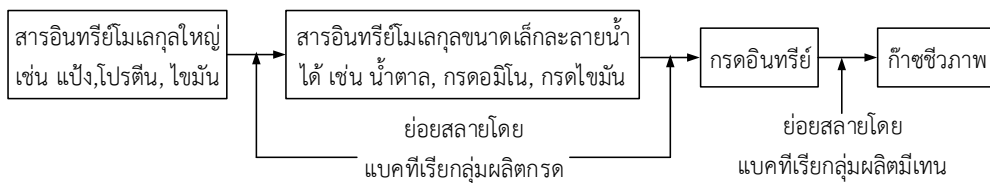
Nowadays, biogas is an alternative energy. From the composition of biogas, it is found that there is hydrogen sulfide gas (H_2S) which causes the quality of the biogas to decrease. The objective of this research is to reduce the amount of hydrogen sulphide gas. By studying the adsorption of hydrogen sulphide gas (H_2S) comparing through 3 absorbent materials which are Capillary steel at the amount of 1, 1.5, 2 and 2.5 kg NaOH solution at pH 8, 9, 10 and 11 and activated carbon at the amount of 1, 2, 3 and 4 kg in a 25 liter filter tank. From anaerobic fermentation (Anaerobic) system, this research is conducted by taking biogas through the filter material at a flow rate of 0.35 liters per minute, measuring the amount of gas before passing through the filter material, found 1,305 ppm hydrogen sulfide (H_2S) and Methane (CH_4) 70.8% in a 100 liter fermentation tank. The results showed that When biogas is filtered through steel capillaries, hydrogen sulfide gas (H_2S) can be removed up to 98.9% at the amount of 2.5 kg of capillary filtered through NaOH solution. Can get rid of hydrogen sulfide gas (H_2S) up to 95.6% at pH 11 and filter through activated carbon, can get rid of hydrogen sulfide gas (H_2S) up to 50% at the amount of activated carbon 4 kilograms. 3 types can eliminate up to 99% of hydrogen sulfide gas.

Keywords : Biogas Filter System / Biogas / Hydrogen Sulfide

บทนำ

จากรายงานคุณภาพพลังงานของประเทศไทย ประจำปี พ.ศ. 2561 (กระทรวงพลังงาน, 2561) ประเทศไทยมีการใช้พลังงานจำแนกตามชนิดพลังงานดังต่อไปนี้ น้ำมันสำเร็จรูป 49.29%, ไฟฟ้า 20.02%, พลังงานหมุนเวียน 9.43%, ถ่านหิน 8.18%, ก๊าซธรรมชาติ 6.87% และพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม 6.21% จากรายงานดังกล่าวเมื่อพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย ในรูปแบบเชื้อเพลิงชีวภาพตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-พ.ศ.2561 มีแนวโน้มในการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงชีวภาพที่เพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากรัฐบาลเริ่มให้การสนับสนุนการใช้งานระบบผลิตก๊าซชีวภาพในโรงงานอุตสาหกรรมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) ก๊าซชีวภาพที่นำมาผลิตไฟฟ้านั้น มาจากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรรวมถึงขยะมูลฝอย โดยส่วนใหญ่แล้วสถานที่ๆ สามารถผลิตน้ำเสียได้มากเพียงพอที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้นั้น ต้องเป็นโรงงานหรือฟาร์มปศุสัตว์ที่นำน้ำสะอาดเข้าไปใช้ในกระบวนการผลิตจำนวนมากจึงจะได้น้ำเสียออกจากระบบมาก เช่น โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ฟาร์มสุกรขนาดต่างๆ ฯลฯ ดังที่กล่าวมาข้างต้นน้ำเสียที่ได้ออกมานั้นสามารถนำมาเข้ากระบวนการหมักเพื่อที่จะนำก๊าซชีวภาพมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) หมายถึงก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไม่ใช้อากาศ ด้วยแบคทีเรีย 2 กลุ่มคือแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรด (Acid forming bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทน (Methane producing bacteria) โดยแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลที่เล็กลงจนกลายเป็นกรดอินทรีย์ จากนั้นแบคทีเรียกลุ่มผลิตมีเทนจะใช้สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเล็กเป็นสารอาหารและย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพ (Breur & Andel, 1987) ดังภาพที่ 1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้ ก๊าซมีเทน (CH₄) 50-70 %, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) 20-50 %, ไอน้ำ (H₂O) 0-10 %, ก๊าซไนโตรเจน (N₂) 0-5 %, ก๊าซออกซิเจน (O₂) 0-2 %, ก๊าซแอมโมเนีย (NH₃) 0-1 % และ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) 50-10,000 ppm



ภาพที่ 1 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ

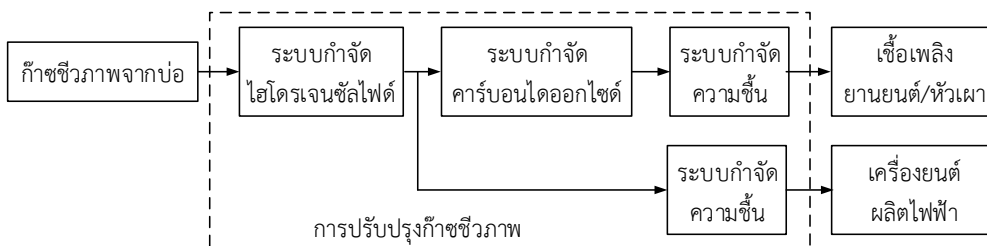
การนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์มีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 ประการคือ

1) การใช้เป็นเชื้อเพลิงที่ห่วยสำหรับหม้อน้ำ หรือหม้อน้ำร้อน ซึ่งก๊าซชีวภาพสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงเติมได้ทุกชนิด ปัญหาที่พบเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพเป็นเชื้อเพลิงที่ห่วย เช่น การจุดเตาไม่ติด การระเบิดในห้องเผาไหม้ในขณะที่จุดเตาหรือขณะเดินเครื่อง เปลวไฟกระพือและดับในขณะที่กำลังเร่งไฟ การระเบิดที่ปล่องไอเสีย การสูญเสียความร้อนในระบบกับอุณหภูมิปล่องไอเสียที่ร้อนจัด

2) การใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือใช้ในยานพาหนะ ซึ่งก๊าซชีวภาพสามารถใช้ทดแทนน้ำมันเบนซิน ก๊าซแอลพีจี หรือก๊าซธรรมชาติ องค์ประกอบอย่างอื่นที่ไม่ใช่ก๊าซมีเทนล้วนเป็นสิ่งเจือปนที่ไม่พึงประสงค์ซึ่งมีผลเสียต่อการใช้งานทั้งสิ้น ปัญหาที่พบเมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เช่น สตาร์ทเครื่องไม่ติดหรือติดยาก เครื่องยนต์ไม่มีกำลัง น้ำมันเครื่องสกปรกมาก และอายุสั้น ห้องเผาไหม้สกปรกมาก ปล่องไอเสียร้อนจัด วาล์วไอเสียไหม้และอายุสั้น เดินเครื่องได้ไม่ต่อเนื่อง ต้องหยุดเพื่อซ่อมบำรุงบ่อยมาก

ดังนั้นปัญหาที่มักเกิดขึ้นเมื่อนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน เมื่อเข้าสู่กระบวนการที่ผ่านเครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยไม่มีการกรองนำก๊าซอื่นๆ ที่ไม่ใช่ก๊าซมีเทนออกก่อนนำไปใช้งานนั้นทำให้เครื่องยนต์ได้รับความเสียหายส่งผลให้ระยะต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงประโยชน์ของการสร้างระบบกรองก๊าซชีวภาพเพื่อศึกษาระบบกรองก๊าซชีวภาพและถังหมักที่สามารถทำให้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นมีค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นไปตามมาตรฐาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) โดยเป้าหมายของการวิจัยในครั้งนี้คือ กำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้เหลือค่าน้อยกว่า 200 ppm โดยที่ก๊าซชีวภาพที่ผ่านการกรองจะต้องประกอบ

ไปด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากกว่า 45% ขึ้นไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพและควบคุมให้มีคุณภาพสม่ำเสมอเหมาะกับการใช้งานทุกสภาวะ ภาพที่ 2 แสดงแผนผังการปรับปรุงก๊าซชีวภาพ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

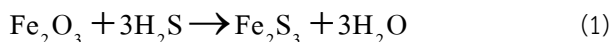


ภาพที่ 2 แผนผังการระบบการปรับปรุงก๊าซชีวภาพ

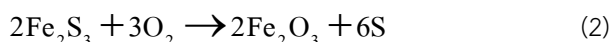
ระบบกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีการ คือ

1) กระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยของแข็ง โดยสารที่ใช้ในการดูดซับ ได้แก่ Iron Oxide (Fe_2O_3) ซึ่งในต่างประเทศนิยมใช้ในรูปแบบผงแต่ในประเทศไทยจะนิยมใช้ฝอยเหล็ก เมื่อมีการจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จนอิ่มตัวแล้วจะต้องมีการเปลี่ยนสารดูดซับใหม่แล้วนำสารดูดซับที่อิ่มตัวแล้วไปฟื้นฟูสภาพ ด้วยอากาศและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สมการที่ (1)

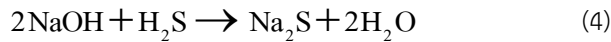
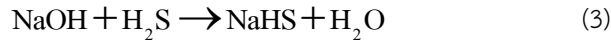


ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อมีการฟื้นฟูสภาพด้วยอากาศ สมการที่ (2)



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนโดยในช่วงการจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะมีการคายความร้อน 0.65 kJ/g ของ H_2S ดังนั้น ในช่วงการฟื้นฟูสภาพด้วยอากาศก็จะมีมีการคายความร้อน 5.8 kJ/g ของ H_2S ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงการฟื้นฟูสภาพ สารดูดซับจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากและมีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยในการฟื้นฟูสภาพของฝอยสนิมเหล็ก อาจจะทำอย่างง่าย คือ การนำมาตากแดดโดยเกลี่ยให้เป็นชั้นบางๆ สัก 2 ถึง 3 วัน เพื่อให้ออกซิเจนในอากาศไปทำปฏิกิริยาเกิดไพไรต์ (Pyrite) เป็นคราบสีดำ

2) กระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยสารละลายต่าง โดยอาศัยหลักการของความสามารถในการละลายของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ละลายในสารละลายที่มีค่าความเป็นด่าง pH สูง ($7 \leq \text{pH} \leq 10$) เทคโนโลยีนี้ประกอบไปด้วย หอดูดซึม (Absorption column) ซึ่งมีลักษณะเป็นแนวตั้ง ภายในหอดูดซึมมีการไหลของก๊าซส่วนใหญ่จะเป็นการไหลขึ้นหรืออาจจะเป็นในลักษณะที่ก๊าซถูกพ่นทางด้านล่างผ่านชั้นของสารละลาย โดยเมื่อก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไหลสวนทางกับสารละลายต่างจะเกิดการถ่ายเทมวลสาร โดยสารละลายที่ใช้ ได้แก่ น้ำที่มีค่า pH สูง หรือ น้ำปูนใส และ สารละลายโซดาไฟ เป็นต้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังสมการ (3) และ (4)



สารละลายที่ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ละลายลงไปแล้ว ทำให้ pH ของสารละลายลดลง และความสามารถในการละลายของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำลงด้วย จึงต้องมีการเปลี่ยนสารละลายใหม่อยู่เสมอ โดยส่วนใหญ่จะใช้การควบคุม pH ของสารละลายขาเข้าหอดูดซึมให้มี pH > 7 ในการใช้สารละลายที่เป็นด่างนี้ มีการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วในบ่อเปิดบ่อท้ายๆ ซึ่งมีค่า pH สูงมาใช้ ก็สามารถทำได้แต่ต้องใช้ปริมาณน้ำมาก และต้องควบคุม pH อยู่เสมอจึงจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูง

ระบบกำจัดความชื้นกระบวนการกำจัดความชื้นใช้สารดูดความชื้นกัมมันต์ โดยจะให้ก๊าซชีวภาพไหลผ่านจากล่างสู่บน ความสามารถของถ่านกัมมันต์สามารถถึงความชื้นออกจากก๊าซชีวภาพได้ เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติการกำจัดความชื้นเหมือนกับซิลิกาเจลทุกประการ

วัสดุกรองที่เกษตรกรนำมาใช้กรองกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยทั่วไป ได้แก่

1) ฝอยเหล็ก (Iron Oxide) เป็นฝอยเหล็กที่ได้มาจากการกลิ้ง โดยมีความสามารถในการปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สาเหตุเพราะมีสนิมเกิดขึ้นที่ฝอยเหล็กเป็นสนิมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นสารประกอบระหว่างเหล็กกับออกซิเจน เกิดเป็นไฮดรตเฟอริกออกไซด์ ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}_3$) เมื่อรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เกิดเป็นสารประกอบเหล็กซัลเฟต (สมชัย, 2546)

2) สารละลายด่าง (Alkaline Solution) โดยจะทำให้สารละลายมีขนาดเล็กโดยใช้หัวพ่นละอองน้ำโดยที่ค่า pH > 7 อาศัยหลักการเรื่องความสามารถในการละลายของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ละลายในสารละลายที่มีค่าความเป็นด่าง โดยเมื่อก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไหลสวนทางกับสารละลายด่างจะเกิดการถ่ายเทมวลสาร โดยสารละลายที่นิยมใช้ ได้แก่ น้ำปูนใส และ สารละลายโซดาไฟ (สมชัย, 2546)

3) ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) มีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จะต้องมีขนาดรูพรุนเหมาะสมกับก๊าซนั้นๆ คุณสมบัติทางเคมีของผิวถ่านกัมมันต์จะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยการดูดซับนั้นจะอาศัยหลักการแพร่ของก๊าซหรือสารประกอบเข้าไปในร่างแหรูพรุนภายในเม็ดถ่านซึ่งภายในจะเกิดปฏิกิริยาเคมี และความสามารถของถ่านกัมมันต์อีกอย่างคือ การดูดซับกลิ่น โดยถ่านกัมมันต์ผลิตได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ไม้ ถ่านหินลิกไนต์ หรือ กะลามะพร้าว เป็นต้น (สมชัย, 2546)

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้ทำการเปรียบเทียบวัสดุที่นำมาใช้ในการกรองโดยเลือกวัสดุมา 3 ชนิด ได้แก่ ฝอยเหล็ก สารละลายด่าง และถ่านกัมมันต์ โดยองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ (Biogas) ก่อนผ่านวัสดุกรอง พบปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) 70.8 % ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 26.9 % ก๊าซออกซิเจน 0% ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 1,305 ppm และก๊าซอื่นๆ 2.2 % ความดันภายในถังก๊าซชีวภาพ 1 บาร์เกจ อุณหภูมิ 27 °C ปริมาณถังก๊าซชีวภาพ 100 ลิตร

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

เครื่องมือ/อุปกรณ์การทดลอง

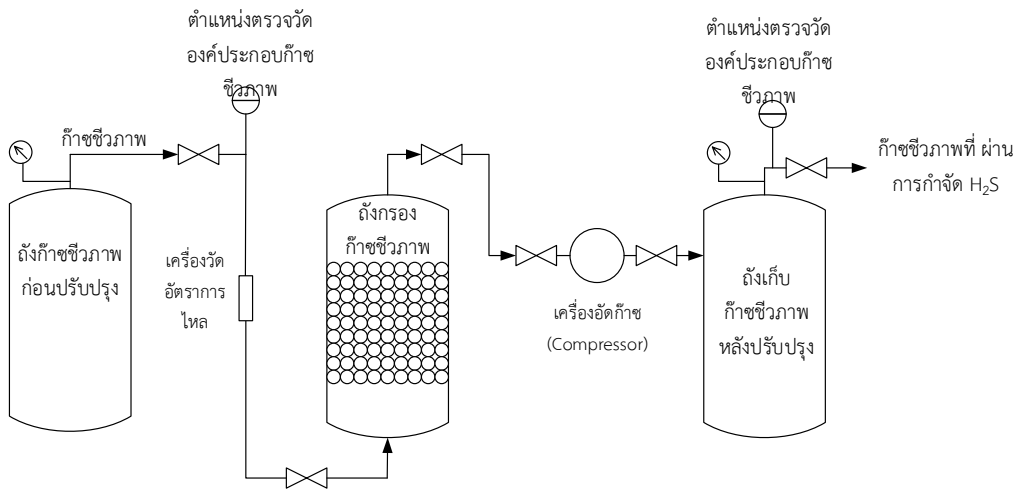
1. เครื่องวัดก๊าซชีวภาพ เครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจวัดคุณภาพของก๊าซชีวภาพ จะใช้เครื่องวัดก๊าซรุ่น Geotech Biogas 5000 โดยเครื่องวัดก๊าซชีวภาพตรวจวัดก๊าซมีเทน (CH_4) 0-100%, คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), 0-100%, ก๊าซออกซิเจน (O_2) 0-25%, ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) 0-5000 ppm และก๊าซอื่นๆ



ภาพที่ 3 เครื่องวัดก๊าซชีวภาพ

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำก๊าซชีวภาพที่จะทดลองจากถังหมักเข้ามาเก็บใน ถังเก็บก๊าซชีวภาพ
2. เมื่อมีก๊าซชีวภาพปริมาณเกิน 50% ของถัง จึงทำการตรวจสอบคุณภาพก๊าซชีวภาพก่อนการทดลอง
3. ปล่อก๊าซชีวภาพเข้าไปในท่อที่จัดทำขึ้น โดยก๊าซจะเข้ามาจากด้านล่างแล้วก๊าซจะลอยจากส่วนล่างของท่อผ่านวัสดุกรองที่เตรียมไว้ทดลอง
4. มีเครื่องอัดก๊าซเป็นอุปกรณ์ดูดก๊าซชีวภาพที่ผ่านการกรองแล้วไปเก็บยังถังเก็บก๊าซชีวภาพ
5. เมื่อก๊าซเข้าสู่ถังเก็บก๊าซชีวภาพจนหมดจะทำการวัดค่าปริมาณก๊าซหลังการทดลอง แล้วเปรียบเทียบผลการตรวจวัดก๊าซจากถังเก็บก๊าซทั้ง 2 แผนผังขั้นตอนการทดลองแสดงดังภาพที่ 3

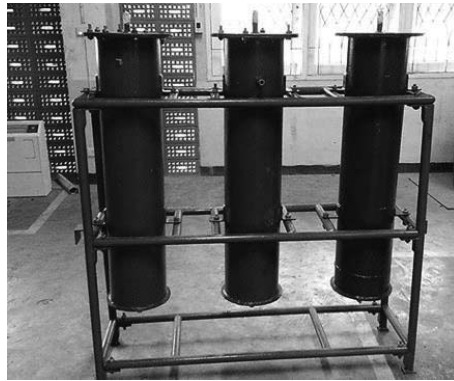


ภาพที่ 3 แผนผังขั้นตอนการทดลอง

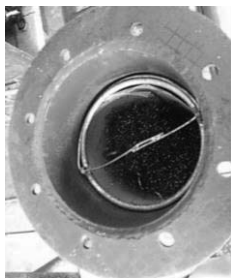
การเตรียมชุดการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง โดยมีถังกรองขนาด 25 ลิตรดังภาพที่ 4 และมีวัสดุกรอง 3 ชนิด ดังภาพที่ 5 มีการออกแบบเงื่อนไขการทดลองดังนี้

1. การทดลองที่ 1 วัสดุกรอง คือ ฝอยเหล็ก ที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน ดังนี้ 1.0 kg, 1.5 kg, 2.0 kg และ 2.5 kg ตามลำดับ
2. การทดลองที่ 2 วัสดุกรอง คือ สารละลายต่าง (NaOH) ค่า pH ดังนี้ pH 8, pH 9, pH 10 และ pH 11 ตามลำดับ โดยในการเพิ่มระดับ pH และใช้กระดาษอินดิเคเตอร์ในการตรวจวัดระดับ pH และทำให้สารละลายต่างแตกต่างกันเป็นฝอยโดยใช้หัวฉีด
3. การทดลองที่ 3 วัสดุกรอง คือ ถ่านกัมมันต์ โดยใช้น้ำหนักของถ่านกัมมันต์ คือ 1.0 kg, 2.0 kg, 3.0 kg และ 4.0 kg ตามลำดับ
4. การทดลองที่ 4 วัสดุกรอง คือ วัสดุทั้ง 3 ชนิด โดยเลือกเอาค่าการทดลองที่ดีที่สุดจาก 3 การทดลองที่ผ่านมานำมาใช้ในการทดลอง โดยเรียงลำดับการกรอง คือ ฝอยเหล็ก สารละลายต่าง และถ่านกัมมันต์ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ชุดทดลองระบบกรองชีวภาพ



(ก)



(ข)



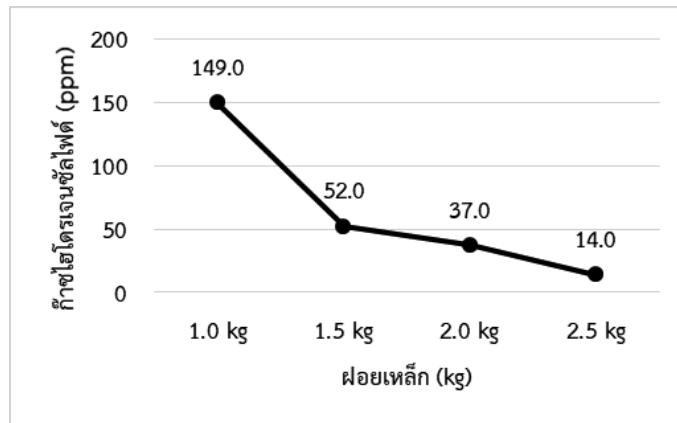
(ค)

ภาพที่ 5 วัสดุกรอง (ก) ฝอยเหล็ก (ข) สารละลายต่าง (ค) ถ่านกัมมันต์

ผลการวิจัย

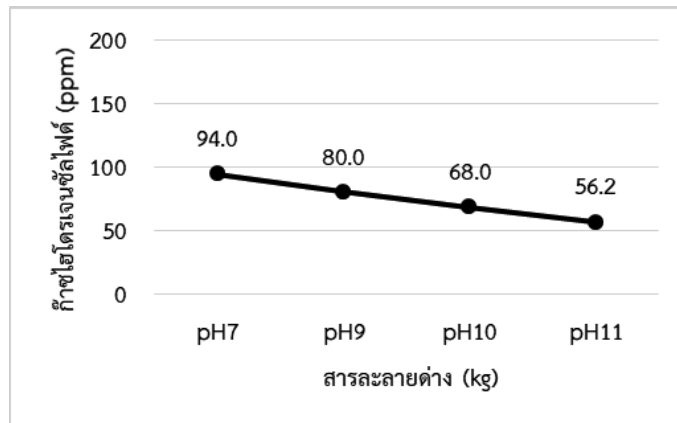
จากการทดลองศึกษาการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ฝอยเหล็ก ที่ปริมาณการใช้ 1, 1.5, 2 และ 2.5 กิโลกรัม สารละลาย NaOH ที่ค่า pH 8, 9, 10 และ 11 และ ถ่านกัมมันต์ ที่ปริมาณการใช้ 1, 2, 3 และ 4 กิโลกรัม ของขนาดถังกรอง 25 ลิตร ด้วยระบบการหมักก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) โดยมีผลการทดลองดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ผ่านวัสดุกรองฝอยเหล็ก พบว่า ปริมาณฝอยเหล็กที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซมีเทน (CH_4) เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากผลการทดลองดังภาพที่ 5 และ 6 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และก๊าซมีเทน (CH_4) ที่ดูดซับได้ผ่านวัสดุกรองฝอยเหล็กในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝอยเหล็กที่ 2.5 กิโลกรัมมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งหลังผ่านการกรองด้วยฝอยเหล็กพบความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เหลือเพียง 14 ppm



ภาพที่ 5 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ที่วัดได้ หลังผ่านวัสดุกรองฝอยเหล็กในปริมาณที่ต่างกัน

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ผ่านวัสดุกรองสารละลายต่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) พบว่า ค่า pH ที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากผลการทดลองดังภาพที่ 7 และ 8 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) และก๊าซมีเทน (CH₄) ที่ดูดซับได้ผ่านวัสดุกรองฝอยเหล็กที่ค่า pH ต่างๆ แสดงให้เห็นว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ pH 11 ให้ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ดีที่สุด คือสามารถดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เหลือเพียง 56.2 ppm

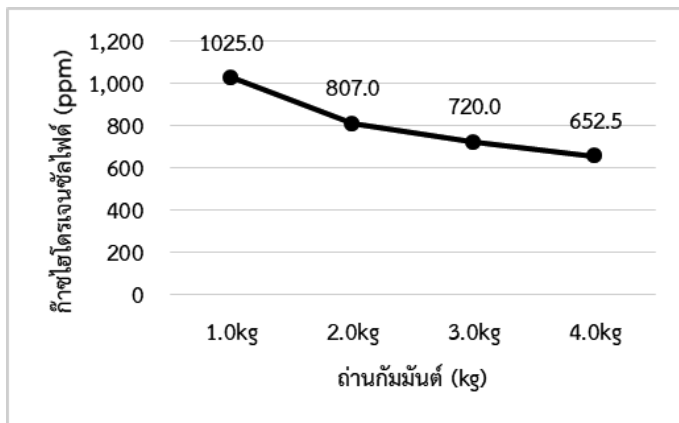


ภาพที่ 7 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ที่วัดได้ หลังผ่านสารละลาย NaOH ที่ pH ที่ต่างกัน

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ผ่านวัสดุกรองถ่านกัมมันต์ พบว่า ปริมาณการใช้ถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) และ ก๊าซมีเทน (CH₄) สูงขึ้นตามไปด้วย จากผลการทดลองดังภาพที่ 9 และ 10 ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) และ ก๊าซมีเทน (CH₄) ผ่านวัสดุกรองถ่านกัมมันต์ ที่ปริมาณการใช้ต่างๆ แสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณการใช้ 4 กิโลกรัม

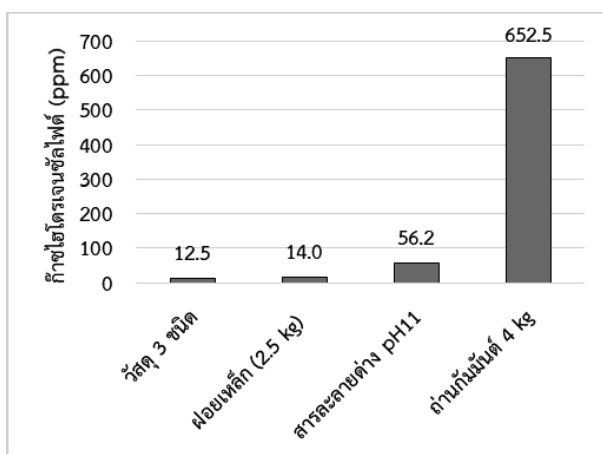
ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

ให้ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ดีที่สุด คือสามารถดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เหลือเพียง 652.5 ppm



ภาพที่ 9 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่วัดได้ หลังผ่านวัสดุกรองถ่านกัมมันต์ ที่ปริมาณการใช้ต่างๆ

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อผ่านวัสดุกรองทั้ง 3 ชนิด ทำการทดลองโดยนำก๊าซชีวภาพผ่านวัสดุกรองทั้ง 3 ชนิด โดยเลือกใช้สภาวะ (Condition) ที่ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด พบว่าการนำก๊าซชีวภาพผ่านวัสดุกรองทั้ง 3 ชนิด สามารถดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้ประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้วัสดุดูดซับเพียงชนิดเดียว สามารถดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เหลือเพียง 12.5 ppm จากการทดลองสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้สูงถึง 99%



ภาพที่ 11 ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่วัดได้ หลังผ่านวัสดุกรองต่างชนิดกัน

อภิปรายผล

1. ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ผ่านวัสดุกรองฝอยเหล็ก

จากการทดลองสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้สูงถึง 98.93 % สาเหตุที่ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีค่าลดลง เนื่องจากฝอยเหล็กเป็นสารประกอบ Fe_2O_3 เมื่อรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เกิดผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบเหล็กซัลเฟต (Fe_2S_3) ทำให้เกิดกระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ดังแสดงในสมการที่ (1) อย่างไรก็ตามฝอยเหล็กมีข้อจำกัด คือระยะเวลาในการอิ่มตัวของสัณ กระบวนการฟื้นฟูสภาพด้วยอากาศจะเกิดอุณหภูมิสูงเสี่ยงต่อการลุกไหม้ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยศวีวรรธ (2563) การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพโดยใช้ซึ่กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพ, ซึ่กึ่งเหล็กปรับสภาพด้วย HCl และถ่านกัมมันต์ พบว่าซึ่กึ่งเหล็กไม่ปรับสภาพสามารถดูดซับ H_2S ได้สูงสุด 70.82 % เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงเกิดกระบวนการดูดซับก๊าซซึ่กึ่งเหล็ก นอกจากนั้นผลการทดลองยังสอดคล้องกับงานวิจัย Thanakunpaisit, et al. (2017) Removal of Hydrogen Sulfide from Biogas using Laterite Materials as an Adsorbent ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวศึกษาการดูดซับ H_2S ด้วย Laterite ซึ่งมีส่วนประกอบของ Fe_2O_3 เช่นเดียวกับฝอยเหล็ก พบว่าสามารถดูดซับ H_2S ได้สูงถึง 91.5 % เนื่องจาก Laterite และ H_2S มีพลังงานในการดูดซับสูง -27.06 kcal/mol ซึ่งสูงสุดเมื่อเทียบกับก๊าซตัวอื่นๆ จึงสามารถดูดซับ H_2S ได้ดี

2. ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ผ่านวัสดุกรองสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

จากการทดลองสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้สูงถึง 95.69 % ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ลดลงเนื่องจากการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ผ่านสารละลาย NaOH เพราะเมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์รวมตัวกับสารละลาย NaOH จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้สารโซเดียมออกไซด์ (Na_2S , NaHS) และน้ำ ทำให้เกิดกระบวนการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ดังแสดงในสมการที่ (3) และ (4) แต่อย่างไรก็ตามสารละลายต่างมีข้อจำกัด คือสิ้นเปลืองสารเคมี ต้นทุนสูง ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัย Tipayawong & Thanompongchart. (2010) Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO_2 and H_2S in a packed column reactor ซึ่งงานวิจัยศึกษาการดูดซับ H_2S จากก๊าซชีวภาพโดยเปรียบเทียบสารละลายต่างที่แตกต่างกัน NaOH, $Ca(OH)_2$ และ Monoethanallamine ซึ่งสารละลาย NaOH ที่ pH 11.9 สามารถกำจัด H_2S ได้มากเกินขีดความสามารถที่เครื่องวัดจะสามารถตรวจวัดได้ นอกจากนั้นสารละลายต่างยังสามารถช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ได้มากกว่า 90 % อีกด้วย ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพให้แก่ก๊าซชีวภาพ

3. ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ผ่านวัสดุกรองถ่านกัมมันต์

จากการทดลองสามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้สูงถึง 50 % แต่อย่างไรถึงแม้ว่า H_2S สามารถกำจัดด้วยการกรองผ่านถ่านกัมมันต์ได้ แต่ก็ไม่สามารถลดค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ให้ต่ำกว่า 200 ppm ได้ ซึ่งจะส่งผลอย่างมากต่อความเสียหายของเครื่องยนต์เมื่อนำไปใช้งาน ดังนั้นถ่านกัมมันต์จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กรองก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ แต่อย่างไรก็ตามสารละลายต่างมีข้อจำกัด คือต้นทุนในการ

พื้นสภาพสูง ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยวงศ์วิวรรธ (2563) การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพโดยใช้ซัลเฟอร์เหล็กไม่ปรับสภาพ, ซัลเฟอร์เหล็กปรับสภาพด้วย HCl และถ่านกัมมันต์ พบว่าถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับ H_2S ได้ 29.72 % และมีข้อจำกัดเรื่องการอ้อมตัว

4. ปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อผ่านวัสดุกรองทั้ง 3 ชนิด

จากผลการทดลองพบว่า มีเพียงวัสดุ 2 ชนิด คือ ฝอยเหล็กและสารละลายด่าง (NaOH) ที่สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้เท่านั้น ในส่วนถ่านกัมมันต์ที่ไม่สามารถดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้ต่ำกว่า 200 ppm ได้ เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการอ้อมตัวของฝอยเหล็ก (วงศ์วิวรรธ และสุนันทา, 2555) พบว่าฝอยเหล็กมีระยะเวลาการอ้อมตัว 19 วัน แต่สารละลายด่าง (NaOH) สามารถใช้งานได้ถึง 30 วัน จึงทำให้สารละลายด่างที่ pH 11 มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ดีที่สุด ภาพที่ 11 และ 12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อผ่านวัสดุกรองต่างชนิดกัน

การศึกษาการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากระบบการหมักก๊าซชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) โดยใช้วัสดุดูดซับที่แตกต่างกัน พบว่าการดูดซับด้วยวัสดุกรองฝอยเหล็ก, สารละลายด่าง ถ่านกัมมันต์ และวัสดุกรองทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน สามารถกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ และมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 98.93 %, 95.69 % 50 % และ 99 % ตามลำดับ ซึ่งจากงานวิจัยข้างต้นพบว่าถึงแม้การใช้วัสดุกรองร่วมกันในการดูดซับ H_2S ได้ประสิทธิภาพสูงสุด แต่มีต้นทุนในการดำเนินการสูงเมื่อเทียบกับฝอยเหล็กที่ใช้ต้นทุนต่ำกว่าแต่ประสิทธิภาพใกล้เคียงกันและสามารถลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพให้มีค่าต่ำกว่า 200 ppm ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ได้ ฝอยเหล็กจึงเป็นวัสดุกรองทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้สำหรับกำจัด H_2S

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์และนักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ที่มีส่วนสำคัญต่องานวิจัยดังต่อไปนี้ อาจารย์ภูษิต โชติสวัสดิ์ และ อาจารย์ยุทธนา ศรีผา ที่ให้คำปรึกษาแนะนำองค์ความรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งความอนุเคราะห์ในการจัดหาเครื่องมือตรวจวัดก๊าซชีวภาพและอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีส่วนสำคัญในการจัดสร้างระบบกรองก๊าซชีวภาพ และนายวรุตม์ บุญคุ้มอยู่ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่มีส่วนสำคัญในการช่วยเหลือในด้านการทดลองต่างๆ จนสามารถสำเร็จจุล่งลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2525). **คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จงกล พูนทวี. (2537). ผลของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ฉันทพร จินดาประเสริฐ. (2544). การศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ของก๊าซชีวภาพในเครื่องยนต์สันดาปภายใน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชยันต์ กิมยงค์. (2545). การพัฒนาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรในถังปฏิกรณ์แบบสองขั้นตอนที่มีการไหลวนกลับของน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นันทิยา เปปะตัง. (2545). แนวทางการใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของฟาร์มสุกรและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารขนาดกลาง-เล็กไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในจังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จรัสศรี รุ่งวิชานีวัฒน์. (2546). การผลิตก๊าซชีวภาพจากเศษผักและผลไม้ผสมกับมูลโคโดยการใช้ถังย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศประเภทปริมาณของแข็งต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมชัย อัครทิวา. (2546). **ความรู้พื้นฐานวิศวกรรมของปฏิกิริยาเชิงเร่ง เคมีวิทยา เล่ม 2**. กรุงเทพฯ : พิมพ์ที่อป.
- วงศ์วิวรรธ ชาญศิลป์ และสุนันทา เลาว์ณย์ศิริ. (2555). การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากก๊าซชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเหล็ก. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 9 วันที่ 6-7 ธันวาคม พ.ศ. 2555. นครปฐม : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. (2553). **คู่มือการออกแบบ การผลิต การควบคุมคุณภาพ และการใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (2561). **รายงานคุณภาพพลังงานของประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- ควบคุมมลพิษ, กรม. (2556). **คู่มือการจัดทำรูปแบบการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในเชิงพาณิชย์**. กรุงเทพฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- Arthur P. Boresi & Richard J. Schmidt. (2003). **Advanced Mechanics of Materials**. (6 th ed.). New York USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Breure, A.M. & Andel, J.G. (1987). **Bioenvironmental Systems**. Florida : CRC Press Cambridge Scientific.
- Robert W. Fox & Alan T. McDonald. (1992). **Introduction to Fluid Mechanics**. School of Mechanical Engineering Purdue University.

- N. Thanakunpaisit, et al. (2017). **Removal of Hydrogen Sulfide from Biogas using Laterite Materials as an Adsorbent.** Energy Procedia.
- N. Tippayawong & P. Thanompongchart. (2010). **Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO₂ and H₂S in a packed column reactor.** Energy.



การพัฒนาาระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธ
กรณศึกษา กลุ่มวัดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
The development of online system and 3D models for Buddhist tourist
attractions : Case study temples in Muang District, Kamphaeng phet

พรหมเมศ วีระพันธ์*

Phrommate Weraphan

ข้มภษา ดันตสันตสม*

Khumphicha Tantisantisom

จินดาพร อ่อนเกต*

Jindaporn Ongate

Received : March 26, 2020

Revised : September 28, 2020

Accepted : September 18, 2020

บทคัดย่อ

วัดได้ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของชุมชนไทยมาเป็นระยะเวลาานาน ตลอดทั้งปีจะมีกิจกรรมต่างๆ ที่จัดขึ้นที่วัด เพื่อเชิญชวนให้ประชาชนมาร่วมงาน แต่หากขาดการประชาสัมพันธ์อย่างทั่วถึง อาจทำให้กิจกรรมนั้นๆ ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ในยุคที่เทคโนโลยีเข้าถึงในทุกพื้นที่นี้ การนำเสนอวัดในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ และกิจกรรมต่างๆ บนเว็บไซต์ อาจทำให้นักท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเกิดความสนใจและมาเข้าร่วมกิจกรรมกันมากยิ่งขึ้น จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ 1) เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบ 2) พัฒนาระบบ และ 3) ประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธ ภายในเขตจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งการวิเคราะห์และออกแบบระบบได้ใช้แผนภาพบริบท แผนภาพกระแสข้อมูล และแผนผังความสัมพันธ์ข้อมูล จากนั้นออกแบบตารางในฐานข้อมูล เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์โดยใช้ภาษา HTML PHP และระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเว็บไซต์ของวัด จำนวน 8 วัด ที่สามารถใช้งานร่วมกันกับระบบสารสนเทศออนไลน์นี้ โดยแต่ละวัดได้รับการพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ดูแลระบบแต่ละวัดเป็นหลัก อย่างไรก็ตามทุกเว็บไซต์ของวัด จะประกอบไปด้วยเนื้อหาประวัติวัด ข่าวสาร

*อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
Lecturer in Information Technology Program Faculty of Science and Technology Kamphaeng Phet
Rajabhat University

ประชาสัมพันธ์ อาคาร/สิ่งก่อสร้างภายในวัด ทั้งในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ รวมไปถึงลิงค์ไปยังวิดีโอแสดงสิ่งก่อสร้างในแบบ 3 มิติ การประเมินระบบสารสนเทศนี้ พบว่าในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ คือ (1) ด้านความต้องการของผู้ใช้ระบบ ($\bar{X}=4.67$) (2) ด้านการทำงานตามหน้าที่ ($\bar{X}=4.60$) (3) ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ ($\bar{X}=4.47$) และ (4) ด้านความยากง่ายในการใช้งานระบบ ($\bar{X}=4.11$)

คำสำคัญ : แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธ / แบบจำลองสามมิติ / ระบบสารสนเทศออนไลน์

ABSTRACT

Temples have played a major role as Thai community centers for a long period of time. Throughout the year, there are activities and events held in the temples in order to invite local people to join. However, the activities may not be successful as expected without the comprehensive public relations. In the technology era, temple presentations in aspects of 3D video including activities on websites may attract cultural tourists to attend the activities. The objectives of this study is to 1) analyze and design the system, 2) develop the system, and 3) evaluate the performance of the online information system and 3D models for Buddhist tourist attractions in Muang District, Kamphaengphet. The system was analyzed and designed through context diagram, data flow diagrams and entity-relationship diagram including database tables. In order to develop the online system, HTML, PHP and MySQL database management system were employed. Moreover, eight websites for temples in the sample were developed to work in collaboration with the main online system. Even though the individual websites were developed according to web administrators' requirements, every website consisted of contents such as the temple history, news, buildings in aspects of 2D and 3D including web links to 3D video for each building. In terms of online system evaluation, it was found that in general the test aspects was ordered in descending order as following: functional requirement test ($\bar{X}=4.67$), functional test ($\bar{X}=4.60$), security test ($\bar{X}=4.47$) and usability test ($\bar{X}=4.11$).

Keywords : Buddhist Tourist Attractions / 3D Models / Online System

บทนำ

วัดเป็นสิ่งที่อยู่คู่วัฒนธรรมไทยมาเป็นระยะเวลาช้านาน จากเดิมที่มีบทบาทในฐานะที่เป็นสถานที่ปฏิบัติกิจของสงฆ์และสถานที่จัดทำศาสนพิธีต่างๆ รวมทั้งเป็นสถานที่ใช้ประโยชน์ร่วมกันของคนในชุมชน ต่อมาได้เพิ่มบทบาทในการเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวจากทั่วประเทศ นอกจากนี้โครงการส่งเสริม

การท่องเที่ยวเส้นทางแสวงบุญในมิติทางศาสนา ปี พ.ศ. 2557 โดยกรมการศาสนา กระทรวงวัฒนธรรม ยังสนับสนุนให้เงินทุนทางวัฒนธรรมของท้องถิ่นมาเป็นแหล่งดึงดูดนักท่องเที่ยวอีกด้วย (กรรณิกา, 2558) เมื่อวัดได้จัดกิจกรรมขึ้นมา ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมตามประเพณี ศาสนกิจ หรือกิจกรรมพิเศษต่างๆ ต่างก็มีจุดประสงค์ที่จะให้มีประชาชนไปเข้าร่วมกิจกรรมเป็นจำนวนมาก จึงได้ประชาสัมพันธ์ตามรูปแบบที่เคยปฏิบัติ ไม่ว่าจะเป็นการติดป้ายโฆษณา หรือกระจายเสียงไปตามหมู่บ้านและชุมชน แต่ถ้าหากนักท่องเที่ยวที่มีความประสงค์จะเข้าร่วมกิจกรรมของวัดที่ไม่ได้อยู่ในชุมชนของตนเอง หรือต้องการทำกิจกรรมเฉพาะอย่าง เช่น การทำบุญ 9 วัดเนื่องในวันปีใหม่ การทำบุญก่อกองทรายเนื่องในวันสงกรานต์ การสรงน้ำพระ การปิดทองลูกนิมิต การทำบุญยกช่อฟ้าโบระกา การเป็นเจ้าของภาพอุปสมบทหมู่ เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ ผู้ที่ไม่ได้อยู่ในพื้นที่ของวัด มักจะไม่ทราบถึงกิจกรรมดังกล่าว ทำให้ประชาชนขาดโอกาสเข้าร่วมกิจกรรม และวัดเองก็ประสบปัญหาในการดึงดูดผู้เข้าร่วมกิจกรรม นอกจากนี้นักท่องเที่ยวเองก็ต้องการให้มีการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงพุทธ โดยต้องการให้มีการพัฒนาด้านการจัดกิจกรรมในวันสำคัญทางศาสนา การส่งเสริมการวิปัสสนา กิจกรรมการสนทนาธรรม กับพระสงฆ์ การสะเดาะเคราะห์ การแก้กรรม และการดูดวง ซึ่งอยู่ในระดับมาก (มาโนช และคนอื่นๆ, 2556) โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวสูงอายุส่วนใหญ่ เลือกร่วมกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างบารมีและบุญกุศล เช่น กิจกรรมการทำบุญไหว้พระ ที่ใช้ระยะเวลาเพียงสั้นๆ สามารถดำเนินการเสร็จสิ้นได้ภายใน 1 วัน (สุชาติพิทย์, 2555)

การพัฒนาวัดให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมยังก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งแก่วัด และชุมชน ในแง่ของการก่อให้เกิดรายได้และกระแสหมุนเวียนของเงิน ทั้งยังก่อให้เกิดประโยชน์แก่นักท่องเที่ยวและสังคม ในแง่ของการเป็นแหล่งความรู้เชิงประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม ประเพณี สถาปัตยกรรม ศิลปศาสตร์ เมื่อนักท่องเที่ยวได้เยี่ยมชมศาสนสถานต่างๆ ภายในวัด เช่น โบสถ์ วิหาร เจดีย์ สถูป พระพุทธรูป ศาลาการเปรียญ พระปรารักษ์ หอไตร และกุฏิ เป็นต้น ดังนั้นการเชิญชวนและประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้ทราบถึงแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมดังกล่าว จะช่วยให้ประชาชนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมเหล่านั้นมากยิ่งขึ้น ช่องทางการประชาสัมพันธ์ที่ได้รับความนิยมและเข้าถึงประชาชนได้อย่างรวดเร็วและตลอดเวลา นั่นคือการนำเสนอผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ เป็นต้น เนื่องจากเว็บไซต์มีการนำเสนอข้อมูลที่ทันสมัยและเป็นปัจจุบัน อีกทั้งยังสามารถดูข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลา ดังนั้นการพัฒนาเว็บไซต์แหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยการจัดทำวิดีโอข้อมูลประวัติสถานที่ท่องเที่ยวเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยว (กรรณิกา, 2558) ได้อย่างดี

แต่ถ้าหากแต่ละวัดมีเว็บไซต์สำหรับประชาสัมพันธ์ของตนเอง โดยไม่มีความเกี่ยวข้องกันแล้ว ประชาชนเองก็ยังประสบปัญหาในการค้นหาข้อมูลการจัดกิจกรรมของวัด ที่ตนสนใจเป็นพิเศษ โดยจะต้องค้นหาจากเว็บไซต์ของทุกวัดไปจนกว่าจะพบสิ่งที่ตนเองต้องการ ถึงแม้จะมีการนำเสนอผ่านทางเว็บไซต์ของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องแต่ก็อาจประสบปัญหาในการดูแลเว็บไซต์และความเป็นเจ้าของเว็บไซต์ได้ ดังนั้นการจัดทำเว็บไซต์ส่วนกลางเพื่อให้ทุกวัดสามารถนำข้อมูลข่าวสารกิจกรรมต่างๆ มานำเสนอไว้เพียงที่เดียวจะส่งผลให้เกิดความสะดวกในการค้นหากิจกรรมที่นักท่องเที่ยวหรือประชาชนสนใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

1.1 ใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยแนวคำถามเป็นแบบปลายเปิด ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ให้ข้อมูลเล่าประสบการณ์ บทบาทของตน ความต้องการที่มีต่อระบบ รวมทั้งประเด็นอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.2 ภาษา PHP

1.3 Xampp

1.4 MySQL

1.5 Javascript

1.6 Adobe Dreamweaver

1.7 Web browser เช่น Google Chrome, Mozilla Firefox และ Microsoft Edge

2. กลุ่มเป้าหมาย

2.1 ประชากร คือ วัดที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

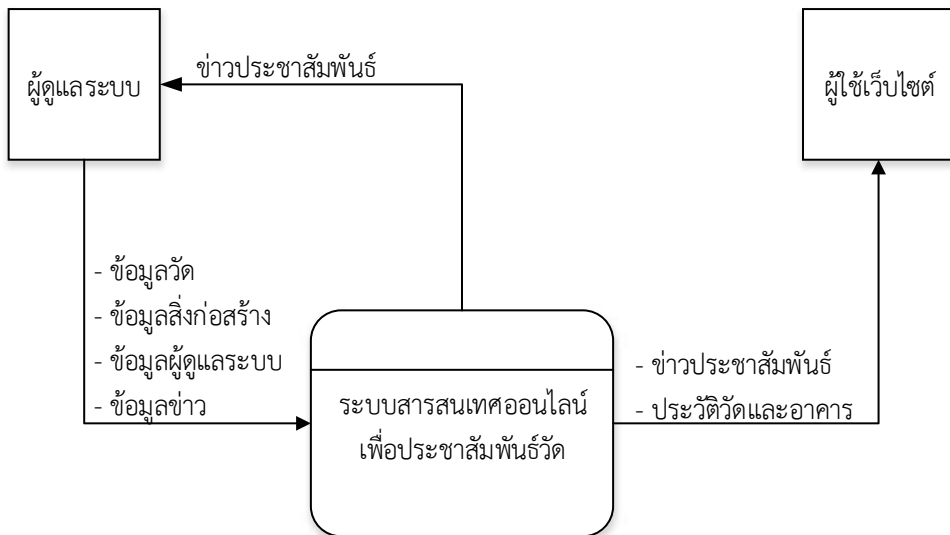
รวม 157 วัด

2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ วัดที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร ที่มีความประสงค์จะใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการประชาสัมพันธ์วัด และมีอุปกรณ์เครื่องมือพร้อมสำหรับดำเนินการ รวมทั้งสิ้น 7 วัด

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

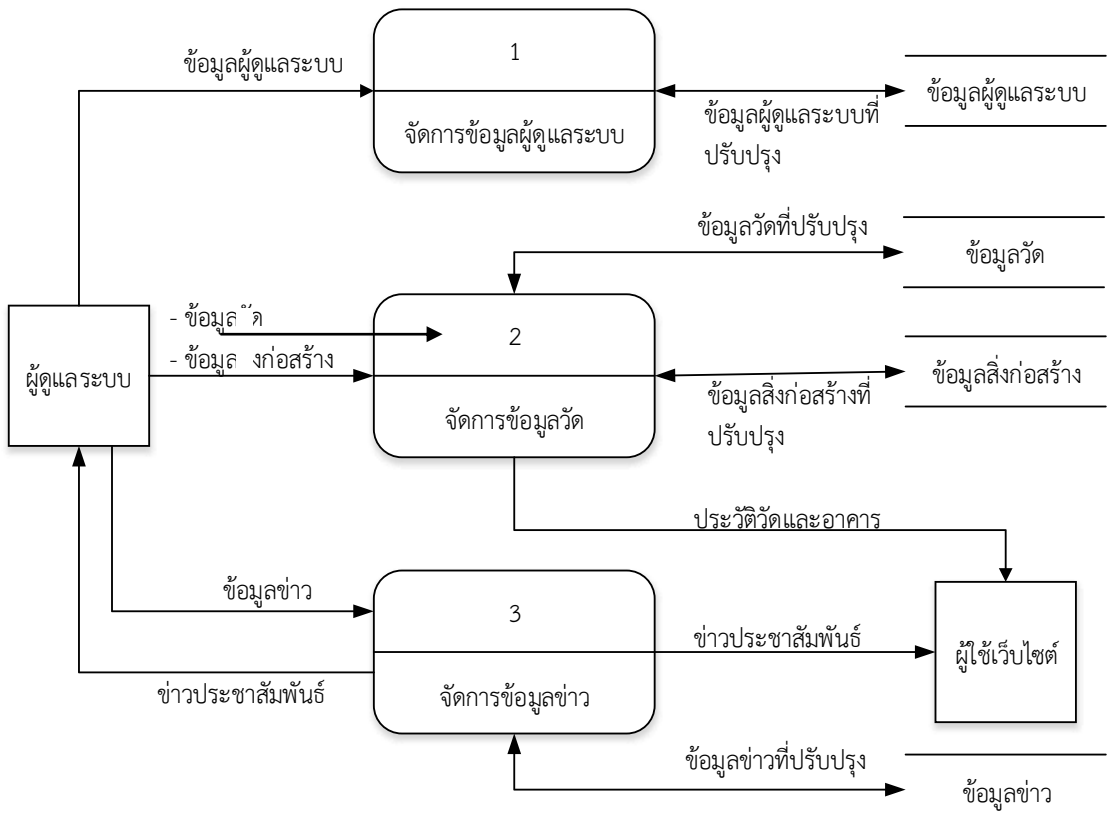
3.1 การวางแผนโครงการ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบส่วนกลางถึงปัญหาอุปสรรค และความต้องการในการใช้งานเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของงาน ดังนี้ 1) ความเป็นไปได้ด้านการดำเนินงาน 2) ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค 3) ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ 4) ความเป็นไปได้ด้านระยะเวลาการดำเนินงาน เมื่อพิจารณาด้านระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานตามวงจรพัฒนาระบบแล้ว พบว่า สามารถดำเนินงานให้เสร็จสิ้นได้ภายใน 1 ปี ซึ่งทันต่อความต้องการใช้งานของผู้ใช้งาน

3.2 การวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์พระผู้ดูแลระบบส่วนกลางจำนวน 1 รูป และพระผู้ดูแลระบบของวัดจำนวน 3 รูป จากวัดเสด็จ วัดบ่อสามแสน และวัดประดู่ลาย จากนั้นรวบรวมความต้องการใช้งาน ซึ่งจากความต้องการของผู้ใช้งานผู้วิจัยนำไปสร้างแผนภาพบริบทของระบบ ดังภาพที่ 1



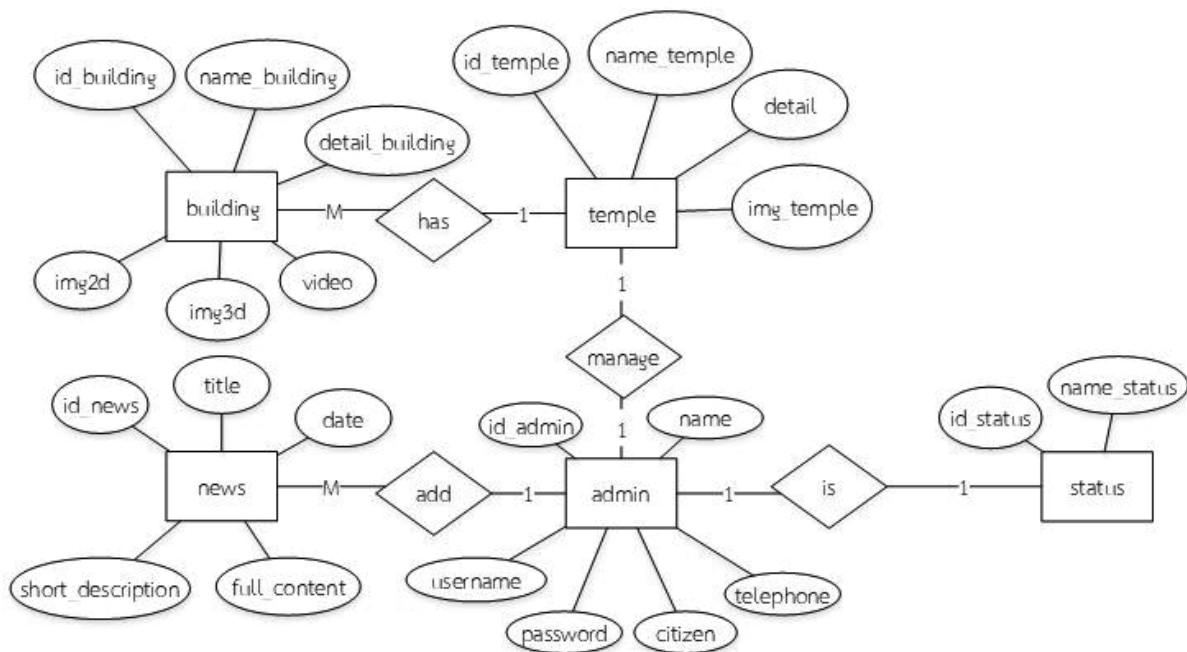
ภาพที่ 1 แผนภาพบริบทของระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์วัด

จากแผนภาพบริบทสามารถนำมาเขียนรายละเอียดเป็นแผนภาพการไหลของข้อมูลได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพการไหลของข้อมูลระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์วัด ระดับที่ 1

3.3 การออกแบบ ในขั้นตอนนี้ ความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบสารสนเทศ ได้ถูกนำมาออกแบบแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลรวมถึงการติดต่อกับผู้ใช้ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูลระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อประชาสัมพันธ์วัด

3.4 เมื่อออกแบบส่วนต่างๆ เสร็จสิ้นแล้ว จึงได้สร้างฐานข้อมูลโดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL และภาษา PHP ในการเชื่อมต่อระหว่างหน้าเว็บไซต์กับฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นมา ตามสถาปัตยกรรมแบบ ไคลเอนท์-เซิร์ฟเวอร์

3.5 การบำรุงรักษา หลังการใช้งาน 1 เดือน ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ และความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบ โดยใช้ระดับความคิดเห็นแบบ 5 ระดับ (Likert Scale)

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึงระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึงระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึงระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึงระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.01-1.50 หมายถึงระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการศึกษาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์พระผู้ดูแลระบบจากวัดเสด็จ วัดบ่อสามแสน และวัดประดู่ลาย รวมทั้งรวบรวมความต้องการใช้งาน และได้เข้าสู่กระบวนการการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามขั้นตอนทำให้ได้รูปแบบต่างๆ เช่น กระบวนการของระบบ ฐานข้อมูล หน้าจอ เป็นต้น ที่พร้อมนำไปใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธธรณีศึกษา กลุ่มวัดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

2. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธธรณีศึกษา กลุ่มวัดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธธรณีศึกษา กลุ่มวัดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ตามขั้นตอนการวิจัยที่ได้นำเสนอไว้แล้วนั้น โดยนำข้อมูลจากการศึกษา และวิเคราะห์ มาจัดทำระบบฯ ซึ่งจากการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธในเขต อ.เมือง จ.กำแพงเพชร มีส่วนของการติดต่อผู้ใช้ทั่วไปผ่านทางเว็บไซต์ ดังภาพที่ 1 ซึ่งสามารถคลิกเลือกเว็บไซต์วัดต่างๆ ได้

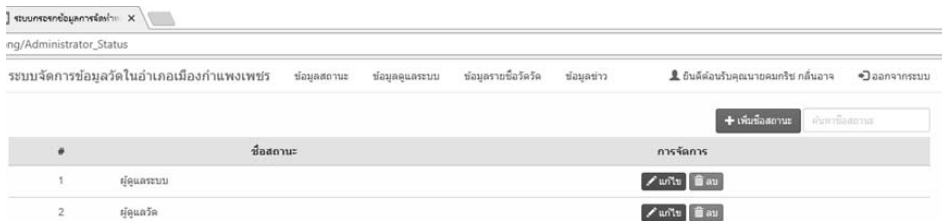


ภาพที่ 4 เว็บไซต์หลักในการประชาสัมพันธ์กิจกรรมของวัดในเขต อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

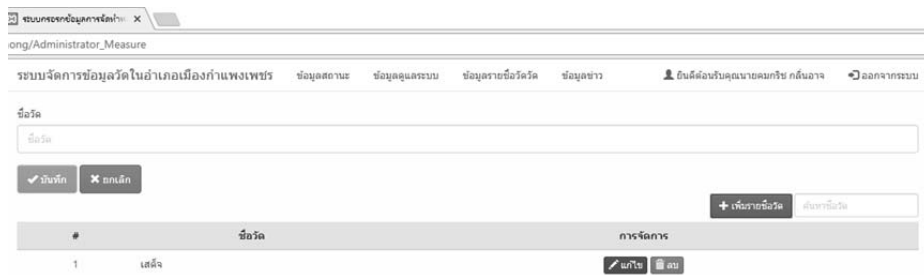
นอกจากนี้ในการจัดการข้อมูลต่างๆ ในระบบสารสนเทศ สามารถแบ่งส่วนของการจัดการข้อมูลของผู้ดูแลระบบส่วนกลาง และผู้ดูแลระบบของแต่ละวัด ตามการแบ่งสถานะ ดังภาพที่ 5 ซึ่งในส่วนของผู้ดูแลระบบส่วนกลาง จะมีสิทธิ์ในการเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลของวัดในเขต อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ได้ ดังภาพที่ 6 จากนั้นผู้ดูแลระบบส่วนกลาง สามารถจัดการข้อมูลผู้ดูแลระบบของแต่ละวัดได้ โดยการเพิ่มข้อมูลดังภาพที่ 7 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผู้ดูแลระบบส่วนกลางจะสามารถจัดการข้อมูลผู้ดูแลระบบแต่ละวัดได้ โดยการเพิ่มข้อมูล

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

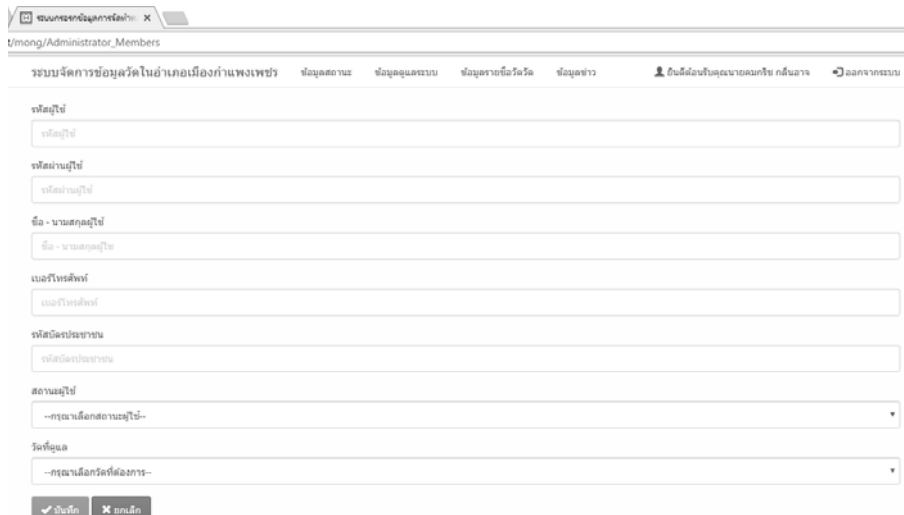
รหัสผู้ใช้ รหัสผ่านผู้ใช้ ชื่อ-นามสกุลผู้ใช้ เบอร์โทรศัพท์ รหัสบัตรประชาชน สถานะผู้ใช้ที่ได้กำหนดให้เป็นผู้ดูแลวัด และวัดที่ดูแลซึ่งจะนำข้อมูล มาจากตาราง temple ที่จัดการผ่านทางหน้าจอตั้งภาพที่ 6 จากนั้นผู้ดูแลแต่ละวัดจะสามารถเข้าสู่ระบบได้ โดยใช้ชื่อผู้ใช้ระบบและรหัสผ่านที่ได้รับการจัดสรรโดยผู้ดูแลระบบส่วนกลาง ผ่านทางหน้าจอตั้งภาพที่ 7 เมื่อผู้ดูแลแต่ละวัดเข้าสู่ระบบแล้วจะสามารถจัดการปรับปรุง แก้ไข ข้อมูลของวัดที่ตนเองดูแลได้



ภาพที่ 5 การแบ่งสถานะของผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 6 การจัดการข้อมูลชื่อวัดโดยผู้ดูแลระบบส่วนกลาง



ภาพที่ 7 การจัดการข้อมูลผู้ดูแลระบบของแต่ละวัด

ถึงแม้ว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์นี้ จะไม่ได้ออกแบบเฉพาะสำหรับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ แต่ได้ออกแบบรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์สื่อสาร และปรับขนาดหน้าจออัตโนมัติ (responsive web) ซึ่งจะปรับขนาดหน้าจออัตโนมัติ เมื่อเข้าสู่เว็บไซต์จากอุปกรณ์สื่อสารอื่นๆ ดังภาพตัวอย่างที่ 8



ภาพที่ 8 หน้าจอบระบบสารสนเทศออนไลน์เมื่อเปิดผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในส่วนของการพัฒนาเว็บไซต์ของแต่ละวัดจะมีลักษณะที่คล้ายกัน ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังวัดตัวอย่างต่อไปนี้

วัดเสด็จ ในการพัฒนาเว็บไซต์ของวัดเสด็จนั้นได้ผลดังภาพที่ 9 และได้สร้างแบบจำลองอาคารในรูปแบบ 3 มิติ จำนวนทั้งหมด 13 รูปแบบ คือ 1) อุโบสถ 2) กุฏิสงฆ์ 3) กุฏิเจ้าอาวาส 4) เจดีย์ 5) ศาลาหลวง พ่อสามขา 6) พิพิธภัณฑวัตถุเสด็จ 7) มณฑป 8) ร้านค้าชุมชนเพชรบุรีทรัพย์ 9) พระวิหาร 10) โรงเรียนปรีดีธรรม 11) ศาลาพระสามขาบารมี 12) ศาลาวิศาลอนุสรณ์ และ 13) หอระฆัง ดังภาพที่ 10 ตามลำดับ



ภาพที่ 9 หน้าหลักของเว็บไซต์วัดเสด็จ



ภาพที่ 10 แบบจำลองอาคารในรูปแบบ 3 มิติ วัดเสด็จ

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธธรณีศึกษา กลุ่มวัดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์และแบบจำลองสามมิติ แหล่งท่องเที่ยวเชิงพุทธธรณีศึกษา กลุ่มวัดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชรที่พัฒนาขึ้น หลังการใช้งาน 1 เดือน ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ และความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ

รายการ	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
ความต้องการของผู้ใช้ระบบ (functional requirement test)			
1.ความสามารถในการจัดการข้อมูลวัด	4.56	0.51	มากที่สุด
2.ความสามารถในการจัดการข้อมูลรายละเอียดวัด	4.72	0.46	มากที่สุด
3.ความสามารถในการจัดการข้อมูลรูปภาพภายในวัด	4.56	0.38	มากที่สุด
4.ความสามารถในการจัดการข้อมูลอาคาร/สิ่งก่อสร้าง	4.50	0.51	มากที่สุด
5.ความสามารถในการจัดการข้อมูลข่าวประชาสัมพันธ์	4.83	0.51	มากที่สุด
6.ความสามารถในการจัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบ	4.83	0.38	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.67	0.47	มากที่สุด

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รายการ	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
การทำงานตามหน้าที่ (functional test)			
7.ความถูกต้องในการจัดการข้อมูลวัด	4.61	0.50	มากที่สุด
8.ความถูกต้องในการจัดการข้อมูลรายละเอียดวัด	4.67	0.49	มากที่สุด
9.ความถูกต้องในการจัดการข้อมูลรูปภาพภายในวัด	4.61	0.50	มากที่สุด
10.ความถูกต้องในการจัดการข้อมูลอาคาร/สิ่งก่อสร้าง	4.78	0.43	มากที่สุด
11.ความถูกต้องในการจัดการข้อมูลชาวประชาสัมพันธ์	4.56	0.51	มากที่สุด
12.ความถูกต้องในการจัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบ	4.56	0.51	มากที่สุด
13.ความสมบูรณ์ครบถ้วนของระบบในการทำงาน	4.44	0.51	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.60	0.49	มากที่สุด
ความยากง่ายในการใช้งานระบบ (usability test)			
14.ความง่ายในการใช้งาน	4.28	0.83	มาก
15.ความชัดเจนของข้อความที่แสดงผล	4.22	0.65	มาก
16.ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.06	0.87	มาก
17.ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง	4.06	0.80	มาก
18.ความเหมาะสมของภาพประกอบ	4.06	0.64	มาก
19.ความเหมาะสมของตำแหน่งองค์ประกอบที่แสดงผล	4.11	0.83	มาก
20.ความเป็นมาตรฐานเดียวกันของระบบ	4.11	0.90	มาก
21.ความสะดวกในการใช้งานระบบ	4.00	0.77	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.11	0.78	มาก
การรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (security test)			
22.ความสามารถในการเข้าใช้งานตามสิทธิ์	4.56	0.70	มากที่สุด
23.ความถูกต้องในการล็อกอินเข้าใช้งาน	4.61	0.61	มากที่สุด
24.ความถูกต้องในการเข้าถึงข้อมูลในระดับต่างๆ	4.50	0.62	มากที่สุด
25.การแจ้งเตือนเมื่อพบข้อผิดพลาดในการทำงาน	4.22	0.65	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.47	0.65	มาก
โดยรวม	4.46	0.74	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.46 โดยด้านความต้องการของผู้ใช้ระบบและด้านการทำงานตามหน้าที่อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย

4.67 และ 4.60 ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบและด้านความยากง่ายในการใช้งานระบบอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.47 และ 4.11 ตามลำดับ หากพิจารณาประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความต้องการของผู้ใช้งานระบบ ประสิทธิภาพของความสามารถในการจัดการข้อมูลข่าวประชาสัมพันธ์และความสามารถในการจัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.83 และความสามารถในการจัดการข้อมูลอาคาร/สิ่งก่อสร้างอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.50 ด้านการทำงานตามหน้าที่ ประสิทธิภาพของความถูกต้องในการจัดการข้อมูลอาคาร/สิ่งก่อสร้างอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.78 และความสมบูรณ์ครบถ้วนของระบบในการทำงานอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.44 ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ ประสิทธิภาพของความสามารถในการเข้าใช้งานตามสิทธิ์อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.56 และการแจ้งเตือนเมื่อพบข้อผิดพลาดในการทำงานอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.22 ด้านความยากง่ายในการใช้งานระบบ ประสิทธิภาพของความง่ายในการใช้งานอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.28 และความสะดวกในการใช้งานระบบอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.00

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้จัดทำเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์กิจกรรมของวัดในเขต อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ขึ้นมา ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของกุลชลี และคนอื่นๆ (2555) ที่เสนอให้พัฒนาช่องทางการประชาสัมพันธ์ผ่านทางเว็บไซต์ เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม โดยในงานวิจัยนี้ แต่ละวัดสามารถนำเสนอข้อมูลและประวัติของวัด รายละเอียดเกี่ยวกับอาคาร/สิ่งก่อสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วยอุโบสถ วิหาร เจดีย์ ศาลาการเปรียญ กุฏิ และสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ภายในวัด ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของศาสนสถานตามหลักพุทธศาสนา ที่อาจพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาต่อไปได้ (สันติธรรมภิกขิต, 2557) นอกจากนี้อาคาร/สิ่งก่อสร้าง พร้อมทั้งรูปถ่ายและภาพ 3 มิติ รวมไปถึงวิดีโอแสดงแผนผังของสิ่งก่อสร้างต่างๆ ภายในวัดได้ถูกพัฒนาขึ้นในการนำเสนอเว็บไซต์แต่ละวัด ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของกรณิกา (2558) ที่ว่าควรมีการสร้างสื่อในการประชาสัมพันธ์วัดให้หลากหลายยิ่งขึ้น ด้วยการจัดทำวิดีโอข้อมูลประวัติสถานที่ท่องเที่ยว ทั้งยังสอดคล้องกับประมาณ (2553) ที่เสนอแนะว่าการนำเสนอเว็บไซต์วัดนั้น ควรประกอบด้วยประวัติความเป็นมาของวัด ข่าวสารประชาสัมพันธ์ รวมไปถึงรูปภาพและวิดีโอ นั่นเอง

นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ยังพัฒนาเว็บไซต์ของวัดที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์ข่าวสารและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัด ซึ่งสอดคล้องกับรัฐพงศ์ และคนอื่นๆ (2559) ที่แม้จะจัดทำระบบสารสนเทศสำหรับการใช้งานภายในวัดเป็นหลัก แต่ก็ยังพัฒนาไปถึงเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์วัดอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม จุดประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้ มุ่งเน้นไปที่การเผยแพร่ข่าวสารประชาสัมพันธ์ของวัดต่างๆ ผ่านทางเว็บไซต์มากกว่าการใช้งานเพื่อกิจกรรมภายในวัด จึงไม่ได้พัฒนาในส่วนของระบบสารสนเทศอื่นๆ ดังเช่นงานของกับรัฐพงศ์ และคนอื่นๆ (2559) ส่วนพงศ์กร (2556) ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลวัด ในจังหวัดเชียงใหม่ รวมไปถึงระบบฐานข้อมูลวัดและวัฒนธรรม ในเขตพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน (พงศ์กร, 2557) ซึ่งได้นำเสนอข้อมูลในหลากหลายมิติ เช่น ข้อมูลทั่วไปของวัด ประวัติของวัด ข้อมูลเจ้าอาวาส ข้อมูลสถานภาพของวัด ข้อมูลการเดินทางและแผนที่ ข้อมูลเสนาสนะของวัด ข้อมูลปูชนียวัตถุของวัด ข้อมูลการจัดการศึกษาของวัด ข้อมูลปฏิทินกิจกรรม ข้อมูลข่าวและ

บทความ แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้พัฒนาตามความต้องการของผู้ใช้งานซึ่งก็คือ พระสงฆ์ที่รับผิดชอบในการดูแลเว็บไซต์ของแต่ละวัด เป็นหลัก จึงมีข้อมูลเฉพาะบางส่วนที่วัดนั้นๆ ต้องการนำเสนอ เช่น ข้อมูลประวัติของวัด ข้อมูลเจ้าอาวาสหรือทำเนียบสงฆ์ ข้อมูลอาคารและสิ่งก่อสร้างภายในวัดในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ข้อมูลการเดินทางและแผนที่ ข้อมูลการติดต่อวัด และข่าวสารประชาสัมพันธ์กิจกรรมของวัด เป็นต้น

สำหรับการจัดกลุ่มผู้ใช้งานระบบนั้น พงศ์กร (2556) ได้แบ่งผู้ใช้ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้ระบบ สมาชิก และบุคคลทั่วไป แต่ในงานวิจัยนี้ได้รวมกลุ่มผู้ดูแลระบบและผู้ใช้ระบบเข้าด้วยกันเป็นผู้ดูแลระบบเพียงอย่างเดียว เนื่องจากได้กำหนดขอบเขตในการทำงานที่ใกล้เคียงกันมาก แตกต่างเพียงผู้ดูแลระบบจะสามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบและจัดการข้อมูลวัดได้เท่านั้น นอกจากนั้นผู้ใช้งานจะสามารถดำเนินการได้ทั้งหมดในส่วนๆ ของเว็บไซต์ที่ตนเองดูแลเท่านั้น นอกจากนี้จากการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน ไม่มีความจำเป็นในการกำหนดระบบสมาชิกของเว็บไซต์ จึงคงมีเพียงกลุ่มบุคคลทั่วไปที่เข้าเยี่ยมชมเว็บไซต์เท่านั้น สรุปคือ ในงานของพงศ์กร (2556) มีผู้ใช้งานทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ในงานวิจัยนี้ มีเพียง 2 กลุ่ม โดยการรวมผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานเข้าด้วยกัน เป็นผู้ดูแลระบบส่วนกลางและผู้ดูแลระบบของแต่ละวัดที่มีขอบเขตในการใช้งานใกล้เคียงกันมาก และไม่มีสมาชิก มีเพียงบุคคลทั่วไปเท่านั้น ซึ่งงานทั้งสองนี้ แม้จะมีความแตกต่างกัน แต่เกิดจากความต้องการที่แตกต่างกันของผู้ใช้งานเป็นหลัก ไม่ใช่การเปรียบเทียบถึงความถูกต้องเหมาะสมกับระบบแต่อย่างใด

สำหรับด้านการออกแบบหน้าเว็บไซต์นั้น ความชัดเจนของข้อความ ความเหมาะสมของสีตัวอักษร ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง ความเหมาะสมของภาพประกอบ และความเหมาะสมของตำแหน่งองค์ประกอบที่แสดงผล ได้รับการประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์สำหรับการออกแบบเว็บไซต์ของประมาณ (2553) ในด้านการประเมินประสิทธิภาพของระบบนั้น พบว่า ระบบควรปรับปรุงด้านความยากง่ายในการใช้ระบบในทุกประเด็น เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน นอกจากนี้อาจเพิ่มการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อตรวจสอบความต้องการของผู้ใช้งานและพัฒนาระบบให้สมบูรณ์ตามความต้องการต่อไป อีกทั้งระบบควรแสดงข้อความแจ้งเตือนเมื่อเกิดข้อผิดพลาดต่างๆ ในการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขเบื้องต้นด้วยตนเองอย่างถูกต้อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ทุกท่าน ขอขอบคุณเจ้าอาวาสและพระทุกรูปที่ให้ข้อมูลต่างๆ และขอบคุณทุกคนในทีมวิจัยที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิกา คำดี. (2558). วัดและศาสนสถานในมิติของการท่องเที่ยว. *วารสารบัณฑิตศึกษา มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 4(2), 175-191.
- กุลขลิ พวงพีชร์ และคนอื่นๆ. (2555). การจัดการและการมีส่วนร่วมเพื่อการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม : กรณีศึกษากลุ่มชาติพันธุ์ไทยพวน อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี. *วารสารร่วมพฤษภูมิ มหาวิทยาลัยเกริก*, 30(2), 60-78.
- ธีรวิฑู พุ่มเอี่ยม พระครูโกศลวชิรกิจ และหม่อมภิชา ตันตีสันติสม. (2562). การพัฒนาเว็บไซต์นำเสนอวัดประดู่ลาย จ.กำแพงเพชร ด้วยภาพ 3 มิติ. *สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 6(1), 95-103.
- นัฐพงศ์ ส่งเนียม และคนอื่นๆ. (2559). การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับศาสนสถาน. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(1), 92-107.
- พงศ์กร จันทราช. (2556). การพัฒนาระบบฐานข้อมูลวัด ในจังหวัดเชียงใหม่. *FEU Academic Review*, 7(1), 109-120.
- พงศ์กร จันทราช. (2557). การพัฒนาระบบฐานข้อมูลวัดและวัฒนธรรม ในเขตพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน. *FEU Academic Review*, 8(1), 180-193.
- มานิช พรหมปัญญา และคนอื่นๆ. (2556). แนวทางการเตรียมความพร้อมการท่องเที่ยวเชิงพุทธของจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียน. *วารสารการบริการและการท่องเที่ยวไทย*, 8(2), 36-47.
- ประมาณ จรุงญาณิษฐ์. (2553). การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างสารสนเทศเว็บไซต์วัดในจังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พระครูสันติธรรมมาภีร์ (บุญชัย สุนติกโร). (2557). ศาสนสถานแหล่งท่องเที่ยวในพระพุทธศาสนา. *Journal of Nakhonratchasima College*, 8(1), 89-96.



แรงจูงใจที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของอาสาสมัครสาธารณสุข
ประจำหมู่บ้านเขตอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส

Motivation Factor Effecting to Practices Based on Roles Performance
Among Village Health Volunteers in Takbai District, Narathiwat Province.

นอร์ไอนี ยูโซ๊ะ*

NorineeYusoh

อมรศักดิ์ โพธิ์อ่ำ**

AmornsakPoum

Received : November 12, 2019

Revised : February 20, 2020

Accepted : June 30, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพรรณนามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแรงจูงใจที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ประชากร คือ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ที่มีรายชื่อขึ้นทะเบียนเป็นอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน เขตอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ปีงบประมาณ 2560 จำนวน 637 ราย ใช้สูตรการคำนวณกลุ่มตัวอย่างที่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนของ Daniel ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 264 ราย ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและความเที่ยงได้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบาช เท่ากับ 0.90 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ใช้สถิติ Pearsons Product Moment Correlation Coefficient ผลการวิจัยพบว่า แรงจูงใจในการปฏิบัติงานมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.91, S.D.=0.289) และการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.67, S.D.=0.490) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า แรงจูงใจในการปฏิบัติงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน เขตอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.191$, $p\text{-value}=0.003$, $r=0.404$, $p\text{-value}<0.001$ ตามลำดับ)

คำสำคัญ : แรงจูงใจ / อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน / การปฏิบัติงาน

*นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการสำนักงานสาธารณสุขอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส

Public Health Specialist TakBai District Public Health Office Narathiwat Province

**อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารสาธารณสุข คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Lecturer, Master of Public Health Program Public Health Administration Faculty of Public Health

ABSTRACT

This descriptive research study aimed to study motivation factors effecting to practices based on roles performance among village health volunteers. Population were 637 village health volunteers in Takbai District, Narathiwat Province, which be registered in fiscal year 2018, and sample size calculating used Daniel formula for 264 cases, systematic random sampling was determine. Data collected by questionnaire which are used to examine content validity and reliability test by coefficient Cronbach's alpha about 0.90. An association analysis used Pearson Product Moment Correlation Coefficient. The result showed that motivation for practicing had mean score with high level (\bar{X} =2.91, S.D.=0.289), and practices based on roles performance among village health volunteers motivation had mean score with high level (\bar{X} =2.67, S.D.=0.490), respectively. An association analysis found the knowledge of village health volunteers practicing and motivation were associated with practices based on roles performance among village health volunteers in Takbai District, Narathiwat Province with statistic significant ($r = 0.191$, p -value=0.003, $r =0.404$, p -value< 0.001, respectively).

Keywords : Motivation / Village Health Volunteers /
Practices Based on Roles Performance

บทนำ

กระทรวงสาธารณสุขได้นำหลักการและกลวิธีสาธารณสุขมูลฐานมาใช้เพื่อการพัฒนาและแก้ไขปัญหาสาธารณสุขของประเทศ โดยเน้นหลักการการมีส่วนร่วมและการพึ่งตนเองด้านสุขภาพของประชาชน มีเป้าหมายให้ประชาชนมีความสามารถแสดงบทบาทในการดูแลสุขภาพตนเอง ครอบครัว ชุมชน สังคมและสิ่งแวดล้อมโดยชุมชนเพื่อชุมชนได้อย่างยั่งยืนด้วยจิตอาสา อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เป็นบุคคลที่ได้รับคัดเลือกจากหมู่บ้านหรือชุมชนและผ่านการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมมาตรฐานอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ตามระเบียบว่าด้วยอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน พ.ศ. 2554 เป็นกลุ่มของสมาชิกหรือประชาสังคมมีบทบาทอย่างยิ่งในทางปฏิบัติเกี่ยวกับการส่งเสริมการดูแลสุขภาพของประชาชน และมีความใกล้ชิดกับประชาชนมากที่สุด ปัจจุบัน อสม. มีการปรับปรุงรูปแบบวิธีการดำเนินงานการดูแลสุขภาพให้มีความสอดคล้องเหมาะสมกับบริบทที่มีการเปลี่ยนแปลงไป สามารถนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติในระดับชุมชนได้อย่างดียิ่ง เป็นที่ประจักษ์และยอมรับของสังคมทั้งในประเทศและระดับนานาชาติ กระทรวงสาธารณสุขจึงได้มีการส่งเสริมสนับสนุนการดำเนินงานของ อสม. อย่างต่อเนื่อง (กองสนับสนุนสุขภาพภาคประชาชน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2559) เป็นการพัฒนาการเข้าถึงบริการสุขภาพระดับปฐมภูมิหรือสาธารณสุขมูลฐาน (ณัฐภาณี, 2561) องค์ประกอบของงานสาธารณสุขมูลฐาน ประกอบด้วย 14 องค์ประกอบ ได้แก่ งานโภชนาการ งานสุขศึกษา การรักษาพยาบาล การจัดหายาที่จำเป็น การสุขภาพและการจัดหา

สะอาด อนามัยแม่และเด็กและการวางแผนครอบครัว การควบคุมป้องกันโรคติดต่อในท้องถิ่น การสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค การส่งเสริมสุขภาพฟัน การส่งเสริมสุขภาพจิต อนามัยสิ่งแวดล้อม คัดกรองผู้บริโภคราย การป้องกันควบคุมอุบัติเหตุ อุบัติภัย และโรคไม่ติดต่อ และเอตส์ (อนนท์, 2556) โดยงานสาธารณสุขมูลฐานในชุมชน พบว่า อสม. มีส่วนร่วมในการออกเยี่ยมบ้าน ให้คำแนะนำดูแลสุขภาพของหญิงตั้งครรภ์ ให้คำแนะนำฝากครรภ์ให้ครบตามเกณฑ์คุณภาพ มีการค้นหาหญิงตั้งครรภ์รายใหม่ ให้คำแนะนำแก่หญิงหลังคลอดและการเลี้ยงดูบุตรด้วยนมแม่ มีการดำเนินงานด้านการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคให้ได้รับวัคซีนครบตามเกณฑ์อายุ ด้านงานผู้สูงอายุ ผู้พิการ มีการออกเยี่ยมบ้านและให้คำแนะนำในการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุและผู้ดูแลผู้พิการ มีการเฝ้าระวังป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออก มีการดำเนินการตรวจคัดกรองโรคให้กับประชาชนกลุ่มเสี่ยง 35 ปี ขึ้นไป ให้คำแนะนำประชาชนบริโภคผลิตภัณฑ์/อาหาร/เกลือที่ผสมไอโอดีน ให้คำแนะนำประชาชนลดกินหวาน อาหารมันและเค็ม ด้านการฟื้นฟูสุขภาพ อสม. ออกเยี่ยมบ้านและให้คำแนะนำการดูแลผู้ป่วยโรคเรื้อรัง มีส่วนร่วมในการดำเนินงานคัดกรองผู้บริโภคราย เฝ้าระวังและให้คำแนะนำการบริโภคอาหารปลอดภัยแก่ผู้บริโภครายและผู้ประกอบการ มีส่วนร่วมการจัดทำแผนสุขภาพตำบล ร่วมกิจกรรมจิตอาสาทำกับเครือข่ายอื่นๆ จัดหางบประมาณจัดกิจกรรมสุขภาพและประเมินผลตามโครงการในแผนสุขภาพตำบล (สำนักงานสาธารณสุขอำเภอตากใบ, 2561)

จากการดำเนินงานดังกล่าว จะเห็นว่า อสม. มีการทำงานครอบคลุมงานสาธารณสุขมูลฐานหรืองานสุขภาพภาคประชาชน แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ว่ามีแรงจูงใจด้านใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำแนวคิดทฤษฎีการจูงใจของเฮิร์ซเบิร์ก (Herzberg' Two-Factor Theory) (Herzberg, 1959) มาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์แรงจูงใจที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. เพื่อให้ได้สารสนเทศที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาศักยภาพของ อสม. ในเขตอำเภอตากใบ เพื่อให้ อสม. สามารถปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research Study) ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนมิถุนายน-ธันวาคม พ.ศ.2561

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จำนวน 637 ราย โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาคือ อสม. ที่ขึ้นทะเบียนเป็น อสม. เขตอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ปีงบประมาณ 2560 และปฏิบัติงานจริงอยู่ในพื้นที่อย่างน้อย 6 เดือนและสามารถอ่านเข้าใจภาษาไทยและสามารถกรอกแบบสอบถามด้วยตนเองได้ กำหนดเกณฑ์การคัดออก ได้แก่ ผู้ที่ไม่สมัครใจตอบแบบสอบถามและเจ็บป่วยในช่วงเก็บข้อมูลจนไม่สามารถให้ข้อมูลได้

กลุ่มตัวอย่าง คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณที่ทราบประชากรแน่นอนของ Daniel (2010) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ค่าความคลาดเคลื่อนสามารถยอมรับได้ เท่ากับ 0.05 คำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 264 คน

การสุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบมีระบบ (Systematic Random Sampling) เพื่อคัดเลือกรายชื่อของ อสม. เป็นตัวแทนในการเก็บข้อมูล โดยนำรายชื่อจากทะเบียน อสม. มาเรียงลำดับรายชื่อตามตัวอักษร ก ถึง ฮ แล้วคำนวณค่าระยะห่างของการสุ่มเท่ากับ 2 หลังจากนั้นเริ่มสุ่มหยิบรายชื่อกลุ่มตัวอย่างคนแรก แล้วหยิบรายชื่อกลุ่มตัวอย่างลำดับถัดไปโดยเว้นระยะห่างของรายชื่อเท่ากับ 2 สุ่มหยิบรายชื่อกลุ่มตัวอย่างไปจนครบจำนวน 264 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ แบบสอบถาม ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 คุณลักษณะส่วนบุคคลของ อสม.

ส่วนที่ 2 แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน ประกอบด้วย ด้านความสำเร็จในการทำงาน ด้านการยอมรับนับถือ ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ ด้านสภาพการทำงาน ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ด้านค่าป่วยการ/สวัสดิการ ด้านความเป็นอยู่ส่วนตัว ด้านการนิเทศงานและฝึกอบรม ข้อคำตอบมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าตามระดับความคิดเห็น 5 ระดับคือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง เกณฑ์การแปลผลตามแนวคิดของเบสท์ (Best, 1977) แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ความคิดเห็นระดับสูง คะแนนระหว่าง 3.67-5.00 ระดับปานกลาง คะแนนระหว่าง 2.34-3.66 และระดับต่ำ คะแนนระหว่าง 1.00-2.33

ส่วนที่ 3 การปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ประกอบด้วย งานสุขศึกษา, งานโภชนาการ, งานอนามัยแม่และเด็กและการวางแผนครอบครัว, งานสุขภาพจิตและการจัดหาน้ำสะอาด, งานเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค, งานควบคุมและป้องกันโรคติดต่อ, งานรักษาพยาบาลเบื้องต้น, งานจัดหาหาที่มีความจำเป็น, งานส่งเสริมสุขภาพฟัน, งานส่งเสริมสุขภาพจิต, งานอนามัยสิ่งแวดล้อม, งานคุ้มครองผู้บริโภค, งานป้องกันควบคุมอุบัติเหตุอุบัติภัยและโรคไม่ติดต่อ, งานป้องกันควบคุมโรคเอดส์ ข้อคำตอบมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ ปฏิบัติมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด เกณฑ์การแปลผลตามแนวคิดของเบสท์ (Best, 1977) แบ่งเป็น 3 ระดับคือ การปฏิบัติระดับสูง คะแนนระหว่าง 3.67-5.00 ระดับปานกลาง คะแนนระหว่าง 2.34-3.66 และระดับต่ำ คะแนนระหว่าง 1.00-2.33

แบบสอบถามนี้สร้างขึ้นจากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและนำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา หลังจากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับผู้ที่มีคุณสมบัติเหมือนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach, 1997) เท่ากับ 0.90

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะส่วนบุคคล ความรู้ในการปฏิบัติงาน แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน และการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. โดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐาน พิสัย วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในการปฏิบัติงาน แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน และการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation) โดยก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น พบว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ และตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

ผลการวิจัย

อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (92.08%) มีอายุระหว่าง 40-60 ปี (38.33%) (\bar{X} =45.89, S.D.=10.333, Max=74, Min=22) นับถือศาสนาอิสลาม (51.67%) มีสถานภาพสมรสคู่/แต่งงาน/อยู่ด้วยกัน (82.92%) จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. (42.92%) มีเพียงร้อยละ 4.58 ที่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำสวน/ทำนา (44.17%) รายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 7,000 บาทต่อเดือน (87.92%) (\bar{X} =4,240.58, S.D.=4240.58, Max=20,000, Min=600) มีระยะเวลาในการปฏิบัติงานเป็น อสม.ระหว่าง 5-15 ปี (56.25%) และมี อสม. ที่ปฏิบัติงานมากกว่า 30 ปีขึ้นไป (5.42%) (\bar{X} =14.72, S.D.= 8.877, Max=40, Min=1)

แรงจูงใจในการปฏิบัติงานในภาพรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นอยู่ในระดับสูง (90.83%) (\bar{X} =2.91, S.D.=0.289) เมื่อพิจารณาแรงจูงใจในการปฏิบัติงานจำแนกรายด้านพบว่า ด้านความสำเร็จในการทำงานอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.00, S.D.=0.065) ด้านการยอมรับนับถืออยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.00, S.D.=0.000) ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.00, S.D.=0.065) ด้านสภาพการทำงานอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.00, S.D.=0.065) ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.00, S.D.=0.065) ด้านค่าป่วยการ/สวัสดิการอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.95, S.D.=0.227) ด้านความเป็นอยู่ส่วนตัวอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.98, S.D.=0.128) ด้านการนิเทศงานและฝึกอบรมอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.96, S.D.=0.200)

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงจูงใจในการปฏิบัติงานและการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส (n=264)

ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม	ระดับคะแนน						Mean	S.D.
	สูง		ปานกลาง		ต่ำ			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ		
1. แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน	218	90.83	22	9.2	-	-	2.91	0.289
ด้านความสำเร็จในการทำงาน	-	-	1	0.42	239	99.58	3.00	0.065
ด้านการยอมรับนับถือ	240	100.00	-	-	-	-	3.00	0.000
ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ	239	99.58	1	0.41	-	-	3.00	0.065

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม	ระดับคะแนน						Mean	S.D.
	สูง		ปานกลาง		ต่ำ			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ		
ด้านสภาพการทำงาน	239	99.58	1	0.41	-	-	3.00	0.065
ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	240	100.00	-	-	-	-	3.00	0.000
ด้านค่าป่วยการ/สวัสดิการ	227	94.58	13	5.42	-	-	2.95	0.227
ด้านความเป็นอยู่ส่วนตัว	236	98.33	4	1.67	-	-	2.98	0.128
ด้านการนิเทศงานและฝึกอบรม	230	95.83	10	4.17	-	-	2.96	0.200
2. การปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม.	162	67.50	76	31.67	2	0.83	2.67	0.490
งานสุขศึกษา	159	66.25	81	33.75	-	-	2.66	0.474
งานโภชนาการ	165	68.75	72	30.00	3	1.25	2.68	0.495
งานอนามัยแม่และเด็กและการวางแผนครอบครัว	188	78.33	52	21.67	-	-	2.78	0.413
งานสุขาภิบาลและการจัดการน้ำสะอาด	180	75.00	56	23.33	4	1.67	2.73	0.479
งานเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค	194	80.83	46	19.17	-	-	2.81	0.394
งานควบคุมและป้องกันโรคติดต่อ	184	76.67	54	22.50	2	0.83	2.76	0.448
งานรักษาพยาบาลเบื้องต้น	154	64.17	75	31.25	11	4.5	2.60	0.578
งานจัดหาที่มีความจำเป็น	105	43.75	67	27.92	68	28.33	2.15	0.837
งานส่งเสริมสุขภาพฟัน	170	70.83	66	27.50	4	1.67	2.69	0.498

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม	ระดับคะแนน							Mean	S.D.
	สูง		ปานกลาง		ต่ำ				
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ			
งานส่งเสริมสุขภาพจิต	181	75.42	39	16.25	20	8.33	2.67	0.624	
งานอนามัยสิ่งแวดล้อม	135	56.25	98	40.83	7	2.91	2.53	0.555	
งานคุ้มครองผู้บริโภค	168	70.00	59	24.58	13	5.41	2.65	0.582	
งานป้องกันควบคุมอุบัติเหตุ อุบัติภัยและโรคไม่ติดต่อ	170	70.83	68	28.33	2	0.833	2.70	0.477	
งานป้องกันควบคุมโรคเอดส์	138	57.50	73	30.42	29	12.08	2.45	0.701	

จากตารางที่ 1 การปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ในภาพรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ยการปฏิบัติอยู่ในระดับสูง (67.50%) (\bar{X} =2.67, S.D.=0.490) เมื่อพิจารณาการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. จำแนกรายด้านพบว่า งานสุขศึกษาทำงานอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.66, S.D.=0.474) งานโภชนาการอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.68, S.D.=0.495) งานอนามัยแม่และเด็กและการวางแผนครอบครัวอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.78, S.D.=0.413) งานสุขภาพจิตและการจัดหาที่สะอาดอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.73, S.D.=0.479) งานเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรคอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.81, S.D.=0.394) งานควบคุมและป้องกันโรคติดต่ออยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.76, S.D.=0.448) งานรักษาพยาบาลเบื้องต้นอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.60, S.D.=0.578) งานจัดหาที่มีความจำเป็นอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.15, S.D.=0.837) งานส่งเสริมสุขภาพฟันอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.69, S.D.=0.498) งานส่งเสริมสุขภาพจิตอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.67, S.D.=0.624) งานอนามัยสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.53, S.D.=0.555) งานคุ้มครองผู้บริโภคอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.65, S.D.=0.582) งานป้องกันควบคุมอุบัติเหตุอุบัติภัยและโรคไม่ติดต่ออยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.70, S.D.=0.477) งานป้องกันควบคุมโรคเอดส์อยู่ในระดับสูง (\bar{X} =2.45, S.D.=0.701) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างแรงจูงใจในการปฏิบัติงานและการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส (n=264)

แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน	การปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม.		
	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r)	p-value	การแปลผล
1. แรงจูงใจในการปฏิบัติงาน	0.404	0.000**	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านความสำเร็จในการทำงาน	0.084	0.194	ไม่มีความสัมพันธ์
ด้านการยอมรับนับถือ	0.417	0.000**	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ	0.199	0.002	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านสภาพการทำงาน	0.236	0.000**	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	0.284	0.000**	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านค่าป่วยการ/สวัสดิการ	0.199	0.002	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านความเป็นอยู่ส่วนตัว	0.250	0.000**	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านการนิเทศงานและฝึกอบรม	0.270	0.000**	มีความสัมพันธ์ทางบวก

**p-value<0.001

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า แรงจูงใจในการปฏิบัติงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านเขตอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.404$, $p\text{-value}<0.001$) เมื่อพิจารณาแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่มีความสัมพันธ์ทางบวกการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำแนกรายด้าน ได้แก่ ด้านการยอมรับนับถือ ($r=0.417$, $p\text{-value}<0.001$) ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ ($r=0.199$, $p\text{-value}=0.002$) ด้านสภาพการทำงาน ($r=0.236$, $p\text{-value}<0.001$) ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ($r=0.284$, $p\text{-value}<0.001$) ด้านค่าป่วยการ/สวัสดิการ ($r=0.199$, $p\text{-value}=0.002$) ด้านความเป็นอยู่ส่วนตัว ($r=0.250$, $p\text{-value}<0.001$) ด้านการนิเทศงานและฝึกอบรม ($r=0.270$, $p\text{-value}<0.001$) ตามลำดับ ด้านความสำเร็จในการทำงานไม่พบความสัมพันธ์ ($r=0.084$, $p\text{-value}=0.194$)

อภิปรายผล

การปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. จะเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานสาธารณสุขที่มีความสอดคล้องกับปัญหาและตรงกับความต้องการของประชาชน มีความเชื่อมโยงกับงานบริการสาธารณสุขพื้นฐาน (Basic health service) ซึ่งหน่วยบริการสาธารณสุขจะเป็นผู้จัดบริการให้กับประชาชน เป็นงานที่ อสม.สามารถร่วมดำเนินกิจกรรมได้ ซึ่งเรียกว่า องค์ประกอบของงานสุขภาพภาคประชาชน จำนวน 14 องค์ประกอบ ได้แก่ งานโภชนาการ งานสุขศึกษา การรักษาพยาบาล การจัดหาหายที่จำเป็น การสุขภาพและการจัดหาที่สะอาด

อนามัยแม่และเด็กและการวางแผนครอบครัว การควบคุมป้องกันโรคติดต่อในท้องถิ่น การสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค การส่งเสริมสุขภาพฟัน การส่งเสริมสุขภาพจิต อนามัยสิ่งแวดล้อม คัมครองผู้บริโภค การป้องกันควบคุมอุบัติเหตุ อุบัติภัย และโรคไม่ติดต่อ และเอดส์ พบว่า อสม. สามารถปฏิบัติงานในภาพรวมมีระดับการปฏิบัติอยู่ในระดับสูง (67.50%) พบว่า การปฏิบัติงานของ อสม.ที่มีการดำเนินงานมากที่สุดคือ งานเสริมสร้างภูมิคุ้มกันโรค (80.83%) รองลงมาคือ งานอนามัยแม่และเด็กและการวางแผนครอบครัว (78.33%) และงานควบคุมป้องกันโรคติดต่อ (76.67%) สำหรับการดำเนินงานที่ปฏิบัติน้อยที่สุดคือ งานจัดหาที่จำเป็น (43.75%) กิจกรรมที่ อสม. สามารถปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่นั้นเป็นการดำเนินงานด้านสาธารณสุข โดยประชาชนที่มีจิตสาธารณะจะสมัครมาทำหน้าที่ อสม. เพราะถือว่าเป็นบุคคลที่ทราบถึงปัญหาและความต้องการที่แท้จริงของประชาชนในพื้นที่ที่สุด (กองสนับสนุนสุขภาพภาคประชาชน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2559)

แรงจูงใจมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value}<0.001$) อธิบายเหตุผลได้ว่า แรงจูงใจเป็นกระบวนการที่บุคคลถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า เพื่อให้เกิดการกระทำที่บรรลุจุดประสงค์ที่ต้องการหรือเกิดพฤติกรรมเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป ตรงกับทฤษฎีการจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (Achievement Motivation Theory) ของ McClelland (1953) พบว่า ความพึงพอใจในการทำงานจะเป็นสิ่งที่บอกได้ถึงคุณภาพชีวิตการทำงาน ซึ่งองค์กรสามารถตอบสนองต่อความต้องการทั้งหลายของพนักงานได้ เช่น การได้รับค่าจ้างและเงินเดือนที่มีความเพียงพอ หรือมีการจัดสถานที่ทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานให้มีความปลอดภัย มีการจัดกิจกรรมจัดงานสังสรรค์การแข่งขันกีฬาภายในองค์กรหรือการให้รางวัลแก่พนักงานที่มีผลงานดีเด่นและเปิดโอกาสให้กับพนักงานได้มีการใช้ความสามารถและทำงานให้ได้ผลสำเร็จของงาน สอดคล้องกับทฤษฎีองค์ประกอบคู่ของ Herzberg. (1959) กล่าวว่า ปัจจัยจูงใจ (Motivator factors) เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความพึงพอใจเป็นตัวสนับสนุนให้บุคคลทำงานเพิ่มมากขึ้นเป็นปัจจัยภายนอก (ความต้องการภายใน) ของบุคคลที่มีอิทธิพลในการสร้างความพึงพอใจในการทำงาน (Job satisfiers) ทำให้คนทำงานมีความรู้สึกพอใจในงาน มีความรู้สึกในด้านดีกับงานที่ปฏิบัติให้เพิ่มผลผลิตหรือประสิทธิภาพของงาน อันเนื่องมาจากแรงจูงใจภายในที่เกิดจากการทำงาน ซึ่งเป็นปัจจัยนำไปสู่การพัฒนาทัศนคติทางบวกและแรงจูงใจที่แท้จริง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ จุนจิตร์ (2556) ที่กล่าวว่า บุคลากรที่ได้รับแรงจูงใจในการปฏิบัติงานที่เหมาะสมจะส่งผลต่อคุณภาพในการทำงานของบุคลากรในหน่วยงาน และการศึกษาวิจัยของ จีรภา (2547) ที่ศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานสาธารณสุขมูลฐานของ อสม. ตำบลเกาะเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี พบว่า ปัจจัยจูงใจมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานสาธารณสุขมูลฐานของ อสม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value}<0.001$) และการศึกษาวิจัยของ ยุพิน (2556) ที่พบว่าแรงจูงใจมีผลต่อการปฏิบัติงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในการควบคุมโรคติดต่อของอำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value}<0.001$) นอกจากนี้ผลการวิจัยสอดคล้องกับการวิจัยของ สุริมาศ (2557) ศึกษาปัจจัยจูงใจที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในการดูแลผู้สูงอายุในชุมชน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ พบว่า

ปัจจัยจูงใจ 5 ด้าน มีความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับการปฏิบัติงานผู้สูงอายุในชุมชน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าแรงจูงใจของ อสม. ในทุกด้านต่างก็เป็นปัจจัยที่สำคัญหรือเป็นตัวกระตุ้นให้อสม. ปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ อสม. ได้เป็นอย่างดี แต่แตกต่างจากงานวิจัยของ กนกกร (2557) พบว่าแรงจูงใจในการทำงานของพยาบาลวิชาชีพในโรงพยาบาลทั่วไปของรัฐสังกัดกระทรวงสาธารณสุข เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไม่มีความสัมพันธ์กับความตั้งใจที่จะลาออกจากงาน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อสม. มีแรงจูงใจในการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ในภาพรวมอยู่ในระดับสูง (83.7%) ซึ่งแรงจูงใจมีส่วนประกอบที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงาน 5 ประการ ได้แก่ ความสำเร็จในการทำงานของบุคคล การได้รับการยอมรับนับถือ ลักษณะของงานที่ปฏิบัติ ความรับผิดชอบ และความก้าวหน้า ด้วยปัจจัยจูงใจทั้ง 5 นี้จึงทำให้เกิดแรงจูงใจและความพอใจในการทำงาน

ด้านความสำเร็จในการทำงานของ อสม. (Work Achievement) ไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ($P\text{-value} = 0.194$) เนื่องจากความสำเร็จในงานคือการทำงานที่บุคคลสามารถแก้ปัญหาต่างๆ การรู้จักแก้ปัญหา ความสำเร็จที่ได้รับเมื่อผู้ปฏิบัติงานเกิดความรู้สึกว่าเขาทำงานสำเร็จหรือมีความต้องการที่จะทำงานให้สำเร็จ สิ่งที่เป็นคืองานนั้นควรเป็นงานที่ทำหายความสามารถ แรงจูงใจเกี่ยวกับความสำเร็จของงานประกอบด้วย 2 สิ่งคือ ระดับจูงใจในความสำเร็จและความสามารถในการที่จะทำงานนั้น McClland. (1953) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Kanokrat. (2559) พบว่า แรงจูงใจมีความสัมพันธ์กับกลยุทธ์ในการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เช่นเดียวกับการศึกษาของ ประจักษ์ (2558) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการทำงานของ อสม. ประกอบด้วยความสามารถในการสื่อสารข้อมูลทางด้านสุขภาพของ อสม. ไปสู่ประชาชนในชุมชน

ด้านการยอมรับนับถือ (Recognition) มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ($P\text{-value} < 0.001$) เพราะการได้รับการยอมรับนับถือเป็นผลมาจากความสำเร็จในการปฏิบัติงานของ อสม. การที่ประชาชนในชุมชนให้การยอมรับนับถือ อสม. จะมีการแสดงออกในหลายรูปแบบ เช่น การชมเชยด้วยคำพูดหรือการเขียนเป็นลายลักษณ์อักษร การให้การเสริมแรงบ่อยๆ เป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้เกิดแรงจูงใจต่อเนื่องกันไป การได้รับการยอมรับของบุคคลเป็นทั้งรางวัลที่จับต้องได้และจับต้องไม่ได้คือ การได้รับการยอมรับแบบที่จับต้องได้อาจอยู่ในรูปแบบของการได้รับยกย่องเป็นบุคลากรดีเด่นประจำเดือนหรือรางวัลพิเศษอื่นๆ สำหรับการได้รับการยอมรับในรูปแบบที่จับต้องไม่ได้หรือทางจิตวิทยา เช่น การได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับของผู้บริหารที่ให้การยอมรับในสิ่งทีนอกเหนือจากผลงานของบุคลากร ดังนั้นการได้รับการยอมรับนับถือจากประชาชนในชุมชนจะทำให้ อสม. เกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ สอดคล้องกับการวิจัยของ สุลีมาศ (2557) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในการดูแลผู้สูงอายุในชุมชนจังหวัดบุรีรัมย์ ได้แก่ การได้รับการยอมรับนับถือ ($P\text{-value} < 0.005$)

ด้านลักษณะของงานที่ปฏิบัติ (Work It-self) มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ($P\text{-value} = 0.002$) เนื่องจากความพึงพอใจในงานของบุคคลนั้นขึ้นอยู่กับงานที่พึงพอใจด้วยลักษณะของงานที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจแก่ผู้ปฏิบัติจะต้องทำหายความรู้ความสามารถไม่ซ้ำซากจำเจและสร้าง

ความรู้สึกก้าวหน้าในอาชีพการงาน ดังนั้น ลักษณะของงานที่ปฏิบัติจะทำให้ อสม.เกิดความรู้ ความชำนาญและคำแนะนำ การให้คำปรึกษาของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขยังทำให้ อสม.มีความมั่นใจและเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติงานต่อไป (ยุพิน, 2556)

ด้านสภาพการทำงาน (Working Conditions) มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ($P\text{-value}<0.001$) สภาพที่เหมาะสมในการปฏิบัติงานความสะดวกสบายในการปฏิบัติงานรวมทั้งผู้บริหาร ผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงาน อสม. ส่วนใหญ่จะปฏิบัติงานในชุมชนด้วยจิตอาสาที่มีความรับผิดชอบต่อนหน้าที่ และมีการทำงานอย่างเป็นทีมงานเป็นการรวมกลุ่มให้เกิดกิจกรรมเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำ กิจกรรมในชุมชนของตนเองทำให้อสม.เห็นผลงานอย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับการศึกษาของ อรวรรณ (2550) ที่ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อแรงจูงใจในการทำงานของพนักงานสวนสนุกดรีมเวิลด์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยแวดล้อมด้านสภาพการทำงานเป็นด้านที่ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการทำงานมากที่สุด แตกต่างจากการศึกษาของ ยัวร์ตัน (2554) ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยจูงใจกับปัจจัยค้ำจุนที่มีอิทธิพลต่อระดับความผูกพันและจงรักภักดีของพนักงานระดับปฏิบัติการในสำนักงานของบริษัท เจ็บเซิน แอนด์ เจ็สเซิน (ประเทศไทย) จำกัด ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยค้ำจุนด้านสภาพการทำงานไม่มีอิทธิพลต่อระดับความผูกพันและจงรักภักดีของพนักงาน

ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (Interpersonal Relation) พบว่า มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ($P\text{-value}<0.001$) การพบปะสังสรรค์ของบุคคลอื่นๆ เช่น ผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงานและผู้ใต้บังคับบัญชาในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การติดต่อไม่ว่าจะเป็นกิริยาหรือวาจาที่แสดงถึงความสัมพันธ์อันดีต่อกันสามารถทำงานร่วมกันมีความเข้าใจซึ่งกันและกันอย่างดี การบริหารจัดการเกี่ยวกับความแตกต่างในปัจจัยพื้นฐานของบุคลากรแต่ละคน ได้แก่ อายุ เพศ สถานภาพสมรส และสัมพันธ์ภาพระหว่างผู้บริหาร การได้รับการสนับสนุนจากผู้บังคับบัญชาและสัมพันธ์ภาพระหว่างผู้ร่วมงาน ผู้บริหารที่มีความยุติธรรมและไม่เข้มงวดเปิดโอกาสให้มีความยืดหยุ่นในงานได้และมีความสมดุลของชีวิตการทำงานและชีวิตส่วนตัวให้ข้อมูลย้อนกลับให้การยอมรับบุคลากรและผลการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งให้การสนับสนุนให้มีโอกาสก้าวหน้าและพัฒนาในงานสำหรับบุคลากรจะทำให้เกิดผลทางบวกต่อการคงอยู่ของบุคลากรในองค์กรได้

ด้านค่าป่วยการ/สวัสดิการ (Salary and Benefits) มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ($P\text{-value}=0.002$) เงินเดือนหรือการเลื่อนขั้นเงินเดือนในหน่วยงานนั้นเป็นที่พึงพอใจของบุคคลที่งานผลตอบแทนจากการทำงานซึ่งอาจจะเป็นรูปของค่าจ้างหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ได้รับจากการปฏิบัติงานบุคคลย่อมต้องการค่าตอบแทนที่ต่างกันตามผลของงาน ถ้าบุคลากรที่มีผลงานต่ำกว่าได้รับค่าตอบแทนเท่ากับบุคคลที่มีผลงานมากกว่าย่อมก่อให้เกิดความรู้สึกไม่ยุติธรรม อาจทำให้บุคคลแสวงหางานอื่นที่ให้ค่าตอบแทนตามความแตกต่างของผลงานแทน กระบวนการบริหารจัดการกับผลงานและกระบวนการประเมินผลงานต้องเชื่อมโยงกับการบริหารค่าตอบแทน การให้รางวัลพิเศษในรูปของเงินโบนัสหรือเงินก้อนจะมีผลต่อการประสพผลสำเร็จในขององค์กรและการปฏิบัติงานของแต่ละบุคคล สอดคล้องกับการศึกษาของ ธาณินทร์ (2559) ศึกษาปัจจัยที่มี

อิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานหมู่บ้านจัดการสุขภาพ ของ อสม. จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าแรงจูงใจด้านค่าตอบแทนและสวัสดิการเป็นแรงจูงใจในการปฏิบัติงานหมู่บ้านจัดการสุขภาพของ อสม.

ด้านความเป็นอยู่ส่วนตัว (Personal Life) มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ($P\text{-value} < 0.001$) หมายถึงความรู้สึกที่ดีหรือไม่ดีอันเป็นผลที่ได้รับจากงานในหน้าที่ สอดคล้องกับการศึกษาของ นวสันต์ (2558) รูปแบบการสร้างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย พบว่า อสม. มีความรู้สึกภูมิใจที่ได้รับการยกย่องจากการช่วยเหลือประชาชนในชุมชน เป็นพลังใจของ อสม. ที่ได้รับจากผู้ ที่ อสม. ดูแลหรือช่วยเหลือทางสุขภาพหรือช่วยชีวิตในยามวิกฤตได้สำเร็จ ได้รับการสนับสนุน ยกย่องชื่นชมจากเจ้าหน้าที่ที่ทำงานด้วย เป็นความรู้สึกมีความสุขใจจากการได้รับการสนับสนุนจากทีมงาน ได้รับการสนับสนุนจากเพื่อน อสม. เป็นความรู้สึกภาคภูมิใจและเป็นกำลังใจที่เพื่อน อสม. หรือทีมงานด้วยกันร่วมแรงร่วมใจกันทำงานเพื่อชุมชนอย่างเต็มที่

ด้านการนิเทศงานและฝึกอบรมมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามบทบาทหน้าที่ของ อสม. ($P\text{-value} < 0.001$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ชาตรี (2552) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของ อสม. เทศบาลตำบลหาด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การได้รับการอบรมอย่างต่อเนื่อง การได้รับการนิเทศงานจากเจ้าหน้าที่ที่มีผลต่อการปฏิบัติงานสาธารณสุขมูลฐานของ อสม. แต่แตกต่างกับการศึกษาของ สุพรรณ (2554) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของ อสม. ในตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าปัจจัยด้านนิเทศงาน อสม. ของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการปฏิบัติงานโดยรวมของประชากรที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครสาธารณสุขอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ทุกท่าน ที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูล ข้อเสนอแนะและแนวทางในการดำเนินงานที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กนกกร ราชปองขันธุ์. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการทำงานกับความตั้งใจที่จะออกจากงานของพยาบาลวิชาชีพจบใหม่ ในโรงพยาบาลทั่วไปของรัฐ สังกัดกระทรวงสาธารณสุข เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- กองสนับสนุนสุขภาพภาคประชาชน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2559). หนังสือที่ระลึกและรายงานผลการจัดงานวันอาสาสมัครสาธารณสุขแห่งชาติ ประจำปี 2559. กรุงเทพฯ : สำนักงานกิจการโรคมิพม์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- จิรภา สุขสวัสดิ์. (2547). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานสาธารณสุขมูลฐานของอาสาสมัครสาธารณสุข. วิทยานิพนธ์ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จุนจิตร ธุสุจิเรช. (2556). ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการทำงานกับคุณภาพชีวิตในการทำงานของพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.
- ชาตรี จันทรตา (2552). ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านเทศบาลตำบลหางดง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ณัฐภาณี บัวดี, อติเรก พันชียาว. (2561). แนวทางการพัฒนาการเข้าถึงบริการสุขภาพสาธารณสุขมูลฐานของกลุ่มประชากรข้ามชาติสัญชาติเมียนมา ในพื้นที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยมูลนิธิศุภนิมิตแห่งประเทศไทย. สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 24(พิเศษ), 86-102.
- ธานินทร์ ไชยานุกุล. (2559). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานหมู่บ้านจัดการสุขภาพของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จังหวัดอุบลราชธานี. พยาบาลสาธารณสุข, 30(2), 34-46.
- นวิสนันท์ วงศ์ประสิทธิ์ (2558). รูปแบบการสร้างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านจังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย, 35(2), 45-67.
- ประจักษ์ ก๊กก้อง และคนอื่นๆ. (2558). สมรรถนะด้านการสื่อสารสุขภาพของอาสาสมัครสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น. สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 21(2), 187-197.
- ยุพิน อัมพรมาช. (2556). แรงจูงใจที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านในการควบคุมโรคติดต่อไม่เรื้อรังของอำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ยุรรัตน์ ลีละพงศ์วัฒนา (2554). ปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนที่มีอิทธิพลต่อระดับความผูกพันและจงรักภักดีของพนักงานระดับปฏิบัติการในสำนักงานของบริษัท เจ็บเซ่น แอนด์ เจ็สเซ่น (ประเทศไทย) จำกัด. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- สาธารณสุขอำเภอตากใบ, สำนักงาน. (2561). แบบรายงานผลการปฏิบัติงานของ อสม. ปี 2561. นราธิวาส : สำนักงานสาธารณสุขอำเภอตากใบ.

- สุพรรณ ธงเทียน (2554). ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของ อสม. ในตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุรีมาศ ราชประโคน. (2557). ปัจจัยจูงใจที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ในการดูแลผู้สูงอายุในชุมชนอำเภอเฉลิมพระเกียรติจังหวัดบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อนนท์ รักดี. (2556). การพัฒนาเครือข่ายอาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.) ในการดำเนินงานการพิทักษ์สิทธิผู้บริโภคในจังหวัดชายแดนภาคใต้ ปี 2556. ยะลา : ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาสุขภาพภาคประชาชนชายแดนภาคใต้ จังหวัดยะลา กองสนับสนุนสุขภาพภาคประชาชน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข.
- อรวรรณ จันทร์ชื่น (2550). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อแรงจูงใจในการทำงานของพนักงานสวนสนุกดรีมเวิลด์. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- Best, J.W. (1977). **Research is Evaluation**. (3 rd ed.). Englewood cliffs : N.J. Prentice Hall.
- Cronbach. (1997). **Essentials of Psychological Testing**. New York : Harper and Row.
- Daniel W.W. (2010). **Biostatistics: Basic Concepts and Methodology for the Health Sciences**. (9thed.). New York : John Wiley & Sons.
- Herzberg, Frederick, et al. (1959). **The Motivation to work**. New York : John Wiley and Sons.
- Kunasaraphan, K. (2559). Motivation and Choices of Language Learning Strategies of Undergraduate Students in International College, Suan Sunandha Rajabhat University. **The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal (GTHJ)**, 2(Special Issue), 35-45.
- McClland, David C., et al. (1953). **The Achievement Motive**. New York : Supplenton Century Croffs, Inc.



แรงจูงใจที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิของบุคลากรสาธารณสุข
จังหวัดนราธิวาส

Motivation Factor Effecting to Participation in Primary Care Unit Development
Among Health Personnel in Narathiwat Province.

นุรมา สมการณณ์*

rma Soomkan

อมรศักดิ์ โพธิ์อำ**

Amornsak Poum

Received : November 12, 2019

Revised : March 20, 2020

Accepted : July 13, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพรรณนามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแรงจูงใจที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิของบุคลากรสาธารณสุข ประชากรคือ บุคลากรสาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเขตจังหวัดนราธิวาส ปีงบประมาณ 2560 จำนวน 747 ราย คำนวณกลุ่มตัวอย่างที่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนของ Daniel ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 254 ราย ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงของเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และนำไปทดลองใช้เพื่อวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถาม เท่ากับ 0.94 วิเคราะห์ข้อมูลใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าบุคลากรสาธารณสุขมีปัจจัยจูงใจในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ จังหวัดนราธิวาส อยู่ในระดับสูง ด้านปัจจัยค้ำจุนอยู่ในระดับปานกลาง การมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ อยู่ในระดับปานกลาง ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า ปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการมีส่วนร่วม

*นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ สำนักงานสาธารณสุขอำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส

Public Health Specialist Tak Bai District Public Health Office Narathiwat Province

**อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารสาธารณสุข คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Lecturer, Master of Public Health Program Public Health Administration Faculty of Public Health

Ramkhamhaeng University

ในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิของบุคลากรสาธารณสุขเขตจังหวัดนราธิวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยที่สามารถทำนายการมีส่วนร่วมของบุคลากรสาธารณสุขในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิเขตจังหวัดนราธิวาส ประกอบด้วย ปัจจัยจูงใจด้านความรับผิดชอบ และปัจจัยค้ำจุนด้านนโยบายและการบริหารด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงานและด้านค่าตอบแทน/เงินเดือน สามารถทำนายผลได้ร้อยละ 37.4

คำสำคัญ : ปัจจัยจูงใจ / ปัจจัยค้ำจุน / การมีส่วนร่วม / หน่วยบริการปฐมภูมิ

ABSTRACT

This descriptive research study aimed to study motivation factor was associated with participation in Primary care unit development among health personnel in Narathiwat province. Population were 747 health personnel worked in Narathiwat province, in fiscal year 2018, and sample size calculating used Daniel formula for 254 cases, systematic random sampling was determined, data collected by questionnaire. In addition to check questionnaire standardization, validity was checked by 3 experts and try out testing reliability about 0.94. Data analyzed using statistical as Pearson product moment correlation coefficient and Stepwise multiple regression analysis. The result showed that health personnel have motivation factor to develop Primary care unit had mean score with high level, and hygiene factors had mean score with moderate level, participation in Primary care unit development had mean score with moderate level, respectively. An association analysis found that motivation and hygiene factors were positively association with participation in Primary care unit development among health personnel in Narathiwat province with statistic significant. Prediction model reported that overall selected significantly factors accounted for 37.4% of the variance for participation in Primary care unit development among health personnel in Narathiwat province including; motivation factor (task responsibility) and hygiene factors (policy and administration, personnel life, job security, and compensation).

Keywords : Motivation Factor / Hygiene Factor / Participation / Primary Care Unit

บทนำ

กระทรวงสาธารณสุขกำหนดแผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (ด้านสาธารณสุข) ให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2560-2579) และแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) และนโยบายประเทศไทย 4.0 โดยแผนยุทธศาสตร์ของกระทรวงสาธารณสุขฉบับนี้ประกอบด้วยยุทธศาสตร์ความเป็นเลิศ 4 ด้าน คือ 1) การส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันโรค และคุ้มครองผู้บริโภค

2) บริการเป็นเลิศ 3) บุคลากรเป็นเลิศ และ 4) บริหารเป็นเลิศด้วยธรรมาภิบาล มีแผนงาน/โครงการรวมทั้งสิ้น 15 แผนงาน 45 โครงการ ซึ่งมีการกำหนดเป้าหมาย ตัวชี้วัดและมาตรการสำคัญในแต่ละโครงการ เพื่อขับเคลื่อนสู่การบรรลุเป้าหมายเพื่อให้ “ประชาชนสุขภาพดี เจ้าหน้าที่มีความสุข ระบบสุขภาพยั่งยืน” ในการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาความเป็นเลิศทั้ง 4 ด้าน สิ่งสำคัญประการหนึ่งคือ การพัฒนาสถานบริการสาธารณสุขให้มีคุณภาพและได้มาตรฐาน โดยยุทธศาสตร์ที่ 2 เป็นยุทธศาสตร์ที่เพิ่มการเข้าถึงบริการสุขภาพด้านการส่งเสริมสุขภาพ การควบคุมและป้องกันโรค การรักษาพยาบาล การฟื้นฟูสภาพผู้ป่วย รวมถึงงานคุ้มครองผู้บริโภค ทำให้ประชาชนได้รับบริการสุขภาพอย่างครอบคลุมและครบถ้วน (สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กองยุทธศาสตร์และแผนงาน, 2561)

สถานะสุขภาพของประชาชนไทยมีความเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ส่วนหนึ่งเกิดจากความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ความก้าวหน้าของประเทศและเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้มีผลต่อโครงสร้างประชากรไทย โดยเฉพาะประชากรผู้สูงอายุมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น มีการคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2564 จำนวนผู้สูงอายุจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20 (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2559) ส่งผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพของประเทศ สาเหตุการป่วยตายที่สำคัญของประชาชนไทยเกิดจากการเปลี่ยนวิถีชีวิตและพฤติกรรมกรรมการดำเนินชีวิตที่ทำให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคมะเร็ง เป็นต้น

กระทรวงสาธารณสุขได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิ โดยในปี พ.ศ.2551 ได้มีการพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิทั่วประเทศ ใช้ชื่อว่าโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) ถือเป็นหน่วยบริการปฐมภูมิที่ให้บริการประชาชนถึงระดับหมู่บ้าน ครอบคลุมและรายบุคคล เพื่อให้ประชาชนทุกพื้นที่สามารถเข้าถึงระบบบริการสุขภาพได้อย่างเท่าเทียมกัน ส่งผลให้หน่วยบริการปฐมภูมิจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและรูปแบบการเจ็บป่วยของประชาชนในแต่ละพื้นที่ (โกมาตร และประชาติป, 2551) วิธีการพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิที่กระทรวงสาธารณสุขเร่งดำเนินการในปัจจุบันคือ การพัฒนาคุณภาพมาตรฐานของหน่วยบริการปฐมภูมิ ซึ่งเป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญในการพัฒนาระบบบริการปฐมภูมิให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ ได้แก่ เกณฑ์มาตรฐานโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพดีติดดาว (รพ.สต.ติดดาว)

จังหวัดนราธิวาสเป็นจังหวัดที่อยู่ในชายแดนใต้ มีหน่วยบริการปฐมภูมิ จำนวน 97 แห่ง ที่สามารถให้บริการครอบคลุมประชาชนในพื้นที่ แต่ยังคงประสบกับปัญหาการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิให้ตามมาตรฐาน จากข้อมูลการประเมินผลการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิของหน่วยบริการปฐมภูมิทั้ง 97 แห่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2559-2561 พบว่า พ.ศ. 2559 ไม่มีหน่วยบริการปฐมภูมิเข้ารับการประเมินคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ พ.ศ. 2560 มีหน่วยบริการปฐมภูมิผ่านการประเมิน จำนวน 14 แห่ง (12.61%) และพ.ศ. 2561 มีหน่วยบริการปฐมภูมิผ่านการประเมิน จำนวน 21 แห่ง (18.91%) จากข้อมูลผลการประเมินการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิตามเกณฑ์ รพ.สต.ติดดาว มีหน่วยบริการปฐมภูมิที่ผ่านการประเมินไม่ครอบคลุมทุกแห่ง (เกณฑ์มาตรฐาน ครอบคลุมร้อยละ 100) (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนราธิวาส, 2561) ซึ่งถ้าหากหน่วยบริการ

ปฐมภูมิไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ จะส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมในการจัดบริการสุขภาพให้แก่ประชาชนในพื้นที่

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ในการพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิ บุคลากรที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาคือ เจ้าหน้าที่ประจำหน่วยบริการปฐมภูมิ ซึ่งต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาหน่วยบริการปฐมภูมิ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ การวางแผน การค้นหาข้อเท็จจริง การดำเนินการ และการวิเคราะห์ผล (ดร.วรณ, 2556) และการศึกษาวิจัยปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุนที่ส่งผลกระทบต่อความร่วมมือของบุคลากรในการพัฒนาคุณภาพโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จังหวัดนครปฐม ได้แก่ ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้าในตำแหน่ง ความมั่นคงในการปฏิบัติงาน (ประชากรณ์, 2557)

จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติงานของหน่วยบริการปฐมภูมิยังไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพตามมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด จะส่งผลกระทบต่อผู้รับบริการได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ข้อมูลเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการดำเนินงานพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิจังหวัดนครราชสีมา ยังไม่มีการรวบรวมอย่างเป็นระบบ ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยในฐานะเป็นผู้บริหารระดับต้นมีหน้าที่ในการควบคุม กำกับ ดูแลการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิและรับผิดชอบต่อการจัดการบริการปฐมภูมิสำหรับหน่วยบริการปฐมภูมิและกำกับควบคุมคุณภาพบริการ จึงเห็นความจำเป็นที่จะศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิของบุคลากรสาธารณสุขผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จังหวัดนครราชสีมา เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปสู่การส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Research Study) ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนมิถุนายน-ธันวาคม พ.ศ.2561

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ บุคลากรสาธารณสุขผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเขตจังหวัดนครราชสีมา ปีงบประมาณ 2560 จำนวน 747 ราย และปฏิบัติงานจริงอยู่ในพื้นที่อย่างน้อย 6 เดือน กำหนดเกณฑ์การคัดออก ได้แก่ ผู้ที่ไม่สมัครใจตอบแบบสอบถามและเจ็บป่วยในช่วงเก็บข้อมูลจนไม่สามารถให้ข้อมูลได้

กลุ่มตัวอย่าง

คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณที่ทราบประชากรแน่นอนของแดเนียล (Daniel, 2010) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ค่าความคลาดเคลื่อนสามารถยอมรับได้ เท่ากับ 0.05 คำนวณได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 254 คน

การสุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบมีระบบ (Systematic Random Sampling) เพื่อเลือกรายชื่อของบุคลากรสาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเป็นตัวแทนในการเก็บข้อมูล โดยนำรายชื่อ

จากทะเบียนบุคลากรสาธารณสุข มาเรียงลำดับรายชื่อตามตัวอักษร ก ถึง ฮ แล้วคำนวณค่าระยะห่างของการสุ่มเท่ากับ 2 หลังจากนั้นเริ่มสุ่มหยิบรายชื่อกลุ่มตัวอย่างคนแรก แล้วหยิบรายชื่อกลุ่มตัวอย่างลำดับถัดไปโดยเว้นระยะห่างของรายชื่อเท่ากับ 2 สุ่มหยิบรายชื่อกลุ่มตัวอย่างไปจนครบ จำนวน 254 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ แบบสอบถาม ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 คุณลักษณะส่วนบุคคลของบุคลากรสาธารณสุข ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้ ตำแหน่ง ประสบการณ์การทำงาน สายงานที่รับผิดชอบ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน จากแนวคิดทฤษฎีของเฮิร์ชเบิร์ก (Herzburg, 1959) ประกอบด้วย ความสำเร็จในการทำงาน การยอมรับนับถือ ลักษณะงาน ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้าในตำแหน่ง ข้อคำตอบมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าตามระดับความคิดเห็น 5 ระดับคือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ใช้เกณฑ์การแปลผลตามแนวคิดของเบสต์ (Best, 1997)

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามปัจจัยค้ำจุน ตามแนวคิดทฤษฎีของเฮิร์ชเบิร์ก (Herzburg, 1959) ประกอบด้วย ค่าตอบแทน/เงินเดือน การปกครองบังคับบัญชา ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล นโยบายและการบริหาร สภาพการปฏิบัติงาน สถานภาพของวิชาชีพ ความมั่นคงในการปฏิบัติงาน ชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว ข้อคำตอบมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าตามระดับความคิดเห็น 5 ระดับคือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง เกณฑ์การแปลผลตามแนวคิดของเบสต์ (Best, 1997)

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับระดับการมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ จากแนวคิดทฤษฎีของ Cohen & Uphoff. (1980) ประกอบด้วย การมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา การมีส่วนร่วมในการวางแผน การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมิน การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ ข้อคำตอบมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ ปฏิบัติมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด เกณฑ์การแปลผลตามแนวคิดของเบสต์ (Best, 1997)

แบบสอบถามนี้สร้างขึ้นจากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและนำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา หลังจากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับผู้ที่มีคุณสมบัติเหมือนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach, 1997) เท่ากับ 0.94

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ใช้สถิติ Pearson's Product Moment Correlation Coefficient และ Stepwise Multiple Regression Analysis

ผลการวิจัย

บุคลากรสาธารณสุขผู้ปฏิบัติงานด้านการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิเขตจังหวัดนครราชสีมา ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (81.50%) มีอายุระหว่าง 32-40 ปี (35.40%) (\bar{X} =36.71, S.D.=7.863, Max=58, Min=23) มีสถานภาพสมรสคู่/แต่งงาน/อยู่ด้วยกัน (76.80%) จบการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่า (85.40%) มีเพียงร้อยละ 0.4 ที่จบการศึกษาระดับปริญญาเอก ตำแหน่งปัจจุบันคือ พยาบาลวิชาชีพ (41.70%) รองลงมาคือ นักวิชาการสาธารณสุข (37.40%) รายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 30,000 บาทต่อเดือน (64.60%) (\bar{X} =31,474.02, S.D.=13,950.27, Max=80,000, Min=12,000) มีระยะเวลาในการปฏิบัติงานสาธารณสุขในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลน้อยกว่า 12 ปี (73.20%) และปฏิบัติงานมากกว่า 36 ปีขึ้นไป (1.20%) (\bar{X} =11.51, S.D.=7.376, Max=45, Min=10)

ปัจจัยจูงใจ ในภาพรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.78, S.D.=0.459) เมื่อพิจารณาปัจจัยจูงใจจำแนกรายด้าน พบว่า ด้านความสำเร็จในการทำงานอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.93, S.D.=0.552) ด้านการยอมรับนับถืออยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.67, S.D.=0.548) ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.90, S.D.=0.584) ด้านความรับผิดชอบอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.71, S.D.=0.583) ด้านความก้าวหน้าในตำแหน่งอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.70, S.D.=0.628) ตามลำดับ

ปัจจัยค้ำจุน ในภาพรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.55, S.D.=0.482) เมื่อพิจารณาปัจจัยค้ำจุนจำแนกรายด้าน พบว่า ด้านค่าตอบแทน/เงินเดือนอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.07, S.D.=0.834) ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.72, S.D.=0.609) ด้านการปกครองบังคับบัญชาอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.60, S.D.=0.669) ด้านนโยบายและการบริหารอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.60, S.D.=0.636) ด้านสภาพการปฏิบัติงานอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.54, S.D.=0.614) ด้านสถานภาพของวิชาชีพอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.89, S.D.=0.614) ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.56, S.D.=0.607) ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัวอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.42, S.D.=0.655) ตามลำดับ

การมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ ในภาพรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.59, S.D.=0.588) เมื่อพิจารณาการมีส่วนร่วมจำแนกรายด้าน พบว่า การมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.45, S.D.=0.759) การมีส่วนร่วมในการวางแผนอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.50, S.D.=0.855) การมีส่วนร่วมในการดำเนินงานอยู่ในระดับสูง (\bar{X} =3.71, S.D.=0.636) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.64, S.D.=0.635) การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.65, S.D.=0.582) ตามลำดับ (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยจิตใจ ปัจจัยค้ำจุนและการมีส่วนร่วม
ในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิจังหวัดนครราชสีมา (n=254)

ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม	ระดับคะแนน								
	สูง		ปานกลาง		ต่ำ		Mean	S.D.	แปลผล
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ			
1. ปัจจัยจิตใจ									
ด้านความสำเร็จในการทำงาน	192	75.59	61	24.01	1	0.40	3.93	0.552	สูง
ด้านการยอมรับนับถือ	250	98.42	4	1.58	0	0	3.67	0.548	สูง
ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ	250	98.42	4	1.58	0	0	3.90	0.584	สูง
ด้านความรับผิดชอบ	249	98.03	5	1.97	0	0	3.71	0.583	สูง
ด้านความก้าวหน้าในตำแหน่ง	240	94.49	14	5.51	0	0	3.70	0.628	สูง
2. ปัจจัยค้ำจุน									
ด้านค่าตอบแทนหรือเงินเดือน	179	70.47	71	27.95	4	1.58	3.07	0.834	ปานกลาง
ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	246	96.85	7	2.76	1	0.39	3.72	0.609	สูง
ด้านการปกครองบังคับบัญชา	237	93.31	17	6.69	0	0	3.60	0.669	ปานกลาง
ด้านนโยบายและการบริหาร	242	95.28	9	1	3	1.18	3.60	0.636	ปานกลาง
ด้านสภาพการปฏิบัติงาน	233	91.73	21	8.27	0	0	3.54	0.614	สูง
ด้านสถานภาพของวิชาชีพ	250	98.42	3	1.18	0	0.40	3.89	0.614	สูง
ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงาน	238	93.70	15	5.90	1	0.40	3.56	0.607	ปานกลาง
ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว	227	89.37	26	10.23	1	0.40	3.42	0.655	ปานกลาง

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม	ระดับคะแนน								
	สูง		ปานกลาง		ต่ำ		Mean	S.D.	แปลผล
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ			
3. การมีส่วนร่วมการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ									
ส่วนร่วมในการกำหนด ปัญหาและหาสาเหตุของ ปัญหา	227	98.37	22	8.66	5	2.97	3.45	0.759	ปาน กลาง
ส่วนร่วมในการวางแผน	226	89.98	24	9.45	4	1.57	3.50	0.855	ปาน กลาง
ส่วนร่วมในการดำเนินงาน	247	97.24	5	1.97	2	0.79	3.71	0.636	สูง
ส่วนร่วมในการติดตามและ ประเมิน	243	95.66	10	3.94	1	0.40	3.64	0.635	ปาน กลาง
การมีส่วนร่วมในการรับ ผลประโยชน์	249	98.03	5	2.97	0	0	3.65	0.582	ปาน กลาง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ปัจจัยจิตใจมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิเขตจังหวัดนราธิวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.599$, $p\text{-value} < 0.001$) และปัจจัยค้ำจุนมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.626$, $p\text{-value} < 0.001$) ตามลำดับ (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างปัจจัยจิตใจ ปัจจัยค้ำจุนและการมีส่วนร่วมการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิเขตจังหวัดนราธิวาส

ปัจจัยจิตใจและปัจจัยค้ำจุน	การมีส่วนร่วมการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ		
	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของเพียร์สัน (r)	p-value	ทิศทางความสัมพันธ์
1. ปัจจัยจิตใจ	0.599	<0.001	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านความสำเร็จในการทำงาน	0.468	0.01	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านการยอมรับนับถือ	0.506	0.001	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติ	0.403	0.02	มีความสัมพันธ์ทางบวก

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปัจจัยจุดใจและปัจจัยค้ำจุน	การมีส่วนร่วมการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ		
	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r)	p-value	ทิศทางความสัมพันธ์
ด้านความรับผิดชอบ	0.517	<0.001	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านความก้าวหน้าในตำแหน่ง	0.475	0.01	มีความสัมพันธ์ทางบวก
2. ปัจจัยค้ำจุน	0.626	<0.001	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านค่าตอบแทนหรือเงินเดือน	0.422	0.02	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	0.407	0.04	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านการปกครองบังคับบัญชา	0.378	0.05	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านนโยบายและการบริหาร	0.577	<0.001	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านสภาพการปฏิบัติงาน	0.467	0.04	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านสถานภาพของวิชาชีพ	0.376	0.05	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงาน	0.536	<0.01	มีความสัมพันธ์ทางบวก
ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว	0.517	<0.01	มีความสัมพันธ์ทางบวก

**p-value<0.001

ปัจจัยจุดใจและปัจจัยค้ำจุนที่ร่วมกันพยากรณ์การมีส่วนร่วมของบุคลากรสาธารณสุขในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิมิมี 5 ด้านได้แก่ ด้านนโยบายและการบริหาร (P-value<0.001), ด้านความรับผิดชอบ (P-value=0.002), ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว (P-value=0.003), ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงาน (P-value=0.012) ด้านค่าตอบแทนหรือเงินเดือน (P-value=0.038) โดยเขียนเป็นสมการทำนายได้ดังนี้

$$Y = 0.732 + [0.307 * \text{ด้านนโยบายและการบริหาร}] + [0.201 * \text{ด้านความรับผิดชอบ}] + [0.169 * \text{ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว}] + [0.063 * \text{ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงาน}] + [0.098 * \text{ด้านค่าตอบแทนหรือเงินเดือน}]$$

จากตารางที่ 3 เมื่อวิเคราะห์การทำนายผลการมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ เขตจังหวัดนครราชสีมา พบว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวแปร สามารถร่วมกันทำนายการมีส่วนร่วมของบุคลากรสาธารณสุขในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ ได้ร้อยละ 37.4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($R^2=0.374$, $F = 26.862$, $P\text{-value}<0.001$) ซึ่งตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการทำนายเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ ด้านนโยบายและการบริหาร (Beta= 0.319) รองลงมาคือ ด้านความรับผิดชอบ (Beta= 0.190)

ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว (Beta= 0.183) ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงาน (Beta= -0.134) ด้านค่าตอบแทน/เงินเดือน (Beta= 0.124) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิเขตจังหวัดนครราชสีมา

ตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์)	B	S.E.	Beta	t	P-value
1. ด้านนโยบายและการบริหาร	0.307	0.058	0.319	5.257	<0.001
2. ด้านความรับผิดชอบ	0.201	0.064	0.190	3.131	0.002
3. ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว	0.169	0.056	0.183	2.991	0.003
4. ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงาน	0.063	0.025	-0.134	-2.520	0.012
5. ด้านค่าตอบแทน/เงินเดือน	0.098	0.047	0.124	2.089	0.038
Constant	0.732	0.185	-	3.952	<0.001
ค่าคงที่ = 0.732, F = 26.862, P-value<0.001, R = 0.611, R ² = 0.374					

Note : R = 0.611, R² = 0.374,

B = unstandardized beta coefficient, Beta = standardized beta coefficient

อภิปรายผล

การมีส่วนร่วมของบุคลากรสาธารณสุขในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิจังหวัดนครราชสีมา โดยกระบวนการมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ ประกอบด้วย 1) การมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา 2) การมีส่วนร่วมในการวางแผน 3) การมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน 4) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมิน และ 5) การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ ในภาพรวมมีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =3.59, S.D.=0.588) จากข้อมูลวิจัยพบว่า บุคลากรสาธารณสุขส่วนใหญ่เป็นผู้ที่อยู่ในวัยกลางคนมีอายุระหว่าง 32-40 ปี (35.40%) ซึ่งเป็นช่วงอายุที่สามารถให้ความร่วมมือในการปฏิบัติงานเพื่อการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิจังหวัดนครราชสีมาได้เป็นอย่างดี ผนวกกับบุคลากรสาธารณสุขส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลโดยเฉลี่ย 11 ปี (\bar{X} =11.51, S.D.=7.37) ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมในการปฏิบัติงานในระดับสูง ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Cohen & Uphoff. (1980) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมใดนั้นผู้ที่มีส่วนร่วมจะต้องมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ มีส่วนร่วมในการปฏิบัติ มีส่วนร่วมในผลประโยชน์และมีส่วนร่วมในการประเมินผล การมีส่วนร่วมในด้านต่าง ๆ นี้ จะส่งผลต่อความร่วมมือและการดำเนินกิจกรรมขององค์กรนั้นให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย อีกทั้งการที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในวัยผู้ใหญ่ มีวุฒิภาวะและประสบการณ์ในการปฏิบัติงานที่สะสมมาอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับแนวคิดของ Cotton. (1997) กล่าวว่า การมีส่วนร่วมเป็นความร่วมมือเพื่อที่จะนำความสามารถที่บุคคลมีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งจะทำให้เกิดความมุ่งมั่นที่จะนำองค์กรไปสู่

ความสำเร็จ เช่น การทำกิจกรรมพัฒนาคุณภาพพร้อมกันการเป็นตัวแทนในรูปของคณะกรรมการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิของหน่วยงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธงชัย (2558) พบว่า การมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาประกอบด้วย ด้านค่านิยม ด้านความต้องการของชุมชน ด้านการวางแผน ด้านการดำเนินงาน ด้านการรับประโยชน์

ปัจจัยจูงใจมีความสัมพันธ์การมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิของบุคลากรสาธารณสุขเขตจังหวัดนครราชสีมา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) อธิบายเหตุผลได้ว่า องค์ประกอบด้านปัจจัยจูงใจเป็นความต้องการของผู้ปฏิบัติงานที่ต้องการได้รับการตอบสนองและเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการดำเนินงาน ซึ่งเมื่อได้รับการตอบสนองทำให้บุคลากรสาธารณสุขเกิดความรู้สึกพึงพอใจผลที่ตามมาคือ เกิดแรงจูงใจในการทำงาน ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของเฮิร์ซเบิร์ก (Herzberg, 1987) ที่กล่าวว่าหากต้องการให้เกิดแรงจูงใจในการทำงาน ต้องให้ความสำคัญกับปัจจัยที่สร้างความพึงพอใจ สัมพันธภาพที่ดีระหว่างหัวหน้าหน่วยงานกับผู้ใต้บังคับบัญชาและสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อนร่วมงานส่งผลให้มีบรรยากาศในการทำงานที่ดี มีการช่วยเหลือกันทำงานให้สำเร็จตามเป้าหมาย ในขณะที่เดียวกัน หัวหน้าหน่วยงานหรือผู้บริหารระดับสูงควรให้ความสำคัญในการสร้างระบบการให้ผลตอบแทนที่เหมาะสม ยุติธรรม ส่งเสริมให้ได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถ รวมทั้งจัดกิจกรรมในการยกย่อง ชมเชยแก่ผู้ปฏิบัติงานได้สำเร็จอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาคุณภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของ ทฤษฎีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของแมคเคลลีแลนด์ (McClelland's Achievement Motivation Theory, 1953) กล่าวว่า แรงจูงใจที่เป็นแรงขับให้บุคคลพยายามที่จะประกอบพฤติกรรมที่จะประสบสัมฤทธิ์ผลตามมาตรฐานความเป็นเลิศ (Standard of Excellence) ที่ตนตั้งไว้ บุคคลที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จะไม่ทำงานเพราะหวังรางวัลแต่ทำเพื่อจะประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทฤษฎีนี้เน้นอธิบายการจูงใจของบุคคลที่กระทำการเพื่อให้ได้มาซึ่งความต้องการความสำเร็จมิได้หวังรางวัลตอบแทนจากการกระทำของเขา ซึ่งความต้องการความสำเร็จนี้ในแง่ของการทำงานหมายถึงความต้องการที่จะทำงานให้ดีที่สุดและทำให้สำเร็จผลตามที่ตั้งใจไว้ เมื่อตนทำอะไรสำเร็จได้ก็จะเป็นแรงกระตุ้นให้ทำงานอื่นสำเร็จต่อไป หากองค์การใดที่มีพนักงานที่แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์จำนวนมากก็จะเจริญรุ่งเรืองและเติบโตเร็ว ผลวิจัยสอดคล้องกับการศึกษาของจูไรรัตน์ โชติรัตน์, (2554) แรงจูงใจในการปฏิบัติงานบุคลากรเทศบาลตำบลนาขาม อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์อยู่ในระดับมาก พบว่า บุคลากรสามารถปฏิบัติงานตามภารกิจหน้าที่และงานอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมายได้สำเร็จคล่องตามวัตถุประสงค์ของหน่วยงานสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานได้จึงมีแรงจูงใจในระดับมาก ความคิดเห็นของผู้วิจัย คือปัจจัยจูงใจ มีผลต่อความพอใจโดยตรง และในด้านความสำเร็จในการทำงานของบุคลากรคือ การที่บุคลากร สามารถทำงานได้เสร็จสิ้นและประสบความสำเร็จอย่างดี มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ผลงานสำเร็จเขาจึงเกิดความรู้สึกพอใจและปลื้มใจในผลของงาน ซึ่งเป็นตัวส่งเสริมให้บุคลากรเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน แต่แตกต่างจากงานวิจัยของ กนกกร (2557) ที่พบว่า แรงจูงใจในการทำงานของพยาบาลวิชาชีพพบใหม่ในโรงพยาบาลทั่วไปของรัฐสังกัดกระทรวงสาธารณสุข เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไม่มีความสัมพันธ์กับความตั้งใจที่จะออกจากงาน

ปัจจัยค้ำจุนมีความสัมพันธ์การมีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิของบุคลากรสาธารณสุขเขตจังหวัดนราธิวาสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) อธิบายเหตุผลได้ว่าบุคลากรสาธารณสุขจะปฏิบัติงานได้ผลดีมีประสิทธิภาพได้นั้นย่อมขึ้นกับความพอใจของผู้ปฏิบัติงาน เพราะความพึงพอใจในงานจะช่วยเพิ่มความสนใจในงานและเพิ่มความกระตือรือร้นในการทำงานมากขึ้น ย่อมทำให้ผลผลิตสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากเกิดความไม่พอใจในงานแล้ว ย่อมก่อให้เกิดผลเสียทำให้คนไม่สนใจ ไม่กระตือรือร้น ผลผลิตก็ตกต่ำ หน้าที่ของผู้บริหารก็คือ จะต้องรู้วิธีที่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความพึงพอใจ เพื่อจะให้งานบรรลุเป้าหมายและผลผลิตของงานสูงขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎีองค์ประกอบคู่ (Two-factors theory) ของ Herzberg & Frederick. (1959) กล่าวว่า ปัจจัยค้ำจุนเป็น ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมภายนอกของงาน ซึ่งถ้าขาดแล้วก็จะก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่องาน ถ้าไม่มีปัจจัยเอื้อหรือจัดไว้ไม่ดีจะทำให้ขวัญของคนทำงานไม่ดี ซึ่งจะมีผลกระทบในทางลบต่อคุณภาพชีวิตการทำงาน ตรงกับความหมายของ McGregor Douglas. (1960) ได้อธิบายเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์กับแรงจูงใจ โดยมองว่าธรรมชาติของคนเรามีความตั้งใจมานะพยายามในการทำงานอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องควบคุมบังคับแต่ควรให้ออกาสบุคคลเป็นตัวของตัวเองและยอมรับวัตถุประสงค์ของงานเปิดโอกาสให้มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เมื่อทำงานสำเร็จก็จะเกิดความพึงพอใจ ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (สมภพ, 2555) ได้ข้อค้นพบว่า ปัจจัยค้ำจุนมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานของบุคลากรในโรงพยาบาลชุมชนสังกัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครพนม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากงานวิจัยของ จันทสุข (2555) ที่พบว่าปัจจัยค้ำจุนไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามแผนยุทธศาสตร์ควบคุมโรคเอดส์และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ของพนักงานสาธารณสุข ในสองอำเภอเมืองของนครหลวงเวียงจันทน์ สปป. ลาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ในการทำนายผลการมีส่วนร่วมของบุคลากรสาธารณสุขในการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิเขตจังหวัดนราธิวาส โดยปัจจัยจูงใจและปัจจัยค้ำจุน นั้นมี 5 ตัวแปร ได้แก่ ด้านนโยบายและการบริหาร ด้านความรับผิดชอบ ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงาน ด้านค่าตอบแทนหรือเงินเดือน อธิบายได้ว่า ปัจจัยจูงใจ มีเพียง 1 ด้านคือ ความรับผิดชอบที่เป็นปัจจัยทำนายผล เนื่องจากบุคลากรสาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในสำนักงานสาธารณสุขอำเภอและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลซึ่งเป็นสถานบริการสาธารณสุขที่มีบุคลากรปฏิบัติงานจำนวนไม่มาก โดยบุคลากรสาธารณสุขจะได้รับการมอบหมายหน้าที่จากผู้บังคับบัญชาให้รับผิดชอบงานการพัฒนาคุณภาพหน่วยบริการปฐมภูมิ โดยมีหลักเกณฑ์และแนวทางการปฏิบัติงานที่ชัดเจนจะทำให้รู้สึกผูกพันกับบทบาทหน้าที่ของตนเอง และเกิดความรับผิดชอบในการพัฒนางานเพิ่มมากขึ้น (สุริมาศ, 2557) สำหรับปัจจัยค้ำจุน มี 4 ปัจจัยที่เป็นปัจจัยทำนายผล ได้แก่ 1) ด้านนโยบายและการบริหาร เป็นการจัดการและการบริหารงานของผู้บังคับบัญชา ทำให้การปฏิบัติงานของบุคลากรสาธารณสุขในการพัฒนาคุณภาพของหน่วยบริการปฐมภูมิมิติดทางการทำงานที่ชัดเจน และเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารภายในหน่วยงาน 2) ด้านชีวิตความเป็นอยู่ส่วนตัว เป็นสภาพความเป็นอยู่การใช้ชีวิตของบุคลากรสาธารณสุขในหน่วยบริการปฐมภูมิที่มีความมั่นคงในการทำงาน ไม่มีการโยกย้ายหรือสับเปลี่ยนงานบ่อยครั้ง ส่งผลให้บุคลากรสาธารณสุขเกิดความผูกพันกับการปฏิบัติงานในหน้าที่ของตนเอง 3) ด้านความมั่นคงในการปฏิบัติงาน เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องการ

ความก้าวหน้าในการดำเนินงานที่การงานของบุคลากรสาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในหน่วยบริการปฐมภูมิ เช่น การได้รับการเลื่อนตำแหน่งให้สูงขึ้น และมีโอกาสก้าวหน้าในการศึกษาต่อเพื่อหาความรู้เพิ่มเติม ได้รับการสนับสนุนในการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาศักยภาพด้านต่างๆ 4) ด้านค่าตอบแทนหรือเงินเดือน เป็นสิ่งตอบแทนการปฏิบัติงานในรูปแบบของเงินเดือนและค่าตอบแทนพิเศษ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้บุคลากรสาธารณสุขเกิดความมั่นคงในการปฏิบัติงาน การดูแลครอบครัวและตนเอง และทำให้เกิดความพึงพอใจในการปฏิบัติงานในหน้าที่รับผิดชอบ

เอกสารอ้างอิง

กนกกร ราชป๋องขันธุ์. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการทำงานกับความตั้งใจที่จะออกจากงานของพยาบาลวิชาชีพจบใหม่ ในโรงพยาบาลทั่วไปของรัฐ สังกัดกระทรวงสาธารณสุข เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

โกมาตร จึงเสถียรทรัพย์ และประชาธิช กะทา. (2551). สุขภาพปฐมภูมิบริการปฐมภูมิจากปรัชญาสู่การปฏิบัติการสุขภาพมิติใหม่. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : มีดีกราฟิค.

จันทสุข บัญชาฤทธิ์. (2555). แรงจูงใจที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติงานตามแผนยุทธศาสตร์ควบคุมโรคเอดส์และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ของพนักงานสาธารณสุขในสองอำเภอนำร่องของนครหลวงเวียงจันทน์ สปป. ลาว. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จุไรรัตน์ โชติรัตน์, (2554). แรงจูงใจในการปฏิบัติงานบุคลากรเทศบาลตำบลนาขาม อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์. วิทยานิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ดร.วรรณ คลังศรี, รัตนาภรณ์ อารีพันธ์ และพัชร์วิภา สุวรรณพรหม. (2556). การมีส่วนร่วมของเจ้าหน้าที่หน่วยบริการปฐมภูมิในกระบวนการพัฒนาระบบงานบริการส่งมอบยาและให้คำแนะนำการใช้จ่าย. วารสารเภสัชกรรมไทย, 3(2), 91-107.

ธงชัย ช่อฤกษ์. (2558). การมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสังกัดเทศบาลเมืองกำแพงเพชร. สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 21(2), 109-125.

ปลัดกระทรวง กองยุทธศาสตร์และแผนงานสาธารณสุข, สำนักงาน. (2561). แผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี ด้านสาธารณสุข (พ.ศ. 2560-2579). (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2).นนทบุรี : สำนักงานปลัดกระทรวง กองยุทธศาสตร์และแผนงานสาธารณสุข.

ประชากรณ์ ทัพโพธิ์. (2557). ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของบุคลากรในการพัฒนาคุณภาพโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จังหวัดนครปฐม. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, 7(2), 475-491.

ผู้สูงอายุไทย, มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนา. (2559). รายงานสถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ.2555.

สนับสนุนโดยกองทุนผู้สูงอายุ คณะกรรมการผู้สูงอายุแห่งชาติ. กรุงเทพฯ : บริษัท ที คิว พี จำกัด.

สาธารณสุขจังหวัดนราธิวาส, สำนักงาน. (2561). รายงานประจำปี 2561. นราธิวาส : สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนราธิวาส.

สมภพ แสงจันทร์, ประสาท อิศรปริดา, สุเทพ ทองประดิษฐ์. (2555). ปัจจัยจูงใจและปัจจัยก้ำจุน ที่สัมพันธ์กับขวัญกำลังใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรในโรงพยาบาลชุมชนสังกัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครพนม. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม, 2(2), 32-38.

สุริมาศ ราชประโคน. (2557). ปัจจัยจูงใจที่มีผลต่อการปฏิบัติงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ในการดูแลผู้สูงอายุในชุมชน อำเภอเฉลิมพระเกียรติจังหวัดบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Best, J.W. (1977). *Research is Evaluation*. (3rd ed.). Englewood cliffs : N.J. Prentice Hall.

- Cohen, J.M., Uphoff, N.T. (1997). **World development**. New York : McGraw-Hill.
- Cotton, F., Ashley, B. (1997). **Instruction leadership Proficiencies of elementary**.
- Cronbach. (1997). **Essentials of Psychological Testing**. New York : Harper and Row.
- Daniel, W.W. (2010). **Biostatistics: Basic Concepts and Methodology for the Health Sciences**. (9th ed.). New York : John Wiley & Sons.
- Herzberg, Frederick., et al. (1959). **The Motivation to work**. New York : John Wiley and Sons.
- McClland, David C., et al. (1953). **The Achievement Motive**. New York : Supplenton Century Croffs, Inc.
- McGregor, Douglas. (1960). **The Human Side of Enterprise**. New York : McGraw-Hill Book Company, Inc.



การตรวจประเมินความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) กับปริมาณสารเคมีกำจัดแมลง
และศัตรูพืชพาราโอซอลเอทิลที่ตกค้างในผลผลิตการเกษตรโดยใช้

เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส

Assessing the Relationship between Color Values (L^* , a^* and b^*) and
Paraoxon-Ethyl Pesticide Residue in Agricultural Products with

Acetylcholinesterase

พิมพ์พิมล ตันท์เจริญรัตน์*

Pimpimon Tunjaroenrat

หยาดนภา ผาเจริญ**

Yardnapar Parcharoen

เบญญา เชิดศิริบุญกร***

Benya Cherdhirunkorn

ชिरาวุฒิ เพชรเย็น***

Chiravoot Pechyen

สุรเชษฐ์ ตุ่มมี****

Surachet Toommee

Received : April 20, 2020

Revised : June 17, 2020

Accepted : July 17, 2020

*นักศึกษาลัทธิศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Bachelor of Science Program Innovation and Material Technology Program Faculty of Science and
Technology Thammasat University

**อาจารย์ประจำวิทยาลัยแพทยนานาชาติจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Assistant Professor, Dr. Chulabhorn International College of Medicine, Thammasat University

***อาจารย์ประจำสาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Associate Professor, Dr. Department of Materials Technology and Textile, Faculty of Science and
Technology, Thammasat University

****อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Faculty of Industrial Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet, Thailand

บทคัดย่อ

ออร์กาโนฟอสเฟตเป็นสารเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทางด้านการเกษตรเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันหรือกำจัดแมลงและศัตรูพืช ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ “สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์” ส่งผลให้อาหารเพื่อสุขภาพผักผลไม้มีอิทธิพลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน ปัญหาที่ตามมาคือสารเคมีตกค้างในกระบวนการเพาะปลูกส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับสารพิษตกค้างจากผักผลไม้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสกับสาร Ellman's reagent เพื่อใช้ในการตรวจวัดปริมาณสารกำจัดแมลงและศัตรูพืชพาราไอซอนเอทิลกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สีจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีใสขึ้นกับปริมาณสารพาราไอซอนเอทิลตกค้างในตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ความเข้มสีที่ได้มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยจึงไม่สามารถแยกด้วยตาเปล่าส่งผลให้ถูกประมวลผลโดยระบบ CIE L* a* b* พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าสี b* แสดงค่าในทิศทางลบหมายความว่าค่าสีมีแนวโน้มเข้าหาค่าสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารพาราไอซอนเอทิลที่ตกค้างในสารละลายอ้างอิงตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าสี b* วิเคราะห์สารพาราไอซอนเอทิลความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 พีพีเอ็มในตัวอย่างได้และแสดงออกมาในรูปแบบสมการเส้นตรงมีค่าความเชื่อมั่น 0.97, 0.9453 และ 0.972 ตามลำดับ การศึกษารังนี้เป็นการประเมินผลเบื้องต้นเพื่อเพิ่มทางเลือกหนึ่งที่เป็นประโยชน์จากวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* เพื่อเป็นตัวแทนของการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงและศัตรูตกค้างในผักผลไม้ได้ง่าย รวดเร็ว

คำสำคัญ : กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต / เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส / ระบบ CIE / สหสัมพันธ์

ABSTRACT

Organophosphate are widespread useful in agriculture due to highly effective for the protection / eradication of insects and pests. Thailand is stepping into an aging society in 2021, therefore the healthier food such as fruit and vegetable are influence of living life. However, there are a lot of problems from the use of chemicals in the cultivation process, that are chemical residues in products affected too harmful to consumers. The objective of our research study to find optimize condition and efficiency of Acetylcholinesterase (ACHE) and Ellman's reagent to check the quantity of Paraoxon Ethyl in the organophosphate group residues in crops. With the mechanism of color change from yellow to transparent color, that is affected due to the quantity of Paraoxon Ethyl at the concentration of 0.2, 0.6 and 1 ppm respectively. The CIE L* a* b* color system is used to process color changes due to the small changes our eyes can't see, that found the correlations between b* values shown negative values. The result shown the values of color tends to approach the value of blue due to the increased concentration of Paraoxon Ethyl in the reference solution. Therefore, b* value can be used to analyze Paraoxon Ethyl at the concentration of 0.2, 0.6 and 1 ppm in

the samples, that is expressed as a linear equation with a value of 0.97, 0.9453, and 0.972 respectively. This study is a preliminary evaluation to add a useful alternative to the color analyzer $L^* a^* b^*$ to represent the analysis of pesticides in vegetables/fruits high accuracy and fast.

Keywords : Organophosphate / Acetylcholinesterase / CIE $L^*a^*b^*$ System / Correlation

บทนำ

ออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) เป็นสารเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทางด้านการเกษตรในประเทศไทย นำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ สำหรับการนำไปใช้ในระดับครัวเรือนหรือไปถึงระดับอุตสาหกรรมมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดแมลงและศัตรูพืชต่างๆ เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่สูงในการกำจัดแมลงและศัตรูพืช ทำให้พบสารเคมีเหล่านี้สะสมหรือปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและในผลผลิตทางการเกษตร (ปราณี, 2556) ออร์กาโนฟอสเฟตเป็นสารเอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid) โครงสร้างจะประกอบด้วยอะตอมกลาง คือ ฟอสฟอรัส (P) สร้างพันธะคู่กับออกซิเจน ($P=O$) เรียกว่า Phosphoric Bond หรือสร้างพันธะคู่กับซัลเฟอร์ ($P=S$) เรียกว่า Thiophosphoric Bond และสร้างพันธะเดียวกับ X คือ Leaving Group นอกจากนี้สร้างพันธะเดียวกับ R1 และ R2 คือ หมู่อัลคอกซี (Alkoxy Group) หรือ หมู่อัลคิล (Alkyl Group) (Eleršek และ Filipi č, 2011; Beugnet, F., et al., 2012)

ปัจจุบันประเทศไทยจัดอยู่ในภาวะสูงวัยของประชากรเป็นอันดับสองของกลุ่มประเทศอาเซียนรองจากประเทศสิงคโปร์ สะท้อนให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางประชากร (Demographic Change) ของประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ “สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์” (Complete aged society) ในปี พ.ศ. 2564 โดยในปี 2558 จะเป็นครั้งแรกที่มีประชากรเด็กน้อยกว่าผู้สูงอายุและมีการคาดการณ์ว่าจำนวนจะเพิ่มขึ้นถึง 17 ล้านคน ภายในปี 2583 ซึ่งมากกว่า 1 ใน 4 ของประชากรไทยทั้งหมด ข้อมูลทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น ผัก ผลไม้ จึงเป็นที่ต้องการในตลาดมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่คือ “ผู้สูงอายุ” ร่างกายของผู้สูงอายุ มีสภาวะภูมิคุ้มกันต้านทานต่ำ หรือภูมิคุ้มกันบกพร่อง เชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายทำให้ป่วย ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญกับอาหารที่บริโภคเข้าไปอย่างมาก หากย้อนกลับมาดูต้นทางของการผลิตพบว่าเกษตรกรนั้นยังคงประสบปัญหาหลายด้าน เช่น การเผชิญความเสี่ยงด้วยภัยพิบัติทางธรรมชาติ ทั้งภัยแล้ง อุทกภัย โรคและแมลงศัตรูพืชเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด ด้วยเหตุนี้เกษตรกรจึงแก้ปัญหาด้วยการใช้ยาฆ่าแมลง ซึ่งการใช้ยาฆ่าแมลงในปริมาณมากเกินไปย่อมส่งผลเสียต่อตัวเกษตรกรเองและส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคด้วย คนไทยจึงมีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยจากสารเคมีเพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชตกค้างอยู่ในผลผลิตทางการเกษตรนั้น จะใช้วิธีการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ชนิดสารและปริมาณที่ตกค้างในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีลิควิดโครมาโทกราฟี หรือแก๊สโครมาโทกราฟีร่วมกับการใช้แมสสเปกโตรเมทรี (LC-MS / GC-MS) เป็นหลัก (Smulders, C. J.G.M., et al, 2003) ซึ่งมีขั้นตอนในการตรวจวิเคราะห์ที่ซับซ้อนและใช้เวลานานกว่าจะทราบผล จึงมีการศึกษาหาวิธีการ

ที่จะสามารถตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชได้อย่างง่าย รวดเร็ว มีต้นทุนต่ำ เช่น เซอร์ชีวภาพจึงเป็นตัวเลือกที่ตอบ โจทย์ข้อนี้มากที่สุด เนื่องจากมีความไวต่อการตรวจวัดและมีความจำเพาะเจาะจงสูง จึงมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการ ตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชได้ เช่น การใช้ตัวตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้าและวงจรถ่วงวัดศักย์ไฟฟ้า (Zhanget S.P., et al., 2008) การใช้ปฏิกิริยาที่จำเพาะเจาะจงของเอนไซม์ (Enzyme-linked immunosorbent assay : ELISA) ซึ่งจะเรืองแสงให้เห็นเมื่อตรวจพบสารเคมีกำจัดแมลง ข้อได้เปรียบของการ ใช้เอนไซม์เป็นตัวบ่งชี้ชนิดของสารเคมีกำจัดแมลงคือ มีความจำเพาะเจาะจงสูง และมีความไวในการ เกิดปฏิกิริยา เอนไซม์ที่ให้ความสนใจคือ Acetylcholinesterase (AChE) ในสภาวะปกติจะสามารถเร่งปฏิกิริยา ให้ Acetylthiocholine iodide เปลี่ยนเป็น Thiocholine ที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับ Ellman's reagent เปลี่ยนจากสารละลายใสให้กลายเป็นสารละลายสีเหลืองได้อย่างรวดเร็ว แต่เมื่อสารละลายตัวอย่างมีสารกำจัด แมลงปนเปื้อนอยู่ Acetylcholinesterase จะถูกยับยั้งและทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยน Acetylthiocholine iodide ให้เป็น Thiocholine ได้น้อยลง ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยากับ Ellman's reagent เปลี่ยนจากสารละลายใสให้กลายเป็นสารละลายสีเหลืองได้ช้าลงและมีความเข้มของสีลดลงตามปริมาณของสาร กำจัดแมลงปนเปื้อนอยู่ที่มากขึ้น (Ellman, et al., 1961; Nabeshima, T., et al., 2003; Walker, et al., 2006) โดยความเข้มของสี ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสีและความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L^* , a^* และ b^* ที่ แตกต่างกันจะถูกตรวจวัดและประมวลผลโดยระบบ CIE $L^* a^* b^*$ (CIE) (Minolta, 1997) วิธีการที่สามารถระบุ ความหมายของสีได้ชัดเจนขึ้น โดยที่ค่า a^* และ b^* เป็นค่าที่ระบุความเป็นสีส่วนความสว่างของสีเป็นค่า L^* (Jensen, 2005) เป็นตัวระบุความเข้มเข้มของสารเคมีกำจัดแมลงที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างได้ ระบบสี CIE $L^*a^*b^*$ หรือ CIELAB สามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอและแม่นยำใกล้เคียงกับความแตกต่าง ของสีที่ตามนุษย์มองเห็น โดย L^* ระบุค่าสีของความสว่าง (Lightness) L เข้าใกล้ 0 สีที่มองเห็นจะมีมืดเป็นสีดำ L เข้าใกล้ 100 สีที่มองเห็นจะมีมืดเป็นสีขาว a^* ระบุค่าสีแดงหรือสีเขียว a ที่มีเครื่องหมายบวกวัดมุมสีออกสีแดง a ที่มีเครื่องหมายลบวัดมุมสีออกสีเขียว b^* ระบุค่าสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน b ที่มีเครื่องหมายบวกวัดมุมสีออกเหลือง b ที่มีเครื่องหมายลบวัดมุมสีออกน้ำเงิน (Bora, G. C. และคนอื่นๆ, 2018) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีและความเข้มที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการอบแห้งแอปเปิ้ล ที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ความเข้มที่ หายไปจะถูกตรวจวัดทุกๆ 30 นาทีควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ด้วยภาพเป็นค่าสี RGB ซึ่งคำนวณโดยโปรแกรม MATLAB หรือเรียกว่า ระบบสี CLE จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าสามารถคาดเดาอุณหภูมิและเวลาที่จะต้องใช้ในการอบแอปเปิ้ลที่ความชื้นต่างๆ ที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ รวมถึงสามารถคำนวณความชื้นของชิ้นแอปเปิ้ล ใดๆ จากค่าสี RGB ได้เช่นกัน

ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเอนไซม์ Acetylcholinesterase และสาร Ellman's reagent เพื่อใช้ในการตรวจวัดสารกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและศึกษาประสิทธิภาพในการตรวจวัดสารปนเปื้อนสารเคมีกำจัด แมลงศัตรูพืชกลุ่มด้วยเอนไซม์ Acetylcholinesterase

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารกำจัดแมลงและศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

เตรียมสาร Paraoxon-Ethyl เกรดการค้า ความเข้มข้น 1 ส่วนในล้าน (ppm) จำนวน 1 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 96 (Ethyl Alcohol 96%) จำนวน 1,000 มิลลิลิตรที่เตรียมไว้ในบีกเกอร์ นำเข้าเครื่อง Ultrasonic เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบเวลา 5 นาทีเทลงในขวดแก้วจำนวน 10 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดแก้วให้สนิทแล้วนำเข้าเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 30 วินาที เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องหลีกเลี่ยงแสงแดด จากนั้นนำ Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 1 ppm เจือจางให้เหลือความเข้มข้น 0.6 และ 0.2 ppm ตามลำดับ

เตรียมสาร Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.6 ppm จำนวน 10 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 96% จำนวน 4 มิลลิลิตร จากนั้นใช้ไมโครปิเปตดูดสาร Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 1 ppm จำนวน 6 มิลลิลิตรที่อยู่ในบีกเกอร์ หลังจากนั้นเทลงในขวดแก้วจำนวน 10 มิลลิลิตร นำ Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.6 ppm ปิดฝาขวดแก้วให้สนิทแล้วนำเข้าเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 30 วินาที

เตรียมสาร Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.2 ppm จำนวน 10 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 96 จำนวน 8 มิลลิลิตร จากนั้นใช้ไมโครปิเปตดูดสาร Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 1 ppm จำนวน 2 มิลลิลิตรที่อยู่ในบีกเกอร์ หลังจากนั้นเทลงในขวดแก้วจำนวน 10 มิลลิลิตร นำ Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 1 ppm ปิดฝาขวดแก้วให้สนิทแล้วนำเข้าเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 30 วินาที

2. การเตรียมเอนไซม์ Acetylcholinesterase (AChE)

เตรียมเอนไซม์ Acetylcholinesterase เกรดการค้า จำนวน 30 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (PBS Buffer) จำนวน 15 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้ว แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 30 วินาที เก็บไว้ในตู้เย็น

3. การเตรียมสารละลาย 5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) (DTNB) (Ellman's reagent)

เตรียมสาร DTNB เกรดการค้า ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ซึ่งสาร DTNB จำนวน 39 มิลลิกรัม ผสมกับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (PBS Buffer) จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้ว จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 2 นาที

4. การเตรียมสารละลาย Acetylthiocholine iodide (ATCI)

เตรียมสารละลาย Acetylthiocholine iodide (ATCI) เกรดการค้า ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ซึ่งสาร 0.289 มิลลิกรัม ผสมกับสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 96 (Ethyl Alcohol 96%) จำนวน 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้ว จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 1 นาที

5. ขั้นตอนการทดลอง

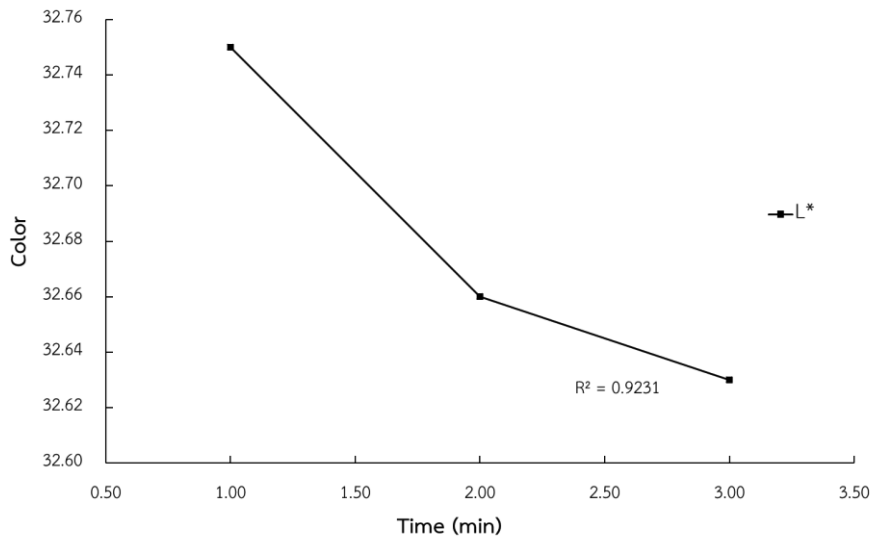
เตรียม 60 ไมโครลิตรของสาร Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 1 ppm ผสมลงใน Acetylcholinesterase จำนวน 30 ไมโครลิตร ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 30 วินาที แล้วเตรียมสาร DTNB จำนวน 300 ไมโครลิตรในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นเตรียม Acetylthiocholine iodide จำนวน 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex Mixer 1,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 30 วินาที หลังจากนั้นบันทึกข้อมูลค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ทันที ซึ่งถูกประมวลผลโดยระบบ CLE $L^* a^* b^*$ จับเวลา 1 นาที ทดสอบทุก ๆ 1 นาที จนครบ 3 นาที ทำซ้ำที่ทุกความเข้มข้นจนครบทุกความเข้มข้น

ผลการวิจัย

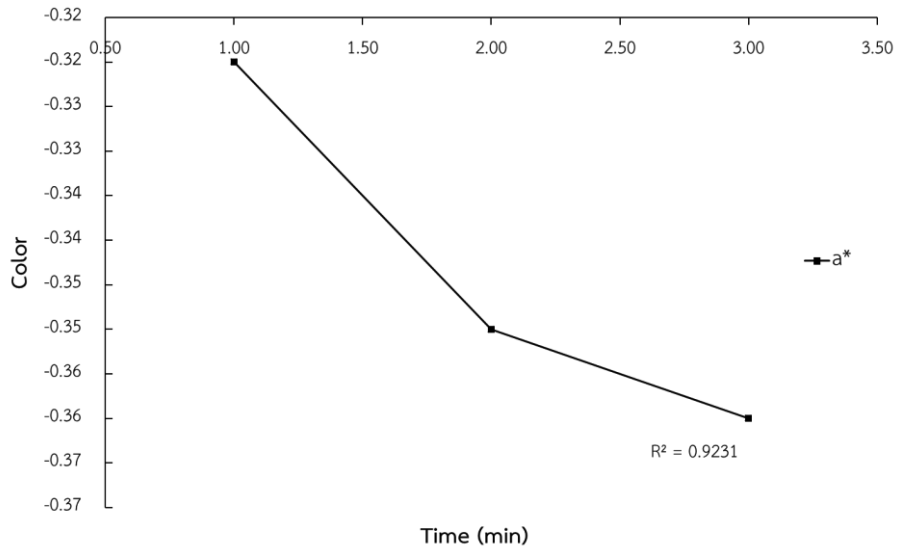
1. ความเข้มข้นของสาร Ellman's reagent กับสาร Acetylthiocholine iodide ที่เหมาะสมในตรวจวัดสารกำจัดแมลงและศัตรูพืชจากการศึกษาความเข้มข้นของ สาร Ellman's reagent กับสาร Acetylthiocholine iodide ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ กับ 0.1 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ พบว่าความเข้มข้นของ Acetylthiocholine ส่งผลต่อความเข้มข้นของสีเหลืองสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เนื่องจาก สาร Ellman's reagent (DTNB) สามารถทำปฏิกิริยากับสารกลุ่ม Sulfhydryl เกิดพันธะ disulfide และ ไอออน 5-thio-2-nitrobenzoate (TNB²⁻) กลายเป็นผลิตภัณฑ์สีเหลืองความยาวคลื่นที่วัดได้ 410 นาโนเมตร (Hansen, et al., 2007)

2. ปริมาณของเอนไซม์ Acetylcholinesterase กับสาร Ellman's reagent และสาร Acetylthiocholine iodide ที่เหมาะสมในตรวจวัดสารกำจัดแมลงและศัตรูพืช

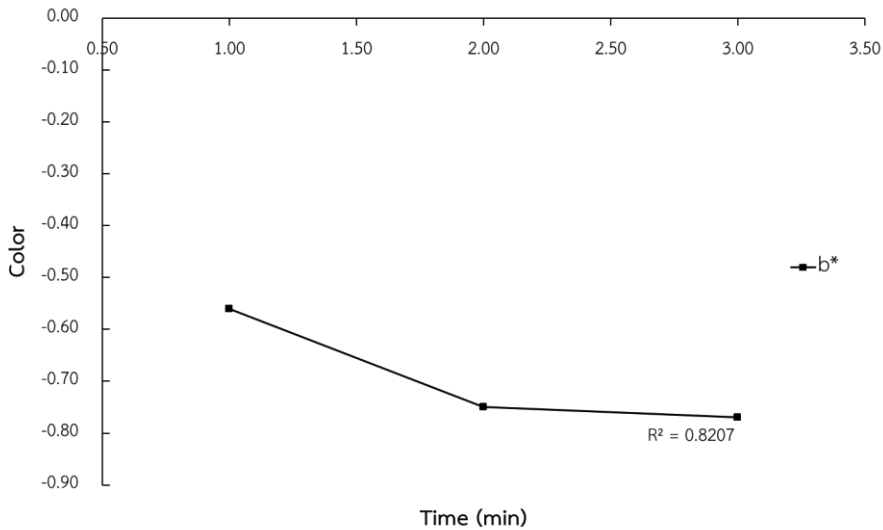
เอนไซม์ Acetylcholinesterase 30 ไมโครลิตร, สาร Ellman's reagent 300 ไมโครลิตรและสาร Acetylthiocholine 300 ไมโครลิตร ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดสารกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L* กับเวลาแสดงสมบัติทางกายภาพของเอนไซม์ Acetylcholinesteras, สาร DTNB และสาร Acetylthiocholine iodide



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a* กับเวลาแสดงสมบัติทางกายภาพของเอนไซม์ Acetylcholinesterase, สาร DTNB และสาร Acetylthiocholine iodide



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี b^* กับเวลาแสดงสมบัติทางกายภาพของเอนไซม์ Acetylcholinesterase , สาร DTNB และสาร Acetylthiocholine iodide

หลังจากนั้นบันทึกข้อมูลค่าสี L^* , a^* และ b^* ผลจากการวิเคราะห์ด้วยระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ของเอนไซม์ Acetylcholinesterase, สาร Ellman's reagent และสาร Acetylthiocholine iodide สำหรับเป็นเซนเซอร์วิเคราะห์ตัวอย่างสารละลายอ้างอิงโดยปฏิกิริยาที่จำเพาะเจาะจงของเอนไซม์ Acetylcholinesterase เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสารละลายสีใสเป็นสีเหลืองได้อย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 1 นาที เนื่องจากเอนไซม์ Acetylcholinesterase มีความจำเพาะเจาะจงสูงและมีความไวในการเกิดปฏิกิริยา จากการวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* พบว่า ตั้งแต่เวลา 1 นาที ถึง 3 นาที ค่าสี L^* ลดลงทุก 1 นาที ส่วนค่าสี a^* และค่าสี b^* เพิ่มขึ้นทุก 1 นาที ค่าสี L^* มากสุด เท่ากับ 32.75, ค่าสี L^* น้อยสุด เท่ากับ 32.63, ค่าสี a^* มากสุด เท่ากับ -0.32, ค่าสี a^* น้อยสุด เท่ากับ -0.36, ค่าสี b^* มากสุด เท่ากับ -0.56 และค่าสี b^* น้อยสุด เท่ากับ -0.77 อย่างมีนัยสำคัญ (Ellman, et al., 1961) กล่าวว่า ในสภาวะปกติ Acetylcholinesterase จะสามารถเร่งปฏิกิริยา Acetylthiocholine iodide เปลี่ยนเป็น Thiocholine ที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับ Ellman's reagent เปลี่ยนจากสารละลายใสให้กลายเป็นสารละลายสีเหลืองได้อย่างรวดเร็ว ค่าสี L^* ที่มีค่าบวกแสดงออกค่าสีสว่าง ค่าสี a^* ที่มีค่าลบแสดงออกค่าสีเขียวและค่าสี b^* ที่มีค่าลบแสดงออกค่าสีออกน้ำเงิน ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี Ellman's reaction (Arduini, F., et al., 2005) ศึกษาการใช้เอนไซม์ Acetylcholinesterase ร่วมกับ Acetylthiocholine chloride และ 5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) ในการตรวจวัดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชโดยเอนไซม์ในน้ำจะทำปฏิกิริยากับ Acetylthiocholine chloride ให้กลายเป็น Thiocholine ซึ่งจะจับแยกโลหะหนักในสารกำจัดศัตรูพืชไปแขวนลอยอยู่ในชั้นของสารละลายเฮกเซน สารกำจัดศัตรูพืชที่ถูกแยกโลหะหนักแล้วจะจับกับเอนไซม์ และ Thiocholine ที่ไม่ได้จับกับโลหะหนักจากสารกำจัดศัตรูพืชจะทำปฏิกิริยา

กับ 5,5-0-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) ให้เกิดการเปลี่ยนสีของสารละลาย ซึ่งจะถูกรวบรวมด้วย UV/VIS spectrophotometer

3. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของความเข้มข้นสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ปนเปื้อนอยู่ในสารละลายเอนไซม์ Acetylcholinesterase, สาร Ellman's reagent และ Acetylthiocholine iodide

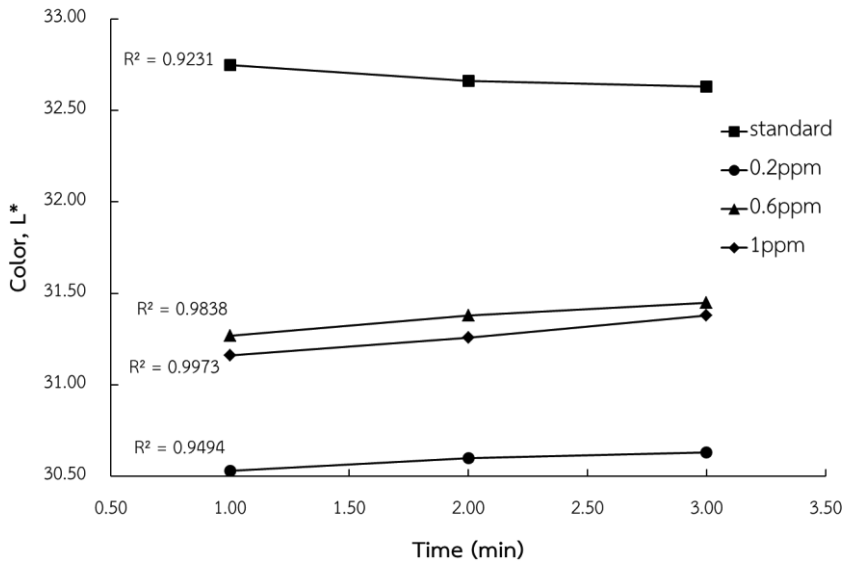
ระบบ CIE LAE coordinate (L^* a^* b^*) ที่นิยมใช้ในการประเมินลักษณะทางกายภาพของสารตัวอย่างที่ศึกษา พิจารณาจากค่าสี L^* ที่เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างที่มีความมืดสูงจนแสดงสีมืด แต่ถ้าค่าสี L^* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างที่ความสว่างสูงจนแสดงสีขาวหรือสีใส ค่าสี a^* ที่มีค่าบวก หมายถึงตัวอย่างแสดงค่าสีแดง ส่วนค่าสี a^* ที่มีค่าลบ หมายถึง ตัวอย่างแสดงค่าสีเขียว และในค่าสี b^* ที่มีค่าบวก หมายถึง ตัวอย่างแสดงค่าสีเหลือง แต่ถ้าเมื่อไหร่ก็ตามค่าสี b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง ตัวอย่างแสดงค่าสีน้ำเงิน (Suwan & Wongwat, 2011)

การอ่านผลวิเคราะห์ของตัวอย่างสารละลายที่ถูกทดสอบ ซึ่งจะเปรียบเทียบกับสารละลายอ้างอิง(สีควบคุม) ถ้าสีสารละลายตัวอย่างที่มีสารพิษตกค้างมีความเข้มของสีลดลง หมายความว่า สารกำจัดแมลงและศัตรูพืชตกค้างอยู่แสดงถึงความไม่ปลอดภัย แต่ถ้าสีของสารละลายตัวอย่างที่มีสารพิษตกค้างความเข้มของสีเท่าเดิมแสดงว่าปลอดภัย การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ผลการทดสอบของงานวิจัยนี้ต้องนำ สารละลายอ้างอิงเปรียบเทียบกับสารละลายสารพิษตกค้างของการอ่านผลทดสอบ

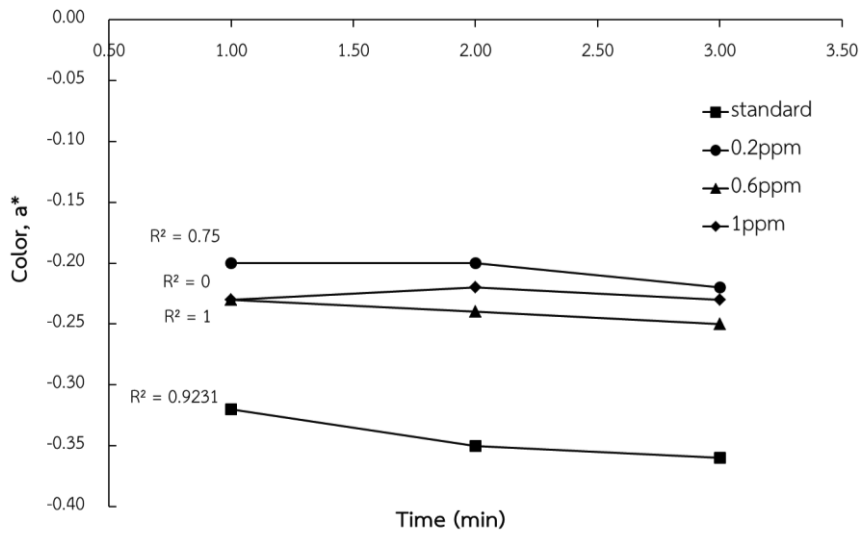
ศึกษาคุณลักษณะความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 ppm ตามลำดับ ที่ตกค้างอยู่ในสารละลายอ้างอิง (AChE, DTNB และ ATCI) แสดงค่าสี L^* , a^* และ b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแสดงความสัมพันธ์ค่าสี L^* , a^* และ b^* ระหว่างความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 ppm จับเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 3 นาที

จากภาพที่ 4 ค่าสี L^* ของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.2 ppm แสดงค่าสี L^* น้อยสุด รองลงมา Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 1 ppm และ Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.6 ppm แสดงค่า L^* มากที่สุด จากภาพที่ 5 ค่าสี a^* ของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.2 ppm แสดงค่า a^* มากที่สุด รองลงมาคือ Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 1 ppm และ Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.6 ppm มีค่าสี a^* น้อยที่สุด ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 ppm มีทิศทางการเปลี่ยนค่าสี L^* และ ค่าสี a^* มีความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงค่าสีเกิดขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* และ ค่าสี a^* ไม่ใช่สีหลักการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาที่จำเพาะเจาะจงของเอนไซม์ Acetylcholinesterase เมื่อทำปฏิกิริยากับสาร Ellman's reagent จึงเกิดความแปรปรวนของค่าสี L^* และค่าสี a^* เมื่อสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายอ้างอิงเข้าไปยับยั้งบริเวณ Active site ของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ทำ

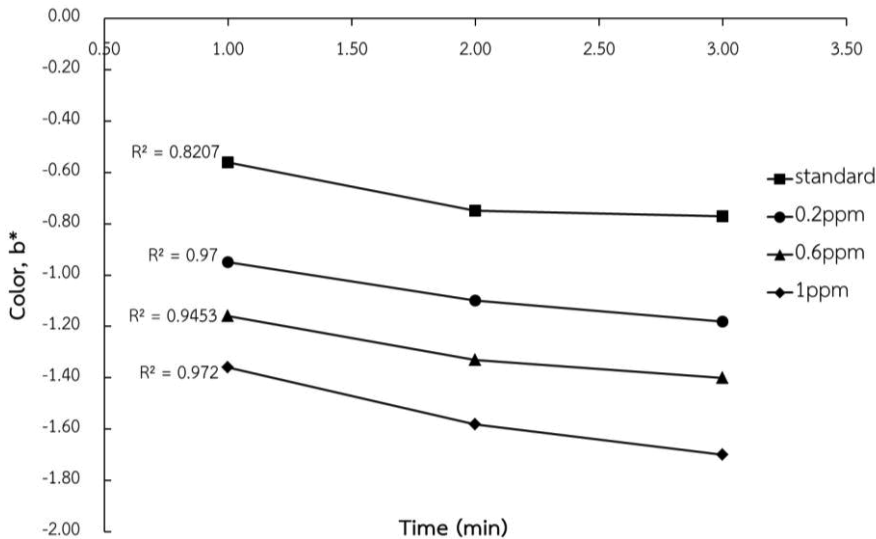
หน้าที่ยับยั้งและเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีทำให้ความเข้มของสีเหลืองน้อยลงจึงทำให้เกิดความแปรปรวนค่าสี L* และ a* อยู่ระหว่างช่วงคาบเกี่ยวของค่าสีส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงค่าสีของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ความเข้มข้น 0.2 0.6 และ 1 ppm ค่าสี L* และ ค่าสี a* สามารถระบุได้แค่เพียงมีสารเคมี Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายอ้างอิงได้ จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ค่าสี L* มีสหสัมพันธ์ทางบวกเพิ่มขึ้น หมายความว่า สีมืดลงไปในทิศทางค่าสีสว่างของทุกความเข้มข้น และจากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ค่าสี a* แสดงสหสัมพันธ์ทิศทางลบ หมายความว่า สีมืดลงไปในทิศทางค่าสีแดงของทุกความเข้มข้น จากภาพที่ 6 ค่าสี b* ของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.2 ppm แสดงค่าสี b* มากที่สุด รองลงมา Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 0.6 ppm และ Paraoxon-Ethyl ความเข้มข้น 1 ppm มีค่าสี b* น้อยที่สุด การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L*, a* และ b* กับความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 ppm มีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี b* หมายความว่า ค่าสีเข้าสู่สีน้ำเงิน พบว่า ค่าสี b* เมื่อความเข้มข้นสารพิษตกค้างเพิ่มขึ้นมีความเข้มสีลดลงตั้งแต่ 1 ถึง 3 นาที ยังมีความแปรปรวนของค่าสีที่น้อยกว่าค่าสี L* และ a* แสดงออกมาในรูปแบบสมการเส้นตรงมีค่าความเชื่อมั่น 0.97, 0.9453 และ 0.972 ตามลำดับ เมื่อใดก็ตามที่มีค่าสี b* สหสัมพันธ์ทิศทางลบเพิ่มขึ้น หมายความว่า ความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl เพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าสีของสารละลายเข้าสู่ค่าสีน้ำเงินมากขึ้น (แสดงค่าสีเหลืองน้อยลง) ในทางกลับกัน พบว่าถ้าค่าสี b* ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หมายความว่า สารละลายตัวอย่างไม่มีสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างอยู่เปรียบเทียบที่เวลาเท่ากัน ถ้าสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างในเอนไซม์ Acetylcholinesterase จะถูกยับยั้งและเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยน Acetylthiocholine iodide ให้เป็น Thiocholine ได้น้อยลงส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยากับ Ellman's reagent เปลี่ยนจากสารละลายสีใสให้กลายเป็นสารละลายสีเหลืองได้ช้าลงและมีความเข้มของสีเหลืองลดลง (Ellman, et al., 1961)



ภาพที่ 4 ค่า L* และเวลาแสดงสมบัติทางกายภาพเมื่อสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายเอนไซม์ Acetylcholinesterase กับสาร DTNB และสาร Acetylthiocholine iodide



ภาพที่ 5 ค่า a* และเวลาแสดงสมบัติทางกายภาพเมื่อสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Eth ตกค้างในสารละลายเอนไซม์ Acetylcholinesterase กับสาร DTNB และสาร Acetylthiocholine iodide



ภาพที่ 6 ค่า b^* และเวลาแสดงสมบัติทางกายภาพเมื่อสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายเอนไซม์ Acetylcholinesterase กับสาร DTNB และสาร Acetylthiocholine iodide

ข้อมูลดังกล่าวแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณ Acetylthiocholine ทั้งหมดที่ศึกษาในสารละลายที่ปนเปื้อนสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานของ (Kubilay, et al., 2013) ศึกษาการเตรียม Ellman's reagent บน Gold Nanoparticles (Au-NPs) สำหรับเป็นเซนเซอร์ตรวจวัดตัวอย่างสารกลุ่ม Bio thiols ที่ช่วงความเข้มข้นต่ำๆ แสดงการเปลี่ยนแปลงเมื่อเติมสาร Ellman's reagent (DTNB) บน Gold Nanoparticles เมื่อเพิ่ม Cysteine สารละลายสีใสจะค่อยๆ เปลี่ยนกลายเป็นสีเหลืองอ่อน ด้วยเหตุผลที่ว่า Cysteine ประกอบไปด้วย หมู่ Sulfhydryl ทำปฏิกิริยากับ Ellman's reagent จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสีเหลืองอ่อน กล่าวได้ว่าถ้ามีปริมาณหมู่ Sulfhydryl สูงเมื่อจับตัว Ellman's reagent แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของสีเหลืองอย่างชัดเจนและในช่วงความยาวคลื่น 410 นาโนเมตรเป็นช่วงความยาวคลื่นของสีม่วงแต่เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นเป็นสีเหลือง จึงมีการดูดกลืนแสงในช่วงนี้มากที่สุดของแต่ละความเข้มข้นของ Cysteine และจากการศึกษาของ (P. Miroslav, et al., 2011) ประสิทธิภาพในการตรวจวัดกลุ่ม Organophosphate ด้วยเอนไซม์ Acetylcholinesterase กับสาร Indoxyl Acetate ย้อมติดสีเอนไซม์ Acetylcholinesterase จากปลาไหลไฟฟ้าและศึกษากลไกของปฏิกิริยาโดยเปรียบเทียบกลไกไม่ถูกหน่วงปฏิกิริยาและกลไกที่ถูกหน่วงปฏิกิริยาโดยใช้ Paraoxon-Ethyl เพื่อคำนวณ Michaelis constant, ความเร็วการเกิดปฏิกิริยาสูงสุด (Maximum reaction velocity) แสดงการเปรียบเทียบสำหรับ Paraoxon-Ethyl ซึ่งอยู่ในกลุ่มยาฆ่าแมลงออร์กาโนฟอสเฟต โดยใช้ Acetylthiocholine ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์ Acetylcholinesterase เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของ Paraoxon-Ethyl ร้อยละการหน่วงปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเนื่องจากเอนไซม์ Acetylthiocholine จับตัวกับ Paraoxon-Ethyl ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ซึ่ง

จากการยับยั้งโดย Paraoxon- Ethyl สูงถึงร้อยละ 95 หมายความว่ายังคงมีการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase เหลือการทำงานอยู่เพียงร้อยละ 5

จากการศึกษาความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 ppm ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กับค่าสี L^* a^* และ b^* การวิเคราะห์ค่าสีด้วยปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีด้วยเอนไซม์ Acetylcholinesterase ทำหน้าที่ย่อย Acetylthiocholine iodide กลายเป็น thiocholine เข้าทำปฏิกิริยากับ Ellman's method เกิดโครงสร้างวงอะโรเมติกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสี เมื่อพบการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon- Ethyl เข้าทำปฏิกิริยายับยั้งแบบไม่ผันกลับ จึงส่งผลให้เอนไซม์ Acetylcholinesterase ทำงานไม่ได้ ส่งผลให้มีการคั่งของ Acetylcholine เนื่องจากถ้าสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl เข้าสู่บริเวณ Active site ของเอนไซม์ Acetylcholinesterase จะจับตัวกันแบบถาวร ซึ่งเกิดการเสียรูปหรือเสียสภาพไม่สามารถกลับมาทำหน้าที่บริเวณ Active site ได้อีก หากแต่ยังมีเอนไซม์หลงเหลืออยู่ในสารละลายที่ยังไม่ได้จับตัวกับสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl จะวกกลับไปเริ่มต้นทำหน้าที่ย่อย Acetylthiocholine iodide ส่งผลให้มีโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีได้ไม่มาก เหตุผลดังกล่าวทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมาก เนื่องจากมีเอนไซม์บางส่วนเสียสภาพไปแล้ว อาจมีบางส่วนเท่านั้นที่ทำหน้าที่ย่อย Acetylthiocholine iodide กลายเป็น thiocholine ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นช่องทางต่อการคัดเลือกที่เป็นประโยชน์และปลอดภัยในการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl โดยผลจากการศึกษา พบว่าค่าสี L^* กับ ค่าสี a^* สามารถระบุได้ว่ามีสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายอ้างอิงตัวอย่างได้ แต่ค่าสี b^* สามารถใช้ระบุความแตกต่างของความเข้มข้นสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ความเข้มข้น 0.2 0.6 และ 1 ppm ได้ เมื่อสารละลายปนเปื้อน Paraoxon-Ethyl ค่าสี b^* แสดงการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มในทิศทางลบที่มีค่าลบเพิ่มขึ้นกับเวลาเปลี่ยนแปลงไป จับเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 3 นาที แต่ถ้าค่าสี b^* ไม่มีพบการเปลี่ยนแปลงแสดงให้เห็นว่าไม่พบการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl การทดลองครั้งนี้เป็นเพียงการประเมินหรือชุดทดสอบเบื้องต้นเพื่อเพิ่มทางเลือกอีกหนึ่งทางที่เป็นประโยชน์สามารถตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ได้มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ไม่ซับซ้อน เห็นผลรวดเร็ว โดยปฏิกิริยาที่จำเพาะเจาะจงของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยากับ Ellman's reagent เปลี่ยนจากสารละลายใสให้กลายเป็นสารละลายสีเหลืองลดลงตามปริมาณสารกำจัดแมลงและศัตรูพืชตกค้างอยู่ โดยความเข้มของสีที่ลดลง ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสีและค่าสี L^* a^* และ b^* ที่แตกต่างกันจะถูกตรวจวัดและบันทึกด้วยระบบ CIE (L^* a^* b^*) เป็นตัวระบุความเข้มข้นสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ตกค้างอยู่ในตัวอย่างได้ แต่การตรวจสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ทางเคมียังคงมีความจำเป็นที่ต้องทำการประเมินเพื่อความแม่นยำและถูกต้องในการระบุความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช

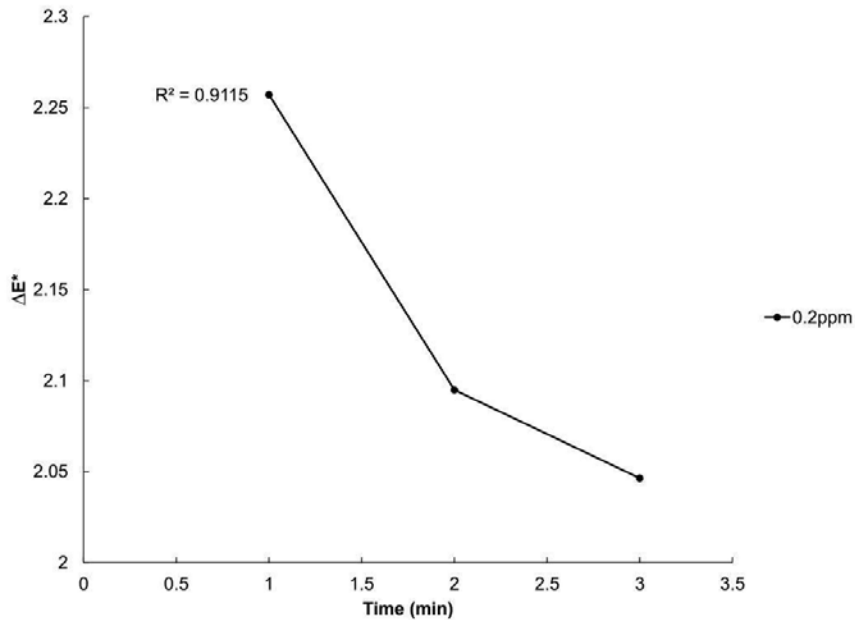
4. การวัดค่าความแตกต่างของสีสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างอยู่ในสารละลาย เอนไซม์ Acetylcholinesterase, สาร Ellman's reagent และ สาร Acetylthiocholine iodide

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

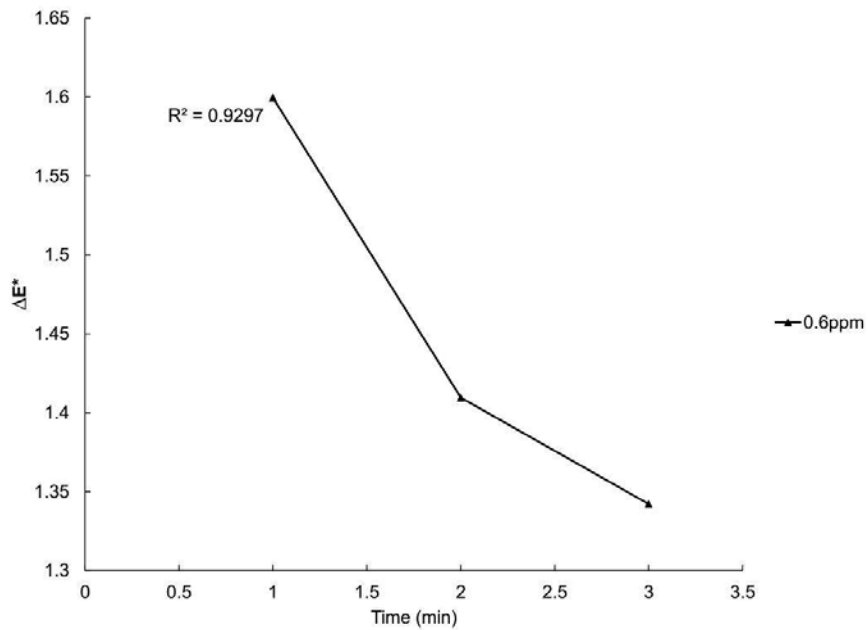
การวัดค่าสีในรูปแบบสารละลายโดยระบบ CIE L*a*b* สามารถเปรียบเทียบความต่างของค่าสี L* a* และ b* ได้ โดยเทียบสารละลายอ้างอิง นำค่า L* a* และ b* ของสารละลายตัวอย่าง (อ้างอิง) มาคำนวณตั้งต้นเทียบกับค่าสี L* a* และ b* ของสารละลายที่เปลี่ยนแปลงไป ค่าสีจะแสดงออกมาในรูปแบบของความแตกต่างของค่า ΔE^* มีสูตรคำนวณหาดังสมการต่อไปนี้ (Cayless, et al., 1983; Walker, et al., 2006)

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5}$$

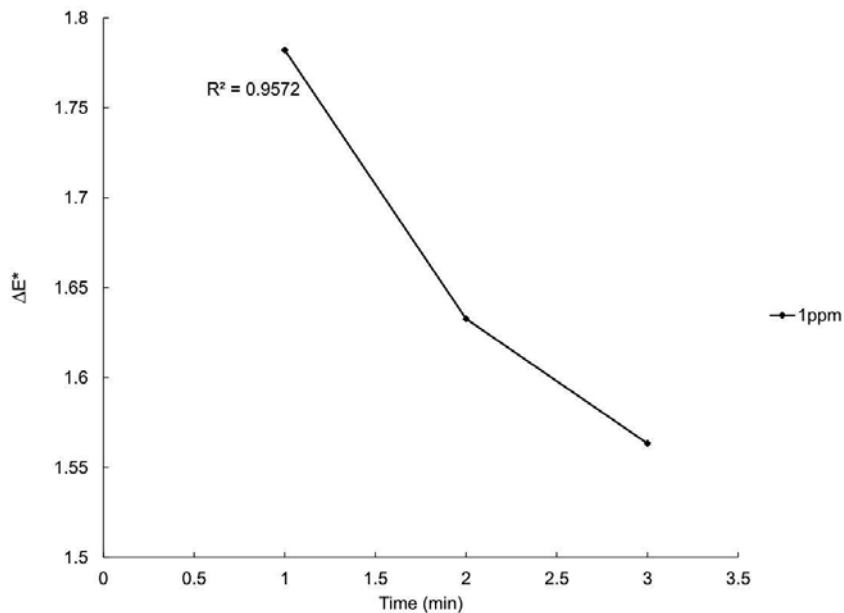
แสดงผลการวัดความแตกต่างของค่าสี L* a* และ b* สารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ตกค้างอยู่ในสารละลายเอนไซม์ Acetylcholinesterase, สาร Ellman's reagent และ สาร Acetylthiocholine iodide ในรูปแบบของค่า ΔE^*



ภาพที่ 7 วัดความแตกต่างของค่าสีในรูปแบบของค่า ΔE^* ของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ความเข้มข้น 0.2 ppm ตกค้างอยู่ในสารละลายอ้างอิง



ภาพที่ 8 ความแตกต่างของค่าสีในรูปแบบของค่า ΔE^* ของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ความเข้มข้น 0.6 ppm ตกค้างอยู่ในสารละลายอ้างอิง



ภาพที่ 9 ความแตกต่างของค่าสีในรูปแบบของค่า ΔE^* ของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ความเข้มข้น 1 ppm ตกค้างอยู่ในสารละลายอ้างอิง

แสดงผลการวัดความแตกต่างของค่าสี L^* , a^* และ b^* ในรูปแบบของ ΔE^* จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่า สารละลายตัวอย่างที่มีสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.2 ppm พบความแตกต่างของค่าสีสูงสุดอยู่ที่ 1 นาที และ ค่าสีต่ำสุดอยู่ 3 นาที รูปแบบของ ΔE^* จากภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่า Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.6 ppm พบความแตกต่างของค่าสีสูงสุดอยู่ที่ 1 นาที และ ค่าสีต่ำสุดอยู่ 3 นาที และ จากภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่า Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1 ppm พบความแตกต่างของค่าสีสูงสุดอยู่ที่ 1 นาที และ ค่าสีต่ำสุดอยู่ 3 นาที ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1ppm ตามลำดับ ที่เวลา 1 นาที จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี ΔE^* ที่ปรากฏมีค่าสูงสุด รองลงมาที่เวลา 2 นาที และ ที่เวลา 3 นาที จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี ΔE^* ที่ปรากฏมีค่าต่ำสุด Paraoxon-Ethyl ตกค้างในสารละลายตัวอย่างนั้นที่ทุกความเข้มข้นมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี ΔE^* ในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้สารละลายอ้างอิงนั้นที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ตกค้างในสารละลายตัวอย่างอ้างอิงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีเกิดขึ้นจากการประมวลผลด้วยเครื่อง Colorimeter ด้วยระบบ CIE $L^*a^*b^*$

อภิปรายผล

งานวิจัยเรื่องการตรวจประเมินความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L^* , a^* และ b^* กับปริมาณสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ตกค้างในผลผลิตการเกษตรโดยใช้ Acetylcholinesterase สามารถสรุปการวิจัยได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสารละลายอ้างอิง เอนไซม์ Acetylcholinesterase 30 ไมโครลิตร, สาร Ellman's reagent 300 ไมโครลิตรและสาร Acetylthiocholine iodide 300 ไมโครลิตร เพื่อใช้ในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ได้

ประสิทธิภาพเอนไซม์ Acetylcholinesterase เพื่อใช้ในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี L^* , a^* และ b^* กับความเข้มข้นสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ตกค้างอยู่ในสารละลายอ้างอิงที่ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 ppm ตามลำดับ ซึ่งถูกประมวลผลจากเครื่อง Colorimeter ด้วยระบบ CIE L^*a^* และ b^* พบว่า ค่าสี b^* สามารถระบุสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1 ppm ตามลำดับ ที่ตกค้างในสารละลายอ้างอิงได้ แสดงออกมาในรูปแบบของสมการเส้นตรงมีค่าความเชื่อมั่น 0.97, 0.9453 และ 0.972 ตามลำดับ ส่วนค่าสี L^* กับ ค่าสี a^* ระบุได้แค่เพียงมีปริมาณการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ในสารละลายอ้างอิงตัวอย่าง ข้อมูลดังกล่าวแสดงถึงการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase คือ เอนไซม์ Acetylcholinesterase นั้นทำหน้าที่ย่อยและสลายสารสื่อประสาท Acetylcholine เกิดปฏิกิริยาการยับยั้งแบบไม่ผันกลับ (irreversible) และทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยน Acetylthiocholine iodide ให้เป็น Thiocholine ได้น้อยลง ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยากับสาร Ellman's reagent จะถูกคอนจูเกตกับหมู่ฟังก์ชันโปรตีนเอนไซม์ จึงมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีทำให้สารละลายอ้างอิงนั้นเป็นอินดิเคเตอร์ในการ

ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงค่าสีด้วยระบบ CIE L*a*b* และ * ส่งผลให้สามารถตรวจวิเคราะห์ความสัมพันธ์ค่าสีระหว่างการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายอ้างอิงกับสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืช Paraoxon-Ethyl ได้

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเอนไซม์ Acetylcholinesterase กับ สาร Ellman's reagent เพื่อประสิทธิภาพในการตรวจวัดสารกำจัดศัตรูแมลงและศัตรูพืชที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 1 ppm ตกค้างในสารละลายอ้างอิงตัวอย่างซึ่งถูกประมวลผลด้วยระบบ CIE L*a*b* ค่าสี L* a* และ b* ระบุปริมาณของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ที่เหลืออยู่เป็นตัวบ่งชี้ความเข้มข้น ถ้ามีสารพิษตกค้างสูง สีที่ได้จากการทดสอบมีความสีเข้มลดน้อยลง โดยการใช้ค่าสี L* a* หรือ b* ช่วยบอกปริมาณสารพิษที่ตกค้างได้ เช่น ตกค้าง 0.2 – 1 ppm แสดงให้เห็นว่าสามารถบ่งชี้แบบกึ่งปริมาณได้ ดังนั้นสามารถนำมาใช้งานเป็นชุดทดสอบที่ได้มากกว่าข้อกำหนดการผ่านหรือไม่ผ่านเกณฑ์ เนื่องจากเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้กำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชเอาไว้ในข้อกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559 ในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่ตกค้างอยู่ในผลผลิตทางการเกษตรและจุดมุ่งหมายสูงสุดของวิจัยนี้พัฒนาและคิดค้นประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดสารกำจัดศัตรูแมลงและศัตรูพืชที่มีขนาดเล็ก แม่นยำ เคลื่อนที่ได้ โดยใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพ (Image processing) ในการวิเคราะห์และคำนวณสารเคมีกำจัดแมลงและศัตรูพืชที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 1 ppm ตกค้างในผักผลไม้สด จากการเปลี่ยนแปลงสีของสาร Ellman's reagent ด้วยปฏิกิริยาที่จำเพาะเจาะจงของเอนไซม์ Acetylcholinesterase iodide

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่อำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับในการทำงานวิจัยด้วยดีตลอดมา ในระหว่างการทำนิพนธ์วิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ปราณี พัฒนพิพิธไพศาล. (2556). **เอนไซม์เทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Arduini F., et al. (2005). Extraction and Detection of Pesticides by Cholinesterase Inhibition in a Two-Phase System : a Strategy. **Analytical Letters**, **38**(11), 1703-1719.
- Cayless, M.A. & Marsden, (1983). **A.M Lamp and Lighting**. (3 rd ed.). Arnold, London.
- Beugnet F. & Franc M., (2012). Insecticide and acaricide molecules and/or combinations to prevent pet infestation by ectoparasites. **Trend in Parasitology**, **28**, 267-279.
- Bora, G.C., et al. (2018). Image processing analysis to track color changes on apple and correlate to moisture content in drying stages. **Food Quality and Safety**, **2**, 105-110.
- Eleršek, T. & Filipi č, M. (2011). Organophosphorus pesticides mechanisms of their toxicity. In **Pesticides-The Impacts of Pesticides Exposure**. 243-260. IntechOpen. DOI : 10.5772/14020.
- Ellman, G.L., et al. (1961). A new and rapid colorimetric determination of Acetylcholinesterase activity. **Biochem. Pharm**, **7**, 88-95.
- Güc, K., et al. (2013). Selective optical sensing of biothiols with Ellman's reagent: 5,5 -Dithio-bis (2-nitrobenzoic acid)-modified gold nanoparticles. **Analytica Chimica Acta**, **794**, 90-98.
- Jensen, R.J. (2005). **Introductory Digital Image Processing**. Prentice Hall Series in Geographic Information Sciences. Third Edition.
- Minolta. (1997). **Minolta Operator' s Manual for Photocopier EP5325**. Technical Manual Minolta Camera Co., Ltd., Business Equipment Division. Osaka, Japan : Minolta.
- Nabeshima, T., et al. (2003). An amino acid substitution attributable to insecticide-insensitivity of acetylcholinesterase in a Japanese encephalitis vector mosquito, *Culex tritaeniorhynchus*. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, **313**, 794-801.
- Pohanka, M., et al. (2011). Assessment of Acetylcholinesterase Activity Using Indoxylacetate and Comparison with the Standard Ellman's Method. **Molecular Sciences**, **12**, 2631-2640.
- R.E. Hansen, H. Østergaard, P. Nørgaard, J.R.Winther. (2007). **Anal Biochem**, **363**, 77-82.
- R.W.G. Hunt. (1993). **Measuring Colour**. (2 nd ed.). The City University, London.
- Smulders, C.J.G.M., et al. (2003). Selective effects of carbamate pesticides on rat neuronal nicotinic acetylcholine receptors and rat brain acetylcholinesterase. **Toxicology and Applied Pharmacology**, **193**, 139-146.

Suwan, T. & Wongwat, S. (2011). **Development of Jackfruit Seed Cracker**, Research report from Faculty of Agro-Industry. Bangkok : King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)

Walker, C.H., et al. (2006). **Principle of Ecotoxicology**. Taylor & Francis : USA.

Zhang, S.P., et al. (2008). Study of enzyme biosensor based on carbon nanotubes modified electrode for detection of pesticides residue. **Chinese Chemical Letters**, **19**, 592-594.



ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพลังของผู้สูงอายุในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

**Factors Associated with Active Aging Among Elderly People
in Krokphra District, Nakhonsawan Province**

รัตนกาญจน์ เจริญศรีรุ่งเรือง*

Rattanağarn Charoensrirungrueng

ธัญ กนกเทศ**

Thanach Kanokthet

Received : July 28, 2019

Revised : April 21, 2020

Accepted : September 8, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับพลัง และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพลังของผู้สูงอายุ ในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ เจาะจงประชากรเป็นผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปที่มีภาวะติดสังคม ทั้งเพศชาย และเพศหญิงที่มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 7,045 คน กลุ่มตัวอย่าง ใช้สูตรการประมาณค่าเฉลี่ยในประชากรจำนวน 435 คน สุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเท่ากับ 0.88 และความเที่ยง ระหว่าง 0.736-0.862 และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อันดับและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพลังด้านสุขภาพอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 65.7 พลังด้านการมีส่วนร่วมอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 53.8 พลังด้านการมีหลักประกันที่มั่นคงอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 40.9 สถานภาพสมรส และปัจจัยทางพฤติกรรมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพลังของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ผู้สูงอายุ / พลัง

*นักศึกษาลัทธิศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร

M.P.H (Public Health), Naresuan University

**อาจารย์ประจำคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Assistant professor, Dr.PH.(Public health), Naresuan University

ABSTRACT

This Descriptive research study aimed to determine the level of active ageing and examine the factors associated with Active Aging among Elderly People in Krokphra District, Nakhonsawan Province. The participants were 7,045 persons who were aged 60 and older living in Krokphra District, Nakhonsawan Province. The samples were 435 from persons Finite population mean, consisted by multi-stage random sampling. Data were collected by questionnaires, with a validity value of 0.88 and a reliability value of 0.736-0.862. Data were analyzed by using descriptive statistics, Eta correlation and Pearson product-moment correlation coefficient. The results revealed that The results revealed that 1) Overall active ageing of health was a high level at 65.7 %, Overall active ageing of participation was a Middle level at 53.8 % and Overall active ageing of Security was a Low level at 40.9 % 2) There were significantly positive relationships among marital status and Health Behavior with Active Ageing on a statistically significance difference at 0.05.

Keywords : Elderly People / Active Aging

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสถานการณ์การของประชากรโลกที่ประเทศต่างๆ ให้ความสนใจกับการสูงวัยของประชากร กล่าวคือ โครงสร้างอายุของประชากรโลก และของประเทศต่างๆ กำลังเปลี่ยนไปในทิศทางที่มีอายุสูงขึ้น ปรากฏการณ์ทางประชากรนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากอัตราเกิดของประชากรทั่วโลกได้ลดต่ำลง ในขณะที่ผู้คนมีอายุยืนยาวขึ้น ซึ่งในปี 2558 ประชากรโลกมี 7,349 ล้านคน ในจำนวนนี้เป็นประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปประมาณ 901 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 12 ของประชากรทั้งหมด นับได้ว่าประชากรรวมทั้งโลกได้เข้าเกณฑ์ที่เรียกว่า เป็น “สังคมสูงวัย” แล้ว (Foundation of Thai Gerontology Research and Development institute, 2015) และคาดการณ์ว่าในปี 2574 จะมีจำนวนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปประมาณ 1,402 ล้านคน (WHO, 2015)

สำหรับประชากรในกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียนในปี 2558 อาเซียนมีประชากรรวมทั้งหมด 630 ล้านคน มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปอยู่ประมาณ 59 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 9 ของประชากรทั้งหมดประเทศ อาเซียนที่เข้าเกณฑ์เป็นสังคมสูงวัยแล้วมี 3 ประเทศ คือ สิงคโปร์ร้อยละ 18 ไทยร้อยละ 16 และเวียดนาม ร้อยละ 10 (Foundation of Thai Gerontology Research and Development institute, 2015)

ประเทศไทยได้กลายเป็นสังคมสูงวัย ตั้งแต่ปี 2548 คือมีสัดส่วนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงถึงร้อยละ 10 ประชากรสูงอายุกำลังเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่เร็วมากคือ สูงกว่าร้อยละ 4 ต่อปี ในขณะที่ประชากรรวมเพิ่มขึ้น ด้วยอัตราเพียงร้อยละ 0.5 เท่านั้น ในปี 2558 ประชากรไทยมีจำนวน 65.1 ล้านคน ในจำนวนนี้เป็นประชากร อายุ 60 ปีขึ้นไป 11 ล้านคนหรือคิดเป็นร้อยละ 16 ของประชากรทั้งหมด ตามการคาดประมาณประชากรของ

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ประเทศไทยจะกลายเป็นสังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ คือมีสัดส่วนประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงถึงร้อยละ 20 ในปี 2564 (Foundation of Thai Gerontology Research and Development institute, 2015)

การส่งเสริมให้ผู้สูงอายุทุกคนมีการเตรียมความพร้อมและวางแผนการก้าวเข้าสู่วัยสูงอายุอย่างมีคุณภาพสอดคล้องกับนโยบายพัฒนาพลังขององค์การอนามัยโลก โดยองค์การอนามัยโลก (WHO, 2002) ได้กล่าวถึงภาวะพัฒนาพลัง (Active Aging) ว่าเป็นเป้าหมายของคุณภาพชีวิตหรือสุขภาวะของผู้สูงอายุทั่วโลก และคาดว่าน่าจะเป็นหนทางเดียวที่จะแก้ไขปัญหาของการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้สูงอายุทั่วโลก และได้นิยาม ภาวะพัฒนาพลัง (Active Aging) เป็นกระบวนการที่เหมาะสม ที่จะนำไปสู่การมีสุขภาพดี (Healthy) การมีส่วนร่วม (Participation) และการมีหลักประกันที่มั่นคง (Security) ในการที่จะเสริมสร้างคุณภาพชีวิตเมื่อสูงอายุ (WHO, 2002) ทั้งนี้ระดับความพร้อมของผู้สูงอายุไทยในการเตรียมตัวเข้าสู่วัยสูงอายุยังมีอยู่น้อย ไม่ครอบคลุม และยังคงมีความตระหนักน้อยจึงควรมีการปรับเปลี่ยน เรื่องทัศนคติและสร้างระบบการเตรียมตัวเข้าสู่วัยสูงอายุอย่างเป็นระบบ

สำหรับจังหวัดนครสวรรค์ มีประชากรผู้สูงอายุ จำนวน 153,589 คน (ร้อยละ 21.29 ของประชากรทั้งหมด) ซึ่งเป็น “สังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์” (Complete Aged Society) อำเภอโกรกพระ มีประชากรผู้สูงอายุ จำนวน 7,045 คน (ร้อยละ 23.48 ของประชากรทั้งหมด) เป็นผู้สูงอายุกลุ่มติดสังคม ร้อยละ 92.05, กลุ่มติดบ้าน ร้อยละ 7.42 และกลุ่มติดเตียง ร้อยละ 0.53 เมื่อมองในภาพรวมของจังหวัดนครสวรรค์ พบว่าปัญหาผู้สูงอายุติดบ้าน และติดเตียง สูงเป็นอันดับที่ 2 ของจังหวัดนครสวรรค์ (Nakhonsawan Provincial Public Health Office, 2017)

ดังนั้นการให้การส่งเสริมพัฒนาพลังอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นที่จะต้องทราบความสามารถในการทำนายของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุ ในเขตอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ ปัจจัยกำหนดเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของพัฒนาพลัง ประกอบด้วย ปัจจัยทางสังคม ปัจจัยทางเศรษฐกิจ ปัจจัยทางพฤติกรรม ที่ส่งผลต่อกับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านสุขภาพ ด้านการมีส่วนร่วม ด้านการมีหลักประกันที่มั่นคง (WHO, 2002) โดยทำการศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุกลุ่มติดสังคม เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ควรได้รับการส่งเสริมสุขภาพให้เป็นผู้มีสุขภาพดี สามารถดำเนินกิจวัตรประจำวันได้อย่างมีศักยภาพสมวัย เพื่อนำความรู้เกี่ยวกับปัจจัยดังกล่าวไปใช้ในการส่งเสริมพัฒนาพลังให้กับผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ อันจะส่งผลให้ประชากรมีการสูงวัยอย่างมีศักยภาพและมีคุณภาพชีวิตที่ดี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา (Descriptive Research) ประชากร คือ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 7,045 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชาย และเพศหญิง และอยู่ในกลุ่มติดสังคม (ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล; Barthel ADL index ตั้งแต่ 12 คะแนนขึ้นไป) มีความสมัครใจเข้าร่วมการศึกษา และสามารถพูดคุยสื่อสารได้ปกติ คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรการประมาณค่าเฉลี่ยในประชากร

(Finite population mean) ของ Wayne, W. (1995) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 435 คน ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน คือ สุ่มแบบกลุ่มตำบล (Cluster) โดยแบ่งตามสัดส่วนของผู้สูงอายุ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีสัดส่วนผู้สูงอายุน้อย, กลุ่มที่มีสัดส่วนผู้สูงอายุปานกลาง และกลุ่มที่มีสัดส่วนผู้สูงอายุมาก จากนั้นทำการสุ่มตำบลโดยการจับฉลากกลุ่มละ 1 ตำบล และสุ่มแบบกลุ่มหมู่บ้าน (Cluster sampling) ตำบลละ 2 หมู่บ้าน พิจารณาสัดส่วนการสุ่มกลุ่มตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้าน และสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคลของประชากรกลุ่มตัวอย่าง อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ อายุ เพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของผู้สูงอายุ อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ โดยดัดแปลงจากแบบสอบถามการสูงวัยอย่างมีศักยภาพ ของ Thanakwang (2013) จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับปัจจัยทางสังคม จำนวน 9 ข้อ ปัจจัยทางเศรษฐกิจ จำนวน 6 ข้อ และปัจจัยทางพฤติกรรม จำนวน 15 ข้อ ตามเกณฑ์การประเมินดังนี้

ประเภทปัจจัย	ระดับคะแนน	ระดับพฤติกรรม
ปัจจัยทางสังคม	9-18	ต่ำ
	19-27	ปานกลาง
	28-36	สูง
ปัจจัยทางเศรษฐกิจ	6-12	ต่ำ
	13-18	ปานกลาง
	19-24	สูง
ปัจจัยทางพฤติกรรม	15-30	ต่ำ
	31-45	ปานกลาง
	46-60	สูง

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามพฤติกรรมของผู้สูงอายุ อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ โดยดัดแปลงจากแบบสอบถามการสูงวัยอย่างมีศักยภาพ ของ Thanakwang (2013) จำนวน 18 ข้อ ซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับด้านสุขภาพ ด้านการมีส่วนร่วม ด้านการมีหลักประกันที่มั่นคง รวม 24 คะแนน ตามเกณฑ์การประเมินดังนี้

ระดับคะแนน	ระดับพฤติกรรม
6-12	ต่ำ
13-18	ปานกลาง
19-24	สูง

การทดสอบคุณภาพของเครื่องมือ ได้ผ่านการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้และประสบการณ์ จำนวน 3 ท่าน ช่วยพิจารณาตรวจสอบถูกต้อง ความครอบคลุมของข้อความ ความชัดเจน ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำเครื่องมือไปทดลองใช้ (Try out) กับผู้สูงอายุ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความเที่ยง (Reliability) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นด้วยวิธีของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าความเที่ยงแบบสอบถามปัจจัยทางสังคม แบบสอบถามปัจจัยทางเศรษฐกิจ แบบสอบถามปัจจัยทางพฤติกรรม แบบสอบถามด้านสุขภาพ แบบสอบถามด้านการมีส่วนร่วม แบบสอบถามด้านการมีหลักประกันที่มั่นคง เท่ากับ 0.862, 0.736, 0.875, 0.762, 0.754 และ 0.749 ตามลำดับ

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา โดยเสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์เข้ารับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมของสาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับการพิจารณาและเห็นชอบจากคณะกรรมการ เลขที่ 0809/61 ได้รับการอนุมัติวันที่ 29 พฤศจิกายน 2561

การเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมผู้ช่วยนักวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเตรียมผู้ช่วยนักวิจัย ดำเนินการดังนี้

1.1 การคัดเลือกผู้ช่วยนักวิจัย เลือกจากอาสาสมัครสาธารณสุขของพื้นที่ตำบลที่ได้รับคัดเลือกการสุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ตำบลหาดสูง ตำบลนากลาง ตำบลโกรกพระ แห่งละ 5 คน รวม 15 คน เพื่อเป็นผู้ช่วยนักวิจัยในการเก็บข้อมูลในพื้นที่และคัดเลือกหัวหน้าทีมผู้ช่วยนักวิจัยซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่สาธารณสุข แห่งละ 1 คน เพื่อช่วยติดต่อประสานงานกับผู้ช่วยนักวิจัยในแต่ละพื้นที่ตำบลและตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลที่ส่งกลับมา รวมผู้ช่วยนักวิจัยทั้งสิ้น 18 คน

1.2 การอบรมผู้ช่วยนักวิจัย ผู้วิจัยจะดำเนินการอบรมผู้ช่วยนักวิจัยให้เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล การใช้แบบสอบถามอย่างละเอียด และหากมีปัญหาหรือข้อสงสัย ผู้วิจัยจะอธิบายให้ผู้ช่วยนักวิจัยเข้าใจอย่างถูกต้องตรงกัน มีการติดตามผู้ช่วยนักวิจัยเป็นระยะ ๆ เพื่อสอบถามความก้าวหน้า ปัญหาและอุปสรรคในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งเก็บแบบสอบถามคืนจากผู้ช่วยนักวิจัย และตรวจสอบข้อมูลที่ได้อย่างละเอียดอีกครั้ง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการดังนี้

2.1. ทำหนังสือชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัยและขออนุญาตเก็บข้อมูลแก่ผู้นำชุมชน

2.2. หลังจากได้รับอนุญาตแล้ว ผู้วิจัยจะชี้แจงวัตถุประสงค์ของการเก็บข้อมูลให้กลุ่มตัวอย่างรับรู้ และชี้แจงขั้นตอนการเก็บข้อมูล

2.3. ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างยินยอมให้ข้อมูลและลงนามในใบยินยอมให้ข้อมูลด้วยตนเองแล้ว ผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยจะสัมภาษณ์แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง พร้อมทั้งนัดหมายช่วงเวลาเก็บแบบสอบถามคืนในวันเดียวกัน

2.4. เมื่อถึงกำหนดเวลานัดหมาย ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 430 ฉบับ

2.5. ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล

2.6. นำข้อมูลที่ได้นำทึกลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.7. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและแปลผล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา และใช้สถิติอีตา (Eta) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ กับคุณพลังของผู้สูงอายุ

สรุปผลการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ มีจำนวน 435 คน จากการวิเคราะห์คุณลักษณะส่วนบุคคล พบว่า ผู้สูงอายุเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย (ร้อยละ 53.3) มีอายุอยู่ระหว่าง 60-70 ปี (ร้อยละ 62.0) ($\bar{X} = 69.46$, S.D. = 6.43) สถานภาพสมรส (ร้อยละ 61.8) สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษา (ร้อยละ 66.4) ประกอบอาชีพเกษตรกร (ร้อยละ 50.0)

ตารางที่ 1 แสดงจำนวน และร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามคุณลักษณะส่วนบุคคล (n=435)

คุณลักษณะส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ	คุณลักษณะส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ			ระดับการศึกษา		
ชาย	202	46.4	ต่ำกว่าประถมศึกษา	113	26.1
หญิง	233	53.6	ประถมศึกษา	289	66.4
อายุ			มัธยมศึกษาตอนต้น		
60-70 ปี	270	62.0	มัธยมศึกษาตอนปลาย	8	1.8
71-80 ปี	133	30.6	อนุปริญญา / ปวส.	1	0.2
80 ปีขึ้นไป	32	7.4	ปริญญาตรี	6	1.4
สถานภาพสมรส			สูงกว่าปริญญาตรี		
โสด	39	9.0	อาชีพ		
สมรส/คู่	269	61.8	เกษตรกร	218	50.0
หย่า	20	4.6	รับจ้าง	73	16.8
หม้าย	99	22.8	ค้าขาย	40	9.2
แยกกันอยู่	8	1.8	รับราชการ	9	2.1
			ไม่ได้ประกอบอาชีพ	9	2.1
			แม่บ้าน	80	18.4
			อื่นๆ	6	1.4

2. กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับพัฒนาพลังอยู่ในระดับสูง รองลงมาอยู่ในระดับปานกลาง และระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 65.7, 32.9 และ 1.4 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวน และร้อยละ ของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุ

พัฒนาพลัง (ด้านสุขภาพ) (n = 435)	จำนวน	ร้อยละ
ระดับต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 60)	6	1.4
ระดับปานกลาง (ร้อยละ 60 – 79)	143	32.9
ระดับสูง (มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80)	286	65.7
\bar{X} =19.22 คะแนน, S.D. = 2.58, Min=10 คะแนน, Max=24 คะแนน		

3. จากการวิเคราะห์พัฒนาพลังของผู้สูงอายุในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับปัจจัยทางสังคมอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 77.0) ระดับปัจจัยทางเศรษฐกิจอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 80.7) ระดับปัจจัยทางพฤติกรรมอยู่ในระดับสูง (ร้อยละ 89.9) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวน และร้อยละ ของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยทางสังคม, เศรษฐกิจ และพฤติกรรมที่มีความสัมพันธ์กับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุ ในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ (n=435)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุ	ระดับปัจจัยรายด้าน				
	ต่ำ (ร้อยละ)	ปานกลาง (ร้อยละ)	สูง (ร้อยละ)	\bar{X}	S.D.
ทางสังคม	6 (1.4)	94 (21.6)	335 (77.0)	32.14	3.28
ทางเศรษฐกิจ	2 (0.4)	82 (18.9)	351 (80.7)	21.64	2.24
ทางพฤติกรรม	0	44 (10.1)	391 (89.9)	55.44	5.63

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีตัวแปรผลปัจจัยทางพฤติกรรม มีความสัมพันธ์ กับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ดังตารางที่ 4)

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ (correlation) ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาพลังของผู้สูงอายุในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

ตัวแปร		พัฒนาพลัง	อายุ	ปัจจัยทางสังคม	ปัจจัยทางเศรษฐกิจ	ปัจจัยทางพฤติกรรม
พัฒนาพลังของผู้สูงอายุ	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	1				
อายุ	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	-.059 .216	1			
ปัจจัยทางสังคม	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	.084 .079	.011 .817	1		
ปัจจัยทางเศรษฐกิจ	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	-.007 .878	-.188** .000	.347** .000	1	
ปัจจัยทางพฤติกรรม	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	.162** .001	.082 .087	.329** .000	.275** .000	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

นอกจากนี้ยังพบว่า ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าสถานภาพสมรส มีความสัมพันธ์กับพัฒนาพลังของผู้สูงอายุ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ (Eta) ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาพลังของผู้สูงอายุ ในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

ตัวแปร	Eta	Sig
เพศ	.012	.799
สถานภาพสมรส	.173	.011*
ระดับการศึกษา	.132	.271
อาชีพ	.128	.307

อภิปรายผล

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาปลงของผู้สูงอายุ ในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ 2 ตัวแปร ได้แก่ สถานภาพสมรส และปัจจัยทางพฤติกรรม

สถานภาพสมรส

สถานภาพสมรส พบว่า ผู้สูงอายุที่มีสถานภาพสมรสต่างกันจะมีระดับพัฒนาปลงต่างกัน ซึ่งอาจอธิบายได้ว่า สถานภาพสมรสเป็นลักษณะทางประชากรที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตโดยคู่สมรสถือได้ว่าเป็นเพื่อน คู่ทุกข์คู่ยาก คอยช่วยเหลือดูแลซึ่งกันและกัน ส่วนผู้ที่มีสถานภาพสมรสอื่นๆ เช่น หม้าย หย่า หรือแยกกันอยู่ เมื่อขาดคู่ของตนไปย่อมเกิดความรู้สึกอ้างว้างโดดเดี่ยว (Meethien & Wongpiriyayothar, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับ Phothipim, Ketbumroong, Norkaew & Kujapun (2019); Panyathorn (2018); Tangpattamachart & Sontirat (2018); Narushima, M., Liu, J., & Diestelkamp, N. (2018); Neves, B.B., Fonseca, J.R., Amaro, F. & Pasqualotti, A. (2018) ที่พบว่า ผู้สูงอายุที่มีสถานภาพสมรส มีโอกาสเป็นผู้สูงอายุที่มีระดับพัฒนาปลงสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผู้สูงอายุที่มีสถานภาพโสด ส่วนผู้สูงอายุที่มีสถานภาพหม้าย/หย่า/แยก มีระดับพัฒนาปลงน้อยกว่าผู้สูงอายุที่มีสถานภาพโสด (Litwin, H. & Levinson, M. (2018), Paz, A., Doron, I. & Tur-Sinai, A. (2018)

ปัจจัยทางพฤติกรรม

ปัจจัยทางพฤติกรรมของผู้สูงอายุในภาพรวมอยู่ในระดับสูง โดยปัจจัยทางพฤติกรรมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพัฒนาปลงของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก เพราะกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ตระหนักถึงความสำคัญของพฤติกรรมในด้านต่างๆ เช่น การเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ การออกกำลังกาย ควบคุมสุขภาพประจำปี การดูแลปรนนิบัติ การหลีกเลี่ยงการดื่มแอลกอฮอล์ และบุหรี่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Somboon, Somanusorn & Sumgern (2018); Phothipim, Ketbumroong, Norkaew & Kujapun (2019); Saengprachaksakula (2013); Narushima, M., Liu, J. & Diestelkamp, N. (2018); Litwin, H. & Levinson, M. (2018); Neves, B.B., Fonseca, J. R., Amaro, F. & Pasqualotti, A. (2018)

References

- Ahtonen, A. (2012). Healthy and active ageing : turning the ‘silver’economy into gold’. **Policy Brief**, 12(3), 2-4.
- Amatayakul, N. (2012). **A Study of the Factors Affecting the Elderly’s for Active Aging**. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Education in Non-Formal Education Department of Lifelong Education. Chulalongkorn University.
- Atthamaethakul, W. & Srivilai, W. (2013). The Influences of Aging Health in Tumbon Koobua, Ratchaburi. **Journal of Health Sciences Research**, 7(2), 18-28.
- Boudiny, K. (2013). ‘Active ageing’: from empty rhetoric to effective policy tool. **Ageing & Society**, 33(6), 1077-1098.
- Bowling, A. (2008). Enhancing later life: how older people perceive active ageing?. **Ageing and Mental Health**, 12(3), 293-301.
- Caprara, M., Fernández-Ballesteros, R. & Alessandri, G. (2015). Promoting aging well: evaluation of vital-aging-multimedia Program in Madrid, Spain. **Health promotion international**, 31(3), 515-522.
- Chansarn, S. (2011). “The Role of Family in Enhancing the Active Ageing of Elderly People: An Empirical Evidence from Thailand”. In **the ISA Research Committee on Family Research International Seminar on Reconstruction of Intimate and Public Spheres in a Global Perspective**, (12-15). Japan : Kyoto.
- Fernández-Ballesteros, R., et al. (2013). Active aging: a global goal. **Current gerontology and geriatrics research**. Article ID 298012.
- Foster, L. & Walker, A. (2014). Active and successful aging : A European policy perspective. **The Gerontologist**, 55(1), 83-90.
- Foundation of Thai Gerontology Research and Development institute, (2015). **Situation of the Thai Elderly**. Bangkok : Foundation of Thai Gerontology Research and Development institute.
- Fries, J.F. (2012). The theory and practice of active aging. **Current gerontology and geriatrics Research**. Article ID 420637.
- Kalache, A. & Gatti, A. (2003). Active ageing: a policy framework. **Advances in gerontology= Uspekhi gerontologii**, 11, 7-18.

- Litwin, H. & Levinson, M. (2018). The association of mobility limitation and social networks in relation to late-life activity. **Ageing & Society**, 38(9), 1771-1790.
- Meethien, N. & Wongpiriyayothar, A. (2018). Factors Predicting Active Aging among Middle Aged Adults in Sub-urban Area. **Journal of Nursing and Health Care**, 36(2), 123-131.
- Narushima, M., Liu, J. & Diestelkamp, N. (2018). Lifelong learning in active ageing discourse: its conserving effect on wellbeing, health and vulnerability. **Ageing & Society**, 38(4), 651-675.
- National Health Security Office. (2559). **Guide to long-term health care systems for the elderly With dependency in the area of long term care in the national health insurance system**. Bangkok : National Health Security Office.
- Neves, B.B., et al. (2018). Social capital and Internet use in an age-comparative perspective with a focus on later life. **PLoS one**, 13(2), e019 2119.
- Panyathorn, K. (2018). Healthcare Behaviors of the Elderly living Alone in Ban Tad, Muang,UdonThani. **Nursing, Health, and Education Journal**, 1(2), 33-38.
- Paz, A., Doron, I. & Tur-Sinai, A. (2018). Gender, aging, and the economics of “active aging” : Setting a new research agenda. **Journal of women & aging**, 30(3), 184-203.
- Perales, J., et al. (2014). Factors associated with active aging in Finland, Poland, and Spain. **International psychogeriatrics**, 26(8), 1363-1375.
- Phothipim, A., et al. (2019). The Effectiveness of Health Behavioral Promotion Program on Knowledge, Attitude and Practice among Members of Elderly Club, NakhonRatchasima Province. **The Public Health Journal of Burapha University**, 14(1), 119-130.
- Rattanamongkolgul, D., et al. (2015). Heath profile of elderly people through active ageing framework in a community, Nakorn Nayok province. **Journal of Medicine and Health Sciences**, 22(2), (48-60).
- Runcharoen, T. (2017). Effects of Recreation Program toward Quality of Life and Physical Fitness of Elderly, North East Thailand. **Journal of Humanities and Social Sciences Thonburi University**, 11(24), (56-64).
- Saengprachaksakula, S. (2014). The Determinants of Thai Active Ageing Level. **Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities**, 21(1), (139-167).
- Sajjasophon, R. (2013). Educational Concepts for Developing Active Aging in the Elderly. **Journal of Social Sciences and Humanities Kasetsart University**, 34(3), 471-490.

- Somboon, S., Somanusorn, S. & Sumgern, C. (2018). Factors Related to Healthy Aging among Elderly. *Kuakarun Journal of Nursing*, **25**(1), 141-153.
- Sombut, L., Yodphet, S. & Sakdaporn, T. (2011). **Productive ageing and socio-economic development in Thailand**. Bangkok : Ministry of Social Development and Human Security.
- Soonthada, K. & Khumsuwan, K. (2010). Levels and trends of Active aging of Thai elderly. **National Academic Conference on Demography 2010 date 25-26 November 2010**, (page 26-38). Bangkok : The Twin Towers Hotel.
- Stenner, P., McFarquhar, T. & Bowling, A. (2011). Older people and ‘active ageing’: Subjective aspects of ageing actively. *Journal of health psychology*, **16**(3), 467-477.
- Tangpattamachart, S. & Sontirat, S. (2017). Cognitive Functioning, Self-Reliance, Social Skills and Active Ageing of the Elderly at Tambon Bangsithong in Amphoe Bang Kruai, Nonthaburi Province. *Journal of Behavioral Science for Development*, **9**(1).
- Thanakwang, K. (2013). **Development and Psychometric Testing of the Active Ageing Scale for Thai People (ASS-Thai)**. A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy Program in Nursing Science (International Program). Songkla University.
- Tiago da Silva Alexandrel, Renata Cereda Cordeiro, Luiz Roberto Ramos. (2009). **Quality of life in active elderly, São José dos Campos**, **31**, 613-621.
- Wongkeenee, W., Chintanawat, R. & Sucamvang, K. (2013). Factors Predicting Active Ageing among Population of Mueang District, Chiang Mai Province. *Nursing Journal*, **13**(40), 91-99.
- Wongsawat, S. (2016). Developing the elderly to “Active aging”. *Journal of Mental Health of Thailand*, **24**(3), 202-207.
- World Health Organization : WHO. (2002). **Active Ageing : A Policy Framework**. Geneva : World Health Organization.
- World Health Organization. (2017). **World Population Ageing**. [Online]. Available : http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2015_Report.pdf [2017, August 15].
- Yingratanasuk, T., Choedkiattikool, P. & Wannapiroon, P. (2014). **Development of learning styles and careers for the elderly: learning to promote active aging**. Chonburi : Burapha University.



การตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้างในผักโดยใช้
เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรสสำหรับการประยุกต์เป็นเซนเซอร์ทางการเกษตร

Determination of Carbamates Pesticide Residue in Vegetables by
Acetylcholinesterase for Application Sensors

สุพัตรา รสชุ่ม*

Supattra Rotchum

เบญญา เชิดหิรัญกร**

Benya Cherdhirunkorn

ชिरาวุฒิ เพชรเย็น**

Chiravoot Pechyen

สุรเชษฐ์ ตุ่มมี***

Surachet Toommee

Received : April 20, 2020

Revised : June 29, 2020

Accepted : July 17, 2020

บทคัดย่อ

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต เมื่อเกิดการตกค้างบนเปลือกในผักและผลไม้ทำให้เกิดผลกระทบบ่อยมากทั้งในด้านสุขภาพส่งผลกระทบต่อระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวัดสารตกค้างในผักและผลไม้ ซึ่งการตรวจหาปริมาณของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตนั้นโดยอาศัยหลักการการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) เปลี่ยนจากสารละลายใสให้กลายเป็นสารละลายสีเหลืองโดยสำหรับสารกลุ่มคาร์บาเมตได้ใช้คาร์บาริลเป็นตัวแทนในการทดสอบทำให้เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) ถูกยับยั้งและทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยนอะซิติลไทโอโคลอรีน (ACTI) ให้เป็นไทโอโคลอรีนได้น้อยลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีได้จากสีเหลืองเข้มจางลงตามไปด้วยและสามารถตรวจวัด

*นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Bachelor of Science Program Innovation and Material Technology Program Faculty of Science and Technology Thammasat University

**อาจารย์ประจำสาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ Associate Professor, Dr. Department of Materials Technology and Textile, Faculty of Science and Technology, Thammasat University

***อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Faculty of Industrial Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet, Thailand

การเปลี่ยนแปลงสีได้ทันทีด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer Colorimeter เป็นระบบ CIE L*a*b* พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี b* มีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของคาร์บาริลเพิ่มขึ้น ซึ่งลดลงตามระยะเวลาและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทุกๆ ความเข้มข้น ซึ่งความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดของคาร์บาริลในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาคือ 0.2, 0.6 และ 1.0 ppm ให้ผลการทดสอบได้รวดเร็วใช้เวลาเพียงแค่ 3 นาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่า การทดสอบด้วยวิธีการอื่นๆ เนื่องจากคาร์บาริลสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอส เทอเรส (AChE) ได้อย่างรวดเร็ว ในการศึกษาชุดทดสอบนี้สามารถบอกช่วงการปนเปื้อนของสารเคมีกลุ่มคาร์ บามาแต์น้อยกว่า 1 ppm จากการวิเคราะห์ค่าสี L*a*b* เพื่อการพัฒนาต่อไปอยู่ในรูปแบบเซนเซอร์เครื่อง ตรวจวัดทางการเกษตรต่อไป

คำสำคัญ : เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเตอเรส / ชุดทดสอบ / เอลมานรีเอเจนท์ / คาร์บาริล

ABSTRACT

Carbamates group is one of the most widely used insecticides, that often-accumulated residue in fruits and vegetables. The residue of that chemical on fruits and vegetables directly affects the health of consumers such as the nervous system, muscle system, and affect the occurrence of various diseases. The research team has the objective of studying the measurement of Carbaryl substance that is in the Carbamates group, its residue in fruits and vegetables. To determine the amount of Carbaryl based on the reaction principle of Acetylcholinesterase Enzyme (AChE) to turn from a clear solution to a yellow solution when Carbaryl is detected, it will inhibit color changes that occur. The process of detecting color changes uses Spectrophotometer Colorimeter by CIE L* a* b* system for analysis and measurement of that result. Therefore, the amount of Carbaryl which has the best effect on discoloration were 0.2, 0.6 and 1.0 ppm, respectively. That reaction time is only 3 minutes, which takes less time than testing with other methods due to carbaryl can quickly inhibit the reaction of the Acetylcholinesterase Enzyme (AChE). From the above test results, we hope to develop into a portable device for rapid analysis of the amount of Carbaryl less than 1 ppm.

Keywords : Acetylcholinesterase / Test Kit / Ellman's Reagent / Carbaryl

บทนำ

ผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทยนั้นสามารถเปิดตลาดและได้รับอนุญาตให้นำเข้ามายังประเทศ ออสเตรเลียในขณะนี้ทั้งสิ้น 9 ชนิด ในปี 2561 ผักและผลไม้สดที่ออสเตรเลียนำเข้าจากไทยมากที่สุด 3 อันดับ แรก ได้แก่ พุรีเยน มะพร้าว และข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งถือได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกผักและผลไม้เขต ร้อนที่สำคัญไปยังตลาดสหภาพยุโรปและตลาดอื่นๆ เนื่องจากกลิ่นที่หอมของผักและรสชาติที่หอมหวานของ

ผลไม้ จึงเป็นที่นิยมของชาวต่างชาติ (กรมศุลกากร, 2561) ดังนั้นเกษตรกรจึงมีความจำเป็นในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งการใช้สารกำจัดศัตรูพืชจึงเป็นทางเลือกหลักที่เกษตรกรเลือกนำมาใช้ได้เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถลดจำนวนประชากรของศัตรูพืชได้อย่างรวดเร็ว เห็นผลได้ทันที และใช้ได้ทุกโอกาสที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและการป้องกันการกีดกันทางการค้าจึงได้มีกฎหมายว่าด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์ป้องกันโรคแมลงและศัตรูพืชและสารตกค้างจากสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้ซึ่งประกอบด้วยค่าสาร (Maximum Residue Levels-MRLs) ระดับการตกค้างที่แตกต่างกันเป็นเกณฑ์การตรวจวัดสารตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้ (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

ซึ่งสารกำจัดศัตรูพืชสามารถแบ่งประเภทออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่คือ ออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine), กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate), กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) และกลุ่มไพริทรอยด์ (Pyrethroid) สิ่งที่เราให้ความสำคัญคือ สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีการใช้อยู่จำนวนมาก มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก 3 ชนิด คือ โกลิโฟเสท พาราควอต คลอร์ไพริฟอส พบว่า มีทั้งนำเข้าในปริมาณมาก ใช้ปริมาณมาก และสร้างผลกระทบต่อสุขภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2559) ซึ่งจัดเป็นสารกำจัดศัตรูพืชอยู่ในกลุ่มคาร์บาเมตและออร์กาโนฟอสเฟต

สารกลุ่มคาร์บาเมตและออร์กาโนฟอสเฟตนั้นจะออกฤทธิ์โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) ทั้งนี้เอนไซม์ cholinesterase จะมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ acetylcholinesterase (AChE) ซึ่งพบที่ผนังเซลล์เมมเบรนของเม็ดเลือดแดง และ pseudocholinesterase ซึ่งพบที่พลาสมา วัตถุประสงค์และที่ระบบประสาทส่วนกลาง โดยเอนไซม์ AChE จะทำหน้าที่ในการสลายสารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีน (acetylcholine; ACh) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการนำส่งกระแสประสาท (nerve impulse) ที่รอยต่อระหว่างเซลล์บริเวณ nerve junction ที่ระบบประสาท parasympathetics และ sympathetic ได้เป็นโคลีน (choline) และอะซิติก แอซิด (acetic acid) โดยที่ acetylcholine นั้นพบได้หลายที่ทั้ง central และ peripheral nervous system, neuromuscular junctions และ เซลล์เม็ดเลือดแดง (RBCs) ทั้งนี้ในสภาวะปกติ เมื่อกระแสประสาท (nerve impulse) ถูกนำส่งไปแล้ว acetylcholine ซึ่งทำหน้าที่บริเวณปลายเซลล์ประสาทหรือรอยต่อประสาทก็จะถูกทำลายไปโดยเอนไซม์ acetylcholinesterase สำหรับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตจะมีสูตรโครงสร้างที่ประกอบด้วย carbamic acid ซึ่งจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cholinesterase จากการเกิดกระบวนการ carbamylation ในส่วนของ enzyme ester ทำให้การเกิดปฏิกิริยาการยับยั้งเอนไซม์เป็นแบบผันกลับได้ (reversible) จึงผลให้เกิดการสะสมของ acetylcholine ที่รอยต่อประสาทและเกิดการกระตุ้นระบบประสาททั้ง muscaric และ nicotinic ที่มากกว่าปกติ ทำให้ระบบประสาททำงานผิดปกติมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ปวดศีรษะ ตาพร่ามัวอ่อนเพลีย ปวดท้อง หากร่างกายได้รับในปริมาณสูงเกินไป อาจมีผลให้เกิดอาการชักและเสียชีวิต (Gupta, RC. & Milatovic, D., 2012)

จากอันตรายของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตเข้าไปยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) ซึ่งในสภาวะปกติจะสามารถเร่งปฏิกิริยาให้ Acetylthiocholine เปลี่ยนเป็น Thiocholine ที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับ Ellman's reagent เปลี่ยนจากสารละลายใสให้กลายเป็นสารละลายสีเหลืองได้อย่างรวดเร็ว

แต่เมื่อสารละลายตัวอย่างมีสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตปนเปื้อนอยู่ เอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอเรส (AChE) จะถูกยับยั้งและทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยน Acetylthiocholine ให้เป็น Thiocholine ได้น้อยลง ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยากับ Ellman's reagent ทำให้สีของปฏิกิริยาจางลง (Ellman, et al., 1961) ซึ่ง Chantal J.G.M. Smulders, et al. (2013) ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของคาร์บาเมต 6 ชนิดกับอะซิติลโคลรีนเอสเทอเรสในสมองหนู โดยการนำเอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอเรสที่ได้จากสมองหนูฉีดเข้าไปในไขกบพร้อมกับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วดูอัตราการตอบสนองทางไฟฟ้าในเซลล์ไขกบ จากผลการทดลอง เมื่อความเข้มข้นของสารเคมีคาร์บาเมตเพิ่มมากขึ้น การตอบสนองของเอนไซม์จะเริ่มลดลง และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันของยาฆ่าแมลงทั้ง 6 ชนิด ทั้งนี้ Du, D., et al. (2007) ได้ศึกษาการใช้เอนไซม์ Acetylcholinesterase เป็นเซนเซอร์ชีวภาพในการตรวจวัดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช โดยใช้โคโคซานไฮโดรเจลเป็นวัสดุฐานที่มีอนุภาคทองนาโนผสมอยู่ จากการวิเคราะห์ผิวหน้าของเซนเซอร์พบว่า เอนไซม์ Acetylcholinesterase สามารถเกาะอยู่บนผิวหน้าของเซนเซอร์ และสามารถจับกับสารกำจัดศัตรูพืช monocrotophos, carbaryl และ methyl parathion ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าไฟฟ้าเคมี และให้ค่าที่วัดได้ไม่แตกต่างจากการตรวจวัดสารกำจัดศัตรูพืชด้วยเทคนิค UV-Vis spectrometry ต่อมา Arduini, F., et al. (2013) ได้ศึกษาการใช้เอนไซม์ Acetylcholinesterase ร่วมกับ Acetylthiocholine chloride และ (5,5 0 -dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) ในการตรวจวัดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช โดยใช้เทคนิคสารละลาย 2 ส่วน คือ น้ำและเฮกเซน โดยเอนไซม์ในน้ำจะทำปฏิกิริยากับ Acetylthiocholine chloride ให้กลายเป็น Thiocholine ซึ่งจะจับแยกโลหะหนักในสารกำจัดศัตรูพืชไปแขวนลอยอยู่ในชั้นของสารละลายเฮกเซน สารกำจัดศัตรูพืชที่ถูกแยกโลหะหนักแล้วจะจับกับเอนไซม์ และ Thiocholine ที่ไม่ได้จับกับโลหะหนักจากสารกำจัดศัตรูพืชจะทำปฏิกิริยากับ (5,5 0 -dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) ให้เกิดการเปลี่ยนสีของสารละลาย ซึ่งจะถูกรวบรวมด้วย UV/VIS spectrophotometer ด้วยวิธีการนี้จะสามารถลดการรบกวนปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีจากโลหะหนักในสารกำจัดศัตรูพืชลงได้ Junsheng Yang, et al. (2018) ได้สังเคราะห์ไปโอเซนเซอร์เป็นฟลูออเรสเซนเซนเซอร์ของควอนตัมดอททกกับเอลมานรีเจ้น (DTNB) สำหรับตรวจวัดไปโอไทฮอล กลไกคือในแสงปกติ สีของสารละลายจะเป็นสีใส ในแสงฟลูออเรสเซนซ์สีของสารละลายจะเป็นสีเหลือง เมื่อมีการตรวจเจอตัวไปโอไทฮอล สีของเอลมานรีเจ้น (DTNB) จะเป็นสีเหลืองในแสงปกติ และเป็นสารละลายใสในแสงฟลูออเรสเซนซ์ซึ่งความยาวคลื่นที่ให้ควอนตัมดอทมันเรืองแสงได้คือ 409 กับ 612 นาโนเมตร Adam Kostelnik, et al. (2017) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอเรสโดยยาเจริญทามาวยวิธีการทดลองโดยการนำมีเจราตินผสมกับเอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอเรสและอยู่บนหน้าของแผ่น pH มิเตอร์ จากนั้นวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสีและทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของสีด้วยกล้องมือถือ

ในงานวิจัยนี้ การเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสีจากชุดทดสอบสามารถตรวจวัดค่าสีโดยใช้ Colorimeter Spectrophotometer คือระบบ CIE L*a*b* ซึ่งการวัดสี (Color Measuring) ระบบ CIE L*-a*-b* เป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L* จะบรรยายถึงความสว่าง (Lightness) จากค่า (+L*)

แสดงถึงสีขาว จนไปถึง (-L*) แสดงถึงสีดำ แกน a* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว (-a*) ไปจนถึงแดง (+a*) ส่วนแกน b* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน (-b*) ไปเหลือง (+b*) ลักษณะการบรรยายสีเรียกว่า Hunter lab scale (Kit L., Ya, et al., 2013) จากนั้นทำการบันทึกผลค่าสี L*-a*-b* นำค่าสีที่ได้มาสร้างเป็นกราฟมาตรฐานและวิเคราะห์ผล

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จัดทำชุดทดสอบขึ้นเพื่อตรวจวัดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamates) ซึ่งตัวอย่างสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตที่เกษตรกรนิยมใช้คือ คาร์บาริล ใช้กำจัดแมลงชนิด เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง พบมากในแตงกวา พริก องุ่น เป็นต้น โดยการใช้เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (AChE) สังเกตการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสีบันทึกค่าสี L*-a*-b* นำมาสร้างเป็นกราฟมาตรฐานและวิเคราะห์ผลเพื่อพัฒนาต่อไปอยู่ในรูปแบบเซนเซอร์เครื่องตรวจวัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตให้เข้าถึงผู้บริโภค เกษตรกร พ่อค้าแม่ค้า และ เพิ่มมูลค่าการส่งออกมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- 1.1 Acetylthiocholine iodide (ATCI)
- 1.2 Acetylcholinesterase (AChE)
- 1.3 Phosphate-buffered saline (PBS buffer)
- 1.4 Ellman's reagent (DTNB)
- 1.5 น้ำปราศจากไอออน
- 1.6 Ethanol 95%
- 1.7 Carbaryl

2. การเตรียมสารตั้งต้น

2.1 การเตรียมสารละลายเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase) (AChE) โดยฉีดน้ำกลั่น DI จำนวน 10 มิลลิลิตรเข้าไปในขวดเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรตเก็บไว้ในอุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส จากนั้นดึงเอนไซม์มาจำนวน 30 ไมโครลิตร ผสมกับฟอสเฟตบัฟเฟอร์จำนวน 15 มิลลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบประมาณ 2500 รอบต่อนาที

2.2 การเตรียมสารละลายอะซิติลไทโอโคลีน (Acetylthiocholine) โดยการชั่งอะซิติลไทโอโคลีนจำนวน 0.289 มิลลิกรัม ผสมกับสารละลายสารละลายเอทานอล 95% จำนวน 10 มิลลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบประมาณ 2500 รอบต่อนาที

2.3 การเตรียมสารเอลมานรีเอเจนท์ (DTNB) โดยการชั่งเอลมานรีเอเจนท์ (DTNB) 19.82 มิลลิกรัม ผสมกับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ปริมาตร 5 มิลลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบประมาณ 2500 รอบต่อนาที

3. การเตรียมสารละลายกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) โดยการชั่งคาร์บาริล 1 มิลลิกรัม ผสมลงกับสารละลายเอทานอล 95% ปริมาตร 1 ลิตร เพื่อให้ได้เป็นสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น

1 ppm จากนั้นนำสารละลายมาตรฐานมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2 และ 0.1 ppm

4. การทดสอบปฏิกิริยาและการตรวจสอบ

4.1 นำเอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอร์สปริมาตร 30 ไมโครลิตรในฟอสเฟสบัฟเฟอร์ 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบประมาณ 1800 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมสารละลายเอลมาน (DTNB) ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบประมาณ 1800 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที ต่อมาเติมสารละลายอะซิติลไทโอโคลรีน (ATCI) ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและเริ่มวัดการเปลี่ยนแปลงสีทันทีทุกๆ 1 นาที จนครบ 10 นาที ด้วยเครื่อง Spectrophotometer colorimeter จากนั้นนำค่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้มาสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน

4.2 นำสารละลายคาร์บาริลความเข้มข้น 0.1 ppm ที่เตรียมไว้ปริมาตร 60 ไมโครลิตร ผสมเข้ากับเอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอร์ส 30 ไมโครลิตรในฟอสเฟสบัฟเฟอร์ 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบประมาณ 1800 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมสารละลายเอลมาน (DTNB) ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยความเร็วรอบประมาณ 1800 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที ต่อมาเติมสารละลายอะซิติลไทโอโคลรีน (ATCI) ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและเริ่มวัดการเปลี่ยนแปลงสีทันทีทุกๆ 1 นาที จนครบ 10 นาที ด้วยเครื่อง Spectrophotometer colorimeter ทำซ้ำในขั้นตอนเดียวกันโดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายคาร์บาริล 0.1-1.0 ppm จนครบทุกความเข้มข้น จากนั้นนำค่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้มาสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. ศึกษาการทำปฏิกิริยาระหว่างสารคาร์บาริลกับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอร์ส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลรีน (ATCI)

จากการทดสอบการเกิดสีเนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคาร์บาริลที่เอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอร์ส (AChE) สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลรีน (ATCI) เมื่อทิ้งไว้ในระยะเวลา 10 นาที พบว่าเมื่อไม่มีสารละลายคาร์บาริลเกิดสีเหลืองมอมให้ด้วยตาเปล่าแสดงดังภาพ 1 (ก) และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายคาร์บาริลที่ ความเข้มข้น 1 ppm พบว่าจะไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาจากสารละลายสีเหลืองให้กลายเป็นสารละลายใสแสดงดังภาพ 1 (ข)



(ก)

(ข)

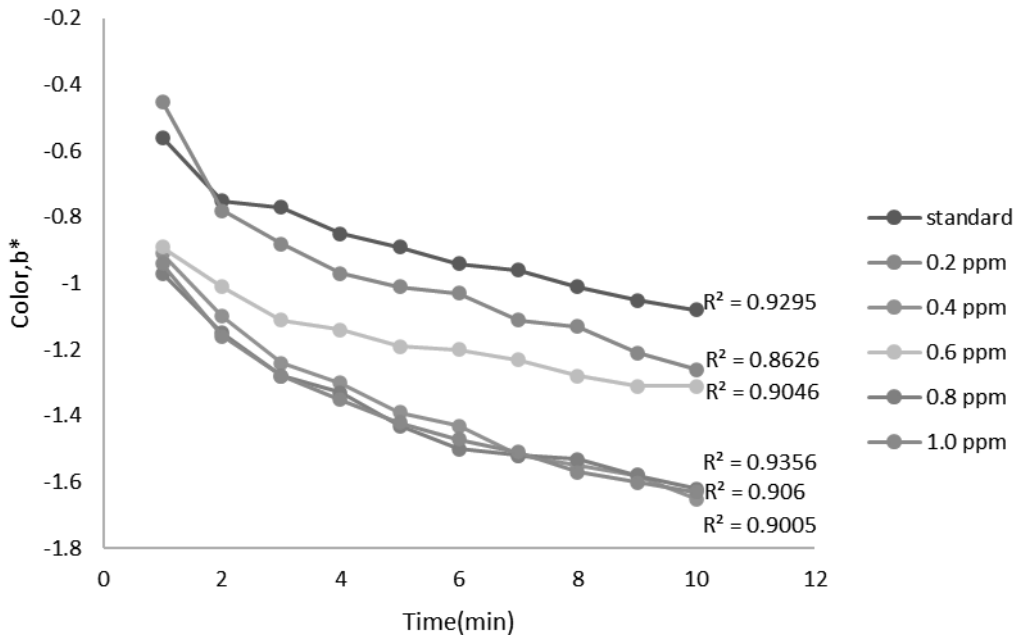
ภาพที่ 1 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงสีของการเกิดปฏิกิริยา เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) สารละลายเอลมาน (DTNB), สารละลายอะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) และ สารละลายคาร์บาริล

2. ศึกษาเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างสารคาร์บาริลกับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI)

ในการสร้างกราฟมาตรฐาน ใช้ค่าสีที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer Colorimeter เป็นระบบการวิเคราะห์ CIE $L^*a^*b^*$ ทั้งนี้เนื่องจากสีของการเกิดปฏิกิริยาในบางความเข้มข้นของสารละลายคาร์บาริลไม่สามารถแยกได้ด้วยตาเปล่า แต่สามารถแยกได้ด้วยโปรแกรมมาตรฐาน หลังจากบันทึกข้อมูลค่าสี $L^* - a^* - b^*$ ผลจากการวิเคราะห์ด้วยระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ของสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) ต่อสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน สำหรับเป็นเซนเซอร์วิเคราะห์ จากหลักการของระบบการวิเคราะห์ CIE $L^*a^*b^*$ แกน b^* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$) ลักษณะการบรรยายสีเรียกว่า Hunter lab scale (Kit L., Ya, et al., 2013) จึงนำค่าสี (b^*) ของการทำปฏิกิริยาสารละลายที่ได้มาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังในภาพที่ 2

ในการหาเวลาที่เหมาะสมในการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) โดยศึกษาระยะเวลา 1-10 นาทีในการทำการทดสอบการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ppm กับ เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) เพื่อดูเวลาที่เหมาะสมที่สุดของการเกิดปฏิกิริยา เมื่อวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีค่าสี b^* ซึ่งแสดงค่าสีเหลืองที่เกิดขึ้นนั้น พบว่า ที่เวลา 1 นาทีของการทำปฏิกิริยา เมื่อความเข้มข้นของสารละลายคาร์บาริลเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าสี (b^*) มีค่าลดลง และการเปลี่ยนแปลงของสีลดลงตามเวลาจนกระทั่งที่ระยะเวลาการทำปฏิกิริยาประมาณ 3 นาที การเปลี่ยนแปลงของสีจึงค่อยๆ ซาลงไปจนถึงเวลา 10 นาที โดยมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.9 และเป็นไปในแนวโน้มเดียวกันทุกๆ ความเข้มข้น นั้นหมายความว่า สารละลายคาร์บาริลสามารถยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) ได้จึงทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้จากสารละลายสีเหลืองเข้มจางลง และระยะเวลา 1 ถึง 3 นาทีเป็นระยะเวลาการยับยั้งปฏิกิริยาที่เหมาะสมเนื่องจาก

เอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอเรส (AChE) มีความไวต่อเกิดการเกิดปฏิกิริยา สำหรับการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงสีของชุดทดสอบในการศึกษานี้

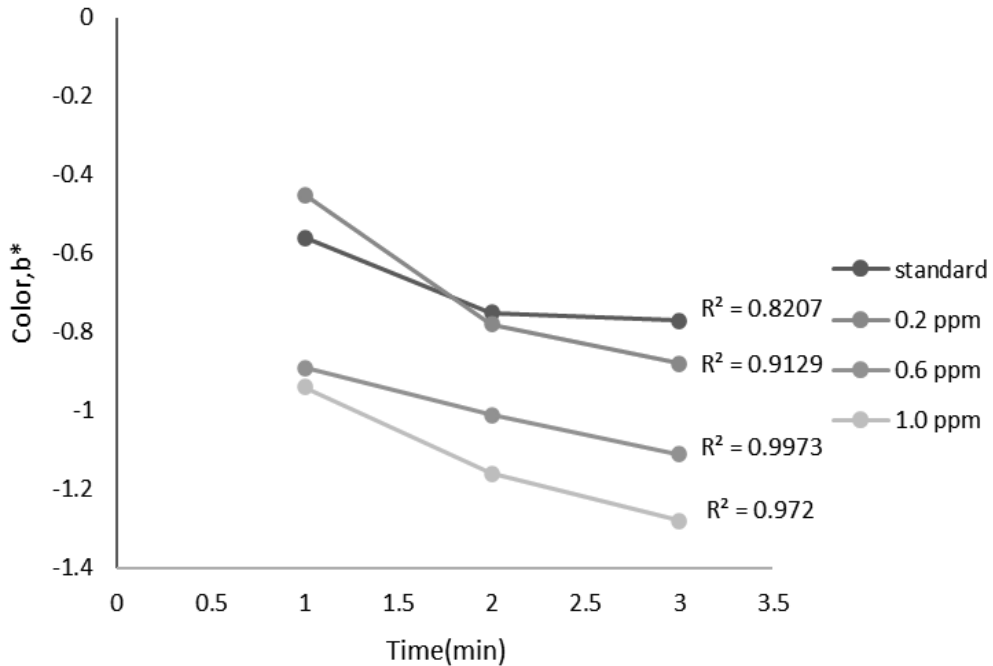


ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าสี (b*) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคาร์บาริลกับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลรีน (ATCI) ที่เวลา 1 ถึง 10 นาที

3. กำหนดความเข้มข้นของสารคาร์บาริลที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาระหว่างสารคาร์บาริลกับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลรีน (ATCI)

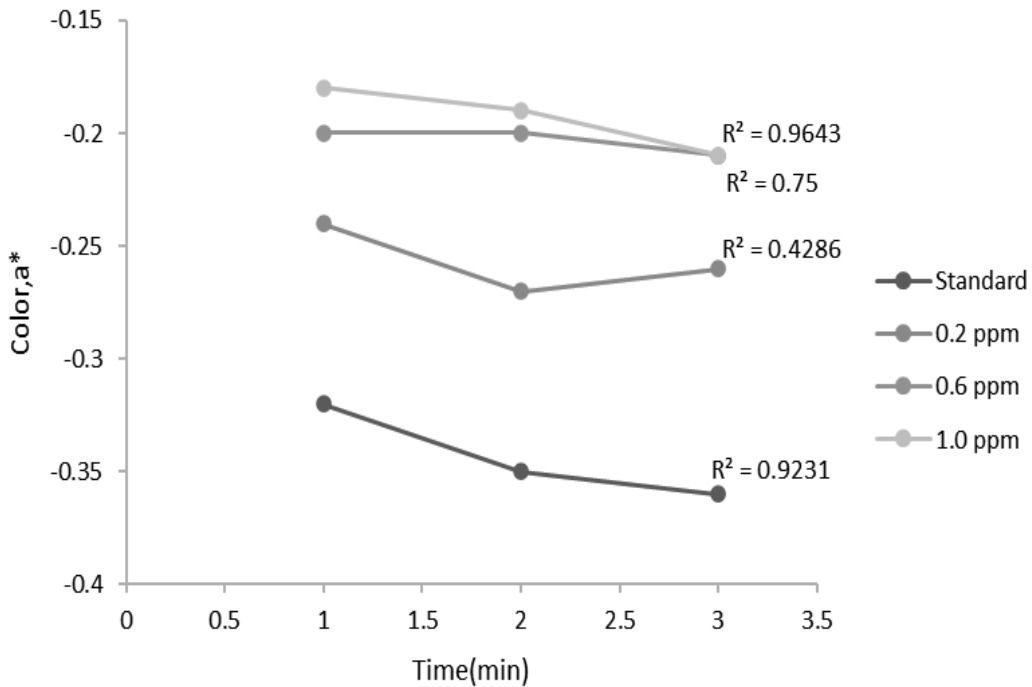
กราฟแสดงค่าสี (b*) ที่แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของสารตั้งต้นเอนไซม์อะซิติลโคลรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลรีน (ATCI) ต่อสารละลายคาร์บาริลที่มีความเข้มข้นต่างกันคือ 0, 0.2, 0.6, 1.0 ppm ตั้งแต่เวลา 1-3 นาที ดังในภาพที่ 3 จะเห็นว่า เมื่อไม่มีสารละลายคาร์บาริลประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีของสารตั้งต้นที่ 3 นาทีคือ -0.77 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.8207 เมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่มีความเข้มข้น 0.2 ppm ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีของสารตั้งต้นที่ 3 นาที คือ -0.88 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.9129 เมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่มีความเข้มข้น 0.6 ppm ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีของสารตั้งต้นที่ 3 นาที คือ -1.11 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.9973 เมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่มีความเข้มข้น 1.0 ppm ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีของสารตั้งต้นที่ 3 นาที คือ -1.28 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.972 ซึ่งสารละลายคาร์บาริลที่มีความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1.0 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับมี

การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นได้ชัดเจนที่เวลา 3 นาที และ สารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.6 และ 1.0 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา



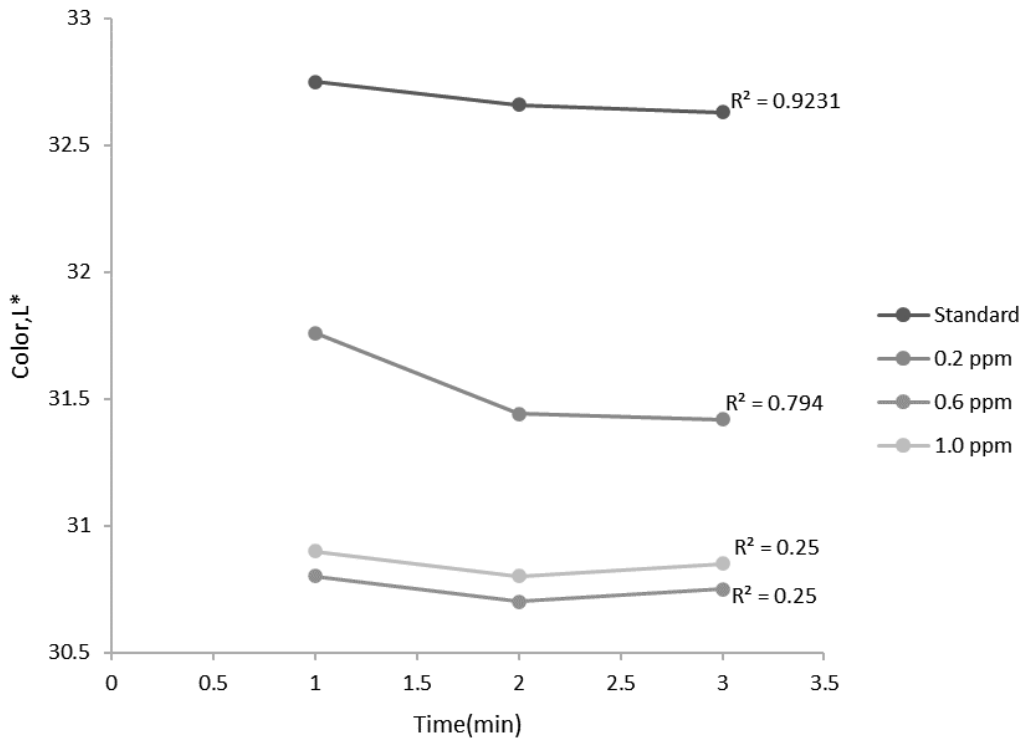
ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าสี (b*) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคาร์บาริลกับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) เวลา 1 ถึง 3 นาที

กราฟแสดงค่าสี (a*) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้นต่างกันคือ 0.2, 0.6, 1.0 ppm กับเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) ที่เวลา 1 ถึง 3 นาที ดังในภาพที่ 4 จะเห็นว่า เมื่อไม่มีสารละลายคาร์บาริลค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่ 3 นาที คือ -0.36 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.9231 เมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.2 ppm ค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่ 3 นาที คือ -0.26 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.4286 เมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.6 ppm ค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่ 3 นาที คือ -0.21 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.75 เมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 1.0 ppm ค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่ 3 นาที คือ -0.21 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.9643 ซึ่งสังเกตได้ว่า ค่า a* จะแสดงค่าจากสีจากเขียว (-a*) ไปจนถึงแดง (+a*) แต่ค่า a* ไม่สามารถบอกผลการทดลองของการเกิดปฏิกิริยานี้ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากสีของการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาไม่เกิดสีเขียวหรือแดง



ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าสี (a^*) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคาร์บาริลกับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) เวลา 1 ถึง 3 นาที

กราฟแสดงค่า L^* ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ 0.2, 0.6, 1.0 ppm กับ เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรสที่เวลา 1 ถึง 3 นาที ดังภาพที่ 5 จะเห็นว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อไม่มีสารละลายคาร์บาริลที่เวลา 3 นาที คือ 32.63 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.2 ppm ที่เวลา 3 นาที คือ 31.42 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.6 ppm ที่เวลา 3 นาที คือ 30.75 ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 1.0 ppm ที่เวลา 3 นาที คือ 30.85 การเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นเมื่อไม่มีสารละลายคาร์บาริล ค่า L^* แสดงความสว่างมีค่ามาก นั่นหมายความว่าสีของการเกิดปฏิกิริยาเป็นสีเหลืองเข้ม เมื่อมีสารละลายคาร์บาริลไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาให้สารละลายสีเหลืองเข้มจางลง ค่า L^* แสดงความสว่างมีค่าน้อย ซึ่งจะเห็นว่าสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.6 และ 1.0 ppm พบว่าค่าความสว่างของสีที่ปรากฏแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่า L^* ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคาร์บาริลกับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) เวลา 1 ถึง 3 นาที

จากผลการทดลองทั้ง 4 กราฟที่ผ่านมา เมื่อนำค่าสีที่วัดด้วยเครื่องวัดสีมาเปรียบเทียบกับค่า $L^* - a^* - b^*$ ของแต่ละความเข้มข้นที่เวลาการทำปฏิกิริยา 1-3 นาที จะเห็นค่าสี (b^*) ที่แตกต่างกันของสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้นคือ 0.0, 0.2, 0.6, 1.0 ppm โดยมีความผันแปรของค่าสี (b^*) ตอบสนองที่สามารถอธิบายได้มีอยู่ในตัวแบบเชิงเส้น คือ 0.8207, 0.9129, 0.9973, 0.972 ตามลำดับ ซึ่งความแปรผันของค่าสี (b^*) เป็นไปตามทฤษฎีการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสี Ellman's reaction (Ellman, et al., 1961) การทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) ด้วยวิธีของ Ellman อาศัยหลักการตรวจสอบหมู่ซัลไฟดริล (sulfhydryl group) ในสารละลายด้วยสารเอลมาน 5,5'-Dithio-bis-(2-nitrobenzoic acid) หรือ DTNB จะเห็นว่า เมื่อ อะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) ถูกเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) แล้วจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือ กรดอะซิติค และ thiocholine ซึ่งมีหมู่ซัลไฟดริลอิสระอยู่ในโครงสร้าง จึงทำให้ thiocholine สามารถทำปฏิกิริยากับ DTNB และเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เราเรียกว่า mixed disulfide กับผลิตภัณฑ์ที่มีสีเหลือง นั่นก็คือ 5-thio-2-nitrobenzoic acid หรือ TNB นอกจากนี้สาร TNB ที่เกิดขึ้น ยังมีความเสถียรในช่วงค่า pH เท่ากับ 7.6 ถึง 8.6 ซึ่งเป็นช่วงที่เอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE)

ทำงานได้เป็นอย่างดี และข้อมูลข้างต้นได้แสดงยังให้เห็นว่าความผันแปรของค่า L^* และ a^* มีความผันแปรของค่า L^* ก่อนข้างมาก ค่า L^* สามารถอธิบายความผันแปรที่มีอยู่ในตัวแบบเชิงเส้น คือ 0.9231 0.794 0.25 และ 0.25 ตามลำดับ ก่อนข้างมาก ค่า a^* สามารถอธิบายความผันแปรที่มีอยู่ในตัวแบบเชิงเส้น คือ 0.9231 0.4286 0.75 และ 0.9643 ตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* และ ค่า a^* ค่าของ b^* ที่แสดงออกมานั้นไม่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีของการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) เมื่อทำปฏิกิริยากับสารเอลมาน (DTNB) จึงเกิดความแปรปรวนของค่า L^* และค่า a^* ก่อนข้างมาก

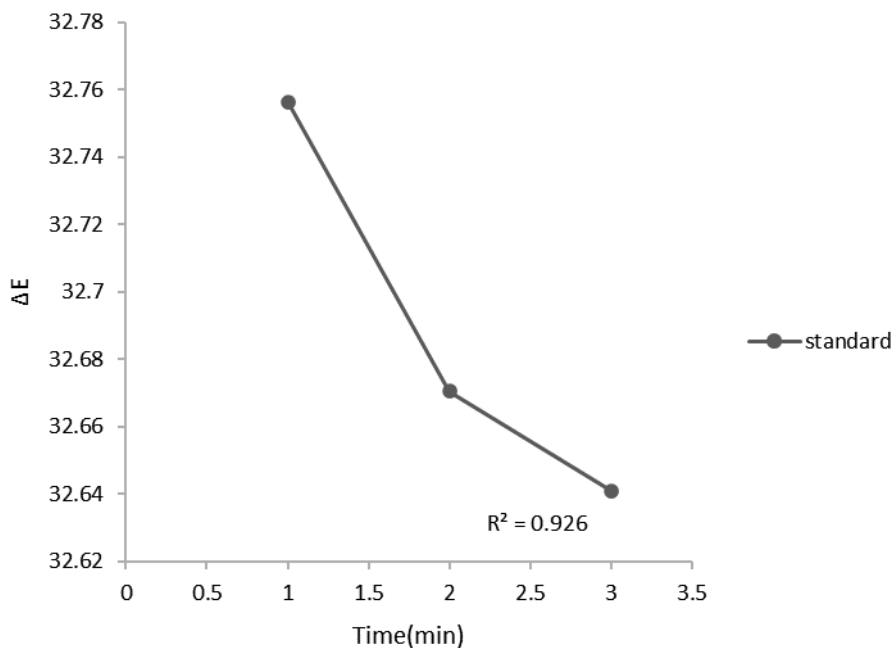
สำหรับสารละลายคาร์บาริลมีกลไกการยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสโดยหมู่แทนที่คาร์บาริลจะเข้าจับกับบริเวณเร่งของเอนไซม์ที่ตำแหน่งเดียวกับที่ซับสเตรทเข้าทำปฏิกิริยา เรียกการยับยั้งแบบนี้ว่าการยับยั้งแบบแข่งขัน (competitive inhibition) เนื่องจากตัวยับยั้งมีโครงสร้างคล้ายกับซับสเตรทจึงสามารถแย่งจับกับเอนไซม์ได้ การยับยั้งแบบนี้สามารถผันกลับได้เนื่องจากเมื่อตัวยับยั้งจับกับเอนไซม์จะสร้างพันธะที่ไม่ใช่พันธะโควาเลนต์ทำให้ได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเสถียรต่ำ (Carbamylated enzyme) ดังนั้นตัวยับยั้งสามารถหลุดจากเอนไซม์ได้ง่าย และจะเห็นว่า อัตราการเข้ายับยั้งเอนไซม์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของตัวยับยั้งหรือซับสเตรท หากตัวใดมีความเข้มข้นมากกว่าก็จะเข้าจับกับเอนไซม์ได้ดีกว่า ซึ่งถ้าต้องการกำจัดตัวยับยั้งออกสามารถทำได้โดยเพิ่มความเข้มข้นของซับสเตรทให้สูงกว่าตัวยับยั้งเพื่อที่จะแย่งจับบริเวณเร่งและทำให้ตัวยับยั้งหลุดไปจากบริเวณเร่งได้ ผลลัพธ์ที่ได้จึงเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างซับสเตรทและเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส ซึ่งคือสารสีเหลืองและถ้าเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บาริลให้สูงกว่าซับสเตรทก็จะไม่เกิดสี

4. ศึกษาความแตกต่างของการวัดสีจากค่า $L^* - a^* - b^*$ ในการเปลี่ยนแปลงการเกิดปฏิกิริยาของสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.0 0.2 0.6 และ 1.0 ppm กับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลโทโอคลอรีน (ATCI)

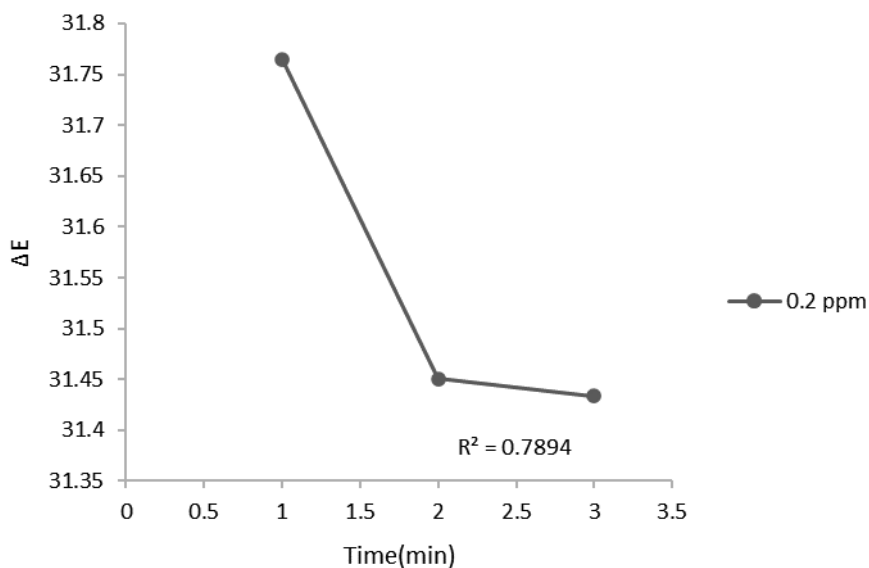
เมื่อนำผลจากการบันทึกผล $L^*-a^*-b^*$ มาวิเคราะห์ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสีสามารถบ่งบอกความแม่นยำเครื่องมือวัดที่ใช้มีการทำงานและความน่าเชื่อถือได้ ยังแสดงให้เห็นคุณลักษณะทางด้านความเสถียร (Stability) ซึ่งค่า L^* จะแสดงออกมาในรูปแบบของความแตกต่างของค่า ΔE^* มีสูตรคำนวณหาดังสมการต่อไปนี้ (Walker, C.H., et al., 2006)

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

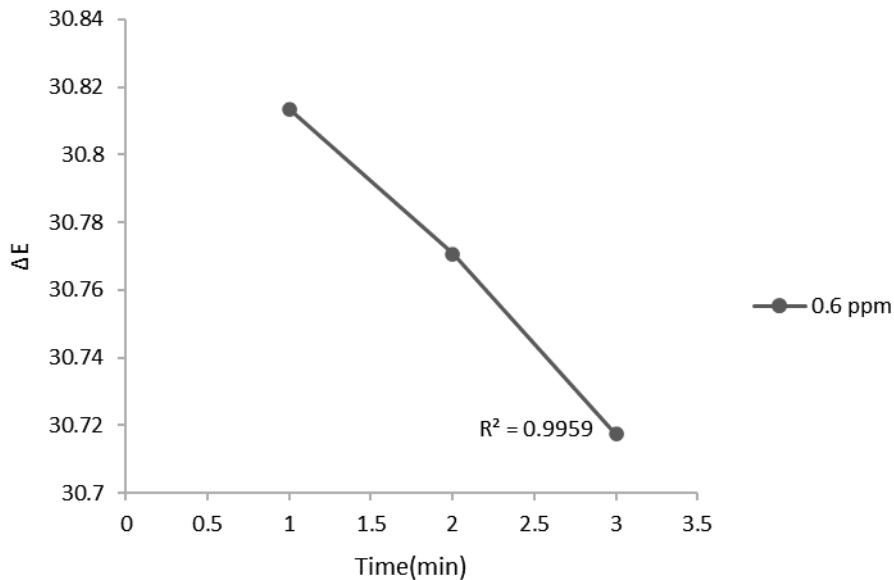
แสดงผลการวัดความแตกต่างของค่า $L^* a^*$ และ b^* สารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.6 และ 1.0 ppm กับสารตั้งต้น เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE), สารละลายเอลมาน (DTNB) และ สารละลายอะซิติลโทโอคลอรีน (ATCI) ในรูปแบบของค่า ΔE^*



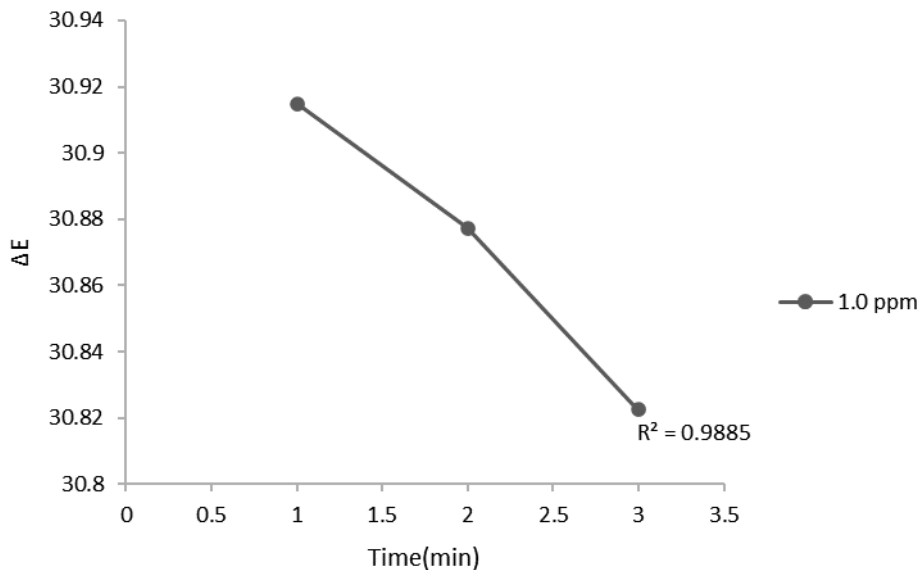
ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่าความแตกต่างของค่าสี ΔE^* ของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) อะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) และ เอลมานรีเอเจนท์ (DTNB) เมื่อไม่มีสารคาร์บาริล



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าความแตกต่างของค่าสี ΔE^* ของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) อะซิติลไทโอโคลอรีน (ATCI) และ เอลมานรีเอเจนท์ (DTNB) เมื่อมีสารคาร์บาริล 0.2 ppm



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าความแตกต่างของค่าสี ΔE^* ของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) อะซิติลไทโอโคลอริน (ATCI) และ เอลมานรีเอเจนท์ (DTNB) เมื่อมีสารคาร์บาริล 0.6 ppm



ภาพที่ 9 กราฟแสดงค่าความแตกต่างของค่าสี ΔE^* ของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรส (AChE) อะซิติลไทโอโคลอริน (ATCI) และ เอลมานรีเอเจนท์ (DTNB) เมื่อมีสารคาร์บาริล 1.0 ppm

กราฟแสดงค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ในภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าเมื่อไม่มีสารคาร์บาริลเข้าไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา พบความแตกต่างของค่าสีที่ 1 นาทีคือ 32.76 และ ค่าสีที่ 3 นาทีคือ 32.64 ด้วยค่าความ

เชื่อมั่น 0.926 ต่อมาแสดงค่าความแตกต่างของสี ΔE^* ในภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่า เมื่อสารคาร์บาริลเข้าไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา 0.2 ppm พบความแตกต่างของค่าสีที่ 1 นาทีคือ 31.76 และ ค่าสีที่ 3 นาทีคือ 31.43 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.7894 ในภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่า เมื่อสารคาร์บาริลเข้าไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา 0.6 ppm พบความแตกต่างของค่าสีที่ 1 นาทีคือ 30.81 และ ค่าสีที่ 3 นาทีคือ 30.72 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.9995 ในภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่า เมื่อสารคาร์บาริลเข้าไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา 1.0 ppm พบความแตกต่างของค่าสีที่ 1 นาทีคือ 30.91 และ ค่าสีที่ 3 นาทีคือ 30.82 ด้วยค่าความเชื่อมั่น 0.9885 จากการวิเคราะห์ผลทั้ง 4 กราฟข้างต้นชี้ให้เห็นว่า เมื่อไม่มีสารคาร์บาริลและมีสารคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 0.2, 0.6 และ 1.0 ppm ที่เวลา 1 นาที ค่าการเปลี่ยนแปลงสีมีค่ามากที่สุด และที่เวลา 3 นาทีมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีมีค่าน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสีในแต่ละความเข้มข้นของสารคาร์บาริล พบว่ามีค่าแตกต่างของค่าสีเกิดขึ้นอย่างชัดเจนและเป็นไปในแนวโน้มเดียวกันของทุก ๆ ความเข้มข้น ทำให้มั่นใจได้ว่าเครื่องมือวัดที่ใช้มีการทำงานได้อย่างแม่นยำและน่าเชื่อถือได้ ยังแสดงให้เห็นคุณลักษณะทางด้านความเสถียร (Stability) ของเครื่องวัดสี Spectrophotometer Colorimeter ด้วยระบบ CIE L*a*b* สำหรับการตรวจวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีในการศึกษาครั้งนี้

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) มีความเหมาะสมที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต เนื่องจากเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) ถูกยับยั้งได้อย่างรวดเร็วในช่วงที่สารละลายคาร์บาริลมีความเข้มข้นต่ำ มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารอะซิติลไทโอโคลอรีน (ACTI) และสารเอลมานรีเอเจนท์ (DTNB) ซึ่งได้มีการเตรียมสารละลายคาร์บาริลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 0.0 ถึง 1.0 ppm พบว่า เมื่อใส่สารละลายคาร์บาริลเข้าไปเพื่อไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) แล้วสังเกตการเกิดปฏิกิริยาที่เวลา 1 ถึง 10 นาที เวลาที่เหมาะสมที่สุดของการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงสีคือ 1 ถึง 3 นาที เนื่องจากเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรสมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา หลังจาก 3 นาที การเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ค่อนข้างช้า การเปลี่ยนแปลงสีเกิดความแตกต่างเพียงเล็กน้อย ต่อมาได้สังเกตความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดสารละลายคาร์บาริลของการเกิดปฏิกิริยา คือ 0.2, 0.6 และ 1.0 ppm มีการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาได้ค่อนข้างชัดเจน ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตโดยใช้หลักการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลอรีนเอสเทอเรส (AChE) โดยชุดแบบทดสอบสามารถบอกช่วงการปนเปื้อนของสารละลายคาร์บาริลในช่วงน้อยกว่า 1.0 ppm ได้ สำหรับการทำให้เป็นกราฟค่ามาตรฐานเพื่อพัฒนาต่อไปอยู่ในรูปแบบเครื่องตรวจวัดทางเภสัชต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุและสิ่งทอ ที่อำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับในการทำงานวิจัยด้วยดีตลอดมา ในระหว่างการทำนงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2563

เอกสารอ้างอิง

- วิชาการเกษตร, กรม. (2553). สารพิษตกค้าง : ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. [Online]. Available : <https://www.acfs.go.th> [2562, มีนาคม 23].
- _____. (2559). เปิดตัวเลขไทยนำเข้ายาฆ่าหญ้า-แมลง กว่า 9 หมื่นตัน/ปี. [Online]. Available : <https://www.isranews.org/thaireform-other-news/51511-biothai.html>. [2562, เมษายน 29].
- ศุลกากร, กรม. (2561). สถิติมูลค่าการส่งออกผักและผลไม้สดจากไทยมายังออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ ปี 2561. [Online]. Available : http://www.customs.go.th/statistic_report [2562, มีนาคม 8].
- Adam Kostelnik, et al. (2017). Acetylcholinesterase Inhibitors Assay Using Colorimetric pH Sensitive Strips and Image Analysis by a Smartphone. **International Journal of Analytical Chemistry**, 217, 555–561.
- Arduini, F., et al. (2013). Acetylcholinesterase biosensor based on self-assembled monolayer-modified gold-screen printed electrodes for organophosphorus insecticide detection. **Sensors and Actuators B**, 179, 201-208.
- Chantal, J.G.M. Smulders., et al. (2013). Selective effects of carbamate pesticides on rat neuronal nicotinic acetylcholine receptors and rat brain acetylcholinesterase. **Toxicology and Applied Pharmacology**, 193, 139-146.
- Du, D., et al. (2007). One-step electrochemically deposited interface of chitosan-gold nanoparticles for acetylcholinesterase biosensor design. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, 605, 53-60.
- Ellman, G.L., et al. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. **Biochem Pharm**, 7, 88-95.
- Gupta RC & Milatovic D. (2012). Organophosphates and carbamates. In: Gupta RC, editor. **Veterinary Toxicology Basic and Principle**, 581.
- Junsheng Yang., et al. (2018). A high performance N-doped carbon quantum dots/5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) fluorescent sensor for biothiols detection. **Sensors and Actuators B Chemical**, 255, 3179-3186.
- Kit L. Yam, Spyridon E. Papadakis. (2013). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces.
- Mishra, A., et al, P. (2014). The Quality Identification of Fruits in Image Processing Using Matlab. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, 3(10), 92-95.
- Walker, C.H., et al. (2006). **Principle of Ecotoxicology**. Taylor & Francis : USA.

คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความ

สังกัด : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรมีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์ผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การอาหาร เทคโนโลยีการเกษตร วิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี สาธารณสุข เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอุตสาหกรรมศึกษา เผยแพร่แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป ปีละ 2 ฉบับ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารจะต้องผ่านการตรวจพิจารณาจากกองบรรณาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 2 ท่าน/บทความ โดยใช้การ Peer-review เป็นแบบ double blinded หากมีความเห็นว่าจะต้องมีการปรับแก้ไขทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเพื่อแก้ไขและขอสงวนสิทธิ์การพิจารณาไม่ลงพิมพ์เมื่อไม่ผ่านการพิจารณา ผู้ที่มีความประสงค์จะส่งบทความเพื่อรับการพิจารณาตีพิมพ์ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำ ดังต่อไปนี้

การส่งต้นฉบับและการพิมพ์บทความ

หลักเกณฑ์การส่งต้นฉบับและการพิมพ์บทความ

1. ต้นฉบับต้องพิมพ์ตามรูปแบบและคำแนะนำในการเขียนบทความของวารสารนี้เท่านั้น
2. ต้นฉบับที่ส่งมาให้พิจารณาถึงตีพิมพ์จะต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน และจะต้องไม่ส่งตีพิมพ์ซ้ำซ้อนในวารสารหลายฉบับในเวลาเดียวกัน
3. การตีพิมพ์บทความลงในวารสาร จะเรียงตามลำดับก่อนหลังตามวันที่ได้รับเรื่อง
4. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตีพิมพ์บทความทุกเรื่องรวมทั้งการปรับปรุงบทความบางส่วนตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้อ่านบทความ
5. กรณีเป็นบทความวิจัยหรือบทความวิชาการของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กองบรรณาธิการจะคัดเลือกบทความที่นักศึกษาส่งซึ่งอาจไม่ได้ตีพิมพ์ทุกบทความ
6. บทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสาร ถือว่าเป็นผลงานทางวิชาการหรืองานวิจัยของคุณผู้เขียนไม่ใช่ความคิดเห็นของกองบรรณาธิการ ผู้เขียนและคณะต้องรับผิดชอบต่อบทความของตน
7. บทความที่ได้ผ่านการพิจารณาแล้ว ทางกองบรรณาธิการจะแจ้งผลการพิจารณาให้ทราบเป็นลายลักษณ์อักษร

การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับเอกสารพร้อมไฟล์ข้อมูลมาที่ http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/ และสามารถสอบถามรายละเอียดได้ที่ สถาบันวิจัยและพัฒนา อาคาร 1 ชั้น 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000 โทรศัพท์ 0 5572 1879, 0 5572 2500 ต่อ 1760 หรือนายทวิช ปิ่นวิเศษ โทรศัพท์ 08 4593 9223

รูปแบบการพิมพ์บทความ

1. ให้พิมพ์ลงบนกระดาษ ตั้งค่ากระดาษเป็น B5 (JIS) โดยจำนวนหน้าของเนื้อหาและเอกสารอ้างอิง รวมทั้งสิ้นไม่เกิน 10 หน้า ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK และแต่ละหน้าไม่เกิน 30 บรรทัด

2. ข้อปฏิบัติการพิมพ์แต่ละหัวข้อ/ส่วนประกอบ มีดังนี้

ที่	หัวข้อ/ส่วนประกอบ	คำอธิบาย
1	ชื่อบทความ	ระบุชื่อบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 พอยท์ ตัวหนา ไว้กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2	ชื่อผู้เขียนบทความ	ระบุชื่อผู้วิจัย, ผู้ร่วมวิจัย (ถ้ามี), อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทุกคนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ตัวหนา ไว้กึ่งกลางหน้ากระดาษ
3	สังกัดผู้เขียนบทความ	ระบุวุฒิการศึกษา ชื่อสถาบันการศึกษา ตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงานที่สังกัดทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ขนาดตัวอักษร 12 พอยท์ ไว้ที่เชิงบรรทัดท้ายหน้า
4	บทคัดย่อ (Abstract)	บทคัดย่อมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เนื้อหาของบทคัดย่อไม่เกิน 10 บรรทัดและภาษาอังกฤษไม่เกิน 300 คำ เป็นการเขียนข้อสรุปหลักของผลการวิจัยทั้งหมดแบบสรุป กระชับ และได้ใจความ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์
5	คำสำคัญ (Keywords)	ระบุคำสำคัญ 2-5 คำทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไว้ท้ายบทคัดย่อ ใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์
6	เนื้อหา (Content)	ทุกหัวข้อใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ตัวหนา วางไว้ชิดขอบซ้าย ส่วนรายละเอียดใช้ขนาดตัวอักษร 14 พอยท์ ประกอบด้วย <ol style="list-style-type: none">ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (Statement of the Problem) สรุปความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาอย่างเป็นลำดับและเรียบเรียงอย่างเชื่อมโยงกัน และมีการอ้างอิงวิธีดำเนินการวิจัย (Objectives) อธิบายเกี่ยวกับประชากรและกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเขียนให้กระชับและชัดเจนผลการวิจัย (Conclusion) รายงานผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ ควรมีตารางและภาพประกอบได้ ใช้คำที่เข้าใจง่ายและชัดเจน ไม่ซ้ำซ้อน ภาพเป็นไฟล์ .JPEGอภิปรายผล (Discussion) วิเคราะห์ผลการวิจัยเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหลักวิชาการ อาจมีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคตและแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์

(ต่อ)

ที่	หัวข้อ/ส่วนประกอบ	คำอธิบาย
	เนื้อหา (Content) (ต่อ)	5. บทสรุป สรุปประเด็นที่พบและประเด็นการศึกษาและหากเป็นบทความวิชาการจะมี 3 หัวข้อ คือ บทนำ เนื้อหา และการอ้างอิงแหล่งสารสนเทศ และสรุป
7	กิตติกรรมประกาศ	ควรมีเพื่อแสดงคำขอบคุณ สำหรับแหล่งทุนสนับสนุนหรือผู้ช่วยเหลืองานวิจัยและเตรียมเอกสาร
8	ตาราง (ถ้ามี)	ตารางที่แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลใช้ตารางแบบเส้นคู่ เปิด-ปิดตาราง
9	การอ้างอิงในเนื้อหา	ลงรายการ (ชื่อผู้แต่ง, ปี) ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในวารสารนี้ (ยึดรูปแบบ APA)
10	เอกสารอ้างอิง (References)	การอ้างอิงในเนื้อหาทุกรายการต้องนำไปใส่ไว้ในเอกสารอ้างอิงท้ายบทความในรูปแบบการลงรายการบรรณานุกรมที่กำหนดไว้ในวารสารนี้ (ยึดรูปแบบ APA)

รูปแบบการอ้างอิงในเนื้อหาและบรรณานุกรม

หนังสือ

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมหนังสือ

อ้างอิง	ภาษาไทย	(ชื่อ, ปี)
	ภาษาอังกฤษ	(นามสกุล, ตัวอักษรแรกของชื่อ., ปี)
บรรณานุกรม	ภาษาไทย	ชื่อ/นามสกุล./ (ปีที่พิมพ์)/ชื่อเรื่อง./ (ครั้งที่พิมพ์)/ สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.
	ภาษาอังกฤษ	นามสกุล./อักษรย่อชื่อแรก ชื่อกลาง (ปีที่พิมพ์)/ ชื่อเรื่อง/ครั้งที่พิมพ์./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์ หรือโรงพิมพ์.

1. ผู้แต่งคนเดียว

(สมพงษ์, 2548)

สมพงษ์ ชูมาก. (2548). *กฎหมายระหว่างประเทศแผนกคดีเมือง*. (พิมพ์ครั้งที่ 3).
กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

(สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา, 2531)

กัลยาณิวัฒนา, สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้า. (2531). *เจ้านายเล็กๆ ยุวกษัตริย์*.
(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์.

(Wilson, 2007)

Wilson, K. (2007). *Smart choice*. (2 nd ed). London : Oxford University Press.

2. ผู้แต่งมากกว่า 3 คน

(อวยพร และคนอื่นๆ, 2548)

อวยพร พานิช และคนอื่นๆ. (2548). ภาษาและหลักการเขียนเพื่อการสื่อสาร.

กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

(Crouhy, et al., 2006)

Crouhy, M., et al. (2006). *The essentials of risk management*. New York :

McGraw-Hill.

3. ผู้แต่งเป็นหน่วยงาน

(มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2546)

สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย. (2546). เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาการ

วิจัยการบริหารการศึกษา. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2541)

การศึกษาแห่งชาติ, สำนักงานคณะกรรมการ. (2541). การปฏิรูปการเรียนรู้ตามแนวคิด

5 ทฤษฎี. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไอดีเอสแควร์,

(Ministry, 2002)

Education, Ministry of. (2002). *Chiangmai : Nop Bueri Si Nakon Ping.*

Bangkok : Ministry of Education.

4. วิทยานิพนธ์

(เขวงศักดิ์, 2543)

เขวงศักดิ์ เขียวเงิน. (2543). การดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาของ

สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร.

(โอภามา, 2550)

โอภามา จำแกะ. (2550). การจัดการตลาดทางเลือกเกษตรกรอินทรีย์ : กรณีศึกษา

สหกรณ์การเกษตรยั่งยืนแม่ทาจำกัด ตำบลแม่ทา กิ่งอำเภอแม่อน

จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์พัฒนาชุมชนมหาบัณฑิต

คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

(Almeida, 1990)

Almeida, D.M. (1990). *Father's participation in family work : Consequences*

for fathers' stress and father child relation. Master's thesis,

University of Victoria.

5. รายงานการประชุม

(นิทัศน์, 2540)

นิทัศน์ ภัทรโยธิน. (2540). ตลาดซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า ในการประชุม

นักบัญชีทั่วประเทศ ครั้งที่ 15 วิทยาลัยนักบัญชีไทย. วันที่ 27-28

มิถุนายน พ.ศ. 2540 (หน้า 19-35). กรุงเทพฯ : สมาคมนักบัญชีและผู้สอบ

บัญชีรับอนุญาตแห่งประเทศไทย.

(Paitoon, 1995)

Paitoon Sinlarat. (1995). Success and failure of facility in Thai university.
In Somwang Pitiyanuwat, et al. (Eds), **Preparing teachers for All the World's Children: An Era of Transformation Proceedings of International Conference, Bangkok 1992.** (pp. 217-233).
Bangkok : UNICEF.

วารสาร

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมวารสาร การลงรายการชื่อผู้แต่งเหมือนหนังสือ

อ้างอิง (ชื่อ/ปีที่พิมพ์)

บรรณานุกรม ชื่อ/นามสกุล/(ปี,/เดือน/วัน)/ชื่อบทความ/**ชื่อวารสาร**,/ปีที่(ฉบับที่)/หน้า
(มัลลวีร์, นิตย และวิลาวลัย, 2549)

มัลลวีร์ อุดลวัฒน์ศิริ, นิตย บุษงามงคล และวิลาวลัย จตุรอำรง. (2549,
กรกฎาคม-ธันวาคม). การศึกษาและพัฒนาพฤติกรรมทาง
จริยธรรมของเยาวชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสาร
ศึกษาศาสตร์, 29(3-4), 83-92.**

(Bekerian, 1993)

Bekerian, D.A. (1993, June). In search of the typical
eyewitness. **American Psychologist, 48,** 574-576.

หนังสือพิมพ์

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมหนังสือพิมพ์ การลงรายการชื่อผู้แต่งเหมือนหนังสือ

อ้างอิง (ชื่อ/ปี)

บรรณานุกรม ชื่อ/นามสกุล/(ปี,/เดือน/วัน). ชื่อบทความหรือพาดหัวข่าว./
ชื่อหนังสือพิมพ์,/หน้า.

(สมศรี, 2550)

สมศรี หาญอนันตสุข. (2550, มิถุนายน 26). ภาครัฐธรรมนุญใหม่จะสร้าง
มิติใหม่ให้สังคมพุทธ. **มติชน**, หน้า 7.

(Krishman, 2007)

Krishman, E. (2007, June 26). Rebuilding self-esteem
Bangkok post, p.1, 12.

จุลสาร

รูปแบบการอ้างอิงและบรรณานุกรมจุลสาร แผ่นพับ แผ่นปลิว

- อ้างอิง** (ชื่อผู้แต่งหรือหน่วยงานที่ผลิต./ปี)
- บรรณานุกรม** ชื่อผู้แต่งหรือหน่วยงานที่ผลิต./ปี./ชื่อเรื่อง./[แผ่นพับ]/สถานที่พิมพ์:/ผู้แต่งหรือหน่วยงานที่ผลิต.
(การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2541)
การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2541). **ท่องเที่ยวสงขลา**. [แผ่นพับ].
สงขลา : การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย.
(Research and Training Center on Independent Living, 1993)
Research and Training Center on Independent Living. (1993).
Guidelines for reporting and writing about people with disabilities. [Brochure]. Lawrence :
Research and Training Center on Independent Living.

โสตทัศนวัสดุ

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมโสตทัศนวัสดุ

- อ้างอิง** (ชื่อผู้สร้างหรือผู้ผลิต./ปี)
- บรรณานุกรม** ชื่อผู้สร้างหรือผู้ผลิต./ปี./ชื่อเรื่อง./[ประเภทโสตทัศนวัสดุ]/สถานที่ผลิต:/หน่วยงานหรือบริษัทที่ผลิต.
(ยุพดี, 2530)
ยุพดี พยักขพันธ์ (ผู้บรรยาย). (2530). **ยาสมุนไพรรักษา**. [แถบบันทึกเสียง].
กรุงเทพฯ : องค์การวิทยาศาสตร์การแพทย์.

ซีดีรอม

รูปแบบการลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมซีดี-รอม (CD-ROM)

- อ้างอิง** (ชื่อผู้แต่ง./ปี)
- บรรณานุกรม** ชื่อผู้แต่ง./ปี./ชื่อเรื่อง./[CD-ROM]/Available:/แหล่งที่มา./ปี./เดือน/วันที่สืบค้น).
(อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร, 2543)
อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร. (2543). [CD-ROM]. Available :
ฐานข้อมูลไปดูให้เต็มตาแล้วค่าความเป็นไทย. [2544, มิถุนายน 23].
(Social Science Index, 1999)
Social Science Index. (1999). [CD-ROM]. Available : UMI/Social
Science Index. [2005, June 26].

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์

1. การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

- อ้างอิง (ชื่อผู้แต่ง,/ปี)
บรรณานุกรม ชื่อผู้แต่ง./ (ปี)/ชื่อเรื่อง./[Online]. Available : แหล่งที่มา/
[ปี, เดือน/วันที่สืบค้น].
(อรรถศิษฐ์, 2542).
อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์. (2542). **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. [Online].
Available : [http://158.108.200.11/soil009hom-1/009421/
chap1.htm#era1](http://158.108.200.11/soil009hom-1/009421/chap1.htm#era1). [2550, กุมภาพันธ์ 20].
(Abell, 2002)
Abell, S.K. (2002). **Science teacher education : An international
perspeetive**. [Online]. Available : [http://ebook.Springerlink.
com/Search/Search Results.aspx?](http://ebook.Springerlink.com/Search/Search Results.aspx?). [2007, June 30].

2. การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมวารสารอิเล็กทรอนิกส์

- อ้างอิง (ชื่อผู้แต่ง,/ปี)
บรรณานุกรม ชื่อผู้แต่ง./ (ปี)/บทความ./ชื่อวารสาร [Online], /ปีที่./ (ฉบับที่).
Available:/แหล่งที่มา./[ปี,/เดือน/วันที่สืบค้น].
(Kenneth, 1998)
Kenneth, I. (1998). A Buddhist response to the nature of human
rights. **Journal of Buddhist Ethies** [Online], 2, (9).
Available : <http://www.cac.psu.edu/Jbe/twocont.html>.
[2006, August 12].

3. การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมหนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์

- อ้างอิง (ชื่อผู้แต่ง, วัน/เดือน/ปี)
บรรณานุกรม ชื่อผู้แต่ง./ (ปี,/เดือน/วัน)/บทความหรือพาดหัวข่าว ใน ชื่อหนังสือพิมพ์
[Online]. Available : แหล่งที่มา [ปี, เดือน วันที่สืบค้น].
(ชุม, (นามแฝง), 25 ตุลาคม 2542)
ชุม. (นามแฝง). (2542, ตุลาคม 25). บุญของคนไทย ใน **ไทยรัฐ**. [Online].
Available : <http://www.thairath.co.th>. [2542, ตุลาคม 25].
(ศธ. ยุติการถ่ายโอนสถานศึกษาบัญชี 2, 2550)
ศธ. ยุติการถ่ายโอนสถานศึกษาบัญชี 2. (2550, มิถุนายน 23). ใน **ไทยรัฐ**.
[Online]. Available : <http://www.thairath.co.th>. [2550, มิถุนายน 30].

4. การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมจากเว็บไซต์เว็บ (www.)

- อ้างอิง (ชื่อผู้แต่ง,/ปี)
บรรณานุกรม ชื่อผู้แต่ง./ (ปี)/ชื่อเรื่องหรือหัวข้อเรื่อง./[Online]./Available:/แหล่งที่มา/
[ปี,/เดือน/วันที่สืบค้น].
(ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, ม.ป.ป.)

เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, ศูนย์. (ม.ป.ป.).
การจัดการศึกษาทางไกล. [Online]. Available : <http://www.nectec.or.th/eourseware/cai/0015.htm>. [2550, กรกฎาคม 1].
(Ministry of Education, 2005)
Education, Ministry of. (2005). **The Regional Seminar on Higher Education in Southeast Asian Countries**. [Online].
Available : <http://www.inter.mua.go.th/news/News%20January%202005.htm>. [2006, January 5].

การสัมภาษณ์

การลงรายการอ้างอิงและบรรณานุกรมจากการสัมภาษณ์

อ้างอิง (ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์./ปี/เดือน/วันที่สัมภาษณ์)
บรรณานุกรม ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์./ปี/เดือน/วันที่สัมภาษณ์./ตำแหน่ง./สัมภาษณ์.
(ดิลก, 2543)
ดิลก บุญเรืองรอด. (2543, กรกฎาคม 14). อธิการบดี, สถาบันราชภัฏ
สวนสุนันทา. สัมภาษณ์.
(Page, 1991)
Page, O. (1991, March 5). President, Austin Peay State University.
Interview.

**แบบฟอร์มการส่งบทความเพื่อเผยแพร่ใน สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร**

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....
2. ระดับการศึกษาสูงสุด.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....
3. สถานะภาพของผู้ส่งบทความ อาจารย์ บุคคลทั่วไป
4. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

โทรศัพท์.....E-mail.....

5. ประเภทบทความ บทความวิจัย บทความวิชาการ
6. ชื่อบทความ
(ภาษาไทย).....
(ภาษาอังกฤษ).....

7. บทความฉบับนี้มีการอ้างอิงบทความจาก สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน.....บทความ โดยเป็นบทความของอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน.....บทความ หรืออ้างอิงบทความของอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จากวารสารอื่นๆ จำนวน.....บทความ

8. บทความฉบับนี้มิได้คัดลอกผลงาน มิได้ละเมิดลิขสิทธิ์ และไม่ขัดต่อกฎหมายใดๆ ซึ่งผู้เขียนบทความเขียนโดยใช้ความรู้ ความสามารถและการสังเคราะห์ของตนเอง

9. ผู้เขียนบทความยินยิตซ์ดใช้ค่าเสียหายใดๆ ที่อาจมีผู้เรียกร้องหรือฟ้องร้องตามกฎหมายทุกประการ โดยไม่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาตีพิมพ์บทความของกองบรรณาธิการหรือเจ้าของวารสาร

10. กรณีบทความที่มีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ผู้เขียนบทความทุกคนได้ลงชื่อยืนยันการเป็นผู้เขียนบทความ โดยยอมรับและปฏิบัติตามเงื่อนไขของวารสารนี้ทุกประการ

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยตีพิมพ์ในวารสาร รายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการ รวมทั้งไม่อยู่ระหว่างยื่นขอตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงในสักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรในการนี้ข้าพเจ้าดำเนินการจัดพิมพ์ตามรูปแบบการเขียนบทความที่มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้กำหนดไว้ทุกประการ และได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตามรายการตรวจสอบบทความ และข้าพเจ้าได้ส่งบทความในระบบ Online ที่ <http://research.kpru.ac.th/sendjournal/> เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

(.....) (.....)

ผู้เขียนบทความ

ผู้เขียนบทความ

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

(.....) (.....)

ผู้ส่งบทความ

ผู้ส่งบทความ

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ส่งบทความ

- หมายเหตุ**
1. ถ้ามีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ขอให้ลงชื่อเป็นผู้ส่งบทความทุกคน
 2. บทความที่ส่งมาโดยไม่มีใบรายการตรวจสอบบทความหรือมีไม่ครบหรือไม่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ จะไม่ดำเนินการในขั้นตอนใดๆ จนกว่าจะมีการส่งรายการตรวจสอบบทความดังกล่าว ผู้เขียนบทความสามารถ download แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความได้จาก http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/

แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความเพื่อนำส่งตีพิมพ์ในวารสาร

“สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

คำชี้แจง : ผู้เขียนบทความโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้ารายการที่ท่านได้ตรวจสอบบทความของท่านในรายการที่พบว่ามีปรากฏในบทความของท่านอย่างครบถ้วนถูกต้องแล้วตามคำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความที่วารสารได้กำหนดไว้

- เป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
- ไม่ได้เป็นบทความที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือการประชุมทางวิชาการอื่นๆ
- ไฟล์ที่ส่งได้จัดทำตามรูปแบบที่ระบุในคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับเท่านั้น อยู่ในรูปแบบของ

Word และใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK เท่านั้น

- รูปภาพประกอบเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .JPEG เท่านั้น

บทความวิชาการมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ชื่อเรื่อง/บทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียน มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทนำ
- เนื้อหา
- สรุป
- เอกสารอ้างอิง

บทความวิจัยมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ชื่อบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียนบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทนำ
- วิธีดำเนินการวิจัย
- ผลการวิจัย
- อภิปรายผล
- กิตติกรรมประกาศ
- เอกสารอ้างอิง

แบบฟอร์มการส่งบทความเพื่อเผยแพร่ใน สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

1. ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....
 ตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี).....
 2. กำหนดการที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา วันที่.....เดือน.....พ.ศ.
 3. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก
เลขที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....
E-mail.....
 4. ประเภทบทความ บทความวิจัย บทความวิชาการ
 5. ชื่อบทความ
(ภาษาไทย).....
(ภาษาอังกฤษ).....
 6. บทความฉบับนี้มีการอ้างอิงบทความจาก สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน.....บทความ
 7. อ้างอิงบทความของอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน.....บทความ
 8. อ้างอิงบทความของอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จากวารสารอื่นๆ จำนวน.....บทความ
ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงใน สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ในการนี้ข้าพเจ้าดำเนินการจัดพิมพ์ตามรูปแบบการเขียนบทความที่มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้กำหนดไว้ทุกประการ และได้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตามรายการตรวจสอบบทความเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
- ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้เขียนบทความ
- ความคิดเห็นของประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
“พิจารณาบทความแล้วเห็นสมควรเผยแพร่ได้”
- ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้เขียนบทความ
- ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
- ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้เขียนบทความ

หมายเหตุ 1. ถ้ามีผู้เขียนบทความมากกว่า 1 คน ขอให้ลงชื่อเป็นผู้เขียนบทความทุกคน
2. บทความที่ส่งมาโดยไม่มีใบรายการตรวจสอบบทความหรือมีไม่ครบฝ่ายจัดการวารสารจะไม่ดำเนินการในขั้นตอนใดๆ จนกว่าจะมีการส่งรายการตรวจสอบบทความดังกล่าว ผู้เขียนบทความสามารถ download แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความได้จาก http://research.kpru.ac.th/old/journal_science/

แบบฟอร์มรายการตรวจสอบบทความเพื่อนำส่งตีพิมพ์ในวารสาร

“สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

คำชี้แจง : ผู้เขียนบทความโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้ารายการที่ท่านได้ตรวจสอบบทความของท่านในรายการที่พบว่ามีปรากฏในบทความของท่านอย่างครบถ้วนถูกต้องแล้วตามคำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความที่วารสารได้กำหนดไว้

- เป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
- ไม่ได้เป็นบทความที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือการประชุมทางวิชาการอื่นๆ
- ไฟล์ที่ส่งได้จัดทำตามรูปแบบที่ระบุในคำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับเท่านั้น อยู่ในรูปแบบของ

Word และใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK เท่านั้น

- รูปภาพประกอบเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .JPEG เท่านั้น

บทความวิชาการมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ชื่อเรื่อง/บทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียน มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทนำ
- เนื้อหา
- สรุป
- เอกสารอ้างอิง

บทความวิจัยมีหัวข้อตามที่กำหนด ดังนี้

- ชื่อบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- ชื่อ/ที่อยู่ผู้เขียนบทความ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทคัดย่อ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- คำสำคัญ มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- บทนำ
- วิธีดำเนินการวิจัย
- ผลการวิจัย
- อภิปรายผล
- กิตติกรรมประกาศ
- เอกสารอ้างอิง

แบบฟอร์มค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์บทความเพื่อเผยแพร่ในวารสาร
สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ข้อมูลผู้ส่งบทความ
ชื่อ นางสาว/นาง/นาย
อาชีพ.....
2. ที่อยู่สำหรับจัดส่งเล่มวารสาร เลขที่.....ตำบล.....อำเภอ.....
จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....
3. ค่าดำเนินการตรวจประเมินบทความ บทความละ 3,500 บาท โดยผู้ส่งบทความได้รับวารสาร 1 เล่ม
4. ผู้ส่งบทความประสงค์จะซื้อวารสารเพิ่มราคา 500 บาท จำนวน.....เล่ม เป็นเงิน.....บาท
5. ค่าสมัครสมาชิกวารสาร ปีละ 1,000 บาท
 มีความประสงค์สมัครสมาชิก ไม่มีความประสงค์สมัครสมาชิก
6. การชำระเงิน
 โอนเงินเข้าบัญชีธนาคารกรุงไทย สาขาซากังราว จำนวน.....บาท
เลขบัญชี 347-0-60979-9
ชื่อบัญชี สัปดาห์ : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
 แจ้งหลักฐานการชำระเงินทางระบบส่งบทความ

ลงชื่อผู้ส่งบทความ.....
(.....)
...../...../.....

หมายเหตุ : กรณีบทความไม่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ลงในวารสาร สัปดาห์ : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทางกองบรรณาธิการจะไม่คืนค่าใช้จ่ายในการตีพิมพ์ของท่าน

จริยธรรมในการตีพิมพ์ในวารสาร “สัททอง” (Publication Ethics)

การเผยแพร่ผลงานวิชาการ ผลงานสร้างสรรค์ในปัจจุบันมีหลายลักษณะ ซึ่งประกอบด้วย หนังสือ ตำรา เอกสารประกอบการสอน งานแปล บทความวิชาการ บทความวิจัย งานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมวิชาการ งานประดิษฐ์หรืองานสร้างสรรค์ วารสาร “สัททอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” มุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะต้องปฏิบัติตามหลักการและมาตรฐานด้านจริยธรรมในการตีพิมพ์ (Publication Ethics) อย่างเคร่งครัด ดังนี้

บทบาทและหน้าที่ของบรรณาธิการและกองบรรณาธิการ (Duties of Editors)

1. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องรักษามาตรฐานของวารสาร รวมทั้งพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพ และทันสมัยอยู่เสมอ
2. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้พิมพ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และจะต้องไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจ และนำไปเป็นผลงานของตนเอง
3. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการพิจารณาคุณภาพของบทความอย่างเคร่งครัด
4. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาและตรวจสอบบทความที่ส่งมาเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารทุกบทความ โดยพิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหา กับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพของบทความก่อนตีพิมพ์
5. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่แก้ไขผลการประเมินบทความของผู้ทรงคุณวุฒิ
6. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องใช้เหตุผลทางวิชาการในการพิจารณาบทความทุกครั้งโดยปราศจากอคติที่มีต่อบทความ ผู้พิมพ์ และสังกัดของผู้พิมพ์
8. หากบรรณาธิการและกองบรรณาธิการตรวจสอบพบว่าบทความที่ตรวจพิจารณา มีการคัดลอกผลงาน บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องแจ้งให้ผู้พิมพ์ทราบทันที และปฏิเสธการตีพิมพ์บทความนั้น
8. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้พิมพ์ ให้แก่บุคคลอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้อง
9. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการจะไม่รับบทความที่เคยตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว

บทบาทและหน้าที่ของผู้ทรงคุณวุฒิตรวจประเมินบทความ (Duties of Reviewers)

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องคำนึงถึงคุณภาพบทความเป็นหลัก โดยพิจารณาบทความด้วยหลักการและเหตุผลทางวิชาการ โดยปราศจากอคติ และไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้พิมพ์
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องรักษาระยะเวลาในการตรวจประเมินตามกรอบเวลาที่กำหนด และไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้อง
3. ผู้ทรงคุณวุฒิควรประเมินบทความในสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญโดยพิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในบทความที่จะมีต่อสาขานั้นๆ คุณภาพของการวิเคราะห์ และความเข้มข้นของผลงาน ไม่ควรใช้ความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลรองรับมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินบทความวิจัย
4. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่แสวงหาผลประโยชน์จากบทความที่ตรวจประเมินโดยเด็ดขาด
5. หากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพบว่าบทความที่ตรวจพิจารณา มีการคัดลอกผลงานจากที่อื่นๆ ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบทันที หรือปฏิเสธบทความนั้น โดยการประเมินให้ “ไม่ผ่าน”

บทบาทและหน้าที่ของผู้นิพนธ์ (Duties of Authors)

1. บทความของผู้นิพนธ์ต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
2. ชื่อผู้นิพนธ์ที่ปรากฏในบทความต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการเรียบเรียงบทความนี้จริง
3. ผู้นิพนธ์ต้องไม่คัดลอกผลงานของผู้อื่น และต้องมีการอ้างอิงทุกครั้งเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมาเสนอหรืออ้างอิงในเนื้อหาและท้ายบทความของตนเอง ถ้าวารสารทราบว่าบทความของผู้นิพนธ์มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น ทางวารสารจะไม่ยอมรับตีพิมพ์ และให้เอาผิดจากผู้นิพนธ์ทุกประการ
4. ผู้นิพนธ์ต้องไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จในบทความ
5. ผู้นิพนธ์ต้องเขียนบทความให้ตรงตามรูปแบบที่วารสารกำหนดไว้ในคำแนะนำของวารสารอย่างถูกต้อง รวมทั้งต้องไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จในบทความ
6. ผู้นิพนธ์ต้องยินยอมโอนลิขสิทธิ์ให้แก่วารสารก่อนการตีพิมพ์ และไม่นำบทความไปเผยแพร่หรือตีพิมพ์กับแหล่งอื่นๆ หลังจากที่ได้รับวารสารตีพิมพ์แล้ว



ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
เรื่อง การเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสาร
ค่าสมัครสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสาร พ.ศ. ๒๕๖๒

ตามที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรมีการจัดทำวารสารเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย ผลงานสร้างสรรค์ และผลงานวิชาการในสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และสักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อย อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๑ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ ประกอบกับข้อ ๕.๒ และข้อ ๖ แห่งข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรว่าด้วยการจัดบริการวิชาการและจัดหารายได้ พ.ศ. ๒๕๕๙ และที่แก้ไขเพิ่มเติม และมติที่ประชุมคณะกรรมการบริหารมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ ๒/๒๕๖๒ เมื่อวันที่ ๑๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๒ จึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เรื่อง การเรียกเก็บและการเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสาร ค่าสมัครสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสาร พ.ศ. ๒๕๖๒”

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๒ เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

“มหาวิทยาลัย” หมายความว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“อธิการบดี” หมายความว่า อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“สถาบันวิจัยและพัฒนา” หมายความว่า สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ

กำแพงเพชร

“วารสาร” หมายความว่า วารสารของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ได้แก่ สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ หรือสักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

“บุคลากรภายใน” หมายความว่า ข้าราชการพลเรือน พนักงานมหาวิทยาลัย พนักงานราชการ ลูกจ้างชั่วคราว สังกัดมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และนักศึกษาซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“บุคคลภายนอก” หมายความว่า บุคคลอื่นใดที่ไม่ได้สังกัดมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

“ผู้ทรงคุณวุฒิ” หมายความว่า ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญสาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาอื่นๆ ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร

“สมาชิก” หมายความว่า บุคลากรภายในหรือบุคคลภายนอกที่สมัครเป็นสมาชิกวารสาร

ข้อ ๔ มหาวิทยาลัยเรียกเก็บเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความ ค่าสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสารจากบุคลากรภายในและบุคคลภายนอก ดังนี้

๔.๑ ค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความในวารสาร บทความละ ๓,๕๐๐ บาท

๔.๒ ค่าสมัครสมาชิกวารสาร ปีละ ๑,๐๐๐ บาท

๔.๓ ค่าเล่มวารสาร เล่มละ ๕๐๐ บาท

ข้อ ๕ เงินค่าธรรมเนียมที่เรียกเก็บจากการตีพิมพ์บทความ ค่าสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสาร จากบุคลากรภายในและบุคคลภายนอก ในข้อ ๔ ให้ดำเนินการดังนี้

๕.๑ ใช้ใบเสร็จเบ็ดเตล็ดของมหาวิทยาลัยเป็นใบเสร็จรับเงินที่เรียกเก็บตามประกาศนี้

๕.๒ นำเงินฝากธนาคารกรุงไทย สาขาซากังราว ในชื่อบัญชี สักทอง : วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย

๕.๓ เมื่อสิ้นปีงบประมาณหากมีเงินเหลือให้สมทบเป็นเงินรายได้เงินฝากถอนคืนวารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ของสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้อ ๖ สถาบันวิจัยและพัฒนาเบิกจ่ายเงินค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์บทความ ค่าสมาชิกวารสาร และค่าเล่มวารสาร ในข้อ ๔ ดังนี้

๖.๑ จัดสรรเป็นเงินรายได้ประเภทเงินฝากถอนคืนของมหาวิทยาลัย ร้อยละ ๑๐

๖.๒ จัดสรรเป็นเงินรายได้ประเภทเงินฝากถอนคืนของสถาบันวิจัยและพัฒนา ไม่เกินร้อยละ ๑๐

๖.๓ ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจบทความ คนละ ๑,๐๐๐ บาท ต่อ ๑ บทความ

๖.๔ ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจบทความคัดย่อและบรรณานุกรมภาษาอังกฤษ บทความละ

๓๐๐ บาท

๖.๕ ค่าใช้สอยในการประชุมกองบรรณาธิการ ไม่เกินครั้งละ ๑,๐๐๐ บาท

๖.๖ ค่าใช้สอยในการจัดส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่เกินบทความละ ๒๐๐ บาท

การเบิกจ่ายเพื่อจัดสรรเป็นเงินรายได้ในข้อ ๖.๑ และ ๖.๒ ให้เป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่การเงินเป็นผู้เบิกจ่าย

ข้อ ๗ ค่าใช้จ่ายอื่นที่นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในข้อ ๖ ให้เบิกจ่ายตามระเบียบกระทรวงการคลัง หรือระเบียบมหาวิทยาลัย

ข้อ ๘ ให้อธิการบดีเป็นผู้รักษาการตามประกาศนี้ ในกรณีที่เกิดปัญหาจากการปฏิบัติตามประกาศนี้ ให้อธิการบดีมีอำนาจตีความและวินิจฉัยชี้ขาด การวินิจฉัยชี้ขาดของอธิการบดีถือเป็นที่สุด

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๒



(รองศาสตราจารย์สุวิทย์ วงษ์บุญมาก)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร