



**3<sup>rd</sup>**  
**IAMBEST**  
 KMITL PRINCE OF CHUMPHON  
 24 - 25 MAY **2018**

# บทความฉบับเต็ม

## การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 3

ด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ บริหารธุรกิจ  
 วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture,  
 Management, Business administration, Engineering,  
 Sciences and Technology : IAMBEST 2018

**24 - 25 พฤษภาคม 2561**

จัดโดย : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## บทความฉบับเต็ม

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 3  
ด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ  
บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยี

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics,  
Agriculture, Management, Business administration,  
Engineering, Sciences and Technology

IAMBEST 2018

วันที่ 24–25 พฤษภาคม พ.ศ. 2561

ณ โรงแรม Loft Mania Boutique Hotel อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร

โทรศัพท์ : 0-7750-6410

โทรสาร : 0-7750-6433

เว็บไซต์ : [www.pcc.kmit.ac.th](http://www.pcc.kmit.ac.th)

ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2561

จำนวนพิมพ์ : E-Book

### จัดทำโดย

อาจารย์อรุณศาสตร์	นาคเทวีญ
ผศ.ดร.ณัฐพงศ์	รัตนเดช
ผศ.ดร.มนตรี	ไชยชาญยุทธ
ผศ.ดร.กนกพร	บุญญะอดิชาติ
ผศ.ดร.รัฐพงษ์	สุลักษณ์
ดร.จงจิตร	จันทร์ธา
ดร.ชนัดดา	ภวชโลทร
ดร.พัชราภรณ์	นาคเทวีญ
ดร.วัลย์พร	มัฆพาน
นายสิทธิพร	ทองภูเบศร์
นางสาวนาราอร	สว่างวงศ์
นางศิริขวัญ	บัวลา
นางสาวฮาปี๊ะ	สตอหลง
นายอุดมสิทธิ์	ตั้งตระกูลไพศาล
นางสาวอุมาวดี	รักชื่อ
นางรอยพิมพ์	จันทร์โชติ

ปกโดย : นายสรารุช สวัสดิ์

## บทบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการในนามของคณะกรรมการดำเนินการ  
จัดประชุมวิชาการ IAMBEST ครั้งที่ 3 ขอขอบพระคุณ  
ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่า  
ในการตรวจแก้ไข และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุง  
บทความวิจัยให้มีมาตรฐาน รวมทั้งก่อให้เกิดองค์ความรู้  
ที่สามารถขยายผลงานวิจัยใหม่ๆ และขอขอบพระคุณ  
คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา ทุกท่าน  
ที่ให้ความสนใจในการส่งผลงาน และเข้าร่วมงานประชุม  
วิชาการ IAMBEST ครั้งที่ 3

ในการนำเสนอผลงานวิจัยต่อการประชุมวิชาการ  
ในครั้งนี้ กองบรรณาธิการและคณะกรรมการฯ หวังเป็น  
อย่างยิ่งว่าจะได้ร่วมมือกันในการพัฒนาประเทศให้มีความ  
เจริญก้าวหน้าในอนาคตต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช  
บรรณาธิการ

ทัศนะและข้อคิดเห็นใด ๆ ที่ปรากฏในบทความในเอกสารรายงานสืบเนื่องจากการประชุม  
วิชาการ IAMBEST ครั้งที่ 3 เป็นทัศนะของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วยกับ  
ทัศนะเหล่านั้น และไม่ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของกองบรรณาธิการความรับผิดชอบด้านเนื้อหาและ  
การตรวจร่างบทความแต่ละบทเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน กรณีมีการฟ้องร้องเรื่องการละเมิดลิขสิทธิ์  
ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงฝ่ายเดียว

## การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



## สารจากรองอธิการบดี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การพัฒนาทางด้านการวิจัยและวิชาการของสถาบันการศึกษา เป็นการพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ อันจะได้นำผลงานวิชาการนั้นปรับนำมาใช้ในการพัฒนาเยาวชน ประชาชน และสังคม รวมทั้งมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการสร้างความยั่งยืน ในการพัฒนาประเทศในระยะยาว ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในระดับนานาชาติ โดยมี “ศาสตร์พระราชา” ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๙ ได้ทรงพระราชทานไว้เป็นต้นแบบ และสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวมหาวชิราลงกรณ บดินทรเทพยวรางกูร รัชกาลที่ ๑๐ ได้ทรงสืบสานพระราชปณิธาน ทั้งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อความสมดุล มั่นคง และยั่งยืนของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งเป็นภูมิคุ้มกันยามปกติและยามวิกฤต ที่ทรงได้วางโครงสร้างพื้นฐานด้านอาชีพและการทำกินให้กับประชากรชาชน การนำเสนอผลงานทางด้านวิชาการในการประชุมวิชาการนั้น ไม่เพียงแต่เป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักวิชาการและบุคลากรทางการศึกษา หากยังสามารถสะท้อนให้เห็นถึงมุมมองที่เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกับศาสตร์พระราชา มีการน้อมนำสืบสาน พระราชปณิธานของพระองค์ท่าน เพื่อให้เราได้ศึกษาพระราชดำริ ปฏิบัติตาม และระลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณ ในการแสวงหาความรู้และนวัตกรรมอันจะส่งผลดีต่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนสืบไป ด้วยเช่นกัน

โครงการจัดประชุมวิชาการระดับชาติด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ ๓ (The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business administration, Engineering, Sciences and Technology: IAMBEST 2018) ในครั้งนี้ จัดขึ้นระหว่างวันที่ ๒๔-๒๕ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๑ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการและแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และผลงานวิจัยทางด้านวิชาการ อันจะส่งเสริมบทบาทการเป็นผู้นำด้านการอุดมศึกษาให้กับสถาบันภาคีเครือข่ายโดยรวม

ในการนี้ ขอขอบพระคุณสถาบันภาคีเครือข่าย อันประกอบด้วย มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ที่ได้มีส่วนร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ในการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ให้กับการอุดมศึกษาไทย อันจะเป็นจุดหมายที่สำคัญในการสร้างทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพบนพื้นฐานแห่ง “ศาสตร์พระราชา สู่การพัฒนาที่ยั่งยืน”

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริวัฒน์ โปธิเวชกุล)

รองอธิการบดี วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ปฏิบัติการแทน  
อธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## คำนำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้รับเกียรติจากสถาบันภาคีเครือข่ายในการจัดประชุมวิชาการระดับชาติด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ ๓ (The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business administration, Engineering, Sciences and Technology : IAMBEST 2018) ภายใต้หัวข้อ “ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน” (The King’s Philosophy for Sustainable Development) ในระหว่างวันที่ ๒๔-๒๕ พฤษภาคม ๒๕๖๑ เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความก้าวหน้าทางวิชาการระหว่างคณาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย และนิสิต นักศึกษา อันจะนำไปสู่จุดหมายของสังคมแห่งการเรียนรู้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร และคณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST 2018 ขอขอบพระคุณผู้นำเสนอผลงานวิจัย คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST 2018 จะเป็นก้าวสำคัญในความร่วมมือทางด้านวิชาการของภาคีเครือข่ายเพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศบนพื้นฐานแห่งการวิจัย

# สารบัญ

หน้า

สารจาการองอธิการบดี	I
คำนำ	II
สารบัญ	IV
IO-01 การแบ่งกลุ่มการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยโดยใช้ K-Means Algorithm <i>สายัณฑ์ เทพแดง รัฐภรณ์ พงษ์ประเสริฐ รุจิรา จุลภักดิ์ สิริรินทร์ สว่างวรรณ และฐิติพร สังข์รัตน์</i>	1
IO-03 การประยุกต์ใช้ API SMS เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการประชาสัมพันธ์การ ปฏิบัติงานระหว่างโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลและอาสาสมัครสาธารณสุข ประจำหมู่บ้าน: กรณีศึกษาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล หุ่น้อย สตูล <i>อาชัน วงศ์หมัดทอง และสุรีนา มะตาหยง</i>	10
IO-04 ระบบแนะนำหนังสือห้องสมุดด้วยเทคนิคการกรองแบบร่วมมือ: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต <i>เฉลิมพล ศิริกายน และปานิตา ฐุสรานนท์</i>	19
IO-05 การออกแบบคลังข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านผู้เรียนตามเกณฑ์คุณภาพ การศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEX) <i>ปานทิพย์ ผดุงจิตเกษม ณิชูธิดา สุวรรณโณ และสุวิทย์ สุวรรณโณ</i>	27
IP-01 การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมครุภัณฑ์และงานอาคารสถานที่ วิทยาลัยรัตภูมิ <i>อาชัน วงศ์หมัดทอง และภาวนา พุ่มไสว</i>	35
AO-03 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสุตรนาโนในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ <i>Thrips palmi Karny</i> <i>กัญญ์กุลณัช สุขม่วง จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และอำมร อินทร์สังข์</i>	45
AO-04 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยสุตรนาโนในการควบคุมไรฝุ่น <i>(Dermatophagoides pteronyssinus (Trouessart))</i> โดยวิธีการรม <i>วิภาวี มีภูมิรู้ จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และอำมร อินทร์สังข์</i>	57
AP-01 สถานะของธาตุอาหารพืชในดินปลูกมังคุด จังหวัดจันทบุรี <i>พรทิวา กัญยวงศ์หา นุจรี บุญแปลง และอนงนาฏ ศรีประโชติ</i>	65
AP-02 การใช้ปุ๋ยแคลเซียมและโบรอนในการปรับปรุงคุณภาพสละ <i>นารี พันธุ์จินดาวรรณ พรทิวา กัญยวงศ์หา และนุจรี บุญแปลง</i>	80
AP-03 สถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร <i>กนกพร มานันตพงศ์ พรทิวา กัญยวงศ์หา และนารี พันธุ์จินดาวรรณ</i>	90

AP-04	ผลของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ ต่อคุณภาพข้าวเกรียบ <i>ภัทราภรณ์ แก้วกุล ญัฐปภัทร์ ฉลาดมาก อภิชากร ดวงแขเพ็ญศิริกุล รัสรินทร์ ฉัตรทองพิศุทธิ์ และศิริกัญญา สมานมิตร</i>	98
AP-05	ผลของเจลาตินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ลูกหม่อน <i>รัสรินทร์ ฉัตรทองพิศุทธิ์ อภิชากร ดวงแขเพ็ญศิริกุล กฤษ ตรงจิดต์ ฤทัยภักดิ์ มุลาสินน์ และ สุภาวดี แซ่เตียว</i>	107
AP-09	การทดสอบพันธุ์แตงกวาการค้าในพื้นที่บ้านนาทอ ตำบลไชยสถาน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน <i>บรรจง อุปแก้ว พิชัย สุรพรไพบุลย์ และพิกุล สุรพรไพบุลย์</i>	116
AP10	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวเปลือกในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวพื้นเมือง <i>กษิตติ พร่อมเพราะ พรชัย ทาระโคตร และจรีมาศ วงศ์วี</i>	127
MO-02	การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรายงานความก้าวหน้างานวิจัยตามแนวทางสิ้น กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ <i>รัตนาภรณ์ สกุกเด็น และวัชรวิไล ตั้งคุปตานนท์</i>	134
MO-03	การศึกษาความต้องการของลูกค้าเมื่อนำรถเข้ามาใช้บริการจากศูนย์บริการซ่อม บำรุงรถยนต์ <i>ณัฐวดี มหานิล รัตสรณ์ พงศ์ศศิกร นวมินทร์ ทานะพันธ์ และสิทธิพันธ์ เลิศศรีชัยนนท์</i>	142
MO-05	ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาล ใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย <i>ณัจยา แก้วนุ้ย เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี และณัฐริกา สีสาลาย</i>	153
MO-06	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบารัก <i>เบญจมาศ นาควงษ์ พัชราภรณ์ วงษ์สุวรรณ และวีรยุทธ ไทยโพธิ์ศรี</i>	160
MO-07	ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ กรณี บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ <i>เบญจมาศ นาควงษ์ วิลาวัลย์ แสงอำนาจ และทวิษุฑ เหมนิธิ</i>	170
MP-02	ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงานการเงิน บัญชี และพัสดุ ของมหาวิทยาลัยนครพนม <i>ดำรงศักดิ์ ฤทธิ์งาม ผกามาต นาควงษ์ และวิไลวรรณ ไตรยราช</i>	181
BO-01	การบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน (กลุ่มกาแฟ) ในจังหวัดชุมพรที่สัมพันธ์กับ ผลลัพธ์การดำเนินงาน <i>กิตติเดช บุชราคม และเพ็ชราภรณ์ ชัชวาลชาวนกิง</i>	187
BO-02	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook ของนักศึกษาภาคปกติ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ <i>ลัดดาวัลย์ แสนอุบล อัญชง แสงดารา และภารดี นึกชอบ</i>	196

BO-03	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย ของผู้บริโภคยุคดิจิทัล <i>มธุรส ทองอินทราช และณัฏช์ กุลิสร์</i>	204
BP-02	ปัจจัยการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมส์ออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม <i>วัชรินทร์ กลับทับสังข์</i>	216
EO-12	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ ที่ผ่านการลดแอมโมเนียโดยใช้ ถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลิ้นจี่ <i>อรไพลิน สมประสิทธิ์ และจุฑาภรณ์ ชนะถาวร</i>	223
EO-15	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดแอมโมเนียโดยวิธีการตกตะกอนของแมกนีเซียม ซัลเฟตสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ <i>สัทษณา ใจสิน จุฑาภรณ์ ชนะถาวร และกมลดารา เจริญสุวรรณ</i>	235
EO-17	การประเมินปริมาณน้ำท่าในอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงระหว่างช่วงเหตุการณ์ภัยแล้ง และน้ำท่วมด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา <i>สัณหวิษฐ์ ถิ่นอุบล และทริส ประสารน้ำ</i>	244
EO-18	การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า ด้วยแบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำพรม-เชิญ <i>อิสระพงศ์ กระจุกนิิตย์ และทริส ประสารน้ำ</i>	252
EO-19	การคาดการณ์ปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำระดับภูมิภาคด้วยการวิเคราะห์การถดถอย พหุคูณ จากความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า <i>ทริส ประสารน้ำ จักรกฤษ จิตธรรม และไมตรี สุวรรณศรี</i>	260
EO-20	การเพิ่มประสิทธิภาพการหีบสกัดอ้อย <i>ทวีศักดิ์ มโนสืบ จิรวัดน์ วรวิชัย ทศพร เงินเนตร ทิบูลย์ เครือคำอ้าย ยุทธนา มั่นมาก และวุฒิชัย หีบคำ</i>	269
EO-21	คุณสมบัติทางกลและการต้านทานความร้อนของอิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้า ขานอ้อยและขานอ้อย <i>ณัฐวุฒิ อินทบุตร และภิญโญ พัฒนวงศ์พร</i>	281
EO-22	การศึกษากระบวนการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากลำต้นปาล์ม น้ำมัน <i>ปัญญา แดงวีไลลักษณ์ ชัยณรงค์ นิสภา สุขสมบัติ พรหมมณี และทัศนเทพ ศรีวิสัย</i>	290
EO-23	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกเห็นดินได้และเห็นพืชในประเทศไทยจาก ข้อมูล UCI ให้ระหว่างการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (MLP) กับการใช้ซอฟต์แวร์ เวกเตอร์แมชชีน <i>กิตติ ทูลธรรม และจารุวรรณ ทูลธรรม</i>	303

EO-24	การประเมินประสิทธิภาพโพรโทคอลอาร์พีแอลสำหรับการจัดกลุ่มการสื่อสารในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย <i>ชาณวิษ สุวรรณพงศ์ อภิวัตร บุญกอง และชานนท์ จังกาจิตต์</i>	316
EO-25	ระบบควบคุมอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ <i>ปรานต์ เมฆอากาศ ขวโรจน์ ใจสิน นัฐพร ไชยญาติ และจักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล</i>	324
EO-29	การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อตักเก็บขยะที่ถูกพัดพามากับคลื่นบริเวณชายหาด <i>พงศ์พันธ์ กาญจนการุณ ศราวุฒิ อุดมะแก้ว และอมรเทพ สูงศักดิ์</i>	336
EO-30	การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ความหนืดด้านล่างของชั้นไอโอโนสเฟียร์ในช่วงที่มีผลกระทบของสุริยุบมากที่สุดของวัฏจักรสุริยะที่ 24 สำหรับระบบดาวเทียมนำทางสากล <i>สัทพัฒน์ สารพันธ์ ศรีณู ดวงสุวรรณ อุดมสิทธิ์ ตั้งตระกูลไพศาล และ ปุณยวีร์ จามจริกุลกาญจน</i>	348
EO-31	การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พลังงานและเอ็กเซอร์จิสของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ <i>บุญคำชง นววงษ์ นัฐพร ไชยญาติ ขวโรจน์ ใจสิน และจักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล</i>	356
EO-32	การวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ด้วยเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา: โรงพยาบาลลำปาง <i>ศรศักดิ์ เสงฆาวงศ์ นัฐพร ไชยญาติ ขวโรจน์ ใจสิน และจักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล</i>	370
EO-35	การศึกษาลักษณะการพังทลายของคันดินจากการรั่วซึมระหว่างรอยต่อท่อใต้คันดิน <i>พงศ์พันธ์ กาญจนการุณ</i>	384
EO-36	การศึกษาแบบจำลองการเสริมกำลังของเสาไฟฟ้าด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย CFRP <i>พีรพล อันน้อยนนท์ และอาทิตย์ เพชรศศิธร</i>	398
EO-38	การศึกษาคุณลักษณะรูปแบบการไหลแบบสองสถานะของน้ำและอากาศภายในท่อขดเกลียวในทิศทางแนวนอน <i>เพชรชมพู ทิพย์เสภา ปณิธาน สุขคำ อินทนนท์ อินทรมาร ทวี เทศเจริญ วินัย กล้าจริง และศิระ สายศร</i>	413
EO-39	เครื่องทำไข่เค็มอัตโนมัติแบบเพิ่มแรงดัน <i>เกษมสุข เสพศิริสุข มัลลิกา ไกรลาศ ภูมิศักดิ์ บุญเรือง ประภาษ ไพรสวรรณา และสั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์</i>	421
EO-40	การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่อน ตามพระราชดำริ ปานิศา อ่อนดอกไม้ นัฐพร ไชยญาติ จุฑาภรณ์ ชนะถาวร วรรมล เลิศจตุรนนท์ และสุรัตน์ เศษโพธิ์	428
EO-41	การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่อน ตามพระราชดำริ <i>สุธรรม ชาวจิว นัฐพร ไชยญาติ ขวโรจน์ ใจสิน และจักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล</i>	443



EO-42	การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของ คิวคอตซ์ คริสตัล ยูนิท วรพันธ์ กันธิยะ นัฐพร ไชยญาติ จุฑาภรณ์ ชนะถาวร สุรัตน์ เศษโพธิ์ และวราชมล เลิศจตุรานนท์	455
EO-43	แบบจำลอง CFD-DEM ของความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดซ์เซชันสำหรับตัวกลาง ก๊าซ-ของแข็ง ปรีดา ปรากฏมาก	465
EO-44	การศึกษาการสั่นไหวของอาคารสูงเนื่องจากแรงลมในบริเวณศูนย์กลางของ กรุงเทพมหานครด้วยการทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลม อรรถกร เกียรติกุล และอำนาจ ผดุงศิลป์	477
SO-01	พฤติกรรมการบริโภคอาหารและภาวะโภชนาการของสตรีมุสลิมตั้งครรภ์กรณีศึกษา พื้นที่ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช สุดารัตน์ หนูปลอด สาลินี รัตนมนตรี ดวงประคอง เรืองดีก วราศรี แสงกระจ่าง และจรรย์ภรณ์ นวนมุสิก	486
SP-01	การโคลนยีน <i>phaC</i> จากแบคทีเรีย <i>Bacillus</i> sp. สายพันธุ์ SWU44 เพื่อการผลิต โปรตีนลูกผสมโพลีไฮดรอกซีบิวทีเรตซินเทสและการสะสมพีเอชบีใน <i>Escherichia</i> <i>coli</i> วิรัตน์ เชื้อวงศ์ ธิปชัย วัฒนวิจารณ์ และศิริขวัญ พลประทีป	501
SP-02	การผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลบินจากกึ่งกลูตาตัมด้วย <i>Escherichia coli</i> วัชรยา มาคแจ้ง ศิริขวัญ พลประทีป และธิปชัย วัฒนวิจารณ์	511
SP-03	ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM <sub>10</sub> ) จากการคมนาคม บนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม วรวิมล คมนนตรี และดิเรกฤทธิ์ บัวเวช	519
TO-01	ระบบประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุในเด็ก 0-3 ปี แบบเฉพาะบุคคลผ่าน เว็บแอปพลิเคชัน กฤษฎิษฐ์ ชูสุลักษณ์ วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์ และจัญญา หุ่นศรีสกุล	532
TO-02	โปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการเผยแพร่ความรู้ด้านทันตกรรม ด้วยเทคนิคการพัฒนาแบบข้ามแพลตฟอร์ม พงษ์เจริญ สารเวก วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์ และ นิธิ ทะนนท์	539
TO-03	ระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารงานภายใน และการจัดส่งทรายของบริษัทในเครือ ส.สุริยันต์กรุ๊ป ณัฐพงศ์ จันทศิริ และชุตินา เขียวไข่มุก	548
TO-04	ระบบการบริหารจัดการทางไกลสำหรับการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์และการประเมิน ประสิทธิภาพตามแนวคิดของลิน กรณีศึกษา โรงพยาบาลรามัน สุไฮมี ลือโษะ และสุรีนา มะตาหยง	556

TO-05	การประยุกต์ใช้ G Suite แอปพลิเคชันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ โรงเรียน: กรณีศึกษาโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ภูเก็ต <i>กนกนภัส สืบสิน และสุรีนา มะตาหยง</i>	566
TO-06	การประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ (Usability) สำหรับระบบแบบสำรวจความพึงพอใจ ออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข กรณีศึกษา: โรงพยาบาลอำเภอศรีสาคร จังหวัดนราธิวาส <i>สุวีนา ยูโซ๊ะ และสุรีนา มะตาหยง</i>	575
TO-08	การศึกษาเซ็นเซอร์หลักการทางแสงราคาถูกลงสำหรับงานตรวจวัดฝุ่นละอองใน อากาศ <i>สาคร ปันตา อาทิตย์ ยาวุฑฒิม* พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์ กิจจา ไชยทนต์ และ จักรรินทร์ ถิ่นนคร</i>	585
TO-09	การศึกษาเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่ใช้ค้นหาพีริแควนไอเท็มเซตสำหรับชุดข้อมูลที่มี ความหนาแน่นน้อย <i>ทวีศักดิ์ คงตุก วชิรี เพ็ชรวงษ์ และวุฒิพงษ์ เชื้อนดิน</i>	594
TO-10	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพหน่วยบันทึกข้อมูล iSCSI และ NFS กรณีศึกษา: การย้ายเครื่องเสมือนจริงแบบ Live Migration ของโปรแกรม KVM <i>อหิตญา จันทรแสง สุชาติพิย จันทรแก้ว กฤษณ์วรา รัตน์โอภาส และสุริรัตน์ แก้วศิริ</i>	604
TP-01	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพขั้นตอนการแบ่งภาระงานสมดุลที่มีการควบคุม น้ำหนักของเว็บไซต์ด้วยโปรแกรม HAProxy <i>ราชน หมดอด้า กิตติศักดิ์ เบ็ญตุสะ กฤษณ์วรา รัตน์โอภาส และสารภี จุลแก้ว</i>	612
TP-02	ทัศนคติและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นอบแห้งจากแป้ง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย <i>ภัทราวดี วงษ์วาศ และนิภาพร เมษา</i>	621
TP-03	สื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิชาทฤษฎีชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ <i>วรกมล วิชระทิมลมิตร สายฝน ยี่งนา ทวีศักดิ์ คงตุก และบารมี ไอสริฎกุล</i>	628
TP-04	สมาร์ทโพลสเตอร์ เรื่องเตือนภัยใกล้ตัว <i>วัชรพันธ์ พันธุ์บุบผา สุขใจ ดวงตาเสื่อ ทวีศักดิ์ คงตุก และอนุทิตา เล็กเพชร</i>	638
TP-05	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AR เพื่อนำเสนอสื่อความรู้และวินัยทางจราจร <i>ธัญจิรา อยู่เกิด ศิริพร เจริญรัก ทวีศักดิ์ คงตุก และวรนุช จันทรโอ</i>	648
TP-06	การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับวิชาทฤษฎีชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อกรณีศึกษา ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี <i>ชนวัฒน์ สว่างศรี ทวีศักดิ์ คงตุก และไกรสร สว่างศรี</i>	655
TP-07	คุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศส่งสัญญาณโทรทัศนดิจิตอล ที่รวมผลกระทบของราโดม <i>บัญชา เหลือแดง สิทธิชัย เด่นตรี และชวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์</i>	661
SSO-01	การรวบรวมมรดกภูมิปัญญาและแนวทางการอนุรักษ์การต่อเรือพื้นบ้านสุพรรณบุรี <i>วัชร เพ็ชรวงษ์ จันทรเพ็ญ วรณารักษ์ และเบ็ญจมาศ นาควงษ์</i>	668

SSO-02	การศึกษากลวิธีการเรียนรู้ค่านิจของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยในระดับอุดมศึกษา: เปรียบเทียบระหว่างผู้ที่มีความสามารถทางค่านิจสูงและต่ำ <i>ศุภิโกะ มิซึมะ และยุพกา พุกขิม่า</i>	678
SSO-03	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตีเครื่องตีที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช <i>ณวิสาร จุลเพชร รจนา คณากุล และณัฐริกา ขอบการ</i>	690
SSO-04	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช <i>ณวิสาร จุลเพชร เรวดี พวงแม่กลอง ฤทัยวรรณ สุดชู และกาญจนา ยี่สมัน</i>	698
SSO-05	ผลกระทบของพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ <i>ปิยลักษณ์ พงษ์ทวีรัตน์ และสำราญ ใฝ่นวล</i>	706
IO-06	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพขั้นตอนการแบ่งภาระงานสมดุลที่มีการควบคุมน้ำหนักของเว็บไซต์ด้วยโปรแกรม HAproxy <i>ราชน หมดอด้า กิตติศักดิ์ เบ็ญจตุส เกษณัฏรา รัตนโสภาส และสารภี จุลแก้ว</i>	715
AO-02	วิธีการสกัดและประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบหูกวางต่อการลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำ <i>พรทิมล ทิมรัตน์ นิวุฒิ หวังชัย สุพันธ์ณี สุวรรณภักดี และ พชรวัลย์ ศรียะศักดิ์</i>	722
AO-08	ประสิทธิภาพการไล่ของสารสกัดน้ำมันสะเดาต่อแมลงวันชอนใบ <i>Liriomyza</i> spp. (Diptera: Agromyzidae) ในถั่วเขียว <i>ลินภรณ์ บำรุงเพชร ปภพ สิ้นชยกุล และ วิชัย สรพงษ์ไพศาล</i>	729
MO-01	การประเมินประสิทธิภาพระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์ด้วยซอฟต์แวร์เสรีภายใต้มาตรฐาน Open Source Maturity Model กรณีศึกษา หน่วยกิจการนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ <i>วัชร เจริญสิริสกุล วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์ ธีรวัฒน์ หังสพฤกษ์ และ อรุมา รัตนดิถก ณ ภูเก็ต</i>	736
MO-04	การบริหารจัดการเครือข่ายที่ส่งผลต่อการจัดงานสงกรานต์ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์กรณีศึกษา ถนนตระกุลข้าว ในประเทศไทย <i>วิฑูร อินทจันทร์ และ ไชยนันท์ ปัญญาศิริ</i>	743
MP-01	การสำรวจศักยภาพกลุ่มวิจัย เพื่อกำหนดแนวทางในการสนับสนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ <i>ธรรมบุญ น่วมอนงค์</i>	749
MP-03	ปัจจัยความน่าเชื่อถือและความพึงพอใจของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ <i>วิศรา เบ้าทอง</i>	756

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



BO-04	เปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์ สำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ สินค้าชุมชน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ <i>ปภาวดี ชาวไทย กมลมาลย์ พรหมมา อัชฌาพร กว้างสวาสดี และ อังคณา จัดตามาศ</i>	762
BP-01	การบูรณาการส่งเสริมศึกษาและอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งในโรงงานนักศึกษาในระดับ ปริญญาตรี <i>รัตนาวลี ไม้สัก อองค์ ไต้วัลย์ และ สุวิทย์ ไวยทิพย์</i>	771
EO-13	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและเปรียบเทียบผลการทำความเข้าใจด้วยสัญญาภาค แบบขั้นตอนเดียวและหลายขั้นตอนสำหรับผักกาดหอมห่อ <i>ชนวัฒน์ นิตันวิจิตร ชยากร เขิงดี สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ และ จตุรภัทร วาฤทธิ์</i>	779
EO-16	การประเมินศักยภาพปริมาณน้ำทำด้วยเทคนิคการจำลองสถานีตรวจวัดจาก แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำยัง <i>ภานุทัต ศิริสุข และ หริส ประสารน้ำ</i>	788
ภาคผนวก		796
	กองบรรณาธิการ	797
	รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	798

## การแบ่งกลุ่มการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยโดยใช้ K-Means Algorithm Road Traffic Accidents Clustering in Thailand by Using K-Means Algorithm

สายัณห์ เทพแดง<sup>1\*</sup> รัฐกรรณ์ พงษ์ประเสริฐ<sup>1</sup> รุจิรา จุลภักดี<sup>1</sup> สิริพันธ์ สว่างวรรณ<sup>2</sup>  
และ ฐิติพร สังขรัตน์<sup>2</sup>

Sayan Tepdang<sup>1\*</sup>, Ratthakorn Pongprasert<sup>1</sup>, Rujira Junlapak<sup>1</sup>, Sirin Sawangwan<sup>2</sup>  
and Thitiporn Sangkharat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

<sup>2</sup>คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

<sup>1</sup>Faculty of Business Administration and Information Technology,

Rajamangala University of Technology Tawan-Ok

<sup>2</sup>Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok

\* Corresponding author: Sayan.te@cpc.ac.th

### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการแบ่งกลุ่มการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทย โดยใช้ K-Means Algorithm การทำวิจัยได้นำข้อมูลจากบริษัทกลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถจำกัด ระหว่างปี 2553 ถึง 2560 ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้ทั้ง 77 จังหวัดไปแบ่งกลุ่มเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้ K-Means Algorithm ได้พิจารณาจาก จำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้บาดเจ็บ ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มจังหวัดที่อันตรายมากที่สุด มี 5 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ชลบุรี เชียงใหม่ นครราชสีมาและสมุทรปราการ กลุ่มนี้มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ มีค่า Centroid อยู่ที่ 107,942 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิตมีค่า Centroid อยู่ที่ 2,999 คน จำนวนผู้บาดเจ็บมีค่า Centroid อยู่ที่ 123,609 คน กลุ่มจังหวัดอันตรายมาก มี 15 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น เชียงราย นครปฐม เป็นต้น กลุ่มนี้มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมีค่า Centroid อยู่ที่ 37,748 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิตมีค่า Centroid อยู่ที่ 1,399 คน จำนวนผู้บาดเจ็บมีค่า Centroid อยู่ที่ 43,110 คน กลุ่มจังหวัดที่อันตรายปานกลาง มี 32 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี กำแพงเพชร เป็นต้น กลุ่มนี้มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมีค่า Centroid อยู่ที่ 21,744 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิตมีค่า Centroid อยู่ที่ 988 คน จำนวนผู้บาดเจ็บมีค่า Centroid อยู่ที่ 24,518 คน กลุ่มสุดท้ายจังหวัดที่อันตรายน้อยมี 25 จังหวัด ได้แก่ กระบี่ ชุมพร ตราด เป็นต้น กลุ่มนี้มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมีค่า Centroid อยู่ที่ 10,800 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิตมีค่า Centroid อยู่ที่ 502 คน จำนวนผู้บาดเจ็บมีค่า

Centroid อยู่ที่ 12,375 คน ผลจากการแบ่งกลุ่มสามารถนำไปเพิ่มความเข้มงวดในการกวดขัน  
วินัยจราจร เช่น การขับรถเร็ว เมาแล้วขับ ฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ในกลุ่มที่อันตรายมากที่สุด

**คำสำคัญ:** K-Means ข้อมูลขนาดใหญ่ การเกิดอุบัติเหตุจราจรทางบก การแบ่งกลุ่ม

### Abstract

This article aims to present a clustering algorithm of Road Traffic Accident in Thailand by using K-Means. The data was continuously collected by the Thai Road Safety Reports during 2010 to 2017. The data was conducted by using K-Means Algorithm and was clustered into 4 groups out of 77 provinces. The data was clustered according to the numbers of accidents, the numbers of deaths and the numbers of injures. The result was reported that there were 5 provinces found to be the most dangerous places the accidents were seriously occurred: Bangkok; Chon Buri; Chiang Mai; Nakhon Ratchasima; and Samut Prakarn. The numbers of accidents were analyzed by using Centroid value and was reported at 107,942. The number of deaths was reported at 2,999. The numbers of injuries was reported at 123,609. The second most dangerous places were found in 15 provinces, for example, Khon Kaen, Chiang Rai, and Nakhon Pathom with the report of Centroid value at 37,748. The report of deaths was with the Centroid level at 1,399. The injuries was reported at 43,110. There were 32 provinces found to be the third most dangerous places, for example, Kanchanaburi, Kalasin, and Kamphaeng Phet with the report of Centroid at 21,744. The report of deaths was at 988. The centroid value of 24,518 injuries was reported. The 25 provinces were found less dangerous places for the accident, e.g., Krabi, Chumphon, and Trat with the report of Centroid at 10,800. The report of deaths was at 502. The injuries was reported at 12,375. The study can be contributed to increase more restrictive regulations such as exceeding speed limit, drunk driver, and violation of traffic lights in order to help reducing road accidents in particular most dangerous areas.

**Keywords:** K-Means, Big Data, Road Traffic Accidents, Clustering

## บทนำ

อุบัติเหตุจราจร (Road Traffic Accidents) ยังเป็นปัญหาสำคัญของโลก เนื่องจากเป็นสาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้นในประเทศ ทำให้ประชากรโลกต้องเสียชีวิตปีละกว่า 1.2 ล้านคน บาดเจ็บและพิการปีละกว่า 50 ล้านคน (กาญจน์กรอง สุอังคะ, 2559) องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้คาดการณ์ว่า ปี พ.ศ. 2573 หากแต่ละประเทศไม่มีมาตรการที่ดีในการป้องกันอุบัติเหตุทางถนน จำนวนผู้เสียชีวิตทั่วโลกจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เฉลี่ยปีละ 2.4 ล้านคน ซึ่งจะทำให้อันดับสาเหตุการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุมีมากกว่าสาเหตุจากโรคร้ายหลายโรค เช่น โรคมะเร็ง เป็นต้น (สุรงค์ศรี ศีตมโนชญ์ และคณะ, 2555) โดยผู้ประสบอุบัติเหตุส่วนใหญ่ เป็นเพศชาย อายุระหว่าง 16-25 ปี เวลาเกิดอุบัติเหตุอยู่ในช่วง 18.00 – 22.00 น. มีจุดเกิดเหตุมากที่สุด 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ชลบุรี และนครราชสีมา (บริษัท กลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถ จำกัด, 2560)

องค์การอนามัยโลกในปี พ.ศ. 2556 ได้ระบุว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอัตราส่วนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงเป็นอันดับ 2 ของโลก โดยมีอัตราการตายเท่ากับ 36.2 คนต่อประชากร 1 แสนคน กล่าวได้ว่า คนไทยมีความเสี่ยงที่จะเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม อุบัติเหตุทางถนนไม่เพียงส่งผลกระทบต่อผู้ที่ประสบภัยเท่านั้น แต่ยังก่อให้เกิดความสูญเสียต่อเศรษฐกิจไทยอย่างมหาศาล นอกจากนี้ยังทำให้เกิดต้นทุนอื่นๆ เช่น ต้นทุนในการดำเนินคดี ต้นทุนจากผลกระทบต่อสภาพการจราจร เป็นต้น (ณชา โอเจริญ, 2560) ซึ่งความสูญเสียจากการเสียชีวิตและบาดเจ็บสาหัสจากอุบัติเหตุจราจรสามารถประมาณการได้ว่า การเสียชีวิตมีมูลค่า 10 ล้านบาทต่อราย การบาดเจ็บสาหัสมีมูลค่า 3 ล้านบาทต่อราย และคิดเป็นร้อยละ 6 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2560) ดังนั้นหากปัญหาอุบัติเหตุทางถนนไม่ได้รับการแก้ไขปัญหาที่จริงจังและต่อเนื่องก็ย่อมส่งผลให้ประเทศชาติต้องสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ และกำลังแรงงานทั้งในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งการแบ่งกลุ่มข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุเป็นรายจังหวัดจะเป็นข้อมูลตั้งต้นสำคัญในการช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นำผลลัพธ์ไปใช้ประโยชน์ได้

การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Data Clustering) เป็นการจำแนกข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันออกเป็นกลุ่ม เช่น แบ่งกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรคเดียวกันตามลักษณะอาการ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของโรค การแบ่งกลุ่มอายุลูกค้าที่ซื้อสินค้าของบริษัทเพื่อจะจัดโปรโมชั่นส่งเสริมการขายแก่ลูกค้า เป็นต้น ซึ่งการแบ่งกลุ่มของข้อมูลมีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีการ

แบ่งกลุ่มข้อมูลแบบ K-Means Algorithm เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ โดยจะตัดแบ่ง (Partition) วัตถุออกเป็น K กลุ่ม และแทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มด้วยจุดศูนย์กลาง (Centroid) ของกลุ่มในการวัดระยะห่างของข้อมูลในกลุ่ม

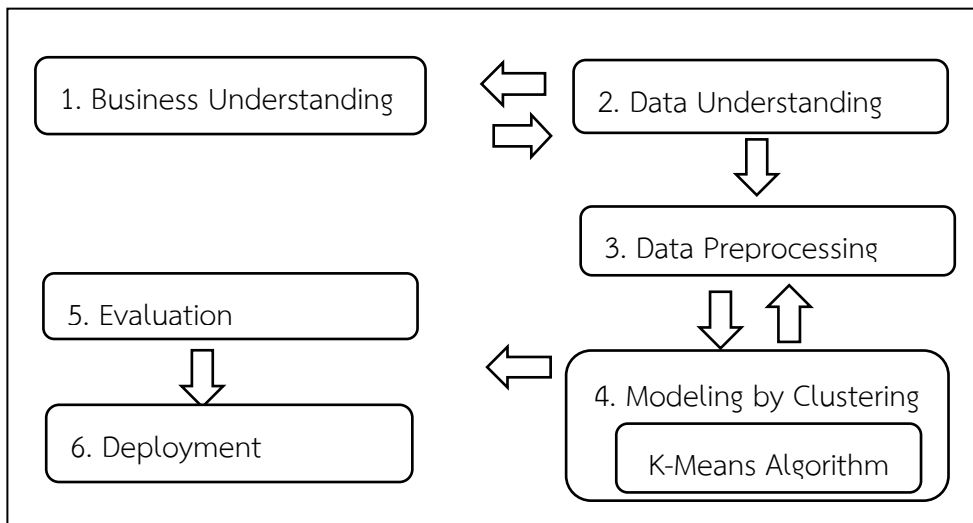
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำ K-Means Algorithm ไปใช้การแบ่งกลุ่มในหลายด้าน เช่น การนำไปการประยุกต์ใช้ K-Means เพื่อจัดกลุ่มกราฟแท่งเทียนซึ่งเป็นงานวิจัยในการใช้ K-Means เพื่อจัดกลุ่มกราฟแท่งเทียนในการตัดสินใจขายหุ้นรายวันจากหุ้นในกลุ่ม SET50 (สุจิรา ไชยกุลสินธุ์, ปริญญา มากกลิ่น, และวัชระ โพธิสรณ์, 2559) ผลที่ได้จากการวิจัยสามารถ แต่ละกลุ่มมีรูปแบบสะท้อนความเคลื่อนไหวของราคาที่แตกต่างกันได้ และงานวิจัยที่ศึกษา เปรียบเทียบการจัดแบ่งข้อมูลที่มีคุณสมบัติมากด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ได้ทำการวิเคราะห์ อัลกอริทึมแบบจำลองของเหมืองข้อมูลสองอัลกอริทึมคือ Cobweb และ Simple K-means อัลกอริทึม พบว่า Simple K-means สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ Cobweb (ปริญญา ทองคำ, อุบลวรรณ กิจคณะ อานนทศิริไทย และวนิดา แกนอากาศ, 2552) งานวิจัย การแบ่งการวิเคราะห์บันทึกการใช้งานของระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อค้นหาผู้เรียนที่มีพฤติกรรมเสี่ยง โดยจะแบ่งผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มเสี่ยง กลุ่มเฝ้าระวัง และกลุ่มปกติ (สีแดง สีเหลือง สีเขียว ตามลำดับ) โดยใช้อัลกอริทึม K-means ในการแบ่งกลุ่มข้อมูล ผลวิจัยพบว่าช่วยให้ ผู้สอนสามารถทราบพฤติกรรมนักเรียนและช่วยเหลือผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงได้อย่างทันเวลา (จิรัฏฐา ภูบุญอบ, อุมพร จันโสภา และสมนึก พ่วงพรพิทักษ์, 2556)

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการแบ่งกลุ่มจังหวัดการเกิด อุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยทั้ง 77 จังหวัดโดยใช้ K-Means Algorithm ในการจำแนก ข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้บาดเจ็บ ผลการวิจัยสามารถ นำไปเพิ่มความเข้มงวดในการกวดขันวินัยจราจร เช่น การขับรถเร็ว เมาแล้วขับ ฝ่าฝืน สัญญาณไฟจราจร ไม่คาดเข็มขัดนิรภัย การไม่สวมหมวกนิรภัย แชนจ์ในที่คับขัน ขับรถย้อนศร การใช้โทรศัพท์ระหว่างการขับรถ ไม่คาดเข็มขัดนิรภัย ในกลุ่มที่อันตรายมากที่สุดได้ และกลุ่ม อันตรายอื่นๆ เพื่อลดจำนวนหรืออัตราการเกิดอุบัติเหตุต่อไป

### วิธีการศึกษา

กระบวนการทำวิจัยมีอยู่ 6 กระบวนการ ดังรูปที่ 1 กระบวนการดำเนินการวิจัย ซึ่งใช้ กระบวนการวิจัยที่เรียกว่า “Cross-Industry Standard Process for Data Mining” หรือ เรียกย่อว่า “CRISP-DM” เพื่อนำมาใช้ในวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มข้อมูล





รูปที่ 1 กระบวนการดำเนินการวิจัย

1. Business Understanding ทำความเข้าใจในการรายงานผลของศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ จากเว็บไซต์ <http://www.thairsc.com> โดยบริษัท กลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถ จำกัด เพื่อให้ทราบข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในแต่ละเขต อำเภอ และจังหวัด

2. Data Understanding ทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุระหว่างปี พ.ศ. 2553 - 2560 รวมระยะเวลา 8 ปี และรวบรวมข้อมูล เช่น จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้เสียชีวิต จำนวนผู้บาดเจ็บ เป็นต้น

3. Data Preprocessing นำข้อมูลที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการแบ่งกลุ่มในระดับจังหวัด ได้แก่ จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้บาดเจ็บ จากนั้นได้แปลงข้อมูลที่เป็นตารางให้อยู่ในรูปแบบของ CSV ไฟล์

4. Modeling นำข้อมูลมาใช้ในการแบ่งกลุ่มโดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบ Partitional Clustering และใช้ขั้นตอนวิธี K-Means Algorithm คือ การแบ่งกลุ่มข้อมูลอย่างชัดเจนโดยไม่มีกลุ่มใดทับซ้อนกัน มาทำการแบ่งกลุ่มจังหวัดจากจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้บาดเจ็บ โดยใช้งานซอฟต์แวร์ Rapid Miner Studio 6

5. Evaluation เป็นการประเมินผลที่ได้จากการวิจัย

6. Deployment เป็นการนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลได้อย่างชัดเจนโดยไม่มีกลุ่มหนึ่งกลุ่มใดทับซ้อนกัน

### ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการแบ่งกลุ่มการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยโดยใช้ K-Means Algorithm พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูล 77 จังหวัดในประเทศไทยได้ 4 กลุ่ม โดยไม่มีจังหวัดใดที่มีข้อมูลทับซ้อนกันในแต่ละกลุ่ม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งกลุ่มการเกิดอุบัติเหตุ

การแบ่งกลุ่ม	กลุ่มที่ 1 มีค่า Centroid	กลุ่มที่ 2 มีค่า Centroid	กลุ่มที่ 3 มีค่า Centroid	กลุ่มที่ 4 มีค่า Centroid
	อันตรายมากที่สุด	อันตรายมาก	ปานกลาง	น้อย
จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ	107,942 ครั้ง	37,748 ครั้ง	21,744 ครั้ง	10,800 ครั้ง
จำนวนผู้เสียชีวิต	2,999 คน	1,399 คน	988 คน	502 คน
จำนวนผู้บาดเจ็บ	123,609 คน	43,110 คน	24,518 คน	12,375 คน
จำนวนจังหวัด	5 จังหวัด	15 จังหวัด	32 จังหวัด	25 จังหวัด

จากตารางที่ 1 การแบ่งกลุ่มการเกิดอุบัติเหตุมีการแสดงค่า Centroid คือค่าที่เป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มในการวัดระยะห่างของข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน ผลจากการวิจัยพบว่า การแบ่งกลุ่มจังหวัดการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทย พบว่า 1) กลุ่มจังหวัดที่อันตรายมากที่สุด มี 5 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ชลบุรี เชียงใหม่ นครราชสีมา และสมุทรปราการ กลุ่มนี้มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมีค่า Centroid อยู่ที่ 107,942 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิตมีค่า Centroid อยู่ที่ 2,999 คน จำนวนผู้บาดเจ็บมีค่า Centroid อยู่ที่ 123,609 คน 2) กลุ่มที่จังหวัดอันตรายมากมี 15 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น เชียงราย นครปฐม นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ บุรีรัมย์ พิษณุโลก เพชรบูรณ์ ภูเก็ต ลำปาง ศรีสะเกษ สงขลา สมุทรสาคร อุตรธานี และอุบลราชธานี กลุ่มนี้มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมีค่า Centroid อยู่ที่ 37,748 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิตมีค่า Centroid อยู่ที่ 1,399 คน จำนวนผู้บาดเจ็บมีค่า Centroid อยู่ที่ 43,110 คน 3) กลุ่มจังหวัดที่อันตรายปานกลาง มี 32 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี กากสินธุ์

กำแพงเพชร จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชัยนาท ชัยภูมิ ตรัง นนทบุรี น่าน ปทุมธานี ประจวบคีรีขันธ์ ปัตตานี พระนครศรีอยุธยา พะเยา พัทลุง พิจิตร เพชรบุรี แพร่ ยโสธร ร้อยเอ็ด ระยอง ราชบุรี ลพบุรี ลำพูน สกลนคร สระบุรี สุโขทัย สุพรรณบุรี สุราษฎร์ธานี สุรินทร์ และอุดรดิตถ์ กลุ่มนี้มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมีค่า Centroid อยู่ที่ 21,744 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิตมีค่า Centroid อยู่ที่ 988 คน จำนวนผู้บาดเจ็บมีค่า Centroid อยู่ที่ 24,518 คน และ 4) กลุ่มสุดท้ายจังหวัดที่อันตรายน้อย มี 25 จังหวัด ได้แก่ กระบี่ ชุมพร ตราด ตาก นครนายก นครพนม นราธิวาส บึงกาฬ ปราจีนบุรี พังงา มหาสารคาม มุกดาหาร แม่ฮ่องสอน ยะลา ระนอง เลย สตูล สมุทรสงคราม สระแก้ว สิงห์บุรี หนองคาย หนองบัวลำภู อ่างทอง อำนาจเจริญ และอุทัยธานี กลุ่มนี้มีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุมีค่า Centroid อยู่ที่ 10,800 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิตมีค่า Centroid อยู่ที่ 502 คน จำนวนผู้บาดเจ็บมีค่า Centroid อยู่ที่ 12,375 คน

### วิจารณ์

การวิจัยพบว่ากลุ่มจังหวัดที่อันตรายมากที่สุด มี 5 จังหวัดได้แก่ กรุงเทพมหานคร ชลบุรี เชียงใหม่ นครราชสีมา และสมุทรปราการ ผลรวมของกลุ่มจังหวัดที่อันตรายมากที่สุด ได้แก่ จำนวนครั้งการเกิดอุบัติเหตุรวม 539,711 ครั้ง คิดเป็น 26.0% จำนวนคนที่เสียชีวิต 14,999 คนคิดเป็น 18.7% จำนวนคนผู้บาดเจ็บรวม 618,046 คน คิดเป็น 26.2% ดังนั้นควรมีมาตรการในการลดการเกิดอุบัติเหตุและสร้างความปลอดภัยทางถนนให้มากที่สุดในกลุ่มนี้ และกลุ่มอื่นๆ รองลงมาตามการแบ่งกลุ่ม เพื่อลดจำนวนการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้เสียชีวิต จำนวนผู้บาดเจ็บต่อไป ในส่วนของข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต ควรหาคุณสมบัติอื่นๆ มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มมากขึ้น เช่น สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ เวลาเกิดอุบัติเหตุ และข้อมูลสถานที่ที่เกิดอุบัติเหตุ อายุ เพศของผู้ขับขี่ เป็นต้น

### สรุป

การแบ่งกลุ่มการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในประเทศไทยโดยใช้ K-Means Algorithm ผลที่ได้จากการวิจัย สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ในกลุ่มจังหวัดที่อันตรายมากที่สุด และกลุ่มอื่นๆ ที่รองลงมา ดังนี้ 1) การตั้งจุดตรวจและการนำใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อกวดขัน วินัยจราจรให้เพิ่มมากขึ้น เช่น การขับเร็ว เมาแล้วขับ ฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร การไม่คาดเข็มขัดนิรภัย เป็นต้น 2) การปรับปรุงถนนและสภาพแวดล้อมให้มีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น

3) การเตรียมพร้อมทางด้านการแพทย์ สุดท้ายคณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ โดยบริษัทกลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถจำกัด ที่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- กาญจน์กรอง สุอังคะ. 2559. การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ของวัยรุ่นที่มีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้รถจักรยานยนต์. รายงานการวิจัย . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- จิรัฏฐา ภูบุญอบ, อุมภาพร จันโสภา และสมนึก พวงพรพิทักษ์. 2556. การวิเคราะห์บันทึกการใช้งานของระบบอีเลิร์นนิ่งเพื่อค้นหาผู้เรียนที่มีพฤติกรรมเสี่ยง. การประชุมทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยมหาวิทาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ, สกลนคร.
- ณัชชา โอเจริญ. 2560. อุบัติเหตุทางถนน. ความเสียหายร้ายแรงต่อเศรษฐกิจไทย. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.  
[https://tdri.or.th//08/2017econ\\_traffic\\_accidents/](https://tdri.or.th//08/2017econ_traffic_accidents/) (24 มีนาคม 2561)
- ปริญญา ทองคำ, อุบลวรรณ กิจคณะ, อานนท์ ศิริไทย และวนิดา แกนอากาศ. 2552. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเพื่อจัดแบ่งข้อมูลที่มีคุณสมบัติมากด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล. น. 388 – 404. ใน: การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2560. โครงการประเมินมาตรการความปลอดภัยทางถนนกรณีเส้นทางท่าเรือวัดบันได – โรงปูนท่าหลวง และเส้นทางถนนมิตรภาพ – โรงปูนแก่งคอย. รายงานการวิจัย. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.
- สุจิตรา ไชยกุลสินธุ์, ปริญญา มากกลิ่น และวัชรระ โพธิสรณ์. 2559. การประยุกต์ใช้ K-Means เพื่อจัดกลุ่มกราฟแท่งเทียบ. น. 768 – 779. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านบริหารธุรกิจราชชมงคลพระนคร และการนำเสนอผลงานวิจัยเชิงสร้างสรรค์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- สุรางค์ศรี ศีตมโนชญ์, วิวัฒน์ ศีตมโนชญ์, อรชร อัฐทวีลาภ และลักขณา ไทยเครือ. 2555. โครงการการพัฒนารูปแบบการแก้ไขปัญหาการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจากรถยนต์โดยสารรวม โดยอาศัยทรัพยากรและศักยภาพในพื้นที่วังรอบที่ 3 จังหวัดภูเก็ต. รายงาน

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



การวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ และมูลนิธิสาธารณสุข  
แห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร.

เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดิ์ดา. 2557. Introduction to Business Analytics with Rapid Miner  
Studio. เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.

เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดิ์ดา. 2557. An Introduction to Data Mining Techniques. พิมพ์ครั้งที่  
ที่ 2. เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.

การประยุกต์ใช้ API SMS เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการประชาสัมพันธ์การปฏิบัติงาน  
ระหว่างโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน:  
กรณีศึกษาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ทุ่งนุ้ย สตูล  
Applying SMS API to Improve Announcement Process Performance  
between Sub-District Health Promoting Hospital and Village Health  
Volunteers Based: A Case Study of Sub-District Health Promoting Hospital,  
Tungnui, Satun

อาซัน วงศ์หมัดทอง\* และ สุรีนา มะตาหยง

Asun Wongmadtong\* and Sureena Matayong

การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Management of Information Technology, Faculty of Engineering,

Prince of Songkla University, Hat Yai Campus

\* Corresponding author: asun.w@rmutsv.ac.th

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการแจ้งข้อมูลข่าวสารและการประชาสัมพันธ์ในการจัดกิจกรรมของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งนุ้ยกับอาสาสมัครประจำหมู่บ้าน มีวิธีการแจ้งเตือนที่หลากหลายตามความสะดวกของผู้ใช้งาน เช่น การส่งบันทึกข้อความ การโทรติดต่อประสานงาน การส่งข้อความผ่าน Line Application เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวใช้เวลาค่อนข้างสูง เกิดการสูญหายของข้อมูล โดยเฉพาะข้อมูลระหว่างการประสานงานมีความผิดพลาดบ่อยครั้ง จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลกระทบต่อระบบการแจ้งข้อมูลข่าวสารและการประชาสัมพันธ์ขาดประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบการประชาสัมพันธ์การปฏิบัติงานระหว่างโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน โดยใช้ API SMS และ Line Notify นำมาปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแจ้งข้อมูลข่าวสารและการประชาสัมพันธ์ โดยประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานตามแนวคิดการจัดการแบบสีน ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ API SMS และ Line Notify สำหรับการดำเนินงานในการแจ้งข้อมูลข่าวสารและการประชาสัมพันธ์การปฏิบัติงานระหว่างโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านสามารถลด

ขั้นตอน ระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานมากขึ้น จาก 29.24% เพิ่มเป็น 96.81%

**คำสำคัญ:** สลิน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน API SMS Line Notify

### Abstract

At present, the announcement process about activities between sub-district health promoting hospital and village health volunteers has been performed in various ways such as sending short message, sending message via line application and voice call. These approaches reveal drawbacks such as spend a lot of time, Loss of data, and information during coordination is often mistaken. The mentioned problems cause ineffective announcement process performance between sub-district health promoting hospital and village health volunteers. Therefore, the researchers developed information system for announcement process about activities between sub-district health promoting hospital and village health volunteers, which is based on API SMS and Line Notify. Performance evaluation is based on lean management concept. The results indicate that the application of API SMS and Line Notify for announcement process about activities between sub-district health promoting hospital and village health volunteer system can reduce the procedure, the duration, and increase operational efficiency from 29.24% to 96.81%.

**Keywords:** Lean, Sub-district health promoting hospital, Village health volunteers, API SMS, Line Notify

### บทนำ

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งนุ้ยหรือ รพ.สต.ทุ่งนุ้ย เป็นโรงพยาบาลระดับตำบล อยู่ในความดูแลของโรงพยาบาลควนกาหลง ตั้งอยู่ในอำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล ประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ประจำโรงพยาบาล จำนวน 9 คน มีจำนวนประชากร 7,538 คน มีจำนวนหลังคาเรือน 1,901 หลัง จำนวนหมู่บ้านที่รับผิดชอบ 7 หมู่บ้าน (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งนุ้ย 2558) ดำเนินงานด้านสุขภาพที่เน้นการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน

ให้บริการด้านส่งเสริมสุขภาพป้องกัน ควบคุมโรค และฟื้นฟูสภาพร่างกาย รวมทั้งการจัดการ ปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพ แก่ประชาชนทุกกลุ่มในพื้นที่ที่รับผิดชอบ เน้นการดำเนินการเชิงรุก อย่างต่อเนื่องสามารถให้คำปรึกษาและส่งต่อผู้ป่วยได้ตลอด (กระทรวงสาธารณสุข 2552) มีความเชื่อมโยงและมีส่วนร่วมพัฒนาสถานบริการให้ได้มาตรฐานตามแผนนโยบายของ หน่วยงาน การบริการสุขภาพในระดับชุมชน และการเข้าถึงประชากรภายในพื้นที่รับผิดชอบมี ข้อจำกัดด้านพื้นที่ การพูดคุย วัฒนธรรม เนื่องจากจำนวนเจ้าหน้าที่มีจำกัด รพ.สต.ตำบลทุ่ง น้อย ประกอบด้วยอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) จำนวน 160 คน คอย ช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ แต่ละเดือนมีการจัดประชุมภายในระหว่างเจ้าหน้าที่ รพ.สต.และ อสม. เพื่อรายงานผลการดำเนินงาน ซึ่งการจัดประชุมดังกล่าวเพื่อแจ้งการดำเนินงานด้านต่าง ๆ เช่น การลงชุมชน การให้บริการแก่ประชาชน เป็นต้น ซึ่งช่องทางในการแจ้งการประชุมยังใช้ รูปแบบการแจ้งข้อมูลในรูปแบบเอกสารแล้วส่งต่อ การโทรติดต่อประสาน และรูปแบบ ข้อความผ่าน Line Application การบอกกล่าวข่าวสารต่าง ๆ กัน เป็นต้น ประสานงาน ดังกล่าวยังพบปัญหาระหว่างการดำเนินงาน เช่น ใช้เวลานาน เกิดการสูญหายและผิดพลาด ของข้อมูลระหว่างการประสานงาน เนื่องจากการติดต่อสื่อสารรูปแบบเดิมไม่สามารถปฏิบัติ พร้อมกันได้หลาย ๆ ครั้ง

ปัจจุบันระบบตารางนัดหมายออนไลน์เป็นที่นิยมใช้เพื่อเป็นการนัดหมาย แจ้งเตือน การทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ มีบริการให้ทั่วไปอย่างหลากหลาย เช่น Google calendar, Line, Microsoft 365 และ อื่นๆ (คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล 2012) (Microsoft 2017) เครื่องมือดังกล่าวเหล่านี้มีประโยชน์ในการสร้างรูปแบบการนัดหมายที่แตกต่างกัน ออกไป แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากกลุ่มผู้ใช้งานขาดความรู้ความสามารถในการใช้งาน ซึ่งระบบ ดังกล่าวต้องมี User ผู้ใช้งานและต้องไปตั้งค่าในการแจ้งเตือนหลายขั้นตอน ที่สำคัญผลการ สืบรวจข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ของ อสม.ปรากฏว่า 54.38% ของผู้ใช้งานไม่มี โทรศัพท์ Smartphone ใช้งาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการวิเคราะห์ และพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อรองรับการดำเนินงานแก้ปัญหาดังกล่าวโดยพัฒนาช่องทางใน การติดต่อสื่อสารการนัดหมายทำกิจกรรมด้วย API SMS และ Line Notify ในการแจ้งเตือน กิจกรรม โดยใช้แนวการจัดการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานให้สามารถตอบสนอง กระบวนการทำงานขององค์กร ให้ครอบคลุมทุกช่องทางการสื่อสาร



## วิธีการศึกษา

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์แนวทางการบริหารจัดการแบบลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการนัดหมายทำกิจกรรมด้วย API SMS ระหว่าง รพ.สต. และ อสม. โดยเลือกใช้เครื่องมือการวิจัยดังนี้

### 1. ระบบการผลิตแบบลีน

ลีน (Lean) เป็นระบบที่คิดค้นโดยบริษัทโตโยต้า มอเตอร์ประเทศญี่ปุ่น ในปี พ.ศ.2561 เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพและกระบวนการของการทำงาน และหลีกเลี่ยงการสูญเปล่าของกระบวนการทำงาน (นวนสร้อย et al. 2559) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. เขียนขั้นตอนการดำเนินงานปัจจุบันโดยเขียนขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการอย่างละเอียด

2. ระบุระยะเวลาที่เกิดขึ้นของกิจกรรมทุกกิจกรรมและระยะเวลาในแต่ละกิจกรรม และเวลาที่ต้องรออย่างละเอียด

3. วิเคราะห์กิจกรรมที่เกิดขึ้นว่ากิจกรรมใดมีความจำเป็นหรือไม่มีความจำเป็นที่ต้องทำหรือไม่มีความจำเป็นแต่ต้องทำ โดยกำหนดเป็นสัญลักษณ์ ดังนี้



จำเป็นต้องทำ (Value)



ไม่จำเป็นต้องทำ (Waste)



ไม่จำเป็นต้องทำแต่ต้องทำ (Necessary non Value)

### 2. ขั้นตอนการแจ้งเตือนตามแนวการดำเนินการแบบเดิม (Pre-Lean)

ขั้นตอนในการนัดหมายทำกิจกรรม ระหว่าง รพ.สต. และ อสม. ในปัจจุบันประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

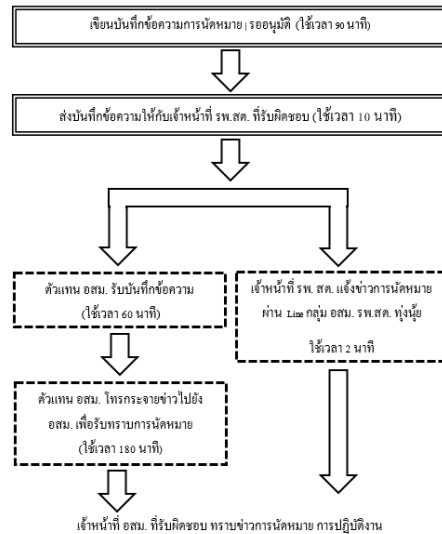
ขั้นตอนที่ 1 เขียนบันทึกข้อความการนัดหมาย | รออนุมัติ ผ่านทางหัวหน้าผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพร้อมรออนุมัติ ใช้เวลา 90 นาที

ขั้นตอนที่ 2 ส่งบันทึกข้อความให้กับส่งบันทึกข้อความให้กับเจ้าหน้าที่ รพ.สต. ที่รับผิดชอบ ใช้เวลา 10 นาที

ขั้นตอนที่ 3 เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ รพ.สต. ดำเนินการแจ้งข่าวการนัดหมายให้ อสม. โดยใช้วิธีการส่งบันทึกข้อความให้กับตัวแทน อสม. ใช้เวลา 60 นาที

ขั้นตอนที่ 4 ตัวแทน อสม. โทรกระจายข่าวไปยัง อสม. ที่รับผิดชอบ เพื่อรับทราบการนัดหมาย โดยการโทรศัพท์บอกต่อๆ กัน ใช้เวลา 180 นาที

ขั้นตอนที่ 5 เจ้าหน้าที่ รพ. สต. แจ้งข่าวการนัดหมาย ผ่าน Line กลุ่ม อสม. รพ.สต. ทุ่งนุ้ย ใช้เวลา 2 นาที



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการทำงานตามแนวการทำงานแบบเดิม (Pre-Leen)

จากภาพที่ 1 ขั้นตอนขั้นตอนการนัดหมายทำกิจกรรม ระหว่าง รพ.สต. และ อสม. แบบเดิม (Pre-Leen) รวมระยะเวลาที่ใช้ไปทั้งหมด 342 นาทีสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพ} &= \frac{\text{ผลรวมของเวลาที่เป็นคุณค่า(Value)}}{\text{เวลาทั้งหมด(Cycle Time)}} \times 100 \\
 &= \frac{100}{342} \times 100 \\
 &= 29.24\%
 \end{aligned}$$

### 3. ขั้นตอนการแจ้งเตือนตามแนวทางการดำเนินการแบบใหม่ (Post-Leen)

ขั้นตอนหลังจากการนำแนวทางการบริหารจัดการแบบลีนมาประยุกต์ใช้กับการนัดหมายทำกิจกรรมด้วย API SMS ระหว่าง รพ.สต. และ อสม. เพื่อช่วยในการแจ้งเตือนกิจกรรมต่างๆ มีขั้นตอนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอนดังนี้

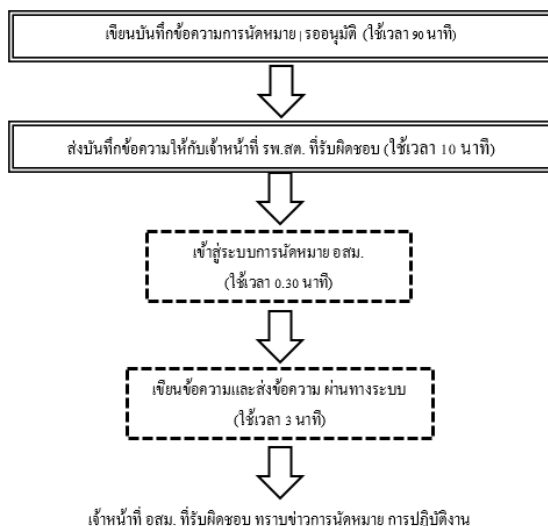
ขั้นตอนที่ 1 เขียนบันทึกข้อความการนัดหมาย | รออนุมัติ ผ่านทางหัวหน้าผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพร้อมรอกการอนุมัติ ใช้เวลา 90 นาที

ขั้นตอนที่ 2 ส่งบันทึกข้อความให้กับส่งบันทึกข้อความให้กับเจ้าหน้าที่ รพ.สต. ที่รับผิดชอบ ใช้เวลา 10 นาที

ขั้นตอนที่ 3 เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ รพ.สต. เข้าสู่ระบบการนัดหมาย อสม. ใช้เวลา 60 นาที

ขั้นตอนที่ 4 เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ รพ.สต. เขียนข้อความและส่งข้อความ ภายในระบบ ใช้เวลา 3 นาที

ขั้นตอนที่ 5 เจ้าหน้าที่ รพ. สต. แจ้งข่าวการนัดหมาย ผ่าน Line กลุ่ม อสม. รพ.สต. ทุ่งนุ้ย ใช้เวลา 2 นาที



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานตามแนวการทำงานแบบใหม่ (Post-Leen)

จากภาพที่ 2 ขั้นตอนขั้นตอนการแจ้งเตือนด้วย (Pre-Leen) รวมระยะเวลาที่ใช้ไปทั้งหมด 103 นาทีสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพ} &= \frac{\text{ผลรวมของเวลาที่เป็นคุณค่า(Value)}}{\text{เวลาทั้งหมด(Cycle Time)}} \times 100 \\
 &= \frac{100}{103.3} \times 100 \\
 &= 96.81\%
 \end{aligned}$$

### ผลการศึกษา

จากการศึกษาตามแนวบริหารจัดการแบบลีนสามารถสรุปผลเป็นตารางเปรียบเทียบการทำงานระหว่าง Pre-Leen และ Post-Leen ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการทำงานระหว่าง Pre-Leen และ Post-Leen

กิจกรรม	Pre-Leen	Post-Leen
ขั้นตอน	6	5
ระยะเวลา (นาที)	342	103
ประสิทธิภาพ (%)	29.24%	96.81%

จากตารางผลการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างก่อนและหลังการนำแนวทางการจัดการแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบการนัดหมายทำกิจกรรมด้วย API SMS ระหว่าง รพ.สต. และ อสม. พบว่า ช่วยให้ลดขั้นตอน และระยะเวลาการดำเนินงาน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานสูงขึ้นจาก 29.24% เป็น 96.81%

### วิจารณ์

จากการพัฒนาระบบการนัดหมายทำกิจกรรมด้วย API SMS ระหว่าง รพ.สต. และ อสม. ทางผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำ API SMS มาแก้ปัญหาด้านการรับส่งข้อความในการแจ้งเตือนการนัดหมาย เพราะระบบ SMS เป็นบริการส่งข้อความสั้นๆ ลักษณะการใช้งาน จะคล้ายกับการส่งอีเมล แต่จะสามารถส่งข้อความได้ไม่เกิน 160 ตัวอักษรผ่านทางโทรศัพท์มือถือ SMS สามารถส่งไปยังผู้รับโดยไม่ต้องกังวลว่าพื้นที่ของผู้รับจะมีสัญญาณหรือไม่ ในขณะนั้นหากทางปลายทางไม่มีสัญญาณระบบ SMS นี้จะเก็บข้อมูลไว้จนกว่าปลายทางมีสัญญาณทาง

ระบบจึงจะทำการส่งข้อมูลไปในทันที (เยวาลักษณ์ 2553) นอกจากนี้ทางผู้วิจัยได้นำระบบ Line Notify มาช่วยในการส่งข้อความถึงผู้รับอีกทางหนึ่งเพื่อตอบสนองผู้ที่ใช้โทรศัพท์ Smart Phone และลดค่าใช้จ่ายในการส่ง SMS เพราะ Line Notify เป็นบริการของทาง Line บริการและช่องทางที่สามารถส่งข้อความการแจ้งเตือนต่างๆ ไปยังบัญชีผู้ใช้งาน ผ่านการใช้ API ซึ่งเรียกผ่าน HTTP POST โดย Line notify สามารถแจ้งเตือนได้เฉพาะผู้ที่ขอใช้ หรือ กลุ่มที่ขอใช้เป็นสมาชิกเท่านั้น ไม่สามารถส่งเข้าห้องสนทนาของผู้อื่นได้ ในการใช้งาน API ใน ทุก ๆ บริการ จะมีสิ่งที่เรียกว่า Access Token ไว้สำหรับเป็นรหัสที่ใช้ตอนจะเข้าใช้งาน API โดยรหัสนี้จะป็นข้อความแทนอีเมลล์ และพาสเวิร์คของเรา ดังนั้นหาก Access Token ถูกเปิดเผย เรายังสามารถใช้งานแอ็ดเค้าได้ปกติ (กรณิภา 2557) ซึ่งผู้วิจัยได้นำเครื่องมือดังกล่าว มาพัฒนาระบบการนัดหมายทำกิจกรรมด้วย API SMS ระหว่าง รพ.สต. และ อสม.

### สรุป

จากการพัฒนาระบบการนัดหมายทำกิจกรรมด้วย API SMS ระหว่าง รพ.สต. และ อสม. ทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการนัดหมายการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 96.81 นอกจากนี้เวลาในกระบวนการแจ้งข่าวการนัดหมายลดลง 239 นาที ด้วยระบบที่พัฒนานี้ สามารถช่วยลดการใช้เวลา ลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานในการนัดหมาย ทำกิจกรรมด้วย API SMS ระหว่าง รพ.สต. และ อสม. ได้

### เอกสารอ้างอิง

- กรณิภา คงยืน. 2557. “The Relationship between Lean Management and the Effectiveness of Patient Appointment at Rehabilitation Center in the Golden Jubilee Medical Center under Mahidol Universit.”
- กระทรวงสาธารณสุข. 2552. “คู่มือการให้บริการ ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล.”
- คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. 2012. “คู่มือการใช้งาน Google Calendar.”
- นวนสร้อย วันประชา, แก้วงาม หัทธญา, ศรีวิง ปาริฉัตร, มากอันสุภาวดี, and มะเตื้อ ศุภชัย. 2559. “The Use of Lean Principle to Enhance the Effectiveness of Classroom Attendance Management by Developing System via Website: A Case Study of RMUTSV, Rattaphum Colleg.”
- เยวาลักษณ์ คุประเสริฐ. 2553. “การพัฒนาบบรับ-ส่งเอกสารสารบรรณโดยแจ้งเตือนเชื่อเรื่องด่วนผ่าน SMS กรณีศึกษา: สำนักทางหลวงที่ 4 (พิษณุโลก).”

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งนุ้ย. 2558. “แบบประเมินตนเองตามเกณฑ์คุณภาพ  
เครือข่ายบริการปฐมภูมิ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งนุ้ย ต.ทุ่งนุ้ย อ.ควนกาหลง  
จ.สตูล.”

Microsoft. 2017. “คู่มือการใช้งาน Microsoft Office 365.”  
[https://www.microsoftstore.com/store/msco/es\\_CO/cat/categoryID.478754  
5600.](https://www.microsoftstore.com/store/msco/es_CO/cat/categoryID.4787545600)

นิคม มหาสาร, and ปราโมทย์แก้วเจริญ. 2559. “Design of a Flood Prevention and  
Warning System with Automatic Pump Control and SMS Notifications.”

เยาวลักษณ์ คูประเสริฐ. 2553. “การพัฒนาระบบรับ-ส่งเอกสารสารบรรณโดยแจ้งเตือนชื่อ  
เรื่องด่วนผ่าน SMS กรณีศึกษา: สำนักงานหลวงที่ 4 (พิษณุโลก).”

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งนุ้ย. 2558. “แบบประเมินตนเองตามเกณฑ์คุณภาพ  
เครือข่ายบริการปฐมภูมิ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุ่งนุ้ย ต.ทุ่งนุ้ย อ.ควนกาหลง  
จ.สตูล”

ระบบแนะนำหนังสือห้องสมุดด้วยเทคนิคการกรองแบบร่วมมือ:

กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

Library Book Recommendation System with Collaborative Filtering

Technique: Case Study of Dhurakij Pundit University

เฉลิมพล ศิริกายน และ ปาณิตา ฐสรานนท์\*

Chaloemphon Sirikayon and Panita Thusaranon\*

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University

\* Corresponding author: panita.thu@dpu.ac.th

### บทคัดย่อ

ห้องสมุดมีบทบาทสำคัญในการช่วยเหลือการเรียนรู้สำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัย ดังนั้นประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบแนะนำหนังสือจึงเป็นประเด็นสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของนักศึกษา งานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการแนะนำหนังสือห้องสมุดสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตโดยใช้เทคนิคการกรองแบบร่วมมือ (Collaborative Filtering: CF) ซึ่งประกอบด้วยการคำนวณค่าความคล้ายคลึง (similarity) ของการยืม-คืนหนังสือที่ผ่านมา และการทำนายผล (prediction) หนังสือที่นักศึกษามีแนวโน้มจะสนใจจากผู้ที่มีค่าความคล้ายคลึงใกล้เคียงกัน โดยบันทึกการยืม-คืนหนังสือที่มีเวลาประทับของนักศึกษาแต่ละคนจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาแก่นักศึกษาที่มีพฤติกรรมการยืมหนังสือที่คล้ายคลึงกัน และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการแนะนำหนังสือ โดยในงานวิจัยนี้ยังมีการนำเทคนิคการแยกตัวประกอบเมทริกซ์ (Matrix Factorization) มาใช้เพื่อช่วยแก้ปัญหาความเบาบางของข้อมูล (data sparsity) และมีการวัดผลการทดลองจากการคำนวณค่าความถูกต้องของการทำนายและการสอบถามค่าความพึงพอใจที่นักศึกษามีต่อหนังสือที่ได้รับการแนะนำจากระบบ

**คำสำคัญ:** ระบบแนะนำ การกรองแบบร่วมมือ การแยกตัวประกอบเมทริกซ์

### Abstract

Library plays an important role in assist learning for college and university students. Thus, effectiveness and efficiency of book

recommendation system is a significant issue which could enhance students' performance. This research presents the process of book recommendation by using the collaborative filtering (CF) for students at Dhurakij Pundit University. The CF technique composes of similarity calculation, prediction and recommendation. By using existing borrowing records with time stamp, similarities of students are calculated. Books that students are likely to be interested in are then recommended by using borrowing information of other students who have similar preferences and interests. In our experiments, matrix factorization technique is also adopted to solve sparsity of rating matrix. The performance evaluations are conducted using both accuracy measure and student satisfaction evaluation with the book recommended by the system.

**Keywords:** Recommender system, Collaborative filtering, Matrix factorization

## บทนำ

บทความนี้นำเสนอระบบแนะนำหนังสือห้องสมุดสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ด้วยเทคนิคการกรองแบบร่วมมือ (Collaborative Filtering: CF) โดยบันทึกรายการยืม-คืนหนังสือพร้อมเวลาประทับที่ผ่านมานักศึกษาแต่ละคนจะถูกนำมาแปลงเป็นค่าคะแนน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หากกลุ่มนักศึกษาที่มีพฤติกรรมการยืมหนังสือที่คล้ายคลึงกันและนำมาคิดคะแนนในการแนะนำหนังสือที่นักศึกษามีแนวโน้มจะสนใจ โดยในงานวิจัยนี้ยังมีการนำเทคนิคการแยกตัวประกอบเมทริกซ์ (Matrix Factorization) มาแก้ปัญหาความเบาบางของข้อมูล (data sparsity) โดยวัดผลการทดลองจากการคำนวณค่าความถูกต้องของการทำนายและการสอบถามค่าความพึงพอใจที่นักศึกษามีต่อหนังสือที่ได้รับการแนะนำจากระบบ

## ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1. การกรองแบบร่วมมือ (Collaborative Filtering: CF)

การกรองแบบร่วมมือ เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากที่ถูกนำมาใช้ในระบบแนะนำ (Recommendation System) โดยมีสมมติฐานเบื้องต้นว่าข้อมูลคะแนน (หรือความชอบ) ของบุคคลที่มีความชอบคล้ายคลึงกันกับผู้ใช้เป้าหมาย (Target User) สามารถนำมาใช้ทำนายคะแนน (หรือความชอบ) ของผู้ใช้เป้าหมายได้ การกรองแบบร่วมมือจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้



### 1.1 การคำนวณค่าความคล้ายคลึง

การคำนวณค่าความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่มผู้ใช้กับผู้ใช้เป้าหมายนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น Pearson Correlation, Cosine Similarity และ Euclidean distance เป็นต้น

### 1.2 การทำนาย

ในการทำนายค่าคะแนนที่คาดว่านักศึกษา  $u$  จะให้กับหนังสือ  $i$  นั้น จะพิจารณาจากค่าคะแนนของหนังสือ  $i$  จากนักศึกษาจำนวน  $N$  คน ที่มีค่าความคล้ายคลึงกับนักศึกษา  $u$  มากที่สุด โดยคำนวณหาค่า Prediction ได้จากสมการที่ (1)

$$P_{u,i} = \bar{r}_u + \frac{\sum_{v \in N} s(u,v)(r_{v,i} - \bar{r}_v)}{\sum_{v \in N} |s(u,v)|} \quad (1)$$

เมื่อ  $s(u,v)$  คือ ค่าความคล้ายคลึงระหว่างนักศึกษา  $u$  และ  $v$   
 $r_{v,i}$  คือ คะแนนของหนังสือ  $i$  ที่ได้จากนักศึกษา  $v$   
 $\bar{r}_u$  คือ คะแนนเฉลี่ยของหนังสือทุกเล่มที่นักศึกษา  $u$  ให้  
 $\bar{r}_v$  คือ คะแนนเฉลี่ยของหนังสือทุกเล่มที่นักศึกษา  $v$  ให้

## 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบแนะนำหนังสือจำนวนมากที่ใช้เทคนิคการกรองแบบร่วมมือ โดย Xin et al. (2013) และ Xin et al. (2014) ได้เสนอการคิดค่าคะแนนความชอบหนังสือจากประวัติการยืมคืน นอกจากนี้ Zhang (2016) ยังได้นำลำดับการลงทะเบียนเรียนของนักศึกษามาร่วมพิจารณาเพื่อเพิ่มความถูกต้องของการกรองแบบร่วมมือด้วย

แต่ในทางปฏิบัติข้อมูลที่มีอยู่จำนวนมากจะมีปัญหาความบางเบาของข้อมูล จึงมีงานวิจัยที่เสนอการใช้เทคนิคการแยกตัวประกอบเมทริกซ์เพื่อแก้ปัญหานี้ (Koren et al., 2009) และนอกจากนั้น Polat and Du (2005) ยังได้ใช้เทคนิคการแยกตัวประกอบเมทริกซ์เพื่อลดจำนวนมิติของชุดข้อมูลด้วย

## ระเบียบวิธีวิจัยและการออกแบบการทดลอง

### 1. การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในบทความนี้เป็นข้อมูลการยืม-คืนหนังสือห้องสมุดของนักศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ในปี 2557-2560 รวมทั้งสิ้นจำนวน 124,406 รายการ โดยข้อมูล จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ชุดสอนข้อมูล (training dataset) ประกอบด้วยข้อมูลที่เกิดขึ้นในปี 2557-2559 ซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าความคล้ายคลึงของนักศึกษาแต่ละคน และ 2) ชุดทดสอบข้อมูล (testing dataset) ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นในปี 2560 ใช้สำหรับการทำนายและวัดค่าความถูกต้อง

ทั้งนี้ ในการทดลองนี้ได้สร้างเมทริกซ์แสดงค่าคะแนนที่นักศึกษามีต่อหนังสือ ภายใต้สมมติฐานว่าหากนักศึกษาชอบหนังสือเล่มใดนักศึกษายืมหนังสือเล่มนั้นนานขึ้น ดังนั้น ระยะเวลาที่หนังสือถูกยืม 1-5 สัปดาห์ จะถูกแปลงเป็นค่าคะแนน 1-5 ตามลำดับ

### 2. การแยกตัวประกอบเมทริกซ์

เนื่องจากในความเป็นจริงแล้วหนังสือจำนวนมากไม่เคยถูกยืมจึงไม่สามารถแปลงค่าคะแนนได้ อันนำไปสู่ปัญหาความเบาบางของข้อมูล งานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการแยกตัวประกอบเมทริกซ์มาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการหาเมทริกซ์อันดับต่ำ (low-rank matrix) ที่จะบ่งบอกคุณลักษณะของหนังสือที่นักศึกษายืม ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1 ในการทดลองนี้ เราเลือกใช้ latent factors 260 ตัว ซึ่งเป็นจำนวนที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error: RMSE) ต่ำที่สุดเมื่อนำผลที่ได้ไปเทียบกับตารางค่าคะแนนตั้งต้นที่มีความเบาบางของข้อมูล จากนั้นเมทริกซ์อันดับต่ำของนักศึกษาที่มีค่าของคะแนนใน 260 คอลัมน์จะถูกนำไปคำนวณหาค่าความคล้ายคลึงของนักศึกษาแต่ละคน

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4
User 1		4.5	2.0	
User 2	4.0		3.5	
User 3		5.0		2.0
User 4		3.5	4.0	1.0
User 5	4.0		3.5	

Rating matrix

	Feature 1	Feature 2
User 1	4.7	0.5
User 2	0	5.3
User 3	5.3	0
User 4	4.2	2
User 5	0	5.3

User matrix

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4
Feature 1	0	0.9	0.3	0.2
Feature 2	0.7	0	0.7	0

Item matrix

รูปที่ 1 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกตัวประกอบเมทริกซ์ที่มี latent factors 2 ตัว

### 3. การคำนวณค่าความคล้ายคลึง

ค่าคะแนนที่ผ่านการเติมค่าแล้วของนักศึกษาที่ถูกเลือกเป็นเป้าหมายจะถูกนำมาคำนวณหาค่าความคล้ายคลึงกับนักศึกษาคนอื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด ด้วยวิธี Pearson Correlation, Cosine Similarity และ Euclidean distance และค่าความคล้ายคลึงที่ได้จะถูกนำมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เช่น นักศึกษาที่มีความคล้ายคลึงกับนักศึกษารหัสที่ 0001 มากที่สุดเมื่อคำนวณด้วยวิธี Pearson correlation และ Euclidean distance คือ นักศึกษารหัส 0325 โดยมีค่าความคล้ายคลึงเท่ากับ 0.9928 และ 0.2261 ตามลำดับ ในขณะที่นักศึกษาที่มีความคล้ายคลึงกับนักศึกษารหัสที่ 0001 มากที่สุดเมื่อคำนวณด้วยวิธี Cosine Similarity คือ นักศึกษารหัส 3686 โดยมีค่าความคล้ายคลึงเท่ากับ 0.9452 ดังแสดงตัวอย่างบางส่วนในตารางที่ 1

### 4. การทำนายค่าคะแนนและแนะนำหนังสือ

จากนั้นจะทำการเลือกนักศึกษาที่ละคนเพื่อนำมาทดลองทำนายค่าคะแนนของหนังสือแต่ละเล่ม โดยนักศึกษาที่ถูกเลือกจะถูกลบข้อมูลค่าคะแนนของหนังสือที่ยืมในปีการศึกษา 2560 ก่อนที่จะนำมาเข้ากระบวนการทำนายค่าคะแนนของหนังสือ โดยการทำนายจะใช้ข้อมูลของนักศึกษา N คนแรกจากนักศึกษาที่เหลือทั้งหมด ที่มีค่าความคล้ายคลึงกับนักศึกษาเป้าหมายมากที่สุด ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยใช้ค่า N เป็น 25, 30, 35 และ 40 เพื่อหาค่า N ที่เหมาะสมที่สุด โดยตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างค่าคะแนนของหนังสือแต่ละเล่มสำหรับนักศึกษา 0001 เมื่อเลือกจำนวนนักศึกษาที่คล้ายคลึงกับนักศึกษารหัส 0001 มา 35 คน โดยหนังสือที่ได้ค่าคะแนนตั้งแต่ 2.5 ขึ้นไปจะถูกแนะนำให้นักศึกษา

**ตารางที่ 1** ตัวอย่างค่าความคล้ายคลึงของนักศึกษารหัส 0001 เทียบกับนักศึกษาคนอื่น

Top N neighbors	Similarity Calculation Method		
	Pearson	Cosine	Euclidean
1	0325: 0.9928	3686: 0.9452	0325: 0.2261
2	0337: 0.9907	0337: 0.9452	0301: 0.2133
3	0318: 0.9907	0351: 0.9452	0351: 0.2109
4	0351: 0.9907	2223: 0.9452	0282: 0.2092
5	3686: 0.9907	0318: 0.9452	2184: 0.2085

**ตารางที่ 2** ตัวอย่างค่าคะแนนของหนังสือแต่ละเล่มสำหรับนักศึกษา 0001 เมื่อ N=35

Book Title	Predicted Rating Scores		
	Pearson	Cosine	Euclidean
Principle of Data Mining	0	3.00	0
JAVA Programing	1.03	1.18	1.45
Graphics and space	3.04	3.04	3.11
Consumer Behavior	0	0	2.94
Strategic thinking	0	0	2.87

**ผลการทดลอง**

ค่าคะแนนของหนังสือที่ถูกทำนายจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับความถูกต้องกับค่าคะแนนจริงที่เกิดขึ้น โดยคำนวณจากสมการที่ (2) จากผลการทดลองพบว่าการคำนวณค่าความคล้ายคลึงด้วยวิธี Pearson correlation ให้ค่าความถูกต้องสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 3

$$Accuracy = \frac{\sum Corrected Answer}{|Books| \times |Users|} \quad (2)$$

**ตารางที่ 3** ค่าความถูกต้องเฉลี่ยจากการทำนายคะแนนหนังสือของแต่ละวิธี

Similarity Approach	Neighbors Size (N)				
	25	30	35	40	45
Pearson	42	42	43	42	42
Cosine	40	41	41	41	40
Euclidean	38	38	38	38	37

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังมีการสอบถามความพึงพอใจที่นักศึกษามีต่อหนังสือที่ได้รับการแนะนำจากระบบ โดยทำการสุ่มเลือกนักศึกษามา 20 คน จากข้อมูลบันทึกรายการยืม-คืนหนังสือห้องสมุด ระบบจะแนะนำหนังสือใหม่แก่นักศึกษาโดยใช้ขั้นตอนวิธีตามที่ได้กล่าวมาทั้งหมด จากนั้นให้นักศึกษาให้คะแนนความสนใจที่มีต่อหนังสือแต่ละเล่มโดยแบ่งคะแนนเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ 1: ไม่สนใจเลย จนถึง 5: สนใจมาก พบว่าจำนวนหนังสือที่นักศึกษาให้คะแนนความพึงพอใจในระดับคะแนน 5 ด้วยวิธี Pearson correlation, Cosine similarity และ

Euclidean distance มีจำนวน 8 เล่ม (คิดเป็นร้อยละ 13.3), 7 เล่ม (คิดเป็นร้อยละ 11.7) และ 6 เล่ม (คิดเป็นร้อยละ 10.0) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ผลสำรวจความพึงพอใจที่นักศึกษามีต่อหนังสือที่ได้รับการแนะนำจากระบบ

Similarity Approach	Scale				
	5	4	3	2	1
Pearson	8 (13.3%)	14 (23.3%)	22 (36.7%)	10 (16.7%)	6 (10.0%)
Cosine	7 (11.7%)	13 (21.7%)	23 (38.3%)	11 (18.3%)	6 (10.0%)
Euclidean	6 (10.0%)	13 (21.7%)	23 (38.3%)	11 (18.3%)	7 (11.6%)

#### สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอระบบแนะนำหนังสือห้องสมุดสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตด้วยเทคนิคการกรองแบบร่วมมือ (Collaborative Filtering: CF) เพื่อช่วยสนับสนุนการเรียนรู้สำหรับนักศึกษา โดยบันทึกรายการยืม-คืนหนังสือที่มีเวลาประทับของนักศึกษาแต่ละคนจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหากลุ่มนักศึกษาที่มีพฤติกรรมการยืมหนังสือที่คล้ายคลึงกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้สามารถทำนายค่าคะแนนของนักศึกษาที่มีต่อหนังสือแต่ละเล่มได้ โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ในช่วง 37.0-42.0% และค่าความพึงพอใจที่นักศึกษามีต่อหนังสือที่ได้รับการแนะนำจากระบบในระดับคะแนน 5 อยู่ในช่วง 10.0-13.3%

#### เอกสารอ้างอิง

- Koren, Y., R. Bell and C. Volinsky. 2009. Matrix Factorization Techniques for Recommender Systems. *Computer*, vol. 42. pp. 42-49.
- Polat, H. and W. Du. 2005. SVD-based Collaborative Filtering with Privacy. In: *ACM Symposium on Allied Computing*. pp. 142-146.
- Xin, L., E. Haihong, S. Junde, S. Meina and T. Junjie. 2013. Collaborative Book Recommendation based on Readers' Borrowing Records. In: *Proceeding*

---

of the 2013 International Conference on Advanced Cloud and Big Data.  
pp. 159-163.

Xin, L., E. Haihong, T. Junjie, S. Meina and L. Yi. 2014. Enhancing Book Recommendation with Side Information. In: Proceeding of the 2014 International Conference on Service Sciences. pp. 142-146.

Zhang, F. A personalized Time-Sequence-Based Book Recommendation Algorithm for Digital Libraries. 2016. IEEE Access, vol. 4. pp. 2714-2720.

การออกแบบคลังข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านผู้เรียน  
ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEX)  
The Designing of Data Warehouse for Student Indicators Analysis  
According to Education Criteria for Performance Excellence (Edpex)

ปานทิพย์ ผดุงจิตเกษม<sup>1\*</sup> ณัฐธิดา สุวรรณโณ<sup>2</sup> และสุวิทย์ สุวรรณโณ<sup>3</sup>  
Parnthip Phadungjitkasem<sup>1\*</sup>, Nuttida Suwannono<sup>2</sup> and Suvit Suwannono<sup>3</sup>

<sup>1</sup> การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<sup>2</sup> คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<sup>3</sup> คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<sup>1</sup> Management of Information Technology, Faculty of Engineering,  
Prince of Songkla University

<sup>2</sup> Faculty of Management Sciences, Prince of Songkla University

<sup>3</sup> Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University

\* Corresponding author: parnthip.p@psu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของตัวชี้วัดด้านผู้เรียนกับเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ เพื่อให้ได้มิติตัวชี้วัดที่เหมาะสมกับเกณฑ์ในแต่ละหมวด และนำมาออกแบบคลังข้อมูล โดยใช้โครงสร้างแบบดาว (Star Schema) ที่ประกอบด้วย Fact Table คือ ตารางข้อมูลนักศึกษา และ Dimension Table คือ ตารางมิติข้อมูลนักศึกษาในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านระดับการศึกษา ด้านภูมิภาค และด้านศาสนา เป็นต้น ผลจากการออกแบบและพัฒนาคลังข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านผู้เรียนตามเกณฑ์ EdPEX เมื่อนำไปใช้ในการพัฒนาแดชบอร์ดด้วยระบบธุรกิจอัจฉริยะ เพื่อนำเสนอข้อมูลสำหรับการวางแผนกลยุทธ์ในระดับคณะ พบว่า ผลประเมินความพึงพอใจของผู้บริหารระดับคณะต่อการนำเสนอข้อมูลตัวชี้วัดด้านผู้เรียนในรูปแบบแดชบอร์ดอยู่ในระดับดี โดยประโยชน์จากการพัฒนาคลังข้อมูลดังกล่าว สามารถลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูล เป็นแหล่งข้อมูลกลางให้กับระบบสารสนเทศอื่นภายในองค์กร เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบที่หลากหลาย ตลอดจนการขยายผลแนวคิดดังกล่าวเพื่อนำไปพัฒนาคลังข้อมูลในบริบทของคณะอื่น ๆ ได้

**คำสำคัญ:** คลังข้อมูล โครงสร้างแบบดาว เกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ

## Abstract

The objective of this research is to analyze the association between student indicator and Education Criteria for Performance Excellence standard in order to get the appropriate indicator dimensions for each criterion and then designing the data warehouse by using star schema architecture. The star schema consists of fact table such as student information table and dimension tables such as study level, domicile and religion. The Data Warehouse which was designed and developed for student indicators analysis according to Education Criteria for Performance Excellence (EdPEX) is used to develop dashboard by business intelligent software in order to present information for faculty strategy planning. The result of satisfaction assessment from administrative faculties is good.

The benefits of developing such data warehouses are to reduce the redundant data storage, to be the central source for other information systems within the faculty, and to extend this concept to develop data warehouse of the other faculties.

**Keywords:** Data Warehouse, Star Schema, Education Criteria for Performance Excellence

## บทนำ

Education Criteria for Performance Excellence (EdPEX) คือ เกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ เป็นระบบประกันคุณภาพการศึกษาระดับอุดมศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้สถาบันการศึกษาสามารถตอบคำถาม 3 ข้อ คือ 1) สถาบันดำเนินการได้ดีที่สุดเท่าที่ทำได้หรือยัง 2) สถาบันทราบได้อย่างไรว่าดำเนินการได้ดีที่สุดแล้ว 3) มีอะไรที่สถาบันจะพัฒนาให้ดีขึ้นได้อีกหรือไม่และอย่างไร โดยเกณฑ์ EdPEX เป็นชุดของคำถามเกี่ยวกับเรื่องสำคัญ 7 ด้านในการบริหารและดำเนินงานของสถาบัน ได้แก่ 1) การนำองค์กร 2) กลยุทธ์ 3) ลูกค้า 4) การวัด การวิเคราะห์และการจัดการความรู้ 5) บุคลากร และ 6) ระบบปฏิบัติการ โดยกรอบคำถามเหล่านี้ ผูกโยงกันเป็นกรอบในการบริหารผลการดำเนินการที่บูรณาการกัน (สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, 2558)

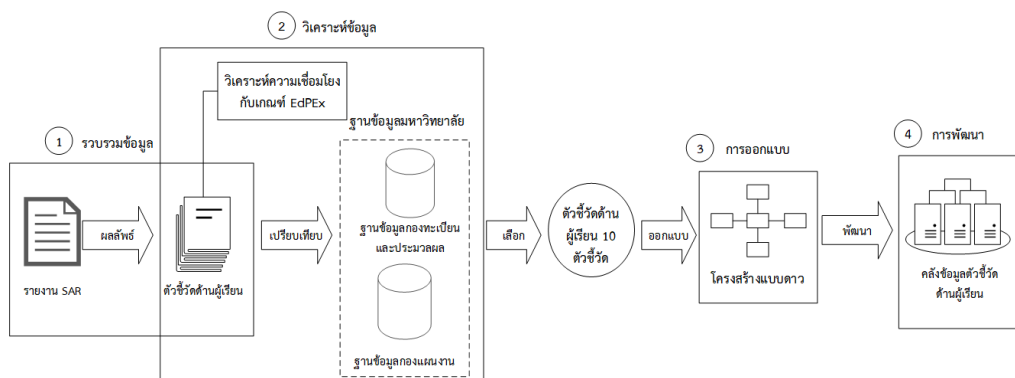


ในขณะที่เดียวกัน ผู้เรียนซึ่งเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดด้านลูกค้าตามเกณฑ์ EdPEX ของหน่วยงานระดับคณะ มักประสบปัญหาการจัดเก็บข้อมูลที่กระจัดกระจายตามหน่วยงานต่าง ๆ ขาดการรวมศูนย์ข้อมูล เช่น ข้อมูลจำนวนนักศึกษา มีการจัดเก็บทั้งที่หน่วยงานบริการ การศึกษา และหน่วยงานระดับบัณฑิตศึกษา ข้อมูลผลการเรียนรายวิชาภาษาอังกฤษ มีการจัดเก็บทั้งที่หน่วยงานบริการการศึกษา และกองทะเบียนและประมวลผล เป็นต้น ส่งผลให้กระบวนการรวบรวมข้อมูลเกิดความล่าช้า ข้อมูลไม่ได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัย และไม่เพียงพอต่อการนำไปวางแผนกลยุทธ์ และการนำไปใช้ในการประกันคุณภาพการศึกษา เพื่อให้ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ EdPEX

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ความเชื่อมโยงของตัวชี้วัดด้านผู้เรียนกับเกณฑ์ EdPEX เพื่อให้ได้มิติตัวชี้วัดที่เหมาะสมกับเกณฑ์ในแต่ละหมวด และนำมาออกแบบคลังข้อมูล ซึ่งเป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่เก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังเป็นเวลาหลายปี เพื่อสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจ (Yang and Shieh, 2016) โดยใช้โครงสร้างคลังข้อมูลแบบดาว (Star Schema) ในการรวบรวมตัวชี้วัดด้านผู้เรียน ซึ่งคลังข้อมูลที่ออกแบบสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งข้อมูลกลางให้กับระบบสารสนเทศอื่นภายในองค์กร ตลอดจนการนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อจัดทำรายงานสำหรับการวางแผนกลยุทธ์ระดับคณะได้

### วิธีการศึกษา

วิธีการออกแบบและพัฒนากล้องข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านผู้เรียนตามเกณฑ์ EdPEX ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาและรวบรวมข้อมูล 2) การวิเคราะห์ข้อมูล 3) การออกแบบคลังข้อมูล และ 4) การพัฒนากล้องข้อมูล ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

## 1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ศึกษาระบบการบริหารจัดการข้อมูลในระดับคณะ และมหาวิทยาลัย เพื่อหาแนวทางเชื่อมต่อระบบบริหารจัดการข้อมูล ให้เกิดการใช้ข้อมูลร่วมกัน และเข้าถึงข้อมูลในระดับมหาวิทยาลัยให้เป็นปัจจุบัน (Real time) นอกจากนี้ ได้รวบรวมข้อมูลตัวชี้วัดด้านผู้เรียนตามเกณฑ์ EdPEX จากรายงานการประเมินตนเอง (Self-Assessment Report : SAR) ซึ่งพบว่าข้อมูลตัวชี้วัดด้านผู้เรียนมีการจัดเก็บในหน่วยงานที่ซ้ำซ้อนกัน โดยข้อมูลนักศึกษาตามระดับการศึกษา สาขาวิชา สถานะการศึกษา เกรดวิชาภาษาอังกฤษ และการสำเร็จการศึกษา มีการจัดเก็บทั้งในหน่วยงานระดับคณะ ได้แก่ งานบริการการศึกษา และงานบัณฑิตศึกษา และหน่วยงานระดับมหาวิทยาลัย ได้แก่ กองทะเบียนและประมวลผล ข้อมูลนักศึกษาตามภูมิลาเนา ศาสนา และวิธีการรับนักศึกษา มีการจัดเก็บที่กองทะเบียนและประมวลผล ข้อมูลการมีงานทำ และตำแหน่งงาน มีการจัดเก็บที่กองแผนงาน

## 2. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการรวบรวมตัวชี้วัดในขั้นตอนที่ 1 ได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับเกณฑ์ EdPEX ในหมวดที่ 1 – 6 เพื่อหาตัวชี้วัดด้านผู้เรียนที่เหมาะสมกับเกณฑ์ในแต่ละหมวด เช่น ข้อมูลจำนวนนักศึกษาจำแนกตามภูมิลาเนา สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการกำหนดกลยุทธ์ที่มุ่งเน้นลูกค้าเฉพาะพื้นที่ (หมวด 2) และออกแบบกระบวนการรับนักศึกษา (หมวด 6) ที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ เช่น การเพิ่มโควตาเรียนดีในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นต้น จากนั้นเปรียบเทียบข้อมูลตัวชี้วัดที่ได้จากการวิเคราะห์กับแหล่งข้อมูล (Data Source) ที่จะใช้ในการพัฒนาคลังข้อมูล โดยหน่วยงานที่จัดเก็บข้อมูลตัวชี้วัดดังกล่าว มีจำนวน 2 หน่วยงาน คือ กองทะเบียนและประมวลผล มีการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาตามระดับการศึกษา สาขาวิชา สถานะการศึกษา ภูมิลาเนา ศาสนา วิธีการรับนักศึกษา เกรดวิชาภาษาอังกฤษ และการสำเร็จการศึกษา กองแผนงาน มีการจัดเก็บข้อมูลการมีงานทำ และตำแหน่งงาน โดยเลือกตัวชี้วัดที่มีข้อมูลในฐานข้อมูลมหาวิทยาลัย เนื่องจากมีข้อมูลย้อนหลังหลายปี ข้อมูลมีความครบถ้วน และได้รับการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ ผลที่ได้จากกระบวนการในข้างต้นนำมาซึ่งตัวชี้วัดด้านผู้เรียน จำนวน 10 ด้าน ซึ่งนำไปใช้ในการออกแบบตารางมิติในคลังข้อมูลต่อไป

## 3. การออกแบบคลังข้อมูล

แบบจำลองข้อมูล Dimensional Data Model นั้น สามารถแบ่งโครงสร้างคลังข้อมูลได้ 2 แบบ คือ 1) Start Schema และ 2) Snowflake Schema โดยเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 โครงสร้างใน 3 ประเด็น พบว่า 1. Snowflake Schema มีความยากในการสืบค้นข้อมูลมากกว่า เนื่องจากตารางเชื่อมโยงกันอย่างซับซ้อน 2. Snowflake Schema มี

ความซับซ้อนของคำสั่งในการค้นหาข้อมูล เนื่องจากมีคีย์นอก (Foreign key) จำนวนมาก เชื่อมโยงระหว่างตาราง และ 3. Snowflake Schema มีประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูลน้อยกว่า เนื่องจากมีการเชื่อมโยงระหว่างตารางด้วยคีย์นอก (Foreign key) จำนวนมาก จึงใช้เวลานานในการประมวลผล (ZenTut Website, n.d.) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบคลังข้อมูลโดยใช้โครงสร้างคลังข้อมูลแบบดาว (Star Schema) เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่ออกแบบได้ง่าย มีความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์ เหมาะสมกับกระบวนการสืบค้นข้อมูล (Chandwani, 2014) โดยโครงสร้างดังกล่าวประกอบด้วย ตาราง Fact Table หนึ่งตารางอยู่ตรงกลาง และตารางมิติ (Dimension Table) ที่เชื่อมโยงกับ Fact Table เพื่อกำหนดมุมมองที่จะใช้ในการแสดงผลข้อมูล โดยจำนวนมุมมองที่ได้จะเท่ากับจำนวนของตารางมิติที่เชื่อมต่อกับตาราง Fact Table (สายสุนีย์ เจริญสุข, 2558)

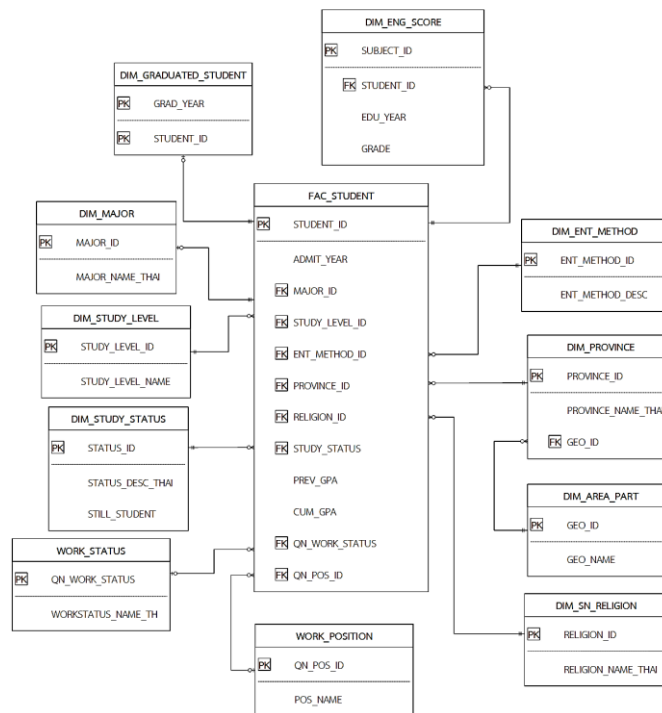
#### 4. การพัฒนาคลังข้อมูล

พัฒนาคลังข้อมูลด้วยระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล Microsoft SQL Server 2014 เพื่อสร้างจุดเชื่อมต่อระหว่างหน่วยงานระดับคณะกับมหาวิทยาลัย ซึ่งใช้ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล Oracle โดยใช้โปรแกรม Oracle Net manager เพื่อสร้าง Service ในการเข้าถึงฐานข้อมูล Oracle และสร้าง Link Server ในโปรแกรม Microsoft SQL Server เพื่อเชื่อมต่อกับ Service ดังกล่าว โดยใช้คำสั่ง SQL เพื่อสร้าง View ที่ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมหาวิทยาลัยตามโครงสร้างคลังข้อมูลที่ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งได้ผลลัพธ์เป็นคลังข้อมูลด้านผู้เรียน จากนั้นดำเนินการประเมินผลความพึงพอใจของผู้บริหารระดับคณะต่อแดชบอร์ดที่นำเสนอข้อมูลตัวชี้วัดด้านผู้เรียนจากคลังข้อมูล จำนวน 5 ท่าน โดยการประเมินแบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถตรงตามความต้องการ ด้านการใช้งานระบบ ด้านประสิทธิภาพของระบบ และด้านความปลอดภัยของระบบ ซึ่งแบบประเมินดังกล่าวได้รับการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence : IOC) จำนวน 3 ท่าน และนำผลการตรวจสอบมาปรับปรุงเป็นแบบประเมินความพึงพอใจ

#### ผลการศึกษา

จากการออกแบบคลังข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านผู้เรียนตามเกณฑ์ EdPEX ได้นำผลการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างตัวชี้วัดด้านผู้เรียนกับเกณฑ์ EdPEX ในแต่ละหมวดมาพัฒนาเป็นคลังข้อมูลด้านผู้เรียนโดยใช้โครงสร้างแบบดาว โดยมี Fact Table คือ ตารางข้อมูลนักศึกษา และ Dimension Table คือ ตารางมิติข้อมูลนักศึกษาในด้านต่าง ๆ จำนวน 10 ตาราง ได้แก่ ตารางสาขาวิชา (DIM\_MAJOR) ตารางระดับการศึกษา

(DIM\_STUDY\_LEVEL) ตารางสถานะทางการศึกษา (DIM\_STUDY\_STATUS) ตารางศาสนา (DIM\_SN\_RELIGION) ตารางภูมิภาค (DIM\_PROVINCE) ตารางวิธีการรับนักศึกษา (DIM\_ENT\_METHOD) ตารางเกรดวิชาภาษาอังกฤษ (DIM\_ENG\_SCORE) ตารางการสำเร็จการศึกษา (DIM\_GRADUATED\_STUDENT) ตารางสถานะการมีงานทำ (WORK\_STATUS) และตารางตำแหน่งงาน (WORK\_POSITION) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 คลังข้อมูลด้านผู้เรียนโดยใช้โครงสร้างแบบดาว

ผลจากการออกแบบและพัฒนาคลังข้อมูลตัวชี้วัดด้านผู้เรียนตามเกณฑ์ EdPEx เมื่อนำไปใช้ในการพัฒนาแดชบอร์ดด้วยระบบธุรกิจอัจฉริยะ เพื่อนำเสนอข้อมูลสำหรับการวางแผนกลยุทธ์ในระดับคณะ พบว่า ผลประเมินความพึงพอใจต่อแดชบอร์ดในภาพรวมโดยผู้บริหารระดับคณะ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 สามารถสรุปได้ว่าความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับดี โดยมีจุดเด่น คือ ด้านความสามารถตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และมีจุดที่ควรพัฒนา คือ ด้านการ

ใช้งาน เนื่องจากการใช้ขนาดตัวอักษรในแผนภูมิยังไม่เหมาะสม ซึ่งจะนำไปปรับปรุงการกำหนดขนาดตัวอักษรให้มีความเหมาะสมต่อไป

### วิจารณ์

จากผลการประเมินข้างต้น แสดงให้เห็นว่าคลังข้อมูลด้านผู้เรียน สามารถลดระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูล เนื่องจากมีการจัดเก็บข้อมูลในแหล่งข้อมูลเดียว จึงลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูล จากเดิมการสืบค้นข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานประกอบการวางแผนกลยุทธ์ และการประกันคุณภาพการศึกษา จะดำเนินการสอบถามข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ หรือสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์มหาวิทยาลัย โดยข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปแบบไฟล์ หรือเอกสาร ซึ่งต้องนำมารวบรวมเพื่อจัดทำรายงานเสนอต่อผู้บริหารอีกครั้ง การพัฒนาคลังข้อมูลได้เปลี่ยนรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลเป็นแบบรวมศูนย์ สามารถเข้าถึงข้อมูลได้แบบทันเวลา จึงช่วยลดกระบวนการในการรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ การออกแบบและพัฒนาคลังข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านผู้เรียน ยังเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการบูรณาการคลังข้อมูลร่วมกับการประกันคุณภาพการศึกษา ในบริบทของมหาวิทยาลัย ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำคลังข้อมูลไปใช้ในบริบทที่หลากหลาย เช่น หน่วยงานภาคเอกชน ได้พัฒนาคลังข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการทำงานซ้ำของกระบวนการปรับตั้งมัลลอร์ดยนต์ (ปฐมชัย สุวรรณปิณฑะ และมานพ เรียวเดชะ, 2555) หน่วยงานภาครัฐ ได้พัฒนาระบบคลังข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับประชาชน ภูมิภาค (พงศธร มหัทธนะสิน และนิเวศ จิระวิชิตชัย, 2558) จะเห็นได้ว่า การพัฒนาคลังข้อมูลสามารถแก้ไขปัญหาด้านการจัดเก็บข้อมูล และการจัดทำรายงานได้ ทั้งในองค์กรภาครัฐ และภาคเอกชน และมีทิศทางการใช้งานแพร่หลายเพิ่มขึ้นในอนาคต

### สรุป

จากการที่หน่วยงานระดับคณะในมหาวิทยาลัยประสบปัญหาการจัดเก็บข้อมูลที่กระจัดกระจายตามหน่วยงานต่าง ๆ ส่งผลให้กระบวนการรวบรวมข้อมูลตัวชี้วัดด้านผู้เรียนเกิดความล่าช้า มีข้อมูลที่ไม่เพียงพอต่อการนำไปวางแผนกลยุทธ์ และการประกันคุณภาพการศึกษาเพื่อให้ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ EdPEX นั้น การออกแบบคลังข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านผู้เรียนตามเกณฑ์ EdPEX โดยใช้โครงสร้างคลังข้อมูลแบบดาว ที่มีตารางนักศึกษาเป็น Fact table และตารางมิติ จำนวน 10 มิติ สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ โดยคลังข้อมูลที่พัฒนา มีการจัดเก็บข้อมูลด้านผู้เรียนที่สำคัญในมิติต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อวางแผนกลยุทธ์ ในแหล่งข้อมูลเดียว ซึ่งช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลมีความรวดเร็ว ลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูล มีการปรับปรุง

ข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน โดยการสร้างจุดเชื่อมต่อระหว่างคลังข้อมูลของหน่วยงานระดับคณะกับฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัย ส่งผลให้ข้อมูลได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ โดยผลประเมินความพึงพอใจต่อแดชบอร์ดที่นำเสนอข้อมูลจากคลังข้อมูลตัวชี้วัดด้านผู้เรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 ซึ่งอยู่ในระดับดี มีจุดเด่น คือ ระบบมีความสามารถตรงตามความต้องการของผู้ใช้

สำหรับแนวทางการพัฒนาในอนาคต หน่วยงานระดับคณะสามารถพัฒนาคลังข้อมูลให้มีความสมบูรณ์ และครอบคลุมพันธกิจอื่นของมหาวิทยาลัย เช่น ด้านการวิจัย ด้านการบริการวิชาการ และสามารถขยายผลแนวคิดดังกล่าว เพื่อนำไปพัฒนาคลังข้อมูลในบริบทของคณะอื่น ๆ ได้อีกด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- ปฐมชัย สุวรรณปิณฑะ และมานพ เรียวเดชะ. 2555. คลังข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการทำงานซ้ำของกระบวนการปรับตั้งมัลแวร์รถยนต์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์*, 3(3), 35–46.
- พงศธร มหัทธนะสิน และนิเวศ จิระวิชิตชัย. 2558. ระบบคลังข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับประปาส่วนภูมิภาค. *Science and Technology RMUTT Journal*, 5(2), 135–144.
- สายสุนีย์ เจริญสุข. 2558. การออกแบบและพัฒนาค้างข้อมูล. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 9(2), 40–49.
- สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. 2558. *เกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ ฉบับปี 2558-2561*.
- Chandwani, G. 2014. Designing of Star Schemas from XML Document. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, 2(Jan/Feb), 149–158.
- Yang, Y. T., and Shieh, J. C. 2016. Data warehouse applications in libraries - The development of library management reports. In *5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics* (pp. 88–91).
- ZenTut Website. (n.d.). *Star Schema vs. Snowflake Schema*. Retrieved from [www.zentut.com/data-warehouse/star-schema-vs-snowflake-schema](http://www.zentut.com/data-warehouse/star-schema-vs-snowflake-schema)

การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมครุภัณฑ์และงานอาคารสถานที่ วิทยาลัยรัตนภูมิ  
Premises and Equipment Supplies Maintenance System  
of Rattaphum College

อาซัน วงศ์หมัดทอง\* และ ภาวนา พุ่มไสว

Asun Wongmadtong\* Pawana Poomsawai

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตนภูมิ

Rajamangala University of Technology Srivijaya Rattaphum College.

\* Corresponding author: asun.w@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งซ่อมครุภัณฑ์และงานอาคารสถานที่ วิทยาลัยรัตนภูมิ โดยขั้นตอนดำเนินงานได้ใช้วงจรการพัฒนา ระบบ ดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลการแจ้งซ่อมและปัญหาภายในหน่วยงาน 2) การวิเคราะห์ระบบการแจ้งซ่อมระบบใหม่ 3) ออกแบบฐานข้อมูล 4) ออกแบบเว็บไซต์ 5) สร้างระบบแจ้งซ่อมงานอาคารสถานที่ 6) ทดสอบระบบ 7) การประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ ในการพัฒนาระบบได้ใช้วงจรการพัฒนา ระบบ (System Development Life Cycle :SDLC) ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ใช้ Data Flow Diagram (DFD) วิเคราะห์การไหลของข้อมูลในระบบ ในส่วนการออกแบบฐานข้อมูลได้ใช้ Entity Relationship (ER) Diagram ในส่วนการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ใช้การพัฒนาแบบ Agile โดยใช้วิธี Extreme Programming (XP) โดยการพัฒนาระบบยังได้ใช้หลักการสกิน เพื่อลดขั้นตอนการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งระบบมีความสามารถดังนี้ คือ รับการแจ้งซ่อมผ่านระบบออนไลน์ สามารถดูผล และกระบวนการซ่อมผ่านหน้าระบบ

การประเมินผลประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ การประเมินผล ประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงใจในด้านการ ออกแบบระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 ในด้านการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมในทุก ๆ ด้าน ได้แก่ ด้าน ข้อมูลนำเข้า (Input) แบบฟอร์มสำหรับการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ มีความเหมาะสมกับการ นำไปใช้งาน มีรูปแบบการติดต่อกับผู้ใช้ที่เหมาะสม มีการป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจาก การกรอกข้อมูล เหมาะที่จะนำไปใช้งานจริงแทนระบบงานเดิมได้ ในด้านกระบวนการทำงาน ของระบบ (Process) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า ระบบสามารถจัดการข้อมูลได้อย่างเหมาะสมและ

สามารถรักษาข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ใช้เวลาในการประมวลผลเหมาะสม สามารถอำนวยความสะดวกในการเรียกใช้ข้อมูลและสามารถรักษาความปลอดภัยของข้อมูลตามสิทธิ์ของผู้ใช้ในด้านคุณภาพการรายงาน (Output) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีสารสนเทศครบถ้วน ตรงตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของระบบที่กำหนดไว้ รูปแบบรายงานง่ายต่อการทำความเข้าใจและนำไปใช้งาน มีการใช้ข้อความที่สื่อความหมายได้ชัดเจน รูปแบบรายงานมีมาตรฐานเดียวกัน ในรายงานมีการจัดเรียงลำดับข้อมูลในรายงานและอยู่ในรูปของตารางอย่างเหมาะสม

**คำสำคัญ:** แจ้งซ่อม งานอาคารสถานที่ ระบบสารสนเทศ ครูภัณฑ์

### Abstract

This research has objectives to study the development about inform to fix the durable articles and building work of Rattaphum College (RMUTSV) by operate in progress to use the development system as follows 1) to study about information to fix and the problem within College 2) to analysis new system about inform to fix 3) to design the database 4) to design website 5) to build system for inform to fix of building work 6) to testing system and 7) to evaluate satisfaction to use system. The development system use electrical circuit (System Development Life Cycle: SDLC) and the analysis information to use Data Flow Diagram (DFD) for analyze to flow of information system. The design database use Entity Relationship (ER) Diagram and the software development to use Agile style by Extreme Programming (XP) way which is the development system to use Lean principle also for reduce many steps of work process and increase effectiveness of system, found that the capability are can accept inform to fix by online system and to see the result of process on it. The evaluation capability of development system by expert found that they are satisfy to design at the best or high level as average 4.73. The design part and information of development system by most of expert have an opinion, up the development system appropriate and available in every part consists of Input information it is a form for enter the information system and appropriate to use work, the format for communicate with user is available and good to



prevent the mistake from fill in an information and appropriate to actually use work instead of old system. The process of work system, the expert have an opinion about system can manage, to maintain and use time to process data the information appropriately moreover it can facilitate to use information and to keep security of user information. The report quality of Output, the expert have an opinion to information systems is high develop and completely. This research has accurate it followed in objectives and scope of system that was specified and the format report is easy to understand and bring to use work, to use message was meaning clear, same format and standard, there is sort order of information and set on table appropriately.

**Keywords:** Repair, Building work, Information system, Equipment

## บทนำ

วิทยาลัยรัตภูมิเป็นหน่วยงานระดับคณะของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เป็นหน่วยงานที่มีครุภัณฑ์และวัสดุอุปกรณ์รวมถึงสิ่งก่อสร้างเป็นจำนวนมาก งานซ่อมบำรุง เป็นกิจกรรมที่มีความจำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงที่มี ประสิทธิภาพ สามารถลดการเสียหาย ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาโดยไม่จำเป็น วิทยาลัย รัตภูมิ มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมแซมและบำรุงรักษาอุปกรณ์อยู่ 2 หน่วยงาน คือ งาน อาคารสถานที่ และ งานสารสนเทศ ซึ่งมีความจำเป็นต้องติดตามการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ อย่างสม่ำเสมอเพื่อให้อุปกรณ์เหล่านั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันงานซ่อมบำรุงรักษา ภายในวิทยาลัยรัตภูมิ เป็นระบบรับแจ้งซ่อมผ่านทาง เจ้าหน้าที่โดยผู้ใช้บริการต้องเดินทางมากรอกข้อมูลการซ่อม หรือ โทรศัพท์มาแจ้งเจ้าหน้าที่ เจ้าหน้าที่จะดำเนินการไปซ่อม และจัดบันทึกการแจ้งซ่อม ซึ่งระบบที่เป็นอยู่ในปัจจุบันยังไม่มี ระเบียบ และบางครั้งเจ้าหน้าที่ที่มีการหลงลืมถ้ามีการแจ้งซ่อมเป็นจำนวนมากหรือ มีการฝาก งานไว้กับบุคคลอื่น ในขณะที่เดียวกันทำให้ยากในการวางแผนและจัดลำดับการซ่อมบำรุง ทำให้ระบบการแจ้งซ่อมขาดประสิทธิภาพ

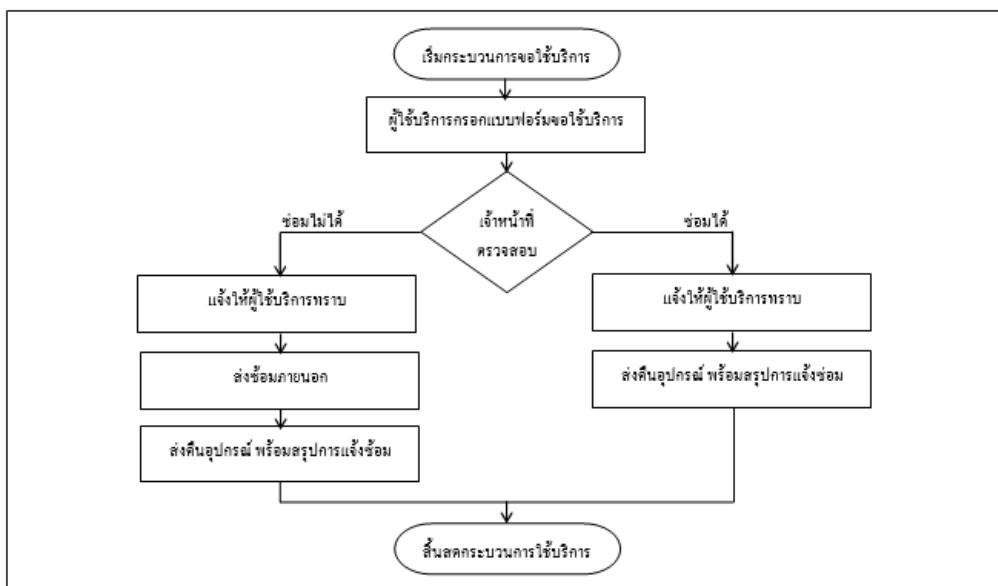
ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการบริหารจัดการระบบซ่อมบำรุงรักษา งานอาคาร สถานที่ โดยการนำระบบเว็บแอปพลิเคชัน มาช่วยงานจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพให้กับระบบงานแจ้งซ่อมงานอาคารสถานที่ งานวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา ระบบงานแจ้งซ่อมระบบเดิม โดยผู้ใช้บริการสามารถแจ้งซ่อมบำรุงผ่านระบบเครือข่ายภายใน

วิทยาลัย หรือระบบเครือข่ายท้องถิ่น เพื่อจัดลำดับงานซ่อมบำรุงและติดตามผลการดำเนินการซ่อม วิธีการซ่อมบำรุง รายงานการซ่อมบำรุง ยังสามารถลดระยะเวลาในการแจ้งซ่อม และการจัดเก็บประวัติการซ่อมได้เป็นอย่างดี

### วิธีการศึกษา

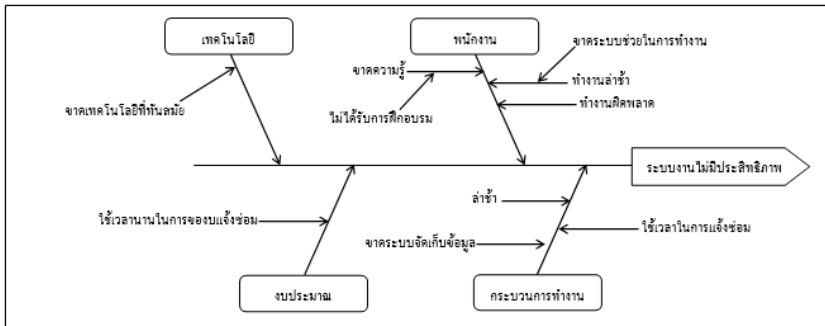
#### ศึกษาข้อมูลการแจ้งซ่อมและปัญหาภายในหน่วยงาน

จากการศึกษาระบบงานปัจจุบันโดยการสอบถาม และศึกษากระบวนการทำงานของระบบงานเดิม ซึ่งมีหลายขั้นตอนการทำงานทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน และมีขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อน ขาดการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ขั้นตอนการทำงานในระบบเดิมมีขั้นตอนดังภาพที่ 1



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการแจ้งซ่อมระบบปัจจุบัน

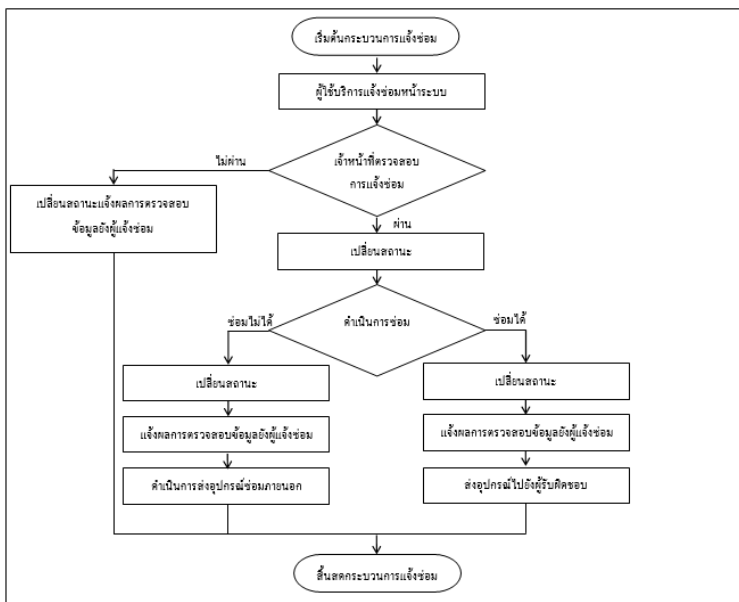
จากกระบวนการทำงานในการแจ้งซ่อมระบบปัจจุบันทำให้เกิดปัญหาในการทำงานมากมาย ระบบขาดประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดปัญหา ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

**การวิเคราะห์ระบบการแจ้งซ่อมระบบใหม่**

เมื่อผู้พัฒนาได้ศึกษาระบบงานปัจจุบัน และศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบงานเดิมทั้งสภาพปัญหา อุปสรรค ของการทำงานแบบเดิม ผู้พัฒนาจึงได้วิเคราะห์และออกแบบระบบใหม่เพื่อนำเสนอ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้เป็นระบบที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การทำงานระบบการแจ้งซ่อมใหม่

จากการทำงานในระบบใหม่นี้จะเป็นการทำงานในการแจ้งซ่อมผ่านหน้าระบบ ซึ่งทำให้มีความรวดเร็วในการแจ้งซ่อม ผู้แจ้งสามารถดูข้อมูลการแจ้งซ่อมและสถานะได้ผ่านหน้าระบบ ทำให้ลดระยะเวลาในการแจ้งซ่อม ข้อมูลการแจ้งซ่อมไม่เกิดการสูญหาย ระบบใหม่ใช้เว็บแอปพลิเคชันในการแจ้งซ่อมโดยใช้ภาษา PHP ในการออกแบบระบบ และ MySQL ในการเชื่อมต่อฐานข้อมูล

## การประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศ (Assess quality)

ในขั้นตอนการประเมินคุณภาพของระบบ ผู้พัฒนาได้กำหนดขอบเขตของการประเมินคุณภาพไว้ดังนี้

- **ขอบเขตของการประเมิน** จะทำการประเมินองค์ประกอบของสารสนเทศ 5 ด้าน คือ

1. ด้านความเหมาะสมในการเลือกใช้งานชนิด ขนาด สีตัวอักษร
2. ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้
3. ด้านรูปลักษณ์และความง่ายต่อการใช้งาน
4. ด้านการทำงานตามฟังก์ชัน
5. ด้านการนำไปใช้ การบริหารจัดการ และการวางแผน

- **วิธีการดำเนินการประเมินคุณภาพและการทดลองเพื่อหาความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ** การดำเนินการประเมินคุณภาพและการทดลองเพื่อหาความพึงพอใจต่อระบบใหม่ที่พัฒนานี้ จะมีวิธีการดำเนินการหลังจากที่ได้ทำการติดตั้งระบบเพื่อใช้งานจริง จากนั้นแบบสอบถามที่ผู้พัฒนาใช้ในการประเมินระบบที่สร้างขึ้นใหม่จะถูกแจกจ่ายให้กับ ผู้ที่ใช้ระบบ รายละเอียดตัวอย่างแบบสอบถาม ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อข้างต้น มีรายละเอียดดังนี้

- **แบบประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้ใช้งาน** จะเป็นแบบสอบถามความพึงพอใจเพื่อให้ผู้ใช้งาน แสดงข้อคิดเห็นต่อระบบที่สร้างขึ้น โดยมีเนื้อหาและขอบเขตในการประเมินคุณภาพการใช้งานของระบบ โดยใช้การใช้ผู้บริหาร และบุคลากร ภายในวิทยาลัยรัตภูมิทั้งหมดในการประเมินระบบโดยมีการแยกประชากรดังต่อไปนี้

ผู้บริหารวิทยาลัยรัตภูมิ	8	คน
บุคลากรสายสนับสนุน	16	คน
บุคลากรสายวิชาการ	25	คน
รวม	49	คน

- การให้ระดับคะแนนในการพิจารณาความพึงพอใจ ในการพิจารณาระดับคุณภาพการประเมินทั้ง 5 ด้าน ใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้

**1 ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามเลือกตอบ** จะนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับความพึงพอใจในด้านต่างๆ ในการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการประเมิน โดยผลจากการสำรวจข้อมูลตามการตอบแบบสอบถามมาดำเนินวิเคราะห์ เพื่อนำเสนอข้อมูลดังนี้ นำเสนอและวิเคราะห์ความพึงพอใจกับความคิดเห็นด้านการติดต่อกับระบบงานโดยการแจกแจงความถี่หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และนำเสนอตารางประกอบความเรียง

โดยใช้วิธีแปลความหมายตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามที่ผู้ตอบแบบสอบถามประมาณค่าไว้ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1.00-1.50	หมายถึง	มีคุณภาพควรปรับปรุง
1.51-2.50	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
2.51-3.50	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
3.51-4.50	หมายถึง	มีคุณภาพสูง
4.51-5.00	หมายถึง	มีคุณภาพสูงสุด

**2 สถิติที่ใช้ในการประเมินผล** ผู้พัฒนาได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล (กานดา พุนลาภทวี 2539:213) โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตสำหรับกลุ่มตัวอย่าง ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับกลุ่มตัวอย่าง (S.D.) ซึ่งหาได้จากสูตร

3.8.5.1 สูตรหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตสำหรับกลุ่มตัวอย่าง

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

เมื่อ  $\bar{x}$  = ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$f_i$  = ความถี่

$X_i$  = ค่าข้อมูล

$$\sum_{i=1}^n f_i x_i = \text{ผลรวมของค่าข้อมูลทั้งหมด}$$

$$\sum_{i=1}^n f_i = \text{จำนวนประชากรทั้งหมด}$$

3.8.5.2 สูตรหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับกลุ่มตัวอย่าง

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
X = ข้อมูลแต่ละตัว

### ผลการศึกษา

#### ผลการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้พัฒนานำระบบ “ระบบแจ้งซ่อมครุภัณฑ์และงานอาคารสถานที่ วิทยาลัยรัตภูมิ” โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยใช้แบบประเมินผลเป็นคำถามปลายเปิด และปลายปิด ในการแสดงความคิดเห็นต่อ ระบบแจ้งซ่อมครุภัณฑ์และงานอาคารสถานที่ วิทยาลัยรัตภูมิ ผู้เชี่ยวชาญที่ผู้พัฒนาเลือกมาให้ประเมินในครั้งนี้มีจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. นายพิเชฐ สุวรรณโณ ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ
2. นายโฆสิต รัตนบุริน ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่งานทะเบียน
3. นายภาณุพงศ์ มหาพงศ์ ตำแหน่ง วิศวกร

ผลจากการประเมินคุณภาพของระบบ “ระบบแจ้งซ่อมครุภัณฑ์และงานอาคารสถานที่ วิทยาลัยรัตภูมิ” ในส่วนของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏผลดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน

ลำดับ	รายการประเมินผล	$\bar{X}$	S.D.	อันดับที่
1	ด้านการวิเคราะห์ระบบ	4.60	0.94	ดีมาก
2	ด้านการออกแบบ	4.73	1.88	ดีมาก
3	ด้านการพัฒนา การติดตั้ง และการประเมินผลระบบ	4.53	0.94	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.62	1.25	ดีมาก

### ผลการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้ใช้งาน

ผลการประเมินคุณภาพระบบสารสนเทศโดยผู้ใช้งาน 10 คน โดยประเมินความพึงพอใจ 3 ด้านได้แก่ ด้านกระบวนการทำงานของระบบ ด้านการนำเข้าข้อมูลและด้านการรายงานของระบบ ซึ่งผลการประเมินปรากฏผลดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ความคิดเห็นของผู้ใช้ด้านกระบวนการทำงานของระบบ (Process)

ลำดับ	รายการประเมินผล	$\bar{X}$	S.D.	ระดับที่
1	ด้านกระบวนการทำงานของระบบ (Process)	4.26	0.63	ดี
2	ด้านการติดต่อระบบงาน	4.30	0.54	ดี
	ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ	4.28	0.59	ดี

### วิจารณ์

การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมครุภัณฑ์และงานอาคารสถานที่ วิทยาลัยรัถภูมิ สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ทุกประการ อาจเนื่องมาจากความประสบผลสำเร็จทางการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่สามารถทำ ได้เป็นอย่างดี

และจากผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลปรากฏเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ ระบบมีคุณภาพสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากการออกแบบระบบที่สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก สามารถตอบสนองความต้องการได้เป็นอย่างดี

### สรุป

การประเมินผลประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ การประเมินผลประสิทธิภาพของการพัฒนาระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงใจในด้านการออกแบบระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 ในด้านการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมในทุกๆ ด้าน ได้แก่ ด้านข้อมูลนำเข้า (Input) แบบฟอร์มสำหรับการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน มีรูปแบบการติดต่อกับผู้ใช้ที่เหมาะสม มีการป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการกรอกข้อมูล เหมาะที่จะนำไปใช้งานจริงแทนระบบงานเดิมได้ ในด้านกระบวนการทำงานของระบบ (Process) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า ระบบสามารถจัดการข้อมูลได้อย่างเหมาะสมและสามารถรักษาข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ใช้เวลาในการประมวลผลเหมาะสม สามารถอำนวยความสะดวกในการเรียกใช้ข้อมูลและสามารถรักษาความปลอดภัยของข้อมูลตามสิทธิ์ของผู้ใช้

ในด้านคุณภาพการรายงาน (Output) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีสารสนเทศครบถ้วน ตรงตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของระบบที่กำหนดไว้ รูปแบบรายงานง่ายต่อการทำความเข้าใจและนำไปใช้งาน มีการใช้ข้อความที่สื่อความหมายได้ชัดเจน รูปแบบรายงานมีมาตรฐานเดียวกัน ในรายงานมีการจัดเรียงลำดับข้อมูลในรายงานและอยู่ในรูปของตารางอย่างเหมาะสม

5.1.2.2 การประเมินประสิทธิภาพการพัฒนาระบบโดยผู้ใช้ระบบ พบว่าผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจต่อการใช้ระบบสารสนเทศอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 และ 4.30 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าสามารถนำระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นไปติดตั้งใช้งานจริงได้ เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับลูกค้าและผู้สนใจ

### เอกสารอ้างอิง

- ประธาน,ทวิวิ,โชคชัย. แผนภาพวงจรการพัฒนาระบบ. 2014, <http://www.swpark.or.th>
- ชาคริต. การออกแบบข้อมูลด้วย E-R Diagram (Entity-Relationship Diagrams) .13 พฤศจิกายน 2013, <https://msit5.wordpress.com>
- สตอมส์ เทคโนโลยี. Responsive Web Design การแสดงผลเว็บไซต์ที่รองรับทุกหน้าจอการทำงาน . 2015, <https://web.stoms.co.th/2013/10/15/>
- thaidisplay. ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System). 2015, <http://www.thaidisplay.com>
- นายฤชา ชูบรรจง. 2556. ระบบแจ้งซ่อมบำรุงคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา บริษัท พีเค จี เจอร์นีย์ โกลด์ จำกัด .ปริญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.



## ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสุตรนาโนในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ

### *Thrips palmi* Karny

### Efficacy of Nano Plant Essential Oils Against *Thrips palmi* Karny

กัญญ์กุลณัช สุขม่วง\* จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และ อัมร อินทร์สังข์

Kankulranach Sukmuang\*, Jarongsak Pumnuan and Ammorn Insung

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

\* Corresponding author: kem.pccl@gmail.com

#### บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสุตรนาโน ในการควบคุมเพลี้ยไฟ (*Thrips palmi* Karny) ในรูปแบบของสารฆ่า โดยใช้ น้ำมันหอมระเหยจากพืชสุตรนาโน 3 ชนิด ได้แก่ กานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย ที่ความเข้มข้น 0.0 (1% Tween60+PEG) 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0% ทำการทดสอบวิธีการจุ่มดอก (flower dipping method) 2 วิธีการ ได้แก่ 1) เป็นการจุ่มดอกกล้วยไม้ที่มีการปนเปื้อนของเพลี้ยไฟลงในสารทดสอบ เป็นเวลา 30 วินาที ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ตรวจสอบจำนวนเพลี้ยไฟที่พบในกลีบดอกที่ 72 ชั่วโมง และ 2) เป็นการจุ่มกลีบดอกกล้วยไม้ ลงในสารทดสอบ เป็นเวลา 30 วินาที ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วปล่อยตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟลงบนกลีบดอกกล้วยไม้ จำนวน 10 ตัว ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การตายที่ 24 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำการทดลอง ผลการทดลองพบว่า วิธีการจุ่มดอกกล้วยไม้ที่มีการปนเปื้อนเพลี้ยไฟลงในน้ำมันหอมระเหยจากการพlsruตรนาโน มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟมากที่สุด ที่ความเข้มข้น 0.4-1.0% โดยพบจำนวนตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ เท่ากับ 0.11-0.0 ตัว/ดอก แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (2.00 และ 1.44 ตัว/ดอก ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่วิธีการที่ 2 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสุตรนาโน ยังคงมีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟได้ดีที่สุด ที่ความเข้มข้น 0.8% สามารถฆ่าเพลี้ยไฟได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีค่า LC<sub>50</sub> และ LC<sub>90</sub> เท่ากับ 0.44 และ 0.58% ตามลำดับ การใช้สุตรน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสุตรนาโน จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในสภาพแปลงกล้วยไม้

คำสำคัญ: วิธีการจุ่ม กล้วยไม้ กานพลู ตะไคร้บ้าน อบเชย

### Abstract

The study aimed to evaluate the efficiency in terms of insecticidal properties of 3 nano plant essential oils from clove (*Syzygium aromaticum* (L.) (Merr. & Perry)), lemon grass (*Cymbopogon citratus* (DC. Ex Nees) Stapf. ) and cinnamon (*Cinnamomum bejolghota* Blume.) The nano plant essential oils against thrips *Thrips palmi* Karny at concentrations of 0.0 (1% Tween60+PEG), 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1.0% were employed. The experiment of flower dipping method was performed in 2 ways; 1) the orchid flowers contaminated with thrips were dipped in nano plant essential oils at mentioned concentrations and left at room temperature to air-dry for 30 seconds, number of thrips were counted at 72 hr. And 2) the orchid flowers were dipped in nano plant essential oils. Treated petals were left at room temperature to air-dry for 30 seconds. Amount of 10 adult thrips were then transferred to the treated petals and the mortality of thrips was observed at 24 hr. The experiment was designed in completely randomized design (CRD) with 3 replicates. The result showed that nano clove essential oil was extremely toxic to nymph and adult of thrips when 0.11-0.0 nymph or adult/flower were found on treated flowers at 0.4-1.0% concentrations with significant difference when compared with the control (2.00 and 1.44 nymphs or adults/flower) respectively. As for the second experiment, nano clove essential oils also gave highest effectiveness against adults of thrips, at the concentration of 0.8% could completely control the thrips with  $LC_{50}$  and  $LC_{90}$  value at 0.44 and 0.58%, respectively. The use of the nano clove essential oil formula seems to be an interesting alternative way to prevent thrips in orchid orchard.

**Keywords:** Flower dipping method, Orchid, *Syzygium aromaticum* (L.),  
*Cymbopogon citratus* (DC. Ex Nees) Stapf. ),  
*Cinnamomum bejolghota* (Blume.)

## บทนำ

กล้วยไม้เป็นไม้ดอกเศรษฐกิจที่สำคัญ ชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีความสวยงาม และหลากหลายสูงจึงเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ สามารถ ทำรายได้เข้าประเทศไทยปีละหลายร้อยล้านบาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ประเทศไทย เป็นแหล่งที่พบความหลากหลายของกล้วยไม้มากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความแตกต่างทางภูมิศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงและมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อีกทั้งกล้วยไม้ที่พบในประเทศไทยยังโดดเด่น เป็นเอกลักษณ์ แตกต่างจากกล้วยไม้ในภูมิภาคอื่น (รัฐศักดิ์, 2553)

ในปี 2559-2560 ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกดอกกล้วยไม้เป็นอันดับ 1 ของโลก ในขณะที่เนเธอร์แลนด์เป็นผู้ส่งออกต้นกล้วยไม้เป็นอันดับ 1 ของโลก แหล่งผลิตกล้วยไม้ที่สำคัญอื่นๆ ได้แก่ ไต้หวัน สิงคโปร์ นิวซีแลนด์ จีน และเกาหลีใต้ แต่การผลิตกล้วยไม้ของประเทศไทยนั้นถือเป็นหนึ่งในสินค้าที่เป็นเอกลักษณ์ของไทย พันธุ์ที่ส่งออกหลักได้แก่ สกุลหวาย โดยมีผลผลิตสูง 2 ช่วง คือ เดือน กุมภาพันธ์-มีนาคม และ เดือนสิงหาคม-กันยายน แหล่งผลิตกล้วยไม้ที่สำคัญในประเทศไทยอยู่ที่จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร กาญจนบุรี ราชบุรี และนนทบุรี ปัจจุบันมีผู้ส่งออกกล้วยไม้ไทยประมาณ 100 รายและเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไม้ประมาณ 3,000 ราย (สำนักงานการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม, 2560) ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญของการปลูกกล้วยไม้คือ ปัญหาภัยแล้ง และน้ำเค็มเข้ามารุกพื้นที่การผลิต ราคากล้วยไม้ตกต่ำ ผู้ค้าต่างชาติเข้ามารับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรโดยตรงที่สวน โดยไม่ผ่านผู้ประกอบการหรือกลุ่มผู้รวบรวม ทำให้กลไกตลาดกล้วยไม้บิดเบือนไปจากความจริง และปัญหาที่แก้ยากคือโรคและแมลง ซึ่งการนำเข้ากล้วยไม้ในส่วนของประเทศไทยทางจะคำนึงถึงคุณภาพและมีการตรวจสอบโรคและแมลง หากมีการตรวจพบก็จะถูกเผาทำลาย โดยแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ ได้แก่ เพลี้ยไฟ (*Thrips palmi* Karny) ซึ่งในการส่งออกนั้น หากพบเพลี้ยไฟติดไปกับกล้วยไม้จะเกิดปัญหาด้านการส่งออกทันที บางครั้งก็ก่อให้เกิดปัญหาอย่างรุนแรง เช่น ในปี 2540 กล้วยไม้จากประเทศไทยที่ส่งไปสหภาพยุโรปถูกเผาทำลายหลายครั้ง เนื่องจากพบเพลี้ยไฟติดไปกับดอก (กลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ, 2555; ปิยรัตน์ และคณะ, 2551) ยิ่งกว่านั้นเพลี้ยไฟ *T. palmi* ยังเป็นแมลงกักกันของประเทศสหรัฐอเมริกาอีกด้วย (Hata et al., 1991, 1993) เพลี้ยไฟ อยู่ในวงศ์ Thripidae อันดับ Thysanoptera เป็นแมลงชนิดปากเขี้ยวขนาดเล็ก เป็นแมลงที่รู้จักกันดีในแง่ศัตรูพืช มีขนาดเล็กประมาณ 2 มิลลิเมตร ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมีลักษณะคล้ายกัน ซึ่งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟจะปากเขี้ยวเนื้อเยื่อพืชให้ช้ำแล้วดูดกินน้ำเลี้ยงจากเซลล์พืช ทำให้บริเวณที่ถูกทำลายเกิดรอยต่างขาว บริเวณส่วน

อ่อนหรือส่วนที่เจริญ เช่น ตา ใบอ่อน ช่อดอกและกาบใบ เป็นต้น ระยะเริ่มแรกจะไม่สามารถมองเห็นอาการของการเข้าทำลายของเพลี้ยไฟได้เมื่อพืชถูกทำลายอย่างรุนแรงจะแคะแกรนสีดอกจะซีด กาบใบบริเวณลำต้น มีสีน้ำตาลและเหี่ยวจนเห็นได้ชัดเจน (กลุ่มบริหารศัตรูพืช และ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา, 2554) เพลี้ยไฟกล้วยไม้ พบเข้าทำลายพืชตระกูลกล้วยไม้ โดยเฉพาะประเทศแถบเขตร้อน (tropics) นอกจากนี้เพลี้ยไฟกล้วยไม้ *T. palmi* ยังเป็นแมลงพาหะที่นำโรคทอสปอไวรัส (Tospovirus) สู่พืชหลายชนิด ทำให้ผลผลิตลดลง เช่น Calla lily chlorotic spot virus, Groundnut bud necrosis virus, Melon yellow spot virus และ Watermelon silver mottle virus (Lakshmi, 1994; Riley et al., 2011) ส่งผลให้ได้ผลผลิตมีคุณภาพน้อย ผลผลิตอาจลดลง เกษตรกรส่วนมากจึงนิยมแก้ปัญหาโดยใช้วิธีฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงดังกล่าว อย่างไรก็ตามมีประสิทธิภาพ (การใช้ในปริมาณมาก และใช้สารเคมีที่ไม่ได้รับอนุญาต) สารจากธรรมชาติ จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่นเดียวกับการใช้นาโนเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในการพัฒนาการป้องกันการระเหย และคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยที่เรียกว่าเทคโนโลยีการกักเก็บ (encapsulation technology) การเตรียมไมโครโพสิเมอร์หรือนาโน โดยทั่วไปสามารถเตรียมได้หลายเทคนิค เช่น การพ่นแห้ง (spray drying) การระเหยตัวทำละลาย (solvent evaporation) เทคนิคหนึ่งที่ได้รับคามนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน คือ การสังเคราะห์จากมอนอเมอร์ด้วยกระบวนการแขวนลอย (suspension polymerization) และแบบมินิมัลชัน (miniemulsion polymerization) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง (Chaiyasat et al., 2013; Kwon et al., 2010; Zhuo et al., 2012) การเตรียมสารในรูปแบบของนาโนอิมัลชันด้วยเทคโนโลยีพื้นฐาน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรในรูปแบบ นาโนอิมัลชันแบบใส มีอนุภาคอิมัลชันในระดับนาโนเมตรที่สามารถกักเก็บน้ำมันสารออกฤทธิ์และกลิ่นได้ นานอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยปกป้องคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวที่ดี (สุวิมล, 2558) ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบของอนุภาคนาโนเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ มีแนวโน้มลดการนำเข้าสารเคมีจากต่างประเทศได้ น้ำมันหอมระเหยจากพืชยังสลายตัวเร็ว ไม่เป็นพิษในสภาพแวดล้อมและสัตว์เลือดอุ่น Sukmuang et al. (2017) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจาก กานพลู, ตะไคร้บ้าน และอบเชย มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟได้ 100% ที่ความเข้มข้น 0.8% โดยมีค่า LC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.48, 0.49 และ 0.54% ตามลำดับ โดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและตะไคร้บ้าน มีประสิทธิภาพสูงต่อตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟ (*F. schultzei*) ความเข้มข้น 3 µL/L air. พบว่ามีอัตราการตายสูงกว่า 90% โดยวิธีการรม

(Pumnuan and Insung, 2016) ดังนั้นจึงคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู, ตะไคร้บ้าน และอบเชย ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยไฟ มาพัฒนาต่อให้เป็นสูตรนาโน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ *T. palmi*

สำหรับการทดลองในครั้งนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช ได้แก่ กานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย สูตรนาโนในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ *T. palmi* โดยวิธีการจุ่มดอก (flower dipping method)

## วิธีการศึกษา

### 1. การเพาะเลี้ยงแมลง

เพลี้ยไฟ *T. palmi* ที่ใช้ในการทดลอง ทำการเก็บตัวอย่างเพลี้ยไฟจากแปลงปลูกกล้วยไม้ตัดดอกของเกษตรกร ที่เว้นการใช้สารเคมีเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ที่ตำบลคลองขวาง อำเภอนายูง จังหวัดนันทบุรี (14°00'49.6"N 100°18'01.8"E)

### 2. การเตรียมน้ำมันหอมระเหยจากพืช

การเตรียมน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย สูตรนาโนที่ใช้ในการทดลอง ที่ได้จากผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหยสำเร็จรูป จากบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด นำมาเจือจางความเข้มข้นที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ การทดลองนี้ได้เลือกใช้สารลดแรงตึงผิวหลัก (surfactant) คือ Tween60 (HLB=14.9) และสารลดแรงตึงผิวร่วม (co-surfactant) ethylene glycol 400 (PEG400) (HLB=13) จากนั้นนำ surfactant และ co-surfactant ข้างต้นมาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ เรียกว่า Smix โดยแต่ละ Smix จะมีอัตราส่วน ดังนี้ 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:3.5, 1:4 และ 1:4.5 (เช่น 1:1 หมายถึง 100  $\mu$ l:100  $\mu$ l) หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 10 ml นำน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชยผสมกับ Smix มีอัตราส่วน ดังนี้ 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:3.5, 1:4 และ 1:4.5 ทำการลดขนาดอนุภาคของน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยการนำเข้าเครื่อง High Pressure Homogenizer และวัดขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Nano Plus Zeta / Nano Particle

### 3. การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยจากพืช สูตรนาโนต่อเพลี้ยไฟ *T. palmi*

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพโดยวิธีการจุ่มดอก (flower dipping method) โดยการจุ่มทั้งดอกที่มีเพลี้ยไฟปนเปื้อน นำดอกกล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium Hybrid Sonia*) ที่มีการปนเปื้อนของเพลี้ยไฟ จุ่มลงในสารทดสอบ ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ

1.0% นาน 30 วินาที ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม และบรรจุดอกบานใส่ถุงพลาสติก นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิเย็น 15 °C ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ มาตรวจนับจำนวนเพลี้ยไฟที่มีชีวิตอยู่ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย หลังจากทดลอง 72 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ในห้องปฏิบัติการ บันทึกข้อมูลจำนวนเพลี้ยไฟ

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพโดยวิธีการจุ่มดอก (flower dipping method) โดยการจุ่มกลีบดอกดอกกล้วยไม้ แล้วนำไปทดสอบกับเพลี้ยไฟโดยการจุ่มกลีบดอกกล้วยไม้ ที่ปราศจากการปนเปื้อนของเพลี้ยไฟ ลงในสารทดสอบ ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0% นาน 30 วินาที ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วปล่อยตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟลงบนกลีบดอกกล้วยไม้ จำนวน 10 ตัว และนำกลีบดอกกล้วยไม้ที่มีเพลี้ยไฟ ใส่ลงในกล่องทดลองกลม (ฝากล่องเจาะรูให้มีอากาศถ่ายเทและปิดด้วยผ้าขาวบาง) บันทึกเปอร์เซ็นต์การตายที่เวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) นำข้อมูลที่ได้มา คำนวณหาอัตราการตายที่แท้จริงโดยใช้สูตร Abbott's formula (Abbott, 1987) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p < 0.05$ ) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (statistical analysis system) และคำนวณหาค่า LC<sub>50</sub> (50% lethal concentration) และ LC<sub>90</sub> (90% lethal concentration) โดยวิธี Probit analysis โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

### ผลการศึกษา

จากการทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย สูตรนาโน โดยทำการลดขนาดอนุภาคของน้ำมันหอมระเหยจากพืชโดยการนำเข้าเครื่อง High Pressure Homogenizer และวัดขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Nano Plus Zeta / Nano Particle พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 16.6, 34 และ 18.7 นาโนเมตร จากนั้นจึงนำน้ำมันหอมระเหย สูตรนาโนทั้งสามชนิดไปทดสอบประสิทธิภาพโดยวิธีการจุ่มดอก (flower dipping method) ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0% วิธีการจุ่มดอกกล้วยไม้มีการปนเปื้อนของเพลี้ยไฟ ซึ่งจากการตรวจนับจำนวนเพลี้ยไฟ ที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู สูตรนาโน มี

ประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟมากที่สุด ที่ความเข้มข้น 0.6% ไม่พบจำนวนตัวอ่อนของเพลี้ยไฟที่มีชีวิต รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย และตะไคร้บ้าน สุตรนาโน พบจำนวนตัวอ่อนของเพลี้ยไฟที่มีชีวิต เฉลี่ย 0.11 และ 0.22 ตัว/ดอก ตามลำดับ และในขณะที่มีความเข้มข้น 0.4-1.0% ของน้ำมันหอมระเหยจากพืช สุตรนาโนทั้งสามชนิด มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมตัวอ่อนของเพลี้ยไฟ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกัน ที่ความเข้มข้น 0.0 และ 0.2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ในขณะที่ทดสอบตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.4% น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู สุตรนาโน มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยไฟมากที่สุด พบจำนวนตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟที่มีชีวิตเฉลี่ย 0.11 ตัว/ดอก รองลงมาได้แก่น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย และตะไคร้บ้าน สุตรนาโน พบจำนวนตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟที่มีชีวิตเฉลี่ย 0.44 และ 1.00 ตัว/ดอก ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู และตะไคร้บ้าน ที่ความเข้มข้น 0.4-1.0% มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ พบจำนวนตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟที่มีชีวิตเฉลี่ย 0.11-0 และ 1.22-0 ตัว/ดอก รองลงมาได้แก่น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย พบจำนวนตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟที่มีชีวิตเฉลี่ย 1.44-0.11 ตัว/ดอก ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกัน ที่ความเข้มข้น 0.0 และ 0.2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ขณะที่วิธีการจุ่มดอกที่ไม่มีการปนเปื้อนของเพลี้ยไฟ หลังการทดสอบที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู และตะไคร้บ้าน สุตรนาโน ที่ความเข้มข้น 0.6-1.0% มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟมากกว่า 80% ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู สุตรนาโน ที่ความเข้มข้น 1.0% มีประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ โดยมีอัตราการตาย เท่ากับ 100.0% โดยมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 0.44% รองลงมาได้แก่น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน และอบเชย สุตรนาโน มีประสิทธิภาพในการควบคุมตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ โดยมีอัตราการตาย เท่ากับ 100.0 และ 96.6% โดยมีค่า  $LC_{50}$  เท่ากับ 0.41 และ 0.56% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกัน ที่ความเข้มข้น 0.0 และ 0.4% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

**Table 1** Effective comparison of nano plants essential oils against nymph of *Thrips palmi* Karny by flower dipping method at 72 hr.

Nano plant essential oils	Number of thrips per flower (Mean±SD <sup>1/</sup> )					
	Concentration (%)					
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Clove	2.00±1.84 <sup>Aa</sup>	1.77±1.78 <sup>Aa</sup>	0.11±0.33 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>
Lemon grass	2.11±1.45 <sup>Aa</sup>	1.77±1.48 <sup>Aa</sup>	0.55±1.13 <sup>Ba</sup>	0.22±0.66 <sup>Ba</sup>	0.11±0.33 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>
Cinnamon	2.00±1.87 <sup>Aa</sup>	1.33±1.50 <sup>Aa</sup>	0.33±0.70 <sup>Ba</sup>	0.11±0.33 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>

<sup>1/</sup> Means in row followed by the same capital letter are not significantly different at the 95% level by DMRT

Means in column followed by the same common letter are not significantly different at the 95% level by DMRT

**Table 2** Effective comparison of nano plants essential oils against adults of *Thrips palmi* Karny by flower dipping method at 72 hr.

Nano plant essential oils	Number of thrips per flower (Mean±SD <sup>1/</sup> )					
	Concentration (%)					
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Clove	1.44±1.42 <sup>Aa</sup>	1.00±1.00 <sup>Aa</sup>	0.11±0.33 <sup>Bb</sup>	0.11±0.33 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>	0 <sup>Ba</sup>
Lemon grass	1.22±1.20 <sup>Aa</sup>	1.22±1.20 <sup>Aa</sup>	1.00±1.00 <sup>ABa</sup>	0.66±1.11 <sup>ABa</sup>	0.33±0.70 <sup>ABa</sup>	0 <sup>Ba</sup>
Cinnamon	1.44±1.42 <sup>Aa</sup>	1.44±1.13 <sup>ABa</sup>	0.44±0.88 <sup>BCab</sup>	0.55±0.88 <sup>ABCa</sup>	0.22±0.44 <sup>Ca</sup>	0.11±0.33 <sup>Ca</sup>

<sup>1/</sup> Means in row followed by the same capital letter are not significantly different at the 95% level by DMRT

Means in column followed by the same common letter are not significantly different at the 95% level by DMRT



**Table 3** Mortality percentages (Means  $\pm$  SD) of the adults of *Thrips palmi* Karny caused by nano plant essential oils at different concentrations at 24 hr.

Nano plants essential oils	Mortality (%) $\pm$ SD <sup>1/</sup>						LC <sub>50</sub> (%) (lower-upper)	LC <sub>90</sub> (%) (lower-upper)	slope $\pm$ SE
	Concentration (%)								
	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0			
Clove	0 <sup>C</sup>	0 <sup>Cb</sup>	40.0 $\pm$ 10.0 <sup>Ba</sup>	90.0 $\pm$ 17.3 <sup>Aa</sup>	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>Aa</sup>	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>Aa</sup>	0.44 (0.40-0.48)	0.58 (0.53-0.66)	1.50 $\pm$ 0.60
Lemon grass	0 <sup>D</sup>	20.0 $\pm$ 10.0 <sup>Ca</sup>	40.0 $\pm$ 20.0 <sup>Ba</sup>	86.6 $\pm$ 11.5 <sup>Aa</sup>	93.3 $\pm$ 5.7 <sup>Aa</sup>	96.6 $\pm$ 5.7 <sup>Aa</sup>	0.41 (0.33-0.48)	0.74 (0.66-0.87)	0.56 $\pm$ 0.30
Cinnamon	0 <sup>C</sup>	3.3 $\pm$ 5.7 <sup>Cb</sup>	20.0 $\pm$ 17.3 <sup>Ca</sup>	50.0 $\pm$ 20.0 <sup>Bb</sup>	93.3 $\pm$ 11.5 <sup>Aa</sup>	100.0 $\pm$ 0.0 <sup>Aa</sup>	0.56 (0.51-0.61)	0.79 (0.72-0.89)	0.75 $\pm$ 0.44

<sup>1/</sup> Means in row followed by the same capital letter are not significantly different at the 95% level by DMRT  
 Means in column followed by the same common letter are not significantly different at the 95% level by DMRT  
 LC<sub>50</sub> = 50% Lethal concentration  
 LC<sub>90</sub> = 90% Lethal concentration

### วิจารณ์

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช สุธรรนาโน 3 ชนิด ได้แก่ สุธรรนาโนจากกานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย ในการป้องกันกำจัดตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ โดยวิธีการจุ่มดอก (flower dipping method) ทั้งแบบที่มีการปนเปื้อนและไม่มีการปนเปื้อนของเพลี้ยไฟ พบว่าน้ำมันหอมระเหยสุทธรรนาโนจากกานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Sukmuang et al. (2017) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืช ต่อตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟ (*Frankliniella schultzei* (Trybom)) โดยวิธีการจุ่มใบ (leaf dipping method) ที่ 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย ที่ความเข้มข้น 0.8% มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟได้ 100% โดยมีค่า LC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.48, 0.49 และ 0.54% ขณะที่ Pumnuan and Insung (2016) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูอบเชย และตะไคร้บ้าน ที่ความเข้มข้น 3  $\mu$ L/air มีประสิทธิภาพสูงต่อตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟ (*F. schultzei*) โดยวิธีการรม มีอัตราการตายมากกว่า 80% โดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและตะไคร้บ้าน พบว่ามีอัตราการตายสูงกว่า 90% ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน สุธรรนาโน มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยไรแดงแอฟริกัน (*Eutetranychus africanus*) โดยมีค่า LC<sub>50</sub> เท่ากับ 2.43% (Danarun et al., 2015) รวมทั้งยังมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อราและแบคทีเรียได้อีกด้วย

(Lakyat et al., 2017) และจากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยสูตรนาโนจากพืช สามารถป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟได้สูง

ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจพัฒนาสูตรน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้บ้านและอบเชย สูตรนาโน เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟในสภาพแปลงกล้วยไม้ และทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอีกด้วย

### สรุป

จากการทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากพืช สูตรนาโน ทั้ง 3 ชนิด ในการป้องกันกำจัดตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ โดยวิธีการจุ่มดอก พบว่าน้ำมันหอมระเหยสูตรนาโนจากกานพลู ตะไคร้บ้าน และอบเชย มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดตัวอ่อน และตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ โดยการจุ่มดอกที่มีการปนเปื้อน ที่ความเข้มข้น 0.4-1.0% พบตัวอ่อนที่มีชีวิต 0-0.55 ตัว/ดอก และที่ความเข้มข้น 0.6-1.0% พบตัวเต็มวัยที่มีชีวิต 0-0.66 ตัว/ดอก ขณะที่จุ่มดอกที่ไม่มีการปนเปื้อนของแมลง พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้บ้าน กานพลู และอบเชย สูตรนาโน ดังกล่าวข้างต้น มีประสิทธิภาพในการฆ่าตัวเต็มวัยเพลี้ยไฟ ที่ความเข้มข้น 0.8-1.0% มีอัตราการตายมากกว่า 90% และมีค่า LC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.41 0.44 และ 0.56% ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืช สูตรนาโน ดังกล่าวข้างต้น มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ในการป้องกันกำจัดตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟ

### เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร. [ออนไลน์, 9 มีนาคม 2561]. ได้จาก: <http://production.doae.go.th>.

กลุ่มบริหารศัตรูพืช และ กลุ่มกีฏและสัตววิทยา. 2554. แมลงศัตรูผัก เห็ด และไม้ดอก. เอกสารวิชาการ สำนักวิจัยพัฒนาอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กลุ่มไม้ดอกไม้ประดับ. 2555. เพลี้ยไฟแมลงศัตรูสำคัญของกล้วยไม้ในฤดูร้อน. บทความส่งเสริมการเกษตร. ฝ่ายประชาสัมพันธ์ กองเกษตรสัมพันธ์ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ออนไลน์, 9 มีนาคม 2561]. ได้จาก: <http://previously.doae.go.th.report/bt101.htm>.

ปิยรัตน์ เขียนมีสุข ศรีสุดา ไททอง สมรวัย รวมชัยอภิกุล ศรีจันทร์จักษ์ พิชิตสุวรรณชัย กอบเกียรติ์ บันสิทธิ์ และมณฑนา มิลล์. 2551. แมลงศัตรูกล้วยไม้และการป้องกันกำจัด.

- หน้า 75-86. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร แห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 152 หน้า.
- รัฐศักดิ์ พลสิงห์. 2553. แหล่งรวบรวมพันธุ์เพื่ออนาคตกล้วยไม้ไทย. หนังสือพิมพ์กสิกร 83(2) : 85-86.
- สุวิมล สุรัสโม. 2558. อนุภาคนาโนเพื่อการกักเก็บสารสังเคราะห์ที่ออกฤทธิ์ไต่ยุง. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. [ออนไลน์, 9 มีนาคม 2561]. ได้จาก: <http://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2015/20150911-Technology-show%202-2558-Pharmaceutical-9.pdf>.
- สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2560. สินค้ากล้วยไม้. [ออนไลน์, 9 มีนาคม 2561]. ได้จาก: [http://www.ditp.go.th/contents\\_attach/195701/195701.pdf](http://www.ditp.go.th/contents_attach/195701/195701.pdf).
- Abbott, W.S. 1987. A method of computing the effectiveness of an insecticide 1925. J. Am. Mosq. Control Assoc., 3: 302-303.
- Chaiyasat P., A. Chaiyasat, P. Teeka, S. Noppalit, and U. Srinorachun. 2013. Preparation of poly (1-lactic acid) microencapsulated vitamin E. Energy Procedia. 34: 656-663.
- Danarun, S., P. Homkong, J., Pumnuan, and A. Insung. (2015). Effect of plant essential oils on adult of African red mite (*Eutetranychus africanus* (Tucker)). 760-766.
- Hata, T.Y.; A.H. Hara; B.K.S. Hu; R.T. Kaneko, and V.L. Tenbrink. 1993. Field sprays and insecticidal dips after harvest for pest management of *Franklinella occidentalis* and *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) on orchids. J. Econ. Entomol. 86: 1483-1489.
- Kwon, H., I. Cheong, and J. Kim. 2010. Preparation of n - octadecane nanocapsules by using interfacial redox initiation in miniemulsion polymerization. Macromolecular Research. 18: 923-926.
- Lakshmi, K.V. 1994. Transmission and ecology of *Thrips palmi* Karny, the vector of peanut bud necrosis virus. Thesis submitted to the Andhra Pradesh Agricultural University. Available from: <http://oar.icrisat.org/id/eprint/338> [accessed on 9 March 2018].

- 
- Lakyat, A., J. Pumnuan, and A. Insung. 2017. Effectiveness of nano plant essential oils against brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). IJAT. 13(7.2): 1537-1546.
- Pumnuan, J. and, A. Insung. 2016. Fumigant toxicity of plant essential oils in controlling thrips, *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) and mealybug, *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Hemiptera: Pseudococcidae). J. ent. Res., 40 (1): 1-10.
- Riley, D.G., S.V. Joseph, R. Srinivasan, and S. Diffie. 2011. Thrips vectors of tospoviruses. J. Integ. Pest Mngmt. 1: 1-10.
- Sukmuang, K., J. Pumnuan, and A. Insung. 2017. Insecticidal properties of plant essential oils against common blossom thrips [*Frankliniella schultzei* (Trybom)]. IJAT. 13(7.1): 1309-1316.
- Zhuo, D., C.Y. Zhao, and Y. Tian. 2012. Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building application. Appl.Energy. 92: 593-605.

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยสูตรน้ำในการควบคุมไรฝุ่น  
(*Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart)) โดยวิธีการรม  
Effectiveness of Water Based Essential Oils to Control the House Dust Mite  
(*Dermatophagoides Pteronyssinus* (Trouessart))  
by Fumigation Method.

วิภาวี มีภูมิรัฐ\* จรงค์ศักดิ์ พุมนวน และ อัมพร อินทร์สังข์  
Wipawee Meepoomru\*, Jarongsak Pumnuan and Ammorn Insung

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

\* Corresponding author: tentensibb@gmail.com

บทคัดย่อ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสูตรน้ำมันหอมระเหยกานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry) และอบเชย (*Cinnamomum bejolghota* (Buch.-Ham.) Sweet) ต่อไรฝุ่นบ้าน (*Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart)) โดยวิธีการรม ทำการทดสอบสูตรน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0, 1, 1.5 และ 2% ละลายในเอทานอล 60, 70, 80 และ 95% ในน้ำ โดยใช้ปริมาตร 1.5 ml ฉีดพ่นลงในเครื่อง Knockdown chamber ขนาด 25 L ได้ความเข้มข้น 0, 0.6, 0.9 และ 1.2  $\mu\text{L/L}$  air ตามลำดับ รมนาน 1 ชั่วโมง ทำการตรวจนับอัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ พบว่าสูตรน้ำมันหอมระเหยกานพลูผสมกับอบเชยที่อัตราส่วน 2:1 มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นได้มากกว่าอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ตามลำดับ ตัวทำละลายที่มีเอทานอลผสมอยู่มากมีผลต่อการฆ่าไรฝุ่นมากขึ้น โดยสูตรน้ำมันหอมระเหยกานพลูผสมกับอบเชยอัตราส่วน 2:1 ที่ความเข้มข้น 1.2  $\mu\text{L/L}$  air ในตัวทำละลายเอทานอล 95% มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นได้ 100% รองลงมาคือ ที่ละลายในเอทานอล 80, 70 และ 60% มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นได้ 81.1, 68.9 และ 58.5% ตามลำดับ โดยทั่วไปสูตรน้ำมีคุณสมบัติในการรมฆ่าไรฝุ่นที่ต่ำกว่าสูตรเอทานอล

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย กานพลู อบเชย สูตรน้ำ ไรฝุ่น

## Abstract

Acaricidal property of essential oil from clove (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry) and cinnamon (*Cinnamomum bejolghota* (Buch.-Ham.) Sweet) against the house dust mite (*Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart)) was performed by using fumigation method. The formula proportions between clove and cinnamon essential oils were 1:1, 1:2 and 2:1 with the concentrations of 0, 1, 1.5 and 2% diluted in ethanol and water; 60:40, 70:30, 80:20 and 95:5. The mentioned formulas at the volume 1.5 ml were applied within 25 L knockdown chamber at 0, 0.6, 0.9 and 1.2  $\mu\text{L/L}$  air with fumigation period of 1 hr. Then the mortality of mite was observed at 24 hr. after fumigation. The experiment was completely randomized design (CRD) with 5 replications. As a result of clove and cinnamon proportion 2:1 of ethanol based (95% ethanol) was the highest effectiveness in killing the house dust mites, more than that of 1:1 and 1:2, respectively. Solvent containing much more ethanol showed more effectiveness in killing the mite. The clove and cinnamon essential oils at the proportion 2:1 at 1.2  $\mu\text{L/L}$  air diluted in 95% ethanol caused 100% mortality, followed by diluted in 80, 70 and 60% ethanol, which could kill the mite at 81.1, 68.9 and 58.5%, respectively. In general, water based essential oil formulas had lower fumigant effect compared with ethanol based.

**Keywords:** Essential oils house dust mite, Clove, Cinnamon, Water based

## บทนำ

การเกิดโรคภูมิแพ้ นั้นถือว่าเป็นปัจจัยมาจากทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยปกติถ้าพ่อหรือแม่คนใดคนหนึ่งเป็นโรคภูมิแพ้ ลูกจะมีโอกาสเป็นภูมิแพ้ประมาณ 25% แต่ถ้าพ่อและแม่เป็นโรคภูมิแพ้ ลูกจะมีโอกาสเป็นโรคภูมิแพ้ถึง 66% โดยเฉพาะโรคโพรงจมูกอักเสบจากภูมิแพ้จะมีอัตราการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์สูงที่สุด (อรพรรณ, 2558) ส่วนตัวการที่ทำให้เกิดอาการแพ้เรียกว่า สารก่อภูมิแพ้ ซึ่งผลการสำรวจในประเทศไทย พบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดสารก่อภูมิแพ้ติดอันดับหนึ่งคือไรฝุ่น สารก่อภูมิแพ้เป็นสารที่สามารถกระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันสร้าง แอนติบอดีชนิด IgE ขึ้นมา ทำให้เกิดอาการภูมิแพ้แตกต่างกันออกไป เช่น มีอาการทาง

ระบบหายใจ ทำให้จาม น้ำมูกไหล หากมีอาการหลอดลมอักเสบตีบตัน หอบเหนื่อย หายใจเสียงวี๊ด เรียกว่า โรคหืด (asthma) (วรรณะ, 2548) ไรฝุ่น (house dust mite) มีขนาดเล็กประมาณ 0.1-0.3 มิลลิเมตร รูปร่างกลมรี สีขาวขุ่น มีขา 4 คู่ ไม่มีตา ไม่มีหนวด ส่วนปากยื่นออกไปทางด้านหน้าของลำตัวคล้ายส่วนหัว ผิวลำตัวของไรทั้งด้านบนและด้านใต้ท้องเป็นร่องเล็กๆ ทำให้เกิดหลอดคล้ายลายนิ้วมือมนุษย์ ชอบอาศัยในที่มืดอุณหภูมิ 25-30 องศา ไม่ชอบแสงสว่างมากนัก (Voorhorst et al., 1967) การใช้สารสกัดจากพืชถือว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อใช้ในป้องกันกำจัด และลดปริมาณไรฝุ่นให้น้อยลงจนอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ มีความปลอดภัย ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพวิธีการป้องกันกำจัดไรฝุ่น โดยการใช้วิธีการเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ได้รับการนิยมนำมาใช้เพราะไรฝุ่นจะอยู่ในที่นอนจึงเป็นการยากที่จะฉีดพ่นโดยตรง น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยมีองค์ประกอบหลักคือ eugenol โดยรายงานของ Jarupaiboon et al. (2007) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยสาร eugenol ความเข้มข้น 8.24% ต่อไรฝุ่น พบอัตราการตายของตัวไรฝุ่นเท่ากับ 28 และ 50% ที่ 24 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ นอกจากนี้ไอร่มและจรงค์ศักดิ์ (2552) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสูตรเอทานอล สามารถฆ่าไรฝุ่นได้ 100% ทั้งวิธีการและการฉีดพ่นโดยตรง ขณะที่ประยูร (2544) กล่าวว่าแอลกอฮอล์ทำหน้าที่เป็นตัวทำลาย และยังเป็นตัวนำสารเข้าสู่ผิว หากมีปริมาณที่มากเกินไปจะก่อให้เกิดการระคายเคือง และเกิดการอักเสบของผิวหนังได้ สำหรับคนที่มีผิวระคายเคืองง่ายหรือกลุ่มคนแพ้ง่าย

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยสูตรน้ำในการกำจัดไรฝุ่นโดยวิธีการ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจากแอลกอฮอล์อีกทั้งยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์กำจัดไรฝุ่นอีกด้วย

## วิธีการศึกษา

### น้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) (Merr. & Perry) และอบเชย (*Cinnamomum zeylanicum* Blume.) จัดหาโดยการสั่งซื้อจากบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด (ประเทศไทย)

### การเตรียมสูตรน้ำมันหอมระเหยกำจัดไรฝุ่นสูตรน้ำ

สูตรที่ 1 กานพลูผสมอบเชย ผสมน้ำอัตราส่วน 1:1

สูตรที่ 2 กานพลูผสมอบเชย ผสมน้ำอัตราส่วน 1:2

สูตรที่ 3 กานพลูผสมอบเชย ผสมน้ำอัตราส่วน 2:1

น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (*S.aromaticum*) และอบเชย (*C. bejolghota*) นำมาเจือจางด้วยเอทานอลผสมน้ำที่อัตราส่วน 95:5, 80:20, 70: 30 และ 60:40 ที่ความเข้มข้น 0, 0.6, 0.9 และ 1.2  $\mu\text{l}$  / L air ตามลำดับ

**การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหย**

เตรียมไรฝุ่น *D. pteronyssinus* เพื่อทำการทดสอบ โดยใช้ฟูกัน 1 เส้น สุ่มเชี้ยตัวเต็มวัยของไรฝุ่นไม่จำกัดเพศ ใส่ลงในกรงทดสอบไรฝุ่น (mite cage) ซึ่งมีขนาดความกว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 3 × 5 × 0.45 cm. ทำการทดสอบทั้งหมด 5 ซ้ำ จำนวน 10 ตัว ต่อ 1 ซ้ำ นำน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู และอบเชย เจือจางด้วยเอทานอลผสมน้ำที่อัตราส่วน 95, 80, 70 และ 60% ทั้งหมด 3 สูตร หลังจากนั้นนำกรงทดสอบไรฝุ่นที่เตรียมไว้ วางในเครื่อง knockdown chamber ขนาด 25 L แล้วฉีดสารละลายปริมาตร 1.5 ml ซึ่งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นที่ 0, 0.6, 0.9 และ 1.2  $\mu\text{l}$  / L air ตามลำดับ รมนาน 1 ชั่วโมง และตรวจนับอัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง การตรวจพบไรฝุ่นนั้นอ่านผลได้โดยวิธีของ Welty et al. 1988 ดังนี้

ไรฝุ่นมีชีวิต หมายถึง ตัวไรฝุ่นที่สามารถตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยการสัมผัส เช่น การเคลื่อนไหวได้ แม้อรูปร่างอาจเปลี่ยนแปลงไป

ไรฝุ่นไม่มีชีวิต คือ ไรที่ไม่เคลื่อนไหว หรือตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น หรือการเปลี่ยนรูปร่าง เช่น ลำตัวแบน ขาหัก ลำตัวด้านข้างมีจุดดำคล้ำ

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของไรฝุ่นโดยใช้สูตร Abbott Formula (Abbott, 1987) และนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's new multiple rang test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ ) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS จากข้อมูลเบื้องต้น คำนวณหาค่า  $LC_{50}$  (50% lethal concentration) โดยใช้วิธี Probit analysis โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

### ผลการศึกษา

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (*S.aromaticum*) และอบเชย (*C.bejolghota*) สูตรน้ำกำจัดไรฝุ่น (*D.pteronyssinus*) อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 โดยวิธีการรม พบว่า สูตรน้ำมันหอมระเหยกานพลูผสมกับอบเชยที่อัตราส่วน 2:1 มี



ประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นได้มากกว่าสูตรน้ำมันหอมระเหยกานพลูกับอบเชยที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ตามลำดับ โดยสูตรน้ำมันหอมระเหยกานพลูผสมกับอบเชยสูตรเอทานอล (95%) อัตราส่วน 2:1 มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นได้ถึง 100% ที่ความเข้มข้น 0.6  $\mu\text{L/L}$  air รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ที่ความเข้มข้น 0.9  $\mu\text{L/L}$  air ซึ่งมีค่า  $\text{LC}_{50}$  เท่ากับ 0.25 และ 0.6 ตามลำดับ ในขณะที่สูตรน้ำมันหอมระเหยที่ละลายในเอทานอล 60% อัตราส่วน 2:1 มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นได้ 58.5 ซึ่งสูงกว่าอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ที่มีผลในการฆ่าไรฝุ่นได้เพียง 33.7 และ 36.2% เท่านั้น (Table 1)

### วิจารณ์

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู และอบเชย สูตรน้ำกำจัดไรฝุ่น อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ทำให้พบอัตราส่วนที่สามารถฆ่าไรฝุ่นที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นได้ดีกว่าสูตรน้ำมันหอมระเหยเชิงเดี่ยว ที่ได้ศึกษาและพัฒนาจากการทดลองของ Meepoomru et al. (2017) โดยที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูอบเชย และสารมาตรฐานยูจินอล ในการควบคุมไรฝุ่นโดยมีเอทานอลและน้ำเป็นตัวทำละลาย ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสูตรเอทานอล 95:5 มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นที่ 100% ที่ความเข้มข้น 0.6  $\mu\text{L/L}$  air มีค่า  $\text{LC}_{50}$  เท่ากับ 0.36 ซึ่งให้ผลที่ไม่แตกต่างกับสารมาตรฐานยูจินอลที่ความเข้มข้น 0.6  $\mu\text{L/L}$  air มีค่า  $\text{LC}_{50}$  เท่ากับ 0.59 ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสูตรน้ำ 40:60 มีอัตราการตายของไรฝุ่น 17.4 ที่ความเข้มข้น 0.6  $\mu\text{L/L}$  air. สำหรับในการศึกษาครั้งนี้พบว่า สูตรน้ำมันหอมระเหยเอทานอล (95%) สูตรผสมกานพลูและอบเชยอัตราส่วน 2:1 มีประสิทธิภาพสูงเหมือนกัน โดยคาดว่ามีความ  $\text{LC}_{50}$  ต่ำกว่า 0.25 ซึ่งเป็นค่า  $\text{LC}_{50}$  ต่ำที่สุดของกานพลูและอบเชยที่อัตราส่วน 1:1 ที่สามารถหาได้สำหรับค่า  $\text{LC}_{50}$  ของกานพลูและอบเชยที่สัดส่วน 2:1 จากการครั้งทดลองนี้ไม่สามารถหาได้เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า 0.6 มาก สำหรับสูตรที่มีน้ำ 30-40% จะพบว่าโดยทั่วไปมีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นที่ต่ำกว่าสูตรเอทานอลมาก โดยที่ความเข้มข้น 1.2  $\mu\text{L/L}$  air สามารถฆ่าไรฝุ่นได้ 33.7-58.5% ซึ่งมีผลคล้ายคลึงกับการทดลองของ Meepoomru et al. (2017) ข้างต้น ส่วน Saad et al. (2006) ได้ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากพืช 14 ชนิดในการฆ่าไรฝุ่น พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพที่ดี ในการศึกษาการตรวจวัดประสิทธิภาพจากน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยและกานพลูมีความพิษสูงและมีสาร eugenol เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยทั้งสอง นอกจากนี้ Kim et al. (2003) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสาร จากกานพลู (*Eugenia caryophyllata*) กับไรฝุ่น (*Dermatophagoides pteronyssinus*) และรายงานไว้ในกานพลูมีสาร Eugenol และ

อนุพันธ์ซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไรฝุ่นมากที่สุด และมีประสิทธิภาพดีมากเมื่อทดสอบในภาวะที่มีขีดสอดคล้องกับการทดลองของอำมรและจรงค์ ศักดิ์ (2552) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสูตรเอทานอล ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า LC<sub>50</sub> เท่ากับ 0.092

**Table 1** Percentage mortality of *Dermatophagoides pteronyssinus* adults caused by essential oil of clove and cinnamon diluted in ethanol and water with different ratios

Essential oils	Mortality (%)				LC <sub>50</sub>	Slove ± S.E.
	Concentration (µL/L air)					
	Control	0.6	0.9	1.2		
Clove + Cinnamon 1:1 95%	0.0±0.0 <sup>Ac</sup>	85.2±4.94 <sup>Ab</sup>	100.0±0.0 <sup>Aa</sup>	96.8±4.39 <sup>Aa</sup>	0.25	3.55±2.21
Clove + Cinnamon 1:1 80%	0.0±0.0 <sup>Ab</sup>	42.2±11.31 <sup>Ba</sup>	44.7±5.35 <sup>Ba</sup>	46.3±6.57 <sup>Ba</sup>	0.93	0.37±0.35
Clove + Cinnamon 1:1 70%	0.0±0.0 <sup>Ac</sup>	26.1±9.57 <sup>Cb</sup>	42.5±6.02 <sup>Ba</sup>	44.5±8.52 <sup>BCa</sup>	1.4	0.40±0.38
Clove + Cinnamon 1:1 60%	0.0±0.0 <sup>Ac</sup>	19.6±6.24 <sup>Cb</sup>	25.3±4.94 <sup>Cab</sup>	33.7±12.59 <sup>Ca</sup>	2.89	0.41±0.39
%CV	-	19.34	8.88	15.49		
Clove + Cinnamon 1:2 95%	0.0±0.0 <sup>Ab</sup>	94.7±7.67 <sup>Aa</sup>	100.0±0.0 <sup>Aa</sup>	100.0±0.0 <sup>Aa</sup>	0.6	0.42±0.39
Clove + Cinnamon 1:2 80%	0.0±0.0 <sup>Ab</sup>	46.4±9.22 <sup>Ba</sup>	50.2±8.73 <sup>Ba</sup>	51.9±3.22 <sup>Ba</sup>	1.62	0.36±0.34
Clove + Cinnamon 1:2 70%	0.0±0.0 <sup>Ac</sup>	39.8±6.69 <sup>BCb</sup>	34.3±5.98 <sup>Cb</sup>	50.6±8.84 <sup>Ba</sup>	1.29	0.36±0.35
Clove + Cinnamon 1:2 60%	0.0±0.0 <sup>Ab</sup>	31.7±2.27 <sup>Ca</sup>	32.1±5.63 <sup>Ca</sup>	36.2±3.91 <sup>Ca</sup>	1.7	0.36±0.34
%CV	-	13.05	11.03	8.53		
Clove + Cinnamon 2:1 95%	0.0±0.0 <sup>Ab</sup>	100.0±0.0 <sup>Aa</sup>	100.0±0.0 <sup>Aa</sup>	100.0±0.0 <sup>Aa</sup>	-	-
Clove + Cinnamon 2:1 80%	0.0±0.0 <sup>Ac</sup>	45.6±3.58 <sup>Bc</sup>	71.1±2.30 <sup>Bb</sup>	81.1±7.54 <sup>Ba</sup>	0.63	0.41±0.37
Clove + Cinnamon 2:1 70%	0.0±0.0 <sup>Ac</sup>	42.7±9.71 <sup>Bb</sup>	49.4±5.92 <sup>Cb</sup>	68.9±2.49 <sup>Ca</sup>	0.82	0.39±0.36
Clove + Cinnamon 2:1 60%	0.0±0.0 <sup>Ac</sup>	38.5±4.55 <sup>Bb</sup>	41.2±7.89 <sup>Db</sup>	58.5±9.17 <sup>Da</sup>	2.59	0.41±0.38
%CV	-	9.94	7.73	7.86		

<sup>1/</sup> Means in column within the same essential oil ratio, followed by the same capital letter are not significantly different at 95% level by DMRT. <sup>2/</sup> Means in row within the same essential oil ratio, followed by the same common letter are not significantly different at 95% level by DMRT.

### สรุป

สูตรน้ำมันหอมระเหยกานพลูผสมกับอบเชยที่อัตราส่วน 2:1 มีประสิทธิภาพในการฆ่าไรฝุ่นได้มากกว่าอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 ตามลำดับ พบว่าตัวทำลายที่มีเอทานอลผสมอยู่มากมีผลต่อการฆ่าไรฝุ่นมากขึ้น โดยสูตรน้ำมันหอมระเหยกานพลูผสมกับอบเชยอัตราส่วน 2:1 ที่ความเข้มข้น 1.2  $\mu\text{L}$  air ในตัวทำลายเอทานอล 95% พบว่าฆ่าไรฝุ่นได้ 100% รองลงมาคือ ที่ละลายในเอทานอล 80, 70 และ 60% ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยสูตรน้ำจึงมีเอทานอลผสมน้ำอัตราส่วน 60:40 จะมีคุณสมบัติในการฆ่าโดยการรมไรฝุ่นที่ต่ำ

### อ้างอิง

- ประยูร เจนตะกุลโรชน. 2544. ผู้บริหารโรงพยาบาลโรคผิวหนังอโศก(อันตรายของแอลกอฮอล์ในเครื่องสำอางค์.[Online].Available:www.boldsky.com/health/wellness/2012/cosmetic-danger-chemicals\_280212.html.
- วรรณะ มหาภิตติคุณ. 2548. ไรฝุ่น...ตัวเล็ก เรื่องใหญ่. วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 35(2): 142-145.
- อรพรรณ โชนกุล. 2558. ภูมิแพ้ที่ไม่แพ้. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 124.
- อำร อินทร์สังข์ และจรงค์ศักดิ์ พุมนวน. 2552. ผลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อไรฝุ่น (*Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart). วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 37(2):183-191.
- Abbott, W.S. 1987. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Jarupaiboon, S., K. Rungsardthong, I. Sramala, W. Kangwansupamonkon, S. Puttipipatkachorn and U. Ruktanonchai. 2007. Improved anti-dust properties of textiles by eugenol loaded chitosan nanoparticles. pp. 1016-1019 In: Proceedings of the 2nd International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (IEEE). Bangkok, Thailand. 16-19.
- Kim, E.H., Kim, H.K. and Y.J. Ahn.2003. Acaricidal of clove bud oil compounds against (*Dermatophagoides farinae* and (*Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae). J. Agric. Food Chem. 51(4): 885-889.

- 
- Meepoomru, W., J. Pumnuan and A. Insung. 2017. Fumigation test of water based essential oils against house dust mite (*Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart)). International Journal of Agricultural Technology 13(7.1): 1355-1360.
- Saad, E. R. Hussien, F. saher and A. Ahmed. 2006. Acaricidal activities of some essential oils and their monoterpenoidal constituents against house dust mite, *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: pyroglyphidae). J Zhejiang Univ Science B. 7: 957-962.
- Voorhorst R., F. T. M., Spieksma, H. Varekamp, M. J. Leupen and A. W. Lyklema. 1967. The house-dust mite, *Dermatophagoides pteronyssinus* and the allergens it produces. Identity with the house-dust allergen. The Journal of Allergy. 39: 325–339.
- Welty, C., Ressig, W.H., Dennehy, T.J. and R.W. Weires. 1988. Comparison of residual bioassay methods and criteria for assessing mortality of cyhexatin-resistant European red mite (Acari: Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 81(2): 442-448.

## สถานะของธาตุอาหารพืชในดินปลูกมังคุด จังหวัดจันทบุรี

### Plant Nutrient Status of Mangosteen-Growing Soil in Chantaburi Province

พรธิวา กัญยวงศ์หา<sup>1\*</sup> นุจรี บุญแปลง<sup>1</sup> และ อนงนาฏ ศรีประโชติ<sup>2</sup>

Pornthiwa Kanyawongha<sup>1\*</sup>, Nutcharee Boonplang<sup>1</sup> and Anongnat Sriprachote<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

<sup>2</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
จังหวัดขอนแก่น 40002

<sup>1</sup> Department of Crop Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King  
Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

<sup>2</sup> Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon  
Khan University, Khon Khan Province, 40002

\* Corresponding author: pornthiwa.ka@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบสถานะของธาตุอาหารพืชในดินปลูกมังคุด จังหวัดจันทบุรี โดยเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 9 พืดอน ทุกพืดอนมีดินบนเป็นสีน้ำตาล ในขณะที่ดินล่างมีสีน้ำตาลออกเหลืองเป็นส่วนใหญ่ เป็นดินเนื้อปานกลางถึงเนื้อละเอียด อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก ชั้นดินบนเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด มี pH (ดิน:น้ำ = 1:5) อยู่ในพิสัย 4.59 - 5.37 และชั้นดินล่างเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH = 4.53 - 5.71) จากการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้เกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า พืดอน 2 และ 3 มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำตลอดหน้าตัดดิน ส่วนพืดอนอื่นมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางสำหรับชั้นดินบนและต่ำสำหรับดินล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีความผันแปรอย่างมากโดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 3-24 mg kg<sup>-1</sup> (พืดอน 4) ถึง 20-829 mg kg<sup>-1</sup> (พืดอน 8) ทุกพืดอนมีเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม) ต่ำมาก และแจกกระจายตามความลึกค่อนข้างเหมือนกับอินทรีย์วัตถุในช่วงตอนบนของหน้าตัดดิน หลังจากนั้นเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC pH 7.0) อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำถึงสูง สำหรับดินบน (5.08 ถึง 23.94 cmol<sub>(+)</sub> kg<sup>-1</sup>) และต่ำถึงค่อนข้างสูงสำหรับดินล่าง (3.76 ถึง 16.55 cmol<sub>(+)</sub> kg<sup>-1</sup>) โดยแจกกระจายตามความลึกมีทั้งเป็นไปตามอนุภาค

ขนาดดินเหนียว เหมือนกับอินทรียวัตถุ หรือสอดคล้องกับเบสที่แลกเปลี่ยนได้ จุลธาตุประจวบ  
บวกของชั้นดินบนมีปริมาณสูงกว่าที่พบในชั้นดินล่างอย่างเห็นได้ชัด

**คำสำคัญ:** มังคุด ธาตุอาหารพืช สมบัติของดิน จังหวัดจันทบุรี พีดอน

### Abstract

This study was conducted to examine the plant nutrient status of mangosteen-growing soil in Chantaburi Province. Nine pedons were sampled. The pedons had brownish topsoils and mostly yellowish brown subsoils. They had medium to fine textures with the clay contents increased according to depth. The topsoils had very strongly to strongly acid with pH measured with water (soil:water = 1:5) of 4.59 to 5.37 and the subsoils had very strongly to moderately acid with pH of 4.53 to 5.71. According to soil fertility criteria as proposed by Land Development Department, Pedon 2 and 3 had low fertility throughout the depth, contrarily, the remaining pedons had moderate fertility for topsoils and low fertility for subsoils. The available phosphorus among pedons revealed high variability which ranged from 3-24 mg kg<sup>-1</sup> (Pedon 4) to 20-829 mg kg<sup>-1</sup> (Pedon 8). All pedons had very low extractable bases (Ca, Mg, K, Na) which their distributions with depth of the extractable bases more or less followed the organic matter for the upper parts, then depending on the clay patterns. The cation exchange capacity (CEC pH 7.0) ranged from slightly low to high for topsoils (5.08 to 23.94 cmol<sub>(+)</sub> kg<sup>-1</sup>) and low to slightly high for subsoils (3.76 to 16.55 cmol<sub>(+)</sub> kg<sup>-1</sup>). The patterns with depth of the CEC followed either the same trends of the clay particles, same as the organic matter, or similar to the extractable bases. The cation micronutrients of topsoils were prominently higher than the subsoils.

**Keywords:** Mangosteen, Plant nutrient, Soil properties, Chanthaburi Province, Pedon

## บทนำ

จังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด มีพื้นที่ปลูกมังคุดมากเป็นอันดับสอง รองลงมาจากภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูก 199,977 ไร่ เป็นพื้นที่ให้ผลผลิต 190,788 ไร่ ผลผลิตต่อไร่ของฤดูกาลผลิต ในปี 2560 คือ 775 กิโลกรัม (147,804 ตัน) ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 51 ของผลผลิตในฤดูกาลที่ผ่านมา (kehakaset.com วันสืบค้น 23 มีนาคม 2561) ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากในปีที่ผ่านมามังคุดออกดอกและให้ผลน้อย การสะสมอาหารในต้นจึงมีมาก การให้ผลผลิตในปีถัดไปจึงมากขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะปกติของไม้ผล (สุมิตราและคณะ, 2547) การจัดการธาตุอาหารในระยะยาวเพื่อให้ผลผลิตมีผลผลิตตรงกับความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ สอดคล้องกับนโยบายเกษตร 4.0 ที่เน้นการตลาดนำการผลิต เกษตรกรควรทราบสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งหนึ่งในนั้นคือการวิเคราะห์ดินเพื่อให้ทราบว่าดินมีธาตุอาหารสำหรับพืชมากน้อยเพียงใด ในแปลงไม้ผลมีคำแนะนำให้เก็บตัวอย่างดินบน (0-20 เซนติเมตร) เพื่อประเมินปริมาณธาตุอาหาร (สุมิตรา และคณะ, 2547) แต่การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินตลอดหน้าตัดดินก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นเดียวกัน เพราะทำให้ทราบความลึกของดิน ทราบปริมาณธาตุอาหารสำรองที่มีในดิน ตลอดจนเข้าใจกระบวนการเกิดดินที่สัมพันธ์กับธาตุอาหารพืช พื้นที่หลักที่ปลูกมังคุดของจังหวัดจันทบุรี ได้แก่ตำบลพลับพลา อำเภอเมือง และพบบ้างในบริเวณอื่น การศึกษาสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมังคุดตลอดหน้าตัดดิน อาจช่วยให้การจัดการธาตุอาหารในสวนมังคุดในจังหวัดจันทบุรีซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศมรสุมเขตร้อน และมีฝนตกชุก ได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงสนใจศึกษาสถานะของธาตุอาหารและสมบัติบางประการของดินปลูกมังคุดในจังหวัดจันทบุรี

## วิธีการศึกษา

เลือกพื้นที่ศึกษาเป็นสวนมังคุดในตำบลพลับพลา อำเภอเมือง และอำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี ทั้งหมด 9 สวน เจาะดินด้วยกระบอกเจาะดิน แบ่งชั้นดิน ศึกษาสัณฐานวิทยาสนามเบื้องต้น และเก็บตัวอย่างดินจากแต่ละชั้นดินของทุกพีดอน (เอิบ, 2542) นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้ในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน โดยวิธีไปเปต (Gee and Bauder, 1986) และจำแนกชั้นเนื้อดิน (Soil Survey Laboratory Staff, 1992) ปฏิกริยาดิน (pH) (สุมิตรา, 2556) และการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity-EC) (Rhoades, 1996) อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) (International Institute of Tropical Agriculture, 1979) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) โดยวิธี Bray II (สุ

มิตร, 2556) ต่างที่แลกเปลี่ยน (Exchangeable Bases : K, Mg ,Ca and Na) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity : CEC pH 7.0) โดยวิธี Centrifuge and Decantation ซึ่งใช้สารละลาย 1N Ammonium acetate pH 7.0 (1N NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0) เป็นน้ำยาสกัด หลังจากนั้นล้างดินด้วย ethyl alcohol เพื่อกำจัดแอมโมเนียมไอออนส่วนเกิน แล้วสกัดดินด้วยสารละลาย 10% sodiumchloride acidified (10% NaCl acid.) เพื่อไล่ที่แอมโมเนียมไอออน (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ออกมาและนำไปวิเคราะห์หา CEC โดยการกลั่น (International Institute of Tropical Agriculture,1979) จุลธาตุประจุบวกที่สกัดได้ (Extractable cationic micronutrients : Fe, Mn, Cu, Zn) โดยการสกัด Diethylenetriaminepentaacetic acid เข้มข้น 0.005 N pH 7.3 (0.005 N DTPA pH 7.3) นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในภาคสนาม และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มาประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานสูง-ต่ำ ของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2535) (Table appendix A)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

สวนมังคุดที่เป็นกรณีศึกษา อยู่ในเขตอำเภอมะขาม จำนวน 3 พืดอน (พืดอน 1, 2, 3) และเขตตำบลพลับพลา อำเภอมะขาม จำนวน 6 พืดอน (พืดอน 4 ถึง พืดอน 9) โดยอยู่ในขอบเขตของชุดดินชุมพร (พืดอน 1 และ 2) ชุดดินห้วยโป่ง (พืดอน 3 และ 4) ชุดดินสวี (พืดอน 5 และ 6) และชุดดินบ้านค่าย (พืดอน 7, 8 และ 9) (Soil Survey Division, 1977)

สัณฐานวิทยาสนามและการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน ทุกพืดอนมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็นแบบ Ap-AB-Bt หรือ Ap-Bt แทบทั้งหมด และเป็นดินลึกตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (2535) นั่นคือดินมีปริมาณมากสำหรับดูดซับน้ำและธาตุอาหารและให้รากพืชเจริญเติบโต พืดอน 1 และ 2 ดินบนสีน้ำตาลเข้มมาก และสีน้ำตาลออกเทาเข้มมาก ดินล่างสีน้ำตาล น้ำตาลออกเหลือง เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ถึงดินเหนียวปนทราย พืดอน 3 และ 4 เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียว และดินเหนียว ดินบนสีน้ำตาลออกเหลืองเข้ม ดินล่างสีน้ำตาลและสีเทา พืดอน 5 และ 6 เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาลเข้มมาก และสีเทาเข้มมากสำหรับดินบน ส่วนดินล่างสีน้ำตาลออกเหลืองและสีเทา ในขณะที่พืดอน 7, 8 และ 9 เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแปง ดินร่วน และดินร่วนเหนียว ดินบนสีน้ำตาลเข้มและสีดำ ส่วนดินล่างสีน้ำตาลออกเหลืองและสีเทา ปฏิกริยาดินในสนามของทุกพืดอนเป็นกรดรุนแรงมาก ถึงกรดเล็กน้อย (pHf 4.0-6.5 สำหรับชั้นดินบน และ 4.5-6.5 สำหรับชั้นดินล่าง)



การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน (Figure 1) พบว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวของทุกพืดอนเพิ่มขึ้นตามความลึก แสดงถึงกระบวนการเคลื่อนย้ายอนุภาคขนาดดินเหนียวลงมาสะสม (ชั้น Bt: clay illuviation หรือ lessivage) (Buol, et al., 2011) พืดอน 4 มีอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงที่สุด รองลงมาได้แก่พืดอน 9 ในขณะที่ตอนบนของพืดอน 8 มีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำที่สุด ส่วนปริมาณที่พบในพืดอนอื่นไม่แตกต่างกันมากนัก และพบว่าพืดอน 1, 3, 6 และ 7 แสดงความไม่ต่อเนื่องภายในหน้าตัดดิน

สมบัติทางเคมีบางประการ (Figure 2)

ปฏิกิริยาดิน (pH) (Fig. 2A) การแจกกระจายของค่าปฏิกิริยาดินในสนาม (pHf) มีหลายรูปแบบ ได้แก่ ไม่แตกต่างกันมากนักตลอดหน้าตัดดิน (พืดอน 4, 6, 7 และ 9) เพิ่มขึ้นตามความลึกถึงตอนกลางของหน้าตัดดิน แล้วลดลงจากเดิมแต่ไม่ต่างกันมากนัก (พืดอน 1) ชั้นดินบนมีค่าสูงกว่าที่พบในชั้นดินล่าง (พืดอน 2, 3, 5 และ 8)

ปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pHw ดิน:น้ำ = 1:5) เพิ่มขึ้นตามความลึก (พืดอน 1, 3, 4, 7 และ 9) พืดอน 7 มีค่า pHw สูงที่สุด (5.0-5.7) ส่วนพืดอนอื่นไม่ต่างกันมากนัก (4.50-5.48) ในขณะที่พืดอน 2, 5, 6 และ 8 ค่า pHw ลดลงตามความลึก ชั้นดินบนของทุกพืดอนเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pHw อยู่ในพิสัย 4.59 - 5.37) ส่วนชั้นดินล่างเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pHw อยู่ในพิสัย 4.53 - 5.71) ปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 นอร์มอล (pHk ดิน: 1N KCl = 1:5) ต่ำกว่า pHw บอกให้ทราบถึงประจุสุทธิของดินที่เป็นลบ จึงดูดซับแคทไอออนเอาไว้ได้ (Weil and Brady, 2017) และการแจกกระจายตามความลึกมีทั้งเพิ่มขึ้น (พืดอน 1, 2 และ 6) ลดลงตามความลึก (พืดอน 5 และ 8) และไม่ต่างกันมากนักตลอดความลึก (พืดอน 3, 4 และ 7)

การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC ดิน:น้ำ = 1:5) (Fig. 2A) ของทุกพืดอนมีค่าสูงสุดที่ชั้นดินบน และลดลงตามความลึก ชั้นดินบนมีค่า EC อยู่ในพิสัย 57-463  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ในขณะที่ชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 26.1-156  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ซึ่งหมายความว่ามั่งคุดไม่ได้รับความเสียหายจากความเค็มของดิน การที่ฝนตกชุกในเขตนี้ทำให้การชะละลายเกิดขึ้นได้มาก ส่งผลให้แคทไอออนที่เป็นเบสในชั้นดินล่างมีปริมาณต่ำ การนำไฟฟ้าของสารละลายดินจึงต่ำตามไปด้วย เพราะเกลือที่พบในดินมักเป็นสารประกอบคลอไรด์ หรือ ซัลเฟต ของแคทไอออนที่เป็นเบส (Weil and Brady, 2017)

อินทรีย์วัตถุ (OM) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) (Fig. 2B) อินทรีย์วัตถุอยู่ในเกณฑ์ต่ำมากถึงสูงมาก (ชั้นดินบน 0.83-7.49% และชั้นดินล่าง 0.19-4.84% ) พืดอน 8 มีอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด ในขณะที่พืดอน 2 มีอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่

ผิวหน้าดินของพืดอน 2, 3, 5, 6 และ 8 มีปริมาณสูงมากและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ประมาณ 50 เซนติเมตร หลังจากนั้นปริมาณที่พบต่ำลงจากเดิมอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าแปลง เหล่านี้มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจำนวนมาก และใส่ติดต่อกันเป็นเวลานานจนกระทั่งมีฟอสฟอรัส สะสมเป็นจำนวนมากที่ตอนบนของหน้าตัดดิน เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในดิน (Weil and Brady, 2017) ส่วนพืดอน 1 แม้ว่าผิวหน้าดินจะมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มาก ถึง  $249 \text{ mg kg}^{-1}$  แต่เป็นไปได้ว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจำนวนมากอาจเกิดขึ้นเมื่อไม่นานนัก ดังจะเห็นได้จากปริมาณที่พบในระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร มีเพียง  $2.67 \text{ mg kg}^{-1}$  ซึ่งอยู่ใน เกณฑ์ที่ต่ำมาก ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของชั้นดินล่างที่ลึกกว่านี้ ส่วนใหญ่อยู่ใน เกณฑ์ต่ำถึงปานกลาง ยกเว้นพืดอน 4 และ 7 ที่จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก นั่นคือ โดยธรรมชาติ จากกระบวนการสร้างดิน ทุกพืดอนมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากถึงค่อนข้าง สูง แต่อิทธิพลของการจัดการดินทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่พบในตอนบนของหน้าตัด ดินเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ตลอดความลึกพบว่าพืดอน 4 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่พืดอน 9, 3, 5 และ 7 ส่วนพืดอน 6, 2, 8 และ 1 จัดเป็นดินที่มีฟอสฟอรัสสูง กว่าพืดอนที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้จะเห็นว่าการแจกกระจายตามความลึกของธาตุนี้ ค่อนข้างสอดคล้องกับอินทรีย์วัตถุ การที่ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก อาจทำให้พืช ดูดใช้จุลธาตุ โดยเฉพาะสังกะสีได้ยาก พืชอาจแสดงอาการขาดสังกะสีได้ แม้ว่าดินจะมีจุลธาตุ ดังกล่าวอยู่มากก็ตาม ซึ่งลักษณะเช่นนี้พบได้มากในดินปลูกไม้ผลภาคตะวันออกของประเทศ ไทย (สุมิตรา และคณะ, 2547)

*เบสที่แลกเปลี่ยนได้* (Exch Bases : Ca, Mg, K, Na) (Fig. 2C) ของทุกพืดอนอยู่ใน เกณฑ์ต่ำมากทั้งชั้นดินบนและชั้นดินล่างแทบทุกธาตุ ยกเว้นชั้นดินบนของพืดอน 5 ที่จัดอยู่ใน เกณฑ์ปานกลาง ทำให้ผลรวมของเบสที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากตามไปด้วย (ดินบน  $0.254\text{-}6.375 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ , ดินล่าง  $0.126\text{-}3.246 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ) และในตอนบนของทุกพืดอนมีปริมาณสูงกว่าที่พบในตอนล่างอย่างเห็นได้ชัด แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณกว่า เบสที่แลกเปลี่ยนได้ธาตุอื่นเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่โพแทสเซียมกับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ก็มี ปริมาณต่ำมาก ยกเว้นพืดอน 4 ที่แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณสูงที่สุด ในขณะที่พืดอน 1 และ 2 มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด ซึ่งเกิดจากชั้นตอนการผุพังอยู่กับที่ทาง เคมีที่พบว่าเบสที่เป็น monovalent cations ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) จะสูญหายไปจากดินก่อนพวกที่เป็น divalent cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) (Thomas, 1996) แสดงว่าพืดอน 1 และ 2 น่าจะผ่านการ สลายตัวมากกว่าที่พบในพืดอนอื่น การแจกกระจายตามความลึกของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ของ ทุกพืดอนสอดคล้องกับอินทรีย์วัตถุสำหรับตอนบนของหน้าตัดดินและเป็นไปตามอนุภาคขนาด

ดินเหนียวสำหรับตอนล่างของหน้าตัดดิน (Fig. 2D) ทำให้พืดอน 4 มีผลรวมของเบสที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดเพราะมีอนุภาคนาดินเหนียวมากที่สุด ในขณะที่พืดอนอื่นซึ่งเป็นดินเนื้อปานกลาง ปริมาณอนุภาคนาดินเหนียวไม่ต่างกันมากนัก แต่พืดอน 5, 7 และ 9 มีปริมาณสูงกว่าที่พบในพืดอนอื่นเล็กน้อย เกิดจากการมีค่า pH<sub>w</sub> สูงกว่า

ความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออน (CEC pH 7.0) (Fig. 2D) อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำถึงสูงสำหรับชั้นดินบน (5.08-23.94 cmol(+) kg<sup>-1</sup>) และต่ำถึงค่อนข้างสูงสำหรับชั้นดินล่าง (3.76-16.55 cmol(+) kg<sup>-1</sup>) พืดอน 4 มีค่าวิเคราะห์นี้สูงเนื่องจากมีอนุภาคนาดินเหนียวมากที่สุดในขณะที่พืดอน 8 มีอินทรีย์วัตถุสูง ค่าวิเคราะห์นี้จึงสูงตามไปด้วย แม้ว่าอนุภาคนาดินเหนียวจะไม่มากนักก็ตาม การแจกกระจายตามความลึกของค่าวิเคราะห์นี้มีทั้งสอดคล้องกับอินทรีย์วัตถุตลอดช่วงความลึก (พืดอน 8) เป็นไปตามอนุภาคนาดินเหนียว (พืดอน 1, 2 และ 9) และตอนบนของหน้าตัดดินเป็นไปตามอินทรีย์วัตถุ ส่วนตอนล่างสอดคล้องกับอนุภาคนาดินเหนียว (พืดอน 3 ถึง 7) (Fig. 2D) ความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออนมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณอนุภาคนาดินเหนียว เป็นไปได้ว่าแร่ดินเหนียวที่เด่นในดินเหล่านี้เป็นพวกที่มีประจุลบน้อย จึงดูดซับแคทไอออนได้น้อยตามไปด้วย ในเขตภูมิอากาศที่ฝนตกชุก กระบวนการชะละลายเกิดได้มาก การผุพังอยู่กับที่ทางเคมีจึงรุนแรงทำให้แร่ดินเหนียวที่เกิดขึ้นเป็นพวกที่มีประจุลบน้อย (Schaetzl and Thompson, 2015) อย่างไรก็ตาม พบว่าความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออนมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเบสที่แลกเปลี่ยนได้ แสดงว่าที่ประจุลบของแร่ดินเหนียวและฮิวมัสมีแคทไอออนที่เป็นกรดถูกดูดซับมากกว่าแคทไอออนที่เป็นเบส (Weil and Brady, 2017)

จุลธาตุประจุบวกที่เป็นเบส (Cationic micronutrients: Fe, Mn, Cu, Zn) (Fig. 2E) ชั้นดินบนมีปริมาณสูงที่สุดและลดลงตามความลึก แทบทุกพืดอนโดยส่วนใหญ่มีเหล็กมากกว่าแมงกานีส สังกะสีและทองแดง ตามลำดับ ยกเว้นพืดอน 4 ที่แมงกานีสมีปริมาณสูงกว่าเหล็ก ปริมาณที่พบในชั้นดินบนจัดอยู่ในเกณฑ์สูงถึงสูงมาก (เหล็ก: 14.1-284 mg kg<sup>-1</sup>) ต่ำมากถึงสูงมาก (แมงกานีส และสังกะสี: 0.49-33.5 mg Mn kg<sup>-1</sup> และ 0.23-8.19 mg Zn kg<sup>-1</sup>) และต่ำถึงสูงมาก (ทองแดง 0.39-9.57 mg kg<sup>-1</sup>) ส่วนชั้นดินล่างอยู่ในเกณฑ์ต่ำมากถึงสูงมาก (เหล็ก และสังกะสี: 0.32-58.9 mg Fe kg<sup>-1</sup> และ 0.07-17.60 mg Zn kg<sup>-1</sup>) ต่ำมากถึงปานกลาง (แมงกานีส: 0.04-9.22 mg kg<sup>-1</sup>) และต่ำมากถึงสูง (ทองแดง : 0.05-1.75 mg kg<sup>-1</sup>) และอินทรีย์วัตถุมีอิทธิพลอย่างมากต่อการแจกกระจายตามความลึกของจุลธาตุเหล่านี้

### สรุปผลการศึกษา

ดินปลูกมังคุดได้รับอิทธิพลจากธรรมชาติของดินที่สัมพันธ์กับกระบวนการเกิดดินในด้านการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน โดยเฉพาะอนุภาคขนาดดินเหนียว ปริมาณพอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่พบในชั้นดินล่าง ความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออน และเบสที่แลกเปลี่ยนได้ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณพอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่พบในตอบนของหน้าตัดดิน นอกจากนี้อินทรีย์วัตถุก็มีอิทธิพลต่อทั้งพอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เบสที่แลกเปลี่ยนได้ ความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออน ตลอดจนจุลธาตุประจวบ

เมื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าพีดอน 8 (ชุดดินบ้านค่าย) มีความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลางตลอดหน้าตัดดิน ในขณะที่พีดอน 2 (ชุดดินชุมพร) และ 3 (ชุดดินห้วยโป่ง) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำตลอดหน้าตัดดิน ส่วนพีดอนอื่นชั้นดินบนมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และชั้นดินล่างมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

เพื่อการจัดการดินอย่างยั่งยืน แทบทุกสวนควรใส่ปูนเพื่อเพิ่ม pH และแคลเซียมกับแมกนีเซียม รักษาหรือเพิ่มระดับอินทรีย์วัตถุในดิน ลดการใส่ปุ๋ยพอสฟอรัสร่วมกับเพิ่มปุ๋ยจุลธาตุโดยเฉพาะสังกะสี ยกเว้นพีดอน 4 ที่ควรเพิ่มปุ๋ยพอสฟอรัสให้แก่ดิน

### กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณเจ้าของสวนมังคุดที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการเก็บตัวอย่างดิน วิชาเอกปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ดิน และนักศึกษาวิชาเอกปฐพีวิทยาที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างดิน

### เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2535. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ : กองวางแผนการใช้ที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2556. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิเคราะห์ดินและพืชเบื้องต้น. กรุงเทพฯ :ภาควิชาปฐพีวิทยา สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุมิตรา ภู่วโรดม พรทิศา กัญญวงศ์หา นุจรี บุญแปลง และชัยวัฒน์ มครเทศ. 2547. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการวิเคราะห์ดินเพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยในมังคุด. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2542. ค่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Buol, S.W., R.L. Southard, R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2011. Soil Genesis and Classification. 5<sup>th</sup> Edition. John-Wiley & Sons, Inc., UK.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis, pp 383-441. In A. Klute (ed.) Method of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. 2<sup>nd</sup> edition. No. 9 in Agronomy. Madison, Wisconsin, USA: Soil Sci. Soc. Amer., Inc.

International Institute of Tropical Agriculture. 1979. Selected Methods of Soil and Plant Analysis. Revised Edition. Manual Series No. 1. Nigeria : IITA, Ibadan.

Kehakaset.com สถานการณ์การผลิตไม้ผลภาคตะวันออก (จังหวัดจันทบุรี ตราด และระยอง). วันสืบค้น 23 มีนาคม 2561.

Schaetzl, R.J. and M.L. Thompson. 2015. Soils : Genesis and Geomorphology. 2<sup>nd</sup> Edition. Cambridge University Press. USA.

Soil Survey Division. 1977. Detailed Reconnaissance Soil Map of Chantaburi Province. Scale 1:100,000. Soil Survey Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. Thailand.

Soil Survey Staff. 1992. Soil Survey Laboratory Method Manual. Soil Survey Investigation Report No. 42. Version 2.0. United State Department of Agriculture, Washington. USA.

Thomas, M.F. 1996. Geomorphology in the Tropics: Properties and Appraisal. McGraw-Hill., New York. USA.

Weil, R.R. and N.C. Brady. 2017. The Nature and Properties of Soils. 15<sup>th</sup> Edition. Global Edition. Pearson Education Ltd., Malasia.

Table appendix A. Criteria for soil fertility status of Thailand.

Content		Rating						
		Very low	Low	Slightly low	Moderate	Slightly high	High	Very high
%	OM	< 0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-4.5	> 4.5
cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup>	CEC	< 3.0	3.0-5.0	5-10	10-15	15-20	20-30	> 30
	Exch Ca	< 2.0	2-5		5-10		10-20	> 20
	Exch Mg	< 0.3	0.3-1.0		1-3		3-8	> 8
	Exch K	< 0.2	0.2-0.3		0.3-0.6		0.6-1.2	> 1.2
	Exch Na	< 0.1	0.1-0.3		0.3-0.7		0.7-2.0	> 2
	Sum Bases	< 2.6	2.6-6.6		6.6-14.3		14.3-31.2	> 31.2
mg kg <sup>-1</sup>	Avail. P	< 3	3-6	6-10	10-15	15-25	25-45	> 45
	Fe	0-5	5-10		11-16		17-25	> 25
	Mn	0-4	5-8		9-12		13-30	> 30
	Cu	< 0.3	0.3-0.8		0.9-1.2		1.3-2.5	> 2.5
	Zn	< 0.5	0.5-1		1-3		3-6	> 6

Source : modified from Land Development Department (1992, in Thai)

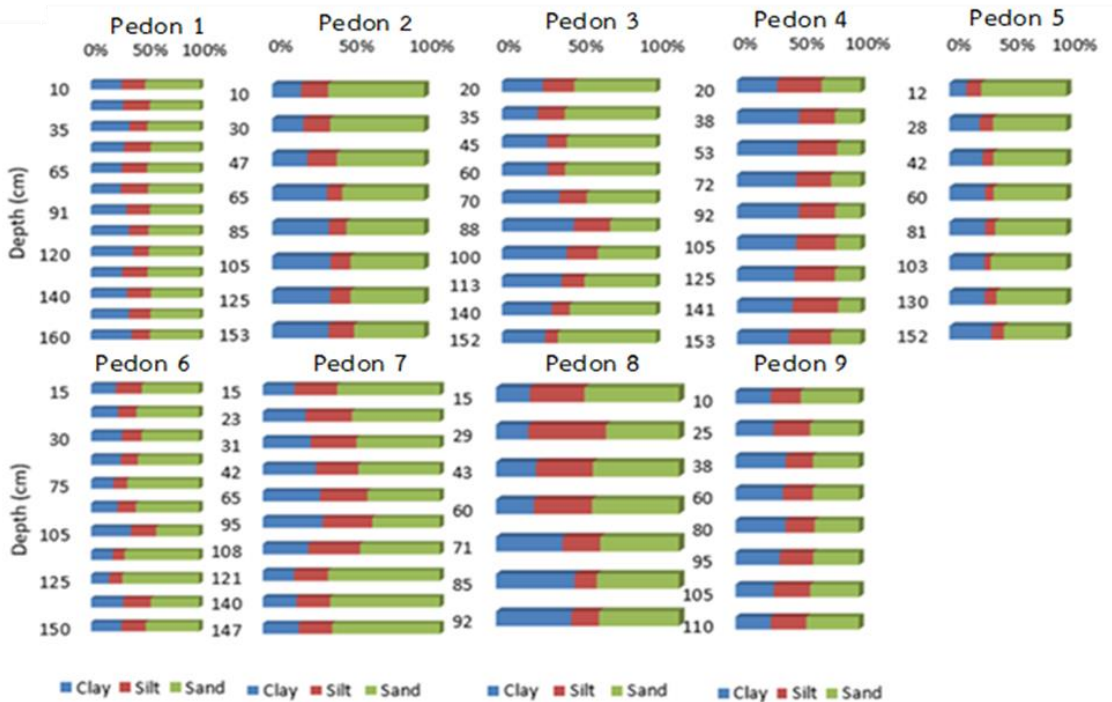


Figure 1. Distributions with depth of the soil particles of the studied soils

การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business Administration, Engineering, Science and Technology

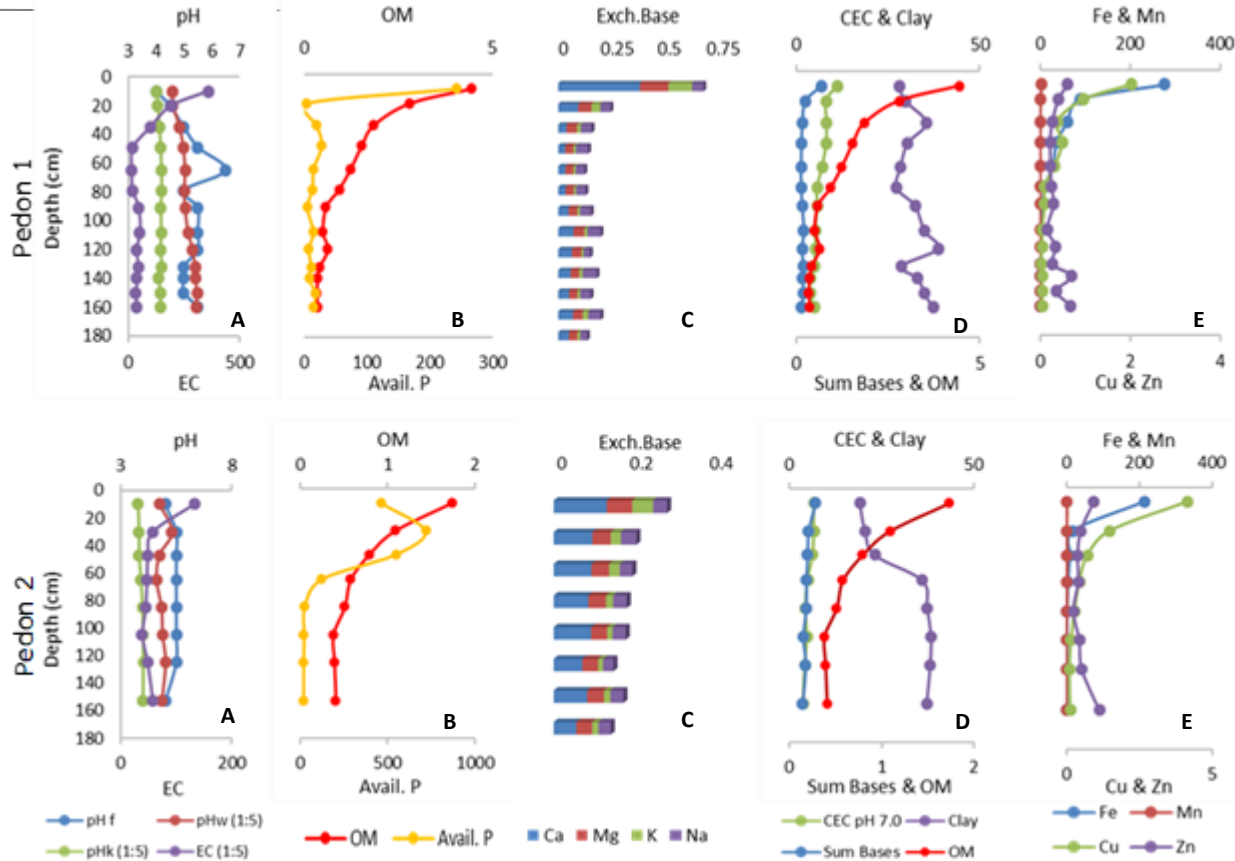


Figure 2. Distributions with depth of the chemical properties of the studied soils.

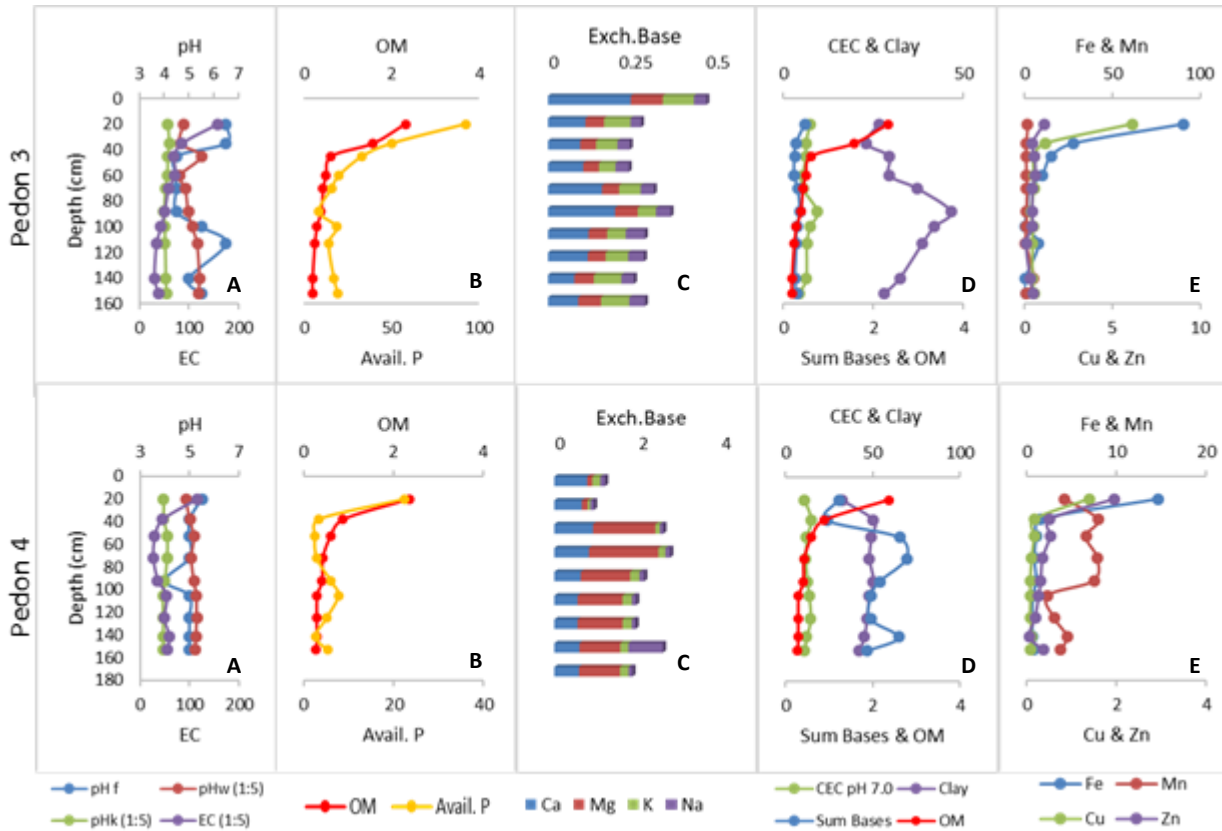


Figure 2. (Continued).



การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business Administration, Engineering, Science and Technology

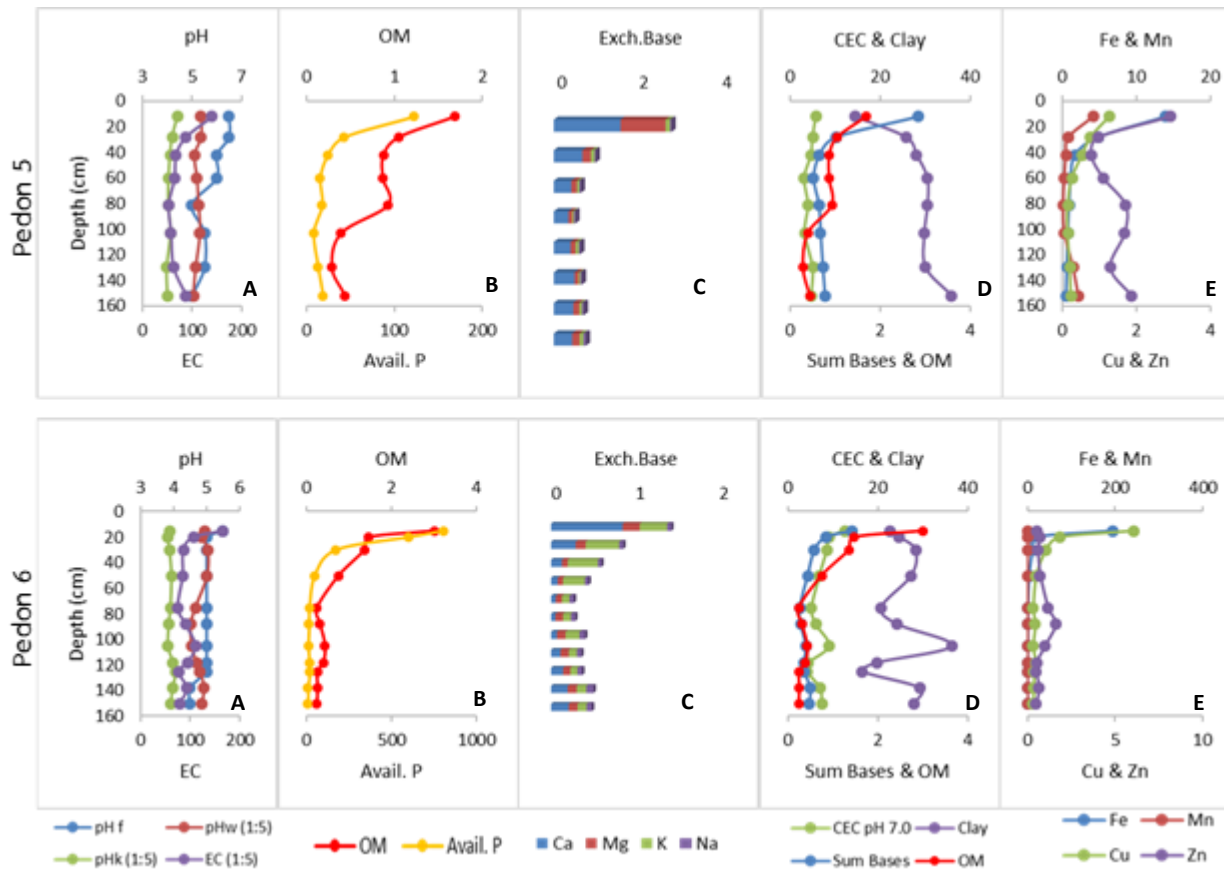


Figure 2. (Continued).

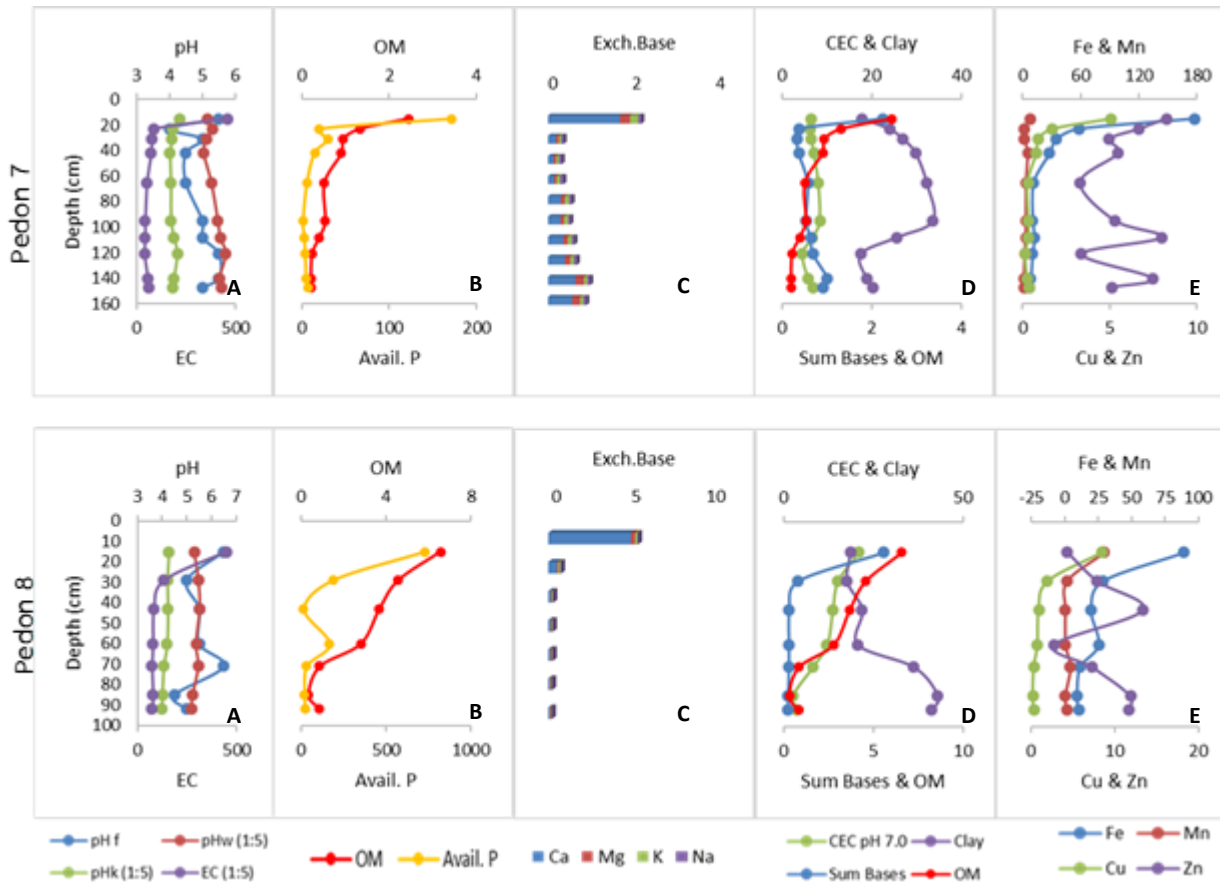


Figure 2. (Continued).

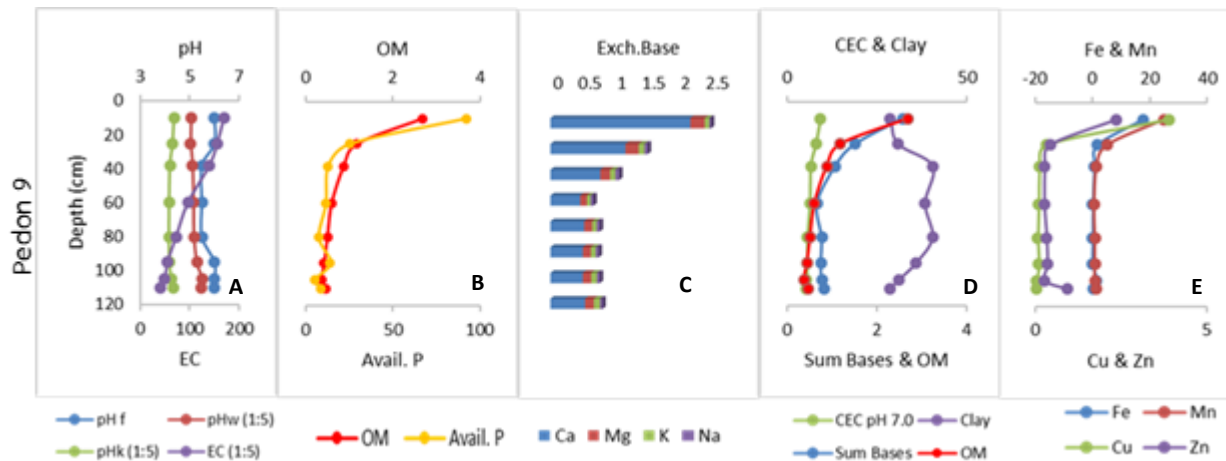


Figure 2. (Continued).

**Remark:** 1) Units of analytical items are as follow-:  $\mu\text{S cm}^{-1}$  : EC; % : OM & Clay,  $\text{mg kg}^{-1}$  : Available phosphorus & Cationic micronutrients (Fe, Mn, Cu, Zn);  $\text{cmol}_{(+) } \text{kg}^{-1}$  : CEC, Exch Bases & Sum Bases

2) Profile developments and locations of the studied soils are as follow-: **Pedon 1** Ap<sub>1</sub>-Ap<sub>2</sub>-AB<sub>1</sub>-AB<sub>2</sub>-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-Bt<sub>4</sub>-Bt<sub>5</sub>-2Bt<sub>6</sub>-2Bt<sub>7</sub>-2Bt<sub>8</sub>-2Bt<sub>9</sub>, location 12° 36' 53.2" N, 102° 14' 00.0" E; **Pedon 2** Ap<sub>1</sub>-Ap<sub>2</sub>-AB-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-Bt<sub>4</sub>-Bt<sub>5</sub>, location 12° 36' 43.6" N, 102° 13' 58.8" E; **Pedon 3** Ap-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-2Bt<sub>4</sub>-3Bt<sub>5</sub>-3Bt<sub>6</sub>-4Bt<sub>7</sub>-4Bt<sub>8</sub>-4Bt<sub>9</sub>, location 12° 36' 29.3" N, 102° 13' 51.4" E; **Pedon 4** Ap-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-Bt<sub>4</sub>-Bt<sub>5</sub>-Bt<sub>6</sub>-Bt<sub>7</sub>-Bt<sub>8</sub>, location 12° 36' 30.0" N, 102° 10' 23.3" E; **Pedon 5** Ap-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-Bt<sub>4</sub>-Bt<sub>5</sub>-BC<sub>1</sub>-BC<sub>2</sub>, location 12° 48' 28.3" N, 101° 49' 42.9" E; **Pedon 6** Ap<sub>1</sub>-Ap<sub>2</sub>-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-Bt<sub>4</sub>-2Bt<sub>5</sub>-3Bt<sub>6</sub>-3Bt<sub>7</sub>-4Bt<sub>8</sub>-4Bt<sub>9</sub>, location 12° 36' 12.2" N, 102° 09' 36.0" E; **Pedon 7** Ap-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>3</sub>-Bt<sub>4</sub>-Bt<sub>5</sub>-2Bt<sub>6</sub>-3Bt<sub>7</sub>-3Bt<sub>8</sub>-3Bt<sub>9</sub>, location 12° 36' 20.5" N, 102° 09' 58.2" E; **Pedon 8** Ap-AB-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-Bt<sub>4</sub>-Bt<sub>5</sub>, location 12° 48' 28.3" N, 101° 49' 42.9" E; **Pedon 9** Ap-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-Bt<sub>4</sub>-Bt<sub>5</sub>-Bt<sub>6</sub>-Bt<sub>7</sub>, location 12° 35' 41.7" N, 102° 10' 07.7" E

## การใช้ปุ๋ยแคลเซียมและโบรอนในการปรับปรุงคุณภาพสะละ Sala Quality Improvement with Calcium and Boron Fertilizer

นารี พันธุ์จินดาวรรณ<sup>1\*</sup>, พรทิศา กัญยวงศ์หา<sup>2</sup> และ นุจรี บุญแปลง<sup>2</sup>

Naree Phanchindawan<sup>1\*</sup>, Pornthiwa Kanyawongha<sup>2</sup> and Nutcharee Boonplang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

<sup>2</sup>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

<sup>1</sup>King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

<sup>2</sup>King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok

\* Corresponding author: pnaree@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลของปุ๋ยแคลเซียมและโบรอนที่มีต่อคุณภาพสะละ (*Salacca zalacca*) ได้เริ่มจากประเมินคุณภาพผลสะละร่วมกับการเก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างใบสะละ แล้วใส่ปูนโดโลไมท์ต้นละ 3-5 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับค่าวิเคราะห์ดิน หลังจากนั้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ประกอบด้วย 5 ตำรับทดลอง 6 ซ้ำ ได้แก่ 1) ตำรับควบคุม 2) ใส่ยิปซัมทางดิน 3) ใส่ยิปซัมทางดินและฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ทางผล 4) ใส่ยิปซัมทางดินร่วมกับฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์และโบรอนทางผล และ 5) ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์และโบรอนทางผล ใส่ยิปซัมต้นละ 3 กิโลกรัม เริ่มฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 2% เมื่อสะละเริ่มติดผล และฉีดพ่นทุก 2 สัปดาห์ จำนวน 6 ครั้งติดต่อกัน การฉีดพ่นสามครั้งแรกได้ใช้โซลูบอร์ (solubor) อัตรา 0.25% ร่วมด้วย แล้วประเมินคุณภาพผลสะละเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ก่อนทดลองสมบัติของดินส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และทองแดง ในขณะที่ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน แมงกานีส และโบรอนในใบสะละแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และธาตุอาหารมหัพภาค (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม) ในใบสะละมีความเข้มข้นต่ำกว่าระดับที่พอเพียงต่อความต้องการของพืช ผลสะละปกติมีเพียง 19.3-43.3% ของผลผลิตทั้งหมด และไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีผลสะละปกติ 69.9-94.3% ตำรับที่ใส่แคลเซียมและ/หรือโบรอนมีผลสะละปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับควบคุม และตำรับที่ 2 มีผลปกติมากที่สุด นั่นคือการใส่แคลเซียมและ/หรือการฉีดพ่น B เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพสะละ

**คำสำคัญ:** คุณภาพสะละ ปุ๋ยแคลเซียม ปุ๋ยโบรอน ธาตุอาหารพืช

### Abstract

An examine effect of calcium and boron application on sala (*Salacca zalacca*) quality, initially, fruit quality was evaluated together with soils and leaf were sampled. Then dolimitic limestone was applied in rate of 3-5 kilograms/plant, depending on soil properties. After that the experimental design was conducted in randomized complete block design (RCBD) which consisted of 5 treatments 6 replications. There were 1) control, 2) soil gypsum, 3) soil gypsum and foliar calcium chloride, 4) soil gypsum and

foliar calcium chloride and boron 0.25% and 5) foliar calcium chloride and boron. The gypsum treatments, 3 kilograms gypsum was applied. Six times were done every two weeks since fruit setting for 2% calcium chloride spraying. In the first three times of foliar application, 0.25% of solubor was sprayed together with calcium chloride. On harvesting time, sala fruits were sampled for quality checking.

Before experiment, soil properties illustrated significantly differed, in most, excepted for organic matter, phosphorus, magnesium and copper. Whereas the leaf contents of nitrogen, manganese and boron had significantly differed. The contents of leaf macronutrients (N, P, K and Ca) were lower than the sufficient levels. The normal fruits ranged from 19.3-43.3% of yield and non-significant among treatments was observed. At the end of the experiment, the normal fruits were 66.9-94.3% which the calcium and/or boron application treatments had significantly differed from the control treatment. Whilst treatment 2 had the highest normal fruits. It could be said that application of calcium and/or boron foliar was one kind of methods to improve sala quality

**Keywords:** Sala quality, calcium fertilizer, boron fertilizer, plant nutrients

### บทนำ

สะละ (*Salacca zalacca*) เป็นพืชในสกุลระกำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงแรกของการปลูก ผลผลิตที่ได้มีราคาสูงถึงกิโลกรัมละกว่า 200 บาท (สอบถามจากเกษตรกรโดยตรง) ด้วยราคาที่สูงนี้เองทำให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูก และเพิ่มปริมาณปุ๋ยเพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้น แต่เนื่องจากขาดความรู้ด้านการใช้ปุ๋ยที่ถูกต้อง จึงทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลงอย่างมาก เช่นมีอาการหัวยุบ หัวดำ ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด และราคาผลผลิตลดลงอย่างมาก จากการศึกษาเบื้องต้นของ รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม (ปรึกษาเป็นการส่วนตัว) พบว่า การขาดแคลเซียมมีส่วนทำให้เกิดอาการหัวยุบ หัวดำในสะละ เช่นเดียวกับที่พบในไม้ผลชนิดอื่น เช่น อาการ blossom end rot ในแตงโม และอาการ bitter pit ในแอปเปิล (Mortvedt and Cox, 1985) รวมทั้งอาการเนื้อแก้วในผลมังคุด (วรรณิศา และสุมิตรา, 2549) ซึ่งอาการหัวยุบ หัวดำในสะละพบมากหลังจากมีฝนตกชุกในช่วงที่กำลังพัฒนาผล แคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในดินโดยวิธีการไหลไปกับน้ำ (mass flow) (Foth and Ellis, 1997; Havlin *et al.*, 2005) ถ้าพืชมีการคายน้ำน้อย เช่น ในสภาพที่อากาศมีความชื้นสูงหรือฝนตก แคลเซียมก็จะเคลื่อนที่เข้าสู่ต้นสะละได้น้อย อีกทั้งแคลเซียมเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในพืช (Havlin *et al.*, 2005) ทำให้ส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ใบอ่อน หรือส่วนที่มีท่อลำเลียงน้ำ (xylem) น้อย เช่น ผลได้รับแคลเซียมน้อยลงไปอีก

ธาตุอาหารอีกชนิดหนึ่งที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของผลได้แก่ โบรอน เนื่องจากโบรอนเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของท่อเรณู (pollen tube) และการผสมของละอองเกสร นอกจากนั้นยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของผนังเซลล์ พืชที่ขาดโบรอนมักมีรูปทรงผิดปกติที่ผล (Peryea, 1994; Weir and Cresswell, 1995) อาการขาดแคลเซียมและโบรอนเกิดครั้งแรกที่บริเวณยอด และธาตุทั้งสองเคลื่อนที่ได้ในพืชเหมือนกัน

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นดินเป็นภูมิภาคที่มีฝนตกชุก ทำให้การชะละลายของแคทไอออนที่เป็นต่าง (รวมทั้งแคลเซียม) และโบรอนเกิดได้มาก ส่งผลให้ดินเป็นกรดมากขึ้น จึงมีความเป็นไปได้สูงที่พืชจะได้รับแคลเซียมและโบรอนไม่เพียงพอ การปรับปรุงดินเพื่อให้มีแคลเซียมเพิ่มขึ้นทำได้หลายวิธี เช่น การใส่ปูนหรือใส่ยิปซัม ส่วนการเพิ่มแคลเซียมให้ต้นสะละและผลสะละนั้น ทำได้ทั้งการใส่ทางดินและการฉีดพ่นที่ผลโดยตรงเมื่อผลยังมีขนาดเล็ก ส่วนการให้โบรอนสามารถทำได้ทั้งทางดินและทางผล อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยมากนักที่ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการใส่แคลเซียม และโบรอน เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลผลิตสะละ ดังนั้น จึงศึกษาเรื่องนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการใส่และอิทธิพลของการใส่แคลเซียมและโบรอนในการปรับปรุงคุณภาพผลผลิตสะละ

### วิธีการศึกษา

ทำการทดลองในสวนสะละของเกษตรกรในเขตตำบลปลับปลา อำเภอมือง จังหวัดจันทบุรี เป็นสวนที่มีการเจริญเติบโตของต้นสะละค่อนข้างสม่ำเสมอและมีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบ ทั้งนี้ เพื่อให้มีความผันแปรของดินและต้นสะละน้อยที่สุด ในเบื้องต้นได้เลือกต้นสะละ 50 ต้น เก็บตัวอย่างดินรวมที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จากรอบทรงพุ่มของสะละทุกต้น จำนวน 4 จุด/ต้น นำมารวมกับเป็น 1 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างใบสะละทุกต้น โดยเก็บจากใบย่อยที่อยู่ตรงกลางของทางใบที่ 10 (นับทางใบที่คลี่เต็มที่แล้วเป็นทางใบที่ 1) ชั่งละ 3 ใบ มาตัดเอาตรงกลางยาวประมาณ 6 นิ้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ดินและธาตุอาหารในใบสะละเพื่อนำไปประกอบการเลือกต้นสะละที่จะใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย วิเคราะห์การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน และชั้นเนื้อดิน โดยวิธีไปเปต (Gee and Bauder, 1986; (Soil Survey Laboratory Staff, 1992) ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ และดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1 N เท่ากับ 1:1 แล้ววัดค่าปฏิกิริยาดินด้วยเครื่อง pH meter การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (Electrical Conductivity; EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 แล้ววัดค่า EC ด้วยเครื่อง EC meter (สุเมตตรา, 2549) อินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley-Black Titration (International Institute of Tropical Agriculture, 1979) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยวิธี Bray II (สุเมตตรา, 2549) เบสที่สกัดได้ (Exchangeable Bases: Ca, Mg, K) โดยการสกัดดินด้วยสารละลาย 1 N NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดหาปริมาณต่างที่สกัดได้ โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES) หลังจากนั้น ล้างดินด้วย Ethyl alcohol เพื่อล้าง NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ส่วนเกิน แล้วสกัดดินด้วยสารละลาย 10% NaCl acidified นำสิ่งที่สกัดได้ไปกลั่นหาค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC pH 7.0) ของดิน จุลธาตุในดิน (Fe Mn Cu และ Cu ด้วยวิธี DTPA pH 7.3 (สุเมตตรา, 2549) แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดหาปริมาณจุลธาตุในดิน) โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES) โบรอน โดยการสกัดด้วยน้ำร้อน และวิเคราะห์หาปริมาณโบรอนโดยการทำให้เกิดสีด้วยวิธี curcumin แล้ววัดด้วย spectrophotometer ความยาวคลื่น 550 nm (Keren, 1996)

การวิเคราะห์พืชประกอบด้วยวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด โดยย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรด H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ความเข้มข้น ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส จนใส แล้วกลั่นหาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี microKjeldahl ไตเตรตสิ่งที่กลั่นได้ด้วยกรด H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ทราบความเข้มข้นแอมโมเนีย (สุเมตตรา, 2549) กับวิเคราะห์ P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn และ B โดยการย่อยสลายด้วยวิธี Dry ashing ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5

ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเอาที่ได้ไปละลายด้วย 1 N HCl แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES) (Allan, 1971)

หลังจากนั้น เลือกต้นสะละ 30 ต้น ที่มีค่าวิเคราะห์ดินและพืชที่ใกล้เคียงกันที่สุด เพื่อวางแผนการทดลอง ทั้งหมด 5 ตำรับ 6 ซ้ำ และได้ใส่ปูนโดโลไมท์ [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] ให้ดินทดลองทุกต้นที่เลือกไว้ ในอัตรา 3-5 กก./ต้น ขึ้นอยู่กับค่าวิเคราะห์ pH, Ca และ Mg ในดิน และภายหลังจากใส่ปูนประมาณ 2 เดือน ได้เก็บตัวอย่างดิน **ซึ่งถือเป็นดินก่อนการทดลอง** เพื่อนำมาวิเคราะห์เฉพาะสมบัติทางเคมีเท่านั้น วิธีวิเคราะห์ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้ ยังได้เก็บผลสะละเมื่อครบอายุเก็บเกี่ยว ต้นละ 1 ทะลาย โดยเลือกทะลายที่สมบูรณ์ที่สุดของต้น นำมาแกะเปลือก เพื่อเช็คคุณภาพผลผลิต (ปริมาณผลปกติ และผลไม่ปกติ คือหัวยุบและหัวดำ) ถือเป็นผลผลิตสะละก่อนเริ่มการทดลอง

**การวางแผนการทดลอง** วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 5 ตำรับการทดลอง 6 ซ้ำ ดังนี้ (1) ตำรับควบคุม (control) (2) ใส่ยิปซัม ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ทางดิน อัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น (3) ใส่ยิปซัมทางดิน อัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น + ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ความเข้มข้น 2% ทางผล (4) ใส่ยิปซัมทางดิน อัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้น + ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ความเข้มข้น 2% และโบรอน (solubor) ความเข้มข้น 0.25% ทางผล และ (5) ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ความเข้มข้น 2% และโบรอน (solubor) ความเข้มข้น 0.25% ทางผล

การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบเริ่มภายหลังกอบาน โดยฉีดพ่นทุก 2 สัปดาห์ ฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ 6 ครั้ง และฉีดพ่นโบรอน B 3 ครั้งพร้อมกับการฉีดพ่นแคลเซียมคลอไรด์ 3 ครั้งแรก

เมื่อผลสะละครบอายุเก็บเกี่ยว เก็บผลมาแกะเปลือก เพื่อเช็คคุณภาพผลผลิต (ปริมาณผลปกติ และผลหัวยุบและหัวดำ) **ซึ่งถือเป็นผลผลิตสะละหลังการทดลอง**

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ** นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ตาราง ANOVA (Analysis of variance)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ดินสวนสะละที่เป็นกรณีศึกษาเป็นดินเนื้อหยาบ มีอนุภาคขนาดทรายเด่นที่สุด (57.3-71.1%) ในขณะที่มีอนุภาคขนาดดินเหนียวเพียง 12.7-24.8% ทำให้แทบทุกต้นเป็นดินร่วนปนทราย ยกเว้นเพียงบางต้นของตำรับการทดลองที่ 1 (ควบคุม) เท่านั้น ที่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย เมื่อนำทุกต้นของแต่ละตำรับการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยพบว่า ตำรับการทดลองที่ 1 มีเนื้อดินละเอียดที่สุด คือ เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sand 60.1%, Clay 20.6% และ Silt 19.3%) ส่วนตำรับการทดลองอื่นๆ เป็นดินร่วนปนทราย (Sand 61.6-67.7%, Clay 14.9-17.6% และ Silt 17.3-20.7%) อย่างไรก็ตามการที่อนุภาคขนาดดินเหนียวของทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนซึ่งสัมพันธ์อย่างมากกับอนุภาคขนาดดินเหนียวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

**สมบัติทางเคมีของดิน (Table 1)** สมบัติทางเคมีของดินที่ไม่แตกต่างทางสถิติ ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แมกนีเซียมและทองแดงที่สกัดได้ โดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 2.30-2.73%, 9.62-10.9  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ , 1196-1518  $\text{mg kg}^{-1}$ , 36.4-57.0  $\text{mg kg}^{-1}$  และ 2.61-3.94  $\text{mg kg}^{-1}$  ตามลำดับ ส่วนสมบัติของดินที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ได้แก่ **ปฏิกิริยาดิน** (pH ดิน : น้ำ = 1:1) โดยตำรับการทดลองที่ 3 (ใส่ยิปซัมร่วมกับการฉีดพ่น  $\text{CaCl}_2$ ) มีค่า pH เฉลี่ยต่ำที่สุด (4.53) ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ 1 มีค่า pH เฉลี่ยสูงที่สุด (5.39) ส่วน





**Table 1.** สมบัติทางเคมีของดินปลูกสะละ

Tr	pH	EC	OM	CEC	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	texture
	(ดิน:น้ำ, 1:1)		(%)	cmol (+) kg <sup>-1</sup>	(mg kg <sup>-1</sup> )									
1	5.39b	224a	2.30	10.4	1495	140c	970b	57.0	75.3a	5.85b	2.61	3.78c	0.28a	SCL
2	4.87a	381b	2.73	10.9	1382	121bc	826ab	50.8	110bc	4.17b	3.88	2.62ab	0.57d	SL
3	4.53a	385b	2.43	9.62	1196	93.9a	550a	36.4	122c	2.49a	3.27	1.61a	0.43bc	SL
4	4.79a	215a	2.38	10.2	1518	112ab	597a	44.2	84.2a	5.06b	3.62	3.38bc	0.37ab	SL
5	4.75a	203a	2.64	10.8	1500	110ab	567a	40.1	96.2ab	4.44b	3.94	2.58ab	0.54cd	SL
Mean	4.87	282	2.50	10.4	1418	115	702	45.7	97.6	4.40	3.46	2.79	0.44	SL
P≤0.05	*	*				*	*		*	*		*	*	

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

Tr 1 = Control

Tr 2 = Soil Ca application

Tr 3 = Soil Ca and Ca spray

Tr 4 = Soil Ca and Ca + B spray

Tr 5 = Ca + B spray

**Table 2.** ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสะละ

Tr	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	(%)					(mg kg <sup>-1</sup> )				
1	1.57a	0.13	0.67	0.33	0.11	88.2	292abc	2.17	12.0	11.7a
2	1.57a	0.12	0.60	0.32	0.13	65.1	260ab	2.22	12.2	13.8ab
3	1.85b	0.14	0.55	0.36	0.15	58.9	225a	2.16	16.4	16.3b
4	1.69ab	0.12	0.58	0.37	0.13	42.0	434c	2.41	14.5	12.6a
5	1.62a	0.12	0.57	0.35	0.14	73.5	396bc	2.15	12.9	13.1a
Mean	1.66	0.13	0.59	0.34	0.13	65.54	321	2.22	13.6	13.5
P<0.05	*						*			*
ค่ามาตรฐาน	>1.8	0.13	>0.65	>0.45	0.22-0.28	40-100	40-300		15-30	

**Table 3.** สัดส่วน Mn/Fe และ Fe/Mn ในใบสะละ

Tr	Mn/Fe	Fe/Mn
1= Control	5.48	0.55
2= Soil Ca application	4.45	0.26
3= Soil Ca and Ca spray	4.24	0.28
4= Soil Ca and Ca + B spray	10.2	0.11
5= Ca + B spray	7.63	0.17

ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่นๆในใบสะละ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดย P และ Zn มีปริมาณมากที่สุดในตำรับการทดลองที่ 3 (0.14% และ 16.4 mg kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ) และเป็นเพียงตำรับเดียวที่ค่าวิเคราะห์ของทั้งสองธาตุนี้อยู่ในช่วงที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ส่วนปริมาณ K พบว่ามีเฉพาะในตำรับการทดลองที่ 1 เท่านั้นที่มีค่าอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน (0.67%) ในขณะที่ปริมาณ Ca และ Mg ในทุกตำรับการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (0.32-0.37% และ 0.11-0.15% ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่า พืชได้รับธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมไม่เพียงพอ ซึ่งธาตุแคลเซียมมีความสำคัญต่อคุณภาพผลผลิต ส่วนปริมาณ Fe ในใบสะละมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานในทุกตำรับการทดลอง (42-88.2 mg kg<sup>-1</sup>)

นั่นคือ ต้นสะละที่เป็นกรณีศึกษาค่อนข้างมีธาตุอาหารที่ต่ำกว่าระดับที่เพียงพอ โดยเฉพาะธาตุหลักและธาตุอาหารรอง ได้แก่ N, P, K, Ca และ Mg การได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอนี้เองที่มีกระทบรุนแรงต่อคุณภาพของผลสะละ

**คุณภาพของผลสะละ** (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของผลสะละจากการเก็บผลผลิตก่อนการทดลองและหลังการทดลอง พบว่า ผลผลิตสะละก่อนการทดลองทั้งผลสดและผลด้าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกตำรับการทดลอง โดยปริมาณผลสดมีเพียง 19.3-43.3% (เฉลี่ย 36.4%) ของผลผลิตทั้งหมด ในขณะที่มีผลด้ามากถึง 50.7-80.7% (เฉลี่ย 63.6%) การที่คุณภาพของผลผลิตก่อนการทดลองมีปริมาณผลด้าสูงนั้น อาจเกิดจากการที่ใบสะละของทุกตำรับการทดลองมีความเข้มข้นของ Ca ต่ำกว่า

ค่ามาตรฐาน (0.32-0.35%) พืชจึงได้รับ Ca ไม่เพียงพอ แต่เมื่อเริ่มการทดลองและมีการให้ตำรับการทดลองต่างๆ ทำให้ปริมาณผลปอกติและผลด้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ระหว่างตำรับควบคุม (T1) กับตำรับการทดลองอื่นที่ใส่แคลเซียม และ/หรือโบรอน โดยตำรับการทดลองที่ 1 (ควบคุม) พบผลปอกติน้อยที่สุด (69.9%) และพบผลด้ามากที่สุด (30.1%) ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ 2 พบผลปอกติมากที่สุด (94.3%) และพบผลด้าน้อยที่สุด (5.72%) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลปอกติของก่อนทดลองและหลังทดลองพบว่า ตำรับการทดลองที่ 4 ที่ใส่ยิปซัม ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ร่วมกับการฉีดพ่นแคลเซียมและโบรอนมีผลปอกติเพิ่มขึ้นมากที่สุด (73.6%) รองลงมาคือ ตำรับการทดลองที่ 5 (55.3%), 3 (49.8%), 2 (45%) และ 1 (38.4%) ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลคุณภาพผลผลิตนี้จะเห็นว่า การใส่แคลเซียมและ/หรือการฉีดพ่น B ให้แก่ต้นสะละเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพผลผลิต หรือลดปัญหาการเกิดผลด้าในสะละลงได้

**Table 4.** เปรียบเทียบคุณภาพผลผลิตสะละก่อนและหลังการทดลอง

Tr	%ผลปอกติ		%ผลด้า	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1= Control	31.5	69.9a	68.5	30.1b
2= Soil Ca application	49.3	94.3b	50.7	5.72a
3= Soil Ca and Ca spray	43.5	93.3b	56.5	6.66a
4= Soil Ca and Ca + B spray	19.3	92.9b	80.7	7.15a
5= Ca + B spray	38.6	93.9b	61.4	6.12a
Mean	36.4	88.9	63.6	11.1
$P \leq 0.05$		*		*

Means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การใส่ปุ๋ยแคลเซียมและโบรอน ไม่ว่าจะเป็นการใส่แคลเซียมทางดินเพียงอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับการฉีดพ่นแคลเซียมและโบรอนทางผล เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถปรับปรุงคุณภาพผลสะละได้ ดังจะเห็นได้จากภายหลังการทดลองปริมาณสะละผลปอกติเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเป็น 88.9% จากเดิมมีเพียง 36.4% ของผลผลิตทั้งหมด ในขณะที่ผลด้าโดยเฉลี่ยลดลงเหลือ 11.1% จากเดิมที่เคยมีมากถึง 63.6%

การใส่ปุ๋ยแคลเซียมทางดินและการใส่ทางดินร่วมกับการใส่แคลเซียมและ/หรือโบรอนทางผล มีผลต่อคุณภาพผลผลิตสะละในระดับเดียวกัน คือ ลดปริมาณสะละผลด้า ดังจะเห็นได้จาก Table 4 ซึ่งทุกตำรับการทดลองที่ได้รับแคลเซียมและ/หรือโบรอนเพิ่ม (ตำรับการทดลองที่ 2-5) ปริมาณผลปอกติไม่แตกต่างกันทางสถิติ (93-94%) และมีสะละผลด้าเพียง 6-7% เท่านั้น แต่ค่าที่พบทั้งหมดนี้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับควบคุมที่ไม่ได้รับแคลเซียมและโบรอนเพิ่ม

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการตอบสนองของไม้ผลต่อปุ๋ยนั้นเป็นไปอย่างช้าๆ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องเกี่ยวกับเรื่องนี้

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณตระกูล ผลพีช เจ้าของสวนสะละที่เอื้อเฟื้อเพื่อต้นสะละในการทดลองครั้งนี้ รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม ที่ให้คำปรึกษา ความเห็นและข้อเสนอแนะในการตีความข้อมูลค่าวิเคราะห์ดินและพืช วิชาเอกปฐพีวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ดินและพืช และคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่จัดสรรงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- วรรณิศา พลัดบุญทอง และสุมิตรา ภู่วโรดม. 2549. อิทธิพลของแคลเซียมและโบรอนต่อคุณภาพมังคุด. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร. 37(6) (พิเศษ) : 577-580.
- สุมิตรา ภู่วโรดม. 2549. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. (ไม่เรียงเลขหน้า).
- Allan, S.E. 1971. Chemical Analysis of Ecological Materials. John Wiley and Sons, New York.
- Foth, H.D. and B.G. Ellis. 1997. Soil Fertility. 2<sup>nd</sup> Edition. CRC Lewis Publishers. New York, USA. 289 p.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis, p. 383-409. In A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods. 2<sup>nd</sup> Edition. No. 9 in Agronomy. Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Halvin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall, New Jersey, USA. 515 p.
- International Institute of Tropical Agriculture. 1979. Selected Methods of Soil and Plant Analysis. Revised Edition. Manual Series No. 1. IITA, Ibadan, Nigeria, 70 p.
- Keren, R. 1996. Boron. p. 603-626. In D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmeke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Summer (eds.) Methods of Soil Analysis. Part III. Chemical Methods. No. 5 in Agronomy. Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Mortvedt, J.J. and F.R. Cox. 1985. Production, Marketing, and Use of Calcium, Magnesium, and Micronutrient Fertilizers. p. 455-481 In O.P. Engelstad (ed) Fertilizer Technology and Use, 3<sup>rd</sup> edition. Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Peryea, F.J. 1994. Boron Nutrition in deciduous tree fruit. p. 95-99. In A. Peterson and R.G. Stevens (eds.) Tree Fruit Nutrition. Good Fruit Grower, Yakima, Washington, USA.
- Soil Survey Laboratory Staff. 1992. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42. Version 2.0. United State Department of Agriculture. USA. 400 p.

Weir, R.G. and G.C. Cresswell, 1995. Plant Nutrient Disorders 2 : Tropical Fruit and Nut Crops. Inkata Press, Melbourne, Australia.

สถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน  
อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร

Soil Fertility Status and Nutrient Concentrations of Oil Palm Leaf  
of Pathio District, Chumphon Province

กนกพร มานันตพงศ์<sup>1\*</sup>, พรทิwa กัญยวงศ์หา<sup>1</sup> และ นารี พันธุ์จินดาวรรณ<sup>2</sup>

Kanokporn Manantapong<sup>1\*</sup>, Pornthiwa Kanyawongha<sup>1</sup> and Naree Phanchindawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

<sup>2</sup>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

<sup>1</sup>King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

<sup>2</sup>King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

\* Corresponding author: mokanok22@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันใน ตำบลสะพลี อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นดินทรายร่วน ตัวอย่างดินรวมเก็บที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ร่วมกับเก็บตัวอย่างใบตามวิธีมาตรฐาน จำนวน 40 ต้น ผลการศึกษาพบว่า ค่าปฏิกิริยาทางดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH, ดิน:น้ำ = 1:1) อยู่ในพิสัย 4.44-5.89 การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC, ดิน:น้ำ = 1:1) มีความผันแปรสูง (132-1,225  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำถึงปานกลาง (10.2-25.9  $\text{g kg}^{-1}$ ) ซึ่งตรงกันข้ามกับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สูงมาก (46.54-269  $\text{mg kg}^{-1}$ ) โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ต่ำเมื่อเทียบกับแคลเซียม (54.87-248  $\text{mg K kg}^{-1}$ , 22.02-116  $\text{mg Mg kg}^{-1}$  และ 64.86-599  $\text{mg Ca kg}^{-1}$  ตามลำดับ) เหล็กที่สกัดได้สูงมาก (57.43-135  $\text{mg kg}^{-1}$ ) ในขณะที่แมงกานีสและทองแดงที่สกัดได้ต่ำมากถึงสูงมาก (1.89-150  $\text{mg Mn kg}^{-1}$  และ 0.22-4.36  $\text{mg Cu kg}^{-1}$  ตามลำดับ) ส่วนสังกะสีต่ำมากถึงสูงมาก (0.53-11.50  $\text{mg kg}^{-1}$ ) ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน พบว่า เป็นสวนปาล์มน้ำมันที่เป็นกรณีศึกษาจัดเป็นสวนที่ “ขาดธาตุอาหาร” โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยของแคลเซียมเท่านั้นที่จัดอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน “พอเพียง” แก่การเจริญเติบโตของพืช (0.33-1.33%) ในขณะที่เหล็กและแมงกานีสสูงกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง (62.99-265  $\text{mg kg}^{-1}$  และ 286-1,092  $\text{mg kg}^{-1}$  ตามลำดับ) ส่วนธาตุอื่นต่ำกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง (1.40-2.25% N, 0.09-0.15% P, 0.47-1.06% K, 0.02- 0.11% Mg, 0.64-8.28  $\text{mg Cu kg}^{-1}$  และ 8.21-18.43  $\text{mg Zn kg}^{-1}$ )

คำสำคัญ: ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ปาล์มน้ำมัน  
จังหวัดชุมพร

### Abstract

This study aimed at determining soil fertility status and nutrient concentrations of oil palm leaf in Saphli Sub district, Pathio District, Chumphon Province. Soil had loamy sand texture. Soil composite samples were collected at the depth of 0-20 cm together with leaf sampling following the standard methods (total 40 samples). The results illustrated that soils had very strongly to moderately acid with pH (soil:water = 1:1) of 4.44-5.89. High variability of the electrical conductivity (EC, soil:water = 1:1) was detectable (132-1,225  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). The organic matter ranged from low to moderate (10.2-25.9  $\text{g kg}^{-1}$ ). Contrarily, the available phosphorus was very high at 46.54-269  $\text{mg kg}^{-1}$ . The extractable potassium and magnesium somewhat lowed comparing with the calcium (54.87-248  $\text{mg K kg}^{-1}$ , 22.02-116  $\text{mg Mg kg}^{-1}$  and 64.86-599  $\text{mg Ca kg}^{-1}$ , respectively). Extractable iron was very high (57.43-135  $\text{mg kg}^{-1}$ ), whilst very low to very high for manganese and copper (1.89-150  $\text{mg kg}^{-1}$  and 0.22-4.36  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectively) and low to very high for zinc (0.53-11.50  $\text{mg kg}^{-1}$ ). For leaf nutrient concentrations, this orchard could be identified as “nutrient deficiency” orchard. Only calcium content was in an adequate range of plant growth (0.33-1.33%), whilst iron and manganese were higher than adequate ranges (62.99-265  $\text{mg kg}^{-1}$  and 286-1,092  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectively) whereas the other elements were lower than adequate ranges (1.40-2.25% N, 0.09-0.15% P, 0.47-1.06% K and 0.02-0.11% Mg).

**Keywords:** Soil fertility, Oil palm, Plant nutrient concentrations, Chumphon Province

### บทนำ

ปาล์มน้ำมัน (Oil palm) เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ใช้ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ยังเป็นพืชพลังงานทดแทนตัวใหม่ที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล พื้นที่ที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันคือ ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกเฉียงใต้ ในจังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด กับภาคใต้-โดยจังหวัดกระบี่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด รองลงมาได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดชุมพร (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ในปี พ.ศ. 2559 จังหวัดชุมพรมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 961,350 ไร่ โดยส่วนใหญ่เป็นแปลงของเกษตรกรรายย่อย ให้ผลผลิต 2,120,665 ตัน (เฉลี่ย 2,498 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งลดลงจากปีก่อนหน้านี้ถึง 360 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) เพื่อให้ผลผลิตอยู่ในระดับเดิม เกษตรกรควรมีการจัดการธาตุอาหารอย่างถูกต้อง การวิเคราะห์ดินและพืชเป็นวิธีดี

ที่สุดในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดการธาตุอาหารในสวนปาล์มน้ำมัน และสวนไม้ผลอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารในสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในจังหวัดชุมพร จึงสนใจศึกษาสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน เพื่อการจัดการธาตุอาหารอย่างเหมาะสม โดยได้เลือกพื้นที่ศึกษาเป็นสวนปาล์มของเกษตรกรรายย่อยในอำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร

### วิธีการศึกษา

เลือกแปลงปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกรรายย่อยในเขตตำบลสะพลี อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร อายุประมาณ 7 ปี มีเนื้อที่ 25 ไร่ เกษตรกรเจ้าของสวนได้เผาทางปาล์มที่หล่นจากต้นเป็นประจำ การจัดการธาตุอาหารเป็นดังนี้ ใส่ปุ๋ยทุก 3 เดือน โดยเริ่มใส่ในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน โดยใช้สูตร 13-13-21 จำนวน 3 กก./ต้น หลังจากนั้น 1-2 วัน ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (0-0-60) 1 กก./ต้น ใส่ปุ๋ยซีไคปีละ 1 ครั้ง อัตราต้นละประมาณ 15-20 กิโลกรัม และใส่โบรอนปีละ 1 ครั้งเช่นเดียวกัน โดยใส่รอบโคนต้น ต้นละ 1 ช้อนโต๊ะ (ประมาณ 15-20 กรัม)

การวิเคราะห์ดิน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรจากต้นปาล์มน้ำมันที่เป็นตัวแทนของสวน จำนวน 40 ต้น โดยเก็บ 4 จุดจากทุกทิศ แล้วผสมคลุกเคล้ากันเป็นหนึ่งตัวอย่างดินรวม นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร นำดินที่ได้ไปวิเคราะห์ปฏิกิริยาดิน (pH) และการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน:น้ำเท่ากับ 1:1 (สุมิตรา, 2555) อินทรีย์วัตถุโดยวิธี Loss on ignition (LOI) (Jones, Jr., 2001) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II วัดค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ต่างที่สกัดได้ (Extractable bases : K, Ca, Mg, Na) ใช้ น้ำยาสกัด 1N NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 และจุลธาตุที่สกัดได้ (Extractable micronutrients : Fe, Mn, Cu, Zn) โดยใช้ น้ำยาสกัด 0.005N DTPA pH 7.3 ได้วัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (สุมิตรา, 2555) นำค่าวิเคราะห์ที่ได้ไปประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Table Appendix A)

การวิเคราะห์พืช เก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากต้นที่เก็บตัวอย่างดินโดยวิธีมาตรฐาน (Mills and Jones, 1996) จากทางใบที่ 17 และเก็บใบย่อยตรงกลางของทางใบ จำนวน 8 ใบย่อย โดยเก็บข้างละ 4 ใบ ตัดส่วนปลายและโคนใบทิ้ง เก็บเฉพาะส่วนกลางใบยาวประมาณ 6 นิ้ว เช็ดด้วยผ้าชุบน้ำและผ้าชุบน้ำกลั่นให้สะอาด นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งและบดละเอียด นำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช โดยย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และนำไปกลั่น (kjedahl method) ส่วนปริมาณธาตุอาหารพืชอื่นทั้งหมด ย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดสองชนิด (Double acid, Nitric acid : Perchloric acid = 4:1) แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 ml. ด้วยน้ำกลั่น นำไปวัดหาความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และ สังกะสี



(K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu และ Zn) ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (สุมิตรา, 2555) และวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพีชวิธีทำให้เกิดสีด้วยสารละลาย Molybdate Vanadate แล้ววัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (สุมิตรา, 2555) เปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันกับค่ามาตรฐาน (Mills and Jones Jr., 1996)

### ผลการศึกษา

ดินสวนปาล์มน้ำมันที่ศึกษาเป็นดินร่วนปนทราย ประกอบด้วยอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 77-81 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 16-20 และอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 3-5

**สมบัติดินบางประการ** (Table 1) พบว่า เป็นดินกรดจัดถึงปานกลาง มีค่าปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pHw, ดิน:น้ำ = 1:1) อยู่ในพิสัย 4.44-5.89 (เฉลี่ย 4.88±0.27) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC, ดิน:น้ำ = 1:1) อยู่ในพิสัย 131.5-2125 ไมโครซีเมนส์/ซม. (เฉลี่ย 318.6±366.6 ไมโครซีเมนส์/ซม.) เบสที่สกัดได้มีค่าอยู่ในพิสัย 11.83-473.4 มก./กก. (เฉลี่ย 35.72±90.88 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในพิสัย 10.2-26.0 ก./กก. (เฉลี่ย 16.0±4.1 ก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง) โดยมีปาล์มน้ำมันเพียง 5 ต้นที่มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 20 ก./กก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์สูงมาก (พิสัย 46.54 - 268.8 มก./กก., เฉลี่ย 121.5±55.77 ก./กก.) ส่วนโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (เฉลี่ย 81.8±32.48 มก./กก., พิสัย 54.87-247.6 มก./กก.) แคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในพิสัย 64.86-599.0 มก./กก. (เฉลี่ย 184.9±108.6 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก) ในขณะที่แมกนีเซียมที่สกัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (เฉลี่ย 56.16±20.23 มก./กก., พิสัย 22.02-115.5 มก./กก.) และโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก (เฉลี่ย 35.72±90.88 มก./กก., พิสัย 11.83-473.3 มก./กก.) ส่วนจุลธาตุอาหารที่สกัดได้ในดิน พบว่า เหล็กที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์สูงมาก (เฉลี่ย 87.44±20.97 มก./กก., พิสัย 57.43-135.2 มก./กก.) แมงกานีสที่สกัดได้อยู่ในพิสัย 1.89-149.6 มก./กก. (เฉลี่ย 15.85±26.74 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์สูง) ทองแดงที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.22-4.36 มก./กก. (เฉลี่ย 1.37±0.98 มก./กก. อยู่ในเกณฑ์สูง) และปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดินอยู่ในพิสัย 0.53-11.50 มก./กก. (เฉลี่ย 2.41±1.86 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง)

**ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน** (Table 2) พบว่า ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ทุกธาตุมีความเข้มข้นต่ำกว่าระดับมาตรฐาน “พอเพียง” โดยความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนอยู่ในพิสัยร้อยละ 1.396-2.252 (เฉลี่ย 1.867±0.178) ฟอสฟอรัสมีความเข้มข้นอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.089-0.151 (เฉลี่ย 0.123±0.014) และความ

เข้มข้นของโพแทสเซียมอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.471-1.057 (เฉลี่ยร้อยละ 0.703±0.126) ส่วนธาตุอาหารรอง-มีเพียงแคลเซียมเท่านั้นที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน “พอเพียง” (เฉลี่ย 0.689±0.217, พิสัยร้อยละ 0.344-1.128) ในขณะที่แมกนีเซียมต่ำกว่าระดับมาตรฐานพอเพียง (เฉลี่ยร้อยละ 0.059±0.023, พิสัยร้อยละ 0.023-0.107) สำหรับจุลธาตุทั้งหมดในใบปาล์มน้ำมัน พบว่า ความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานพอเพียงอย่างมาก (เหล็ก : เฉลี่ย 117.2±60.83 มก./กก., พิสัย 62.98- 265.3 มก./กก., แมงกานีส : เฉลี่ย 480.4±142.3 มก./กก., พิสัย 285.8-1,092 มก./กก.) ส่วนทองแดงและสังกะสีมีความเข้มข้นต่ำกว่ามาตรฐานพอเพียง (ทองแดง : เฉลี่ย 3.476±1.421 มก./กก., พิสัย 8.208-18.43 มก./กก.)

**Table 1.** Some chemical properties of oil palm-growing soil.

	pHw	EC	OM	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
n = 40	(1:1)	$\mu\text{S cm}^{-1}$	$\text{g kg}^{-1}$	mg $\text{kg}^{-1}$								
Mean	4.88	318.6	16.60	121.5	81.83	184.9	56.16	35.72	87.44	15.85	1.371	2.414
Min	4.44	131.5	10.24	46.54	54.87	64.86	22.02	11.83	57.43	1.894	0.217	0.529
Max	5.89	2125	25.96	268.8	247.6	599.0	115.5	473.4	135.2	149.6	4.360	11.50
SD	0.27	366.7	4.119	55.77	32.48	108.6	20.23	90.88	20.97	26.74	0.981	1.857

**Table 2.** Total nutrient concentration of oil palm leaf

	Dried wt	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
n = 40	(g)	%				mg $\text{kg}^{-1}$				
Mean	6.367	1.867	0.123	0.703	0.689	0.059	117.2	480.4	3.476	12.31
Min	3.920	1.396	0.089	0.471	0.344	0.023	62.98	285.8	0.643	8.208
Max	9.540	2.252	0.151	1.057	1.128	0.107	265.3	1092	8.284	18.43
SD	1.350	0.178	0.014	0.126	0.217	0.023	60.83	142.3	1.421	2.229
Average Range*		2.5-2.8	0.15-0.2	1.0-1.3	0.6-1.0	0.24-0.50	50-80	80-200	5-8	20-45

Note\* : Mills and Jone, Jr (1996)

ธาตุอาหารหลักทั้งสามธาตุในใบปาล์มน้ำมันที่เป็นกรณีศึกษา มีความเข้มข้นต่ำกว่าระดับมาตรฐาน “พอเพียง” เป็นสิ่งที่พบได้ในสวนปาล์มน้ำมันของเกษตรกรรายย่อยในพื้นที่อื่นของภาคใต้ด้วย (อัญชนะ และคณะ, 2560) ดินปลูกปาล์มน้ำมันที่เป็นกรณีศึกษามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์สูงมาก แต่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบปาล์มน้ำมันกลับซึ่งตรงข้ามกับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานพอเพียง สาเหตุอาจเกิดจากดินมีลักษณะทางกายภาพไม่เหมาะสม เช่น อาจดินแน่นทึบเกินไป เนื่องจากเกษตรกรเจ้าของสวนเผาทางปาล์มเป็นประจำ นอกจากนี้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมในใบปาล์มต่ำกว่าค่า

มาตรฐานพอเพียง ในขณะที่ความเข้มข้นของแคลเซียมอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง เกิดจากดินมีแคลเซียมที่สกัดได้สูงเมื่อเทียบกับโพแทสเซียมและแมกนีเซียม ทำให้พืชดูดใช้โพแทสเซียมและแมกนีเซียมได้น้อย เนื่องจากทั้งสามธาตุนี้เป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (Havlin, et al., 2005) ในใบปาล์มน้ำมันมีความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสสูงกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง เกิดจากการที่ดินเป็นกรดถึงกรดปานกลางทำให้เหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้ในดินมีปริมาณสูงมาก สำหรับสังกะสีและทองแดงมีความเข้มข้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานพอเพียง เกิดจากการที่ดินมีสังกะสีที่สกัดได้ในระดับปานกลางประกอบกับมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก ทำให้พืชไม่สามารถดูดใช้สังกะสีได้เนื่องจากทั้งสองธาตุนี้เป็นปฏิปักษ์ต่อกัน อีกทั้งจุลธาตุทุกธาตุในดินก็เป็นปฏิปักษ์ต่อกันด้วย (Havlin, et al., 2005) ดังนั้น การที่มีเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้ในดินมีปริมาณมาก จึงทำให้พืชดูดใช้ทองแดงได้น้อยลง (Havlin, et al., 2005)

### สรุป

ดินที่สวนปาล์มน้ำมันที่ใช้ศึกษาเป็นกรดจัดมากถึงปานกลาง มีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ โดยมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์สูงมาก โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ แคลเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำมาก-แต่เมื่อเทียบกับโพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ ถือว่ามีแคลเซียมที่สกัดได้ในดินสูง เหล็กที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์สูงมาก แมงกานีสและทองแดงที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากถึงสูงมาก สังกะสีที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคลเซียมเท่านั้นที่จัดอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียงแก่การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน ในขณะที่เหล็กและแมงกานีสมีค่าสูงกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง ส่วนธาตุอื่นต่ำกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง เพื่อการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสม เกษตรกรเจ้าของสวนปาล์มควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 3-5 กิโลกรัมต่อต้น เพื่อยกระดับค่าปฏิกิริยาของดิน (pH) และช่วยเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมให้แกดินด้วย นอกจากนี้เกษตรกรควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้มากขึ้น โดยอาจเปลี่ยนไปใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเดิมที่เคยใช้ในอัตราเดิม และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (0-0-60) ในอัตราที่สูงกว่าเดิม เช่น 3 กิโลกรัมต่อต้น และควรหลีกเลี่ยงการเผาทางปาล์มน้ำมัน อีกทั้งควรไถพรวนดิน เพื่อให้รากพืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดียิ่งขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560 เข้าถึงได้จาก [http://www.doa.go.th/fcri/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11&Itemid=27](http://www.doa.go.th/fcri/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=27) [สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2661]

สมิตรา ภู่วโรดม. 2555 เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560 เข้าถึงได้จาก <http://www.oae.go.th/palm.html>  
[สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2661]

อัญชนะ วิจะสีเกะ พรทิวา กัญยวงค์หา และนุจรี บุญแปลง. 2560. สถานะความอุดมสมบูรณ์  
ของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันปลุกบนชุดดินแกลงยกร่อง  
ในอำเภอป่าปอน จังหวัดพัทลุง. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5.  
หน้า 268-273.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and, W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and  
Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition.  
Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. USA. 515p.

Jones, Jr., J.B. 2001. Laboratory Guides for Conducting Soil Tests and Plant  
Analysis. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. USA. 363 p.

Land Development Department. 1992. Manual of Soil Quality Evaluation for  
Economic Plant of Thailand. Land Use Planning Division, Land  
Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives.  
Bangkok. Thailand.

Mills, H.A. and J.B. Jones, Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II : a practical  
sampling, Preparation, analysis, and interpretation guide. Revised. Micro-  
Macro Publishing, Inc., Athens, Georgia. USA. 422 p.

Rankine, I.R. and T.H. Fairhurst. 1999. Field Handbook: Oil Palm Series Volume  
3- Mature. (Oil Palm Series), 2nd. ed. Potash & Phosphate Institute  
(PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and 4T Consultants  
(4T), Singapore, 135 p.

Soil Survey Division. 1983. Detailed reconnaissance soil map of Phattalung  
Province. Scale 1:50,000. Soil Survey Division. Department of Land  
Development. Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok,  
Thailand. 6 Sheets.

**Table appendix A.** Criteria for soil fertility evaluation of Thailand together with the numbers of oil palm tree which soil properties were classified in each rating.

Criteria	Range						
	Extremely acid	Vert strongly acid	Strongly acid	Moderately acid	Slightly acid		
pH <sup>a</sup> (1:1)	< 4.5	4.5-5.0	5.1-5.5	5.6-6.0	6.1-6.5		
Plant no.	1	34	3	2			
	Non - saline	Slightly saline	Moderately saline	Strong saline	Very strong saline		
EC <sup>a</sup> (1:1) $\mu$ S cm	0-1200	1300-2400	2500-4700	4800-9400	> 9500		
Plant no.	38	1	1				
	Very low	Low	Slightly low	Medium	Moderately High	High	Very high
OM (g kg <sup>-1</sup> )	< 5.0	5.0-10	10-15	15-25	25-35	35-45	> 45
Plant no.			17		2		
Avail.P (mg kg <sup>-1</sup> )	< 3.0	3-6	6-10	10-15	15-25	25-45	> 45
Plant no.							40
K (mg kg <sup>-1</sup> )	< 30	30-60		60-90		90-120	> 120
Plant no.		4		29		5	2
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	< 400	400-1000		1000-2000		2000-4000	> 4000
Plant no.	38	2					
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	< 36	36-120		120-360		360-960	> 960
Plant no.	5	35					
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	< 23	23-69		69-161		161-460	> 460
Plant no.	38					1	1
Fe <sup>a</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	< 5.0	5-10		11-16		17-25	> 25
Plant no.							40
Mn <sup>a</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	< 4.0	4-8		9.0-12		13-30	> 30
Plant no.	7	16		8		5	4
Cu <sup>a</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	< 0.3	0.3-0.8		0.9-1.2		1.3-2.5	> 2.5
Plant no.	3	11		11		10	5
Zn <sup>a</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	< 0.5	0.5-1.0		1.1-3.0		3.1-6.0	> 6.0
จำนวน		4		28		7	1

Source: Modified from Land Development Department (1992) and <sup>a</sup> = Jone, Jr (2001)

ผลของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์  
ต่อคุณภาพข้าวเกรียบ

Effect of Cassava Flour Substitution with Surin Local Germinate Brown  
Rice Flour on Qualities of Crisp Rice

ภัทรารณณ์ แก้วกูล\* ณัฐปภัสร ฉลาดมาก อภิชากร ดวงแขเพ็ญศิริกุล รัสรินทร์ ฉัตรทองพิศุทธิ์  
และ ศิริกัญญา สมานมิต

Phattaraporn Kaewkool\*, Natpaphat Chaladmak, Apichargorn Duangkhapensirikul,  
Rassarin Chatthongpisut and Sirikanya Samanmit

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Surin

\* Corresponding author: p\_kaewkool@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ 3 สายพันธุ์ คือ แป้งข้าวกล้องงอกเนียงกวาง แป้งข้าวกล้องงอกปกากำปิล และแป้งข้าวกล้องงอกหอมมะลิแดงทดแทนแป้งมันสำปะหลังในการผลิตข้าวเกรียบ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design: RCBD) จัดสิ่งทดลองเป็น 2 สิ่งทดลอง 3 บล็อก (แป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ 3 สายพันธุ์ : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 10 : 90 และ 20 : 80) ได้สูตรผลิตภัณฑ์ 6 สูตร เมื่อนำไปประเมินผลทางประสาทสัมผัสและความพึงพอใจของผู้บริโภค พบว่า ข้าวเกรียบสูตรที่ให้การยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 1 ซึ่งทำจากส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวกล้องงอกเนียงกวางกับแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนเท่ากับ 10 : 90 นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวเกรียบทุกสูตรมีปริมาณสารกาบาอยู่ในช่วง 0.74 - 1.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมีคุณภาพทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของข้าวเกรียบ (มผช.107/2554)

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบ ข้าวพื้นเมืองสุรินทร์ แป้งข้าวกล้องงอก

## Abstract

The objective of this research was to study the use of Surin local germinated brown rice flour (3 varieties; Paka-Umpoul rice, Neiy-Kang rice, and Mali-Dang rice) to substitute cassava flour in crisp rice. The experimental design was randomized complete block design (RCBD) with 2 treatments and 3 blocks (Surin local germinated brown rice flour 3 varieties: cassava flour is 10: 90 and 20: 80), which had 6 formulas. The sensory and satisfaction evaluation of all 6 crisp rice formulas was tested by consumers. The results showed that crisp rice was made by germinated brown Neiy-Kang rice flour: cassava flour was 10: 90 (formula 1) had the highest score of overall acceptance. In addition, it was also found that crisp rice all formulas contained GABA in the range of 0.74 to 1.16 mg/ 100 g and the microbial quality was followed a community standard of crisp rice. (TCS.107/2554)

**Keywords:** Crisp rice, Surin local rice, Germinate brow rice flour

## บทนำ

ข้าวเกรียบจัดเป็นอาหารวางชนิดหนึ่งที่ยอมรับประทาน ส่วนผสมหลักของข้าวเกรียบคือแป้งมันสำปะหลัง เมื่อนำมาผสมกับวัตถุดิบที่ให้สี กลิ่น รส เช่น กลิ่นกุ้ง กลิ่นปลา จะทำให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น แม้ข้าวเกรียบจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมมาก แต่คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบยังมีน้อย ปัจจุบันผู้บริโภคใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ทำให้มีการวิจัยวัตถุดิบอื่นทดแทนส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบ เช่น การใช้กากรำข้าวสกัดน้ำมันทดแทนแป้งมันสำปะหลัง (จรีมาศ ฉลาดมาก และภัทรารักษ์ แก้วกุล, 2554) การใช้ชะครามแห้งทดแทนแป้งมันสำปะหลัง (สกุลตรา คำชู, 2515) ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคโดยวัตถุดิบที่นำมาทดแทนนั้นจะเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและหาได้ง่ายในท้องถิ่น

ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice) คือ ข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกสามารถหุงสุกได้ง่ายขึ้นและมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะสารกาบา (GABA) หรือ กรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก (gamma-aminobutylic acid) ซึ่งมีความสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท และพบว่าปริมาณสารกาบาในข้าวกล้องงอกมีมากกว่าข้าวกล้องปกติถึง 15 เท่า (Moongngarm, A. และ Saetung, N., 2010) ทางกรมแพทย์นำสารกาบามาใช้รักษา

โรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่างๆ หลายโรค เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก เป็นต้น วรวัฒน์ วงศ์สุทิน และคณะ (2555) พบว่า ข้าวหอมมะลิ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวดำที่ผ่านการเพาะงอกมีปริมาณวิตามินบี 1 สารฟอลิฟินอล และสารกาบาเพิ่มขึ้น 1-4 เท่า เช่นเดียวกับ ภัทรภรณ์ แก้วกุล และคณะ (2555) พบว่า ข้าวพื้นเมืองสุรินทร์ 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวเหนียวกวง ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวปกาอำปี้ล เมื่อนำมาผ่านกระบวนการเพาะงอกแล้ว มีคุณลักษณะทางเคมีกายภาพที่ดี มีสารแกมมา-โอโรซานอลและสารกาบาเพิ่มขึ้น 1-4 เท่า เช่นกัน

จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของการใช้ประโยชน์จากข้าวพื้นเมืองสุรินทร์ เพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพิ่มขีดความสามารถในการแปรรูป เพิ่มมูลค่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองให้สามารถแข่งขันกับข้าวสายพันธุ์เศรษฐกิจด้วยการนำมาแปรรูปเป็นแป้งข้าวกล้องงอก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ต่อคุณภาพข้าวเกรียบ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้เป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์

## วิธีการศึกษา

### 1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ เตรียมตามวิธีของ ภัทรภรณ์ แก้วกุล และคณะ (2555). โดยการนำข้าวกล้องพื้นเมืองสุรินทร์ 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวกล้องเหนียวกวง ข้าวกล้องปกาอำปี้ล และข้าวกล้องมะลิแดง แช่น้ำ 12 ชั่วโมง นำมาเพาะงอก 36 ชั่วโมง และหยุดการงอกด้วยการลวกน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้ข้าวกล้องงอกสด จากนั้นนำข้าวกล้องงอกสดอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 3 – 4 โดยน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง นำข้าวกล้องงอกอบแห้งบดด้วยเครื่องบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh screen เก็บใส่ถุงสุญญากาศเก็บที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำการทดสอบต่อไป

1.2 สูตรพื้นฐาน มีส่วนผสมแสดงดัง Table 1

### 2. วิธีการวิจัย

2.1 การศึกษาปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวกล้องเหนียวกวง ข้าวกล้องปกาอำปี้ล และข้าวกล้องหอมมะลิแดง ที่เหมาะสมทดแทนแป้งมันสำปะหลังในการผลิตข้าวเกรียบ 2 ระดับ คือ ร้อยละ 10 (แป้งข้าวกล้องงอก 10 กรัม ต่อแป้งมันสำปะหลัง 90 กรัม) และ ร้อยละ 20 (แป้งข้าวกล้องงอก 20 กรัม ต่อ แป้งมัน



สำปะหลัง 80 กรัม) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยส่วนผสมอื่นคงที่ (Table 2)

**Table 1** Basic Crisp rice Formula

Ingredients	Gram	%
Cassava flour	100	64.44
Wheat flour	15	10.41
Garlic	10	6.94
Pepper	5	3.47
Salt	4	2.77
sugar	10	6.94
warm water	-	-

**Source:** Thanongsak Maneerat (2014)

**Table 2:** Randomized complete block design

Tr	Block		
	b1	b2	b3
tr1	tr1 b1	tr1 b2	tr1 b3
tr2	tr2 b1	tr2 b2	tr2 b3

**Note:** Tr = The amount of Surin local germinated brown rice flour, tr1 = 10 %, tr2 = 20 %

Block = A variety of Surin local germinated brown rice, b1 = Neiy-Kang rice, b2 = Paka-Umpoul rice, b3 = Mali-Dang rice.

## 2.2 การเตรียมข้าวเกรียบแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ (สกุลตรา, 2015)

2.2.1 การผสม เริ่มต้นโดยการคำนวณปริมาณแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ตามตารางที่ 2 นำส่วนผสมของแป้งคลุกเคล้าให้แป้งกระจายตัวเข้ากัน จากนั้นจึงใส่ส่วนผสมอื่นๆ ลงไปนวดด้วยน้ำอุ่น นวดจนเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการขึ้นรูปโดยการปั้นเป็นแท่งกลมยาว 10 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ½ นิ้ว

2.2.2 การนึ่ง นำก้อนแป้งห่อด้วยใบตองที่ทาน้ำมัน เรียงในลังถึง นึ่งในน้ำเดือด ไฟแรง ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าแป้งจะสุกใส ไม่เป็นไตตรงกลาง ยกทิ้งให้เย็น

2.2.3 การแช่เย็น นำก้อนแป้งสุกแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อการคงตัวของแป้ง

2.2.4 การหั่น แป้งข้าวเหนียวหลังการแช่ 24 ชั่วโมง ลักษณะแป้งจะแข็งตัวไม่นิ่มและไม่แข็งเกินไป หั่นตามขวางเป็นแผ่นบาง ๆ หนา 1.5 มิลลิเมตร

2.2.5 การทำให้แห้ง นำแป้งข้าวเหนียวที่หั่นเป็นแผ่นบาง ๆ ตากแดดที่อุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ได้ข้าวเหนียวดิบ

2.2.6 การทอด นำข้าวเหนียวดิบทอดในน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิคงที่ 200 องศาเซลเซียส 45 วินาที ใช้ตะแกรงพลิกข้าวเหนียวไป-มา ตักใส่ตะแกรงให้สะเด็ดน้ำมัน

### 2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและความพึงพอใจของผู้ชิม

การเก็บข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความพึงพอใจของผู้ชิม โดยผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝนจำนวน 30 คน เสรีฟอร์มตัวอย่างข้าวเหนียวตัวอย่างละ 1 ชิ้น ในภาชนะสีขาว ทดสอบความชอบของผู้บริโภค แบบ 9 Point Hedonic Scale Scoring Test โดยให้ผู้ทดสอบชิมข้าวเหนียวและให้คะแนนคุณลักษณะที่ตรงตามความรู้สึก คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

### 2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยา

นำข้าวเหนียวที่ผ่านการทอดและได้รับการยอมรับของผู้ทดสอบชิมมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้ ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ความชื้น จุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีการ (AOAC. 2012) การวัดปริมาณสารกาบาด้วยเครื่อง HPLC ตามวิธีของ (Lee และคณะ. 2010) และวัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสและความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อข้าวเหนียวจากแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์

การทดสอบทางประสาทสัมผัสและความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อข้าวเหนียวจากแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ 3 สายพันธุ์ คือ ข้าวกล้องเหนียวกว (b1) ข้าวกล้องปกากอัมปิล (b2) และข้าวกล้องมะลิแดง (b3) ของปริมาณการเติมแป้งข้าวกล้องงอก 2 ระดับ คือ ร้อยละ 10 (tr1) และ 20 (tr2) ได้ข้าวเหนียว 6 สูตร ผลดังตารางที่ 3 โดยผลทางประสาทสัมผัสด้าน

สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูตรที่ 1 ด้วยระดับคะแนนความชอบโดยรวม 7.13

**Table 3** Sensory analysis of Crisp Rice form Surin Local germinate brow rice flour

Sensory scores	Treatments					
	tr1b1	tr2b1	tr1b2	tr2b2	tr1b3	tr2b3
Color*	6.57 <sup>b</sup> ±1.22	6.43 <sup>b</sup> ±1.42	6.73 <sup>b</sup> ±1.68	6.47 <sup>b</sup> ±1.72	5.30 <sup>a</sup> ±1.52	5.20 <sup>a</sup> ±1.50
Odor <sup>ns</sup>	6.67±1.12	6.30±1.56	6.30±1.60	6.47±1.31	6.25±1.80	6.30±1.36
Taste <sup>ns</sup>	6.97±1.30	5.83±1.72	6.27±1.56	6.37±1.70	6.50±1.66	5.80±1.51
Texture*	6.80 <sup>b</sup> ±1.13	6.47 <sup>b</sup> ±1.55	6.83 <sup>b</sup> ±1.60	6.43 <sup>b</sup> ±1.77	5.47 <sup>a</sup> ±1.70	5.80 <sup>a</sup> ±1.29
Overall acceptability*	7.15 <sup>c</sup> ±0.86	5.87 <sup>a</sup> ±1.25	6.73 <sup>bc</sup> ±1.41	6.63 <sup>b</sup> ±1.54	6.67 <sup>b</sup> ±1.54	6.13 <sup>ab</sup> ±1.48

Note: a, b, c, d = Means in the same row followed by different superscripts were significantly different ( $p \leq 0.05$ )

## 2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยา ของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และจุลชีววิทยาของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ 3 สายพันธุ์ เปรียบเทียบตามสายพันธุ์ข้าวที่ผู้บริโภครับประทานมากที่สุด ผลการศึกษาดังตารางที่ 4 โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และชีววิทยาของข้าวเกรียบจากแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ 3 สายพันธุ์ ที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่า ข้าวเกรียบจากแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า เฉลี่ยร้อยละ 45.3 โปรตีนสูงกว่าเฉลี่ยร้อยละ 1.18 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารกาบาในช่วง 0.74 – 1.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยบำรุงสมอง รักษาโรค เช่น มะเร็ง เบาหวาน (Komatsuzaki et al., 2007) ค่าสี L\* a\* และ b\* ต่ำกว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เนื่องจากสีของแป้งข้าวกล้องงอกมีความแตกต่างกันออกไปตามสายพันธุ์ข้าว (วรมิพร และคณะ. 2555) เมื่อถูกความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้สีของข้าวเกรียบเข้มขึ้น และพบว่าปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด คือ ไม่เกิน  $1 \times 10^6$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มผช.107/2554)

**Table 4** Composition of Crisp Rice form Surin Local germinate brow rice flour

Composition		Treatments			
		control	tr1b1	tr1b2	tr1b3
<b>Chemical composition</b>					
Moisture* (%)		2.40 <sup>a</sup> ±0.15	8.02 <sup>b</sup> ±0.17	8.52 <sup>c</sup> ±0.11	8.07 <sup>d</sup> ±0.14
Protein* (%)		0.77 <sup>a</sup> ±0.08	1.25 <sup>ab</sup> ±0.04	1.71 <sup>b</sup> ±0.05	1.95 <sup>c</sup> ±0.08
Fat* (%)		25.26 <sup>a</sup> ±0.52	37.48 <sup>d</sup> ±0.76	34.46 <sup>c</sup> ±0.54	31.35 <sup>b</sup> ±0.61
Ash <sup>ns</sup> (%)		1.13±0.06	1.11±0.05	1.25±0.01	1.10±0.05
Carbohydrate* (%)		80.44 <sup>d</sup> ±0.16	52.50 <sup>a</sup> ±0.19	54.06 <sup>b</sup> ±0.14	57.28 <sup>c</sup> ±0.16
GABA* (mg/ 100g)		0 <sup>a</sup>	1.05 <sup>b</sup> ±0.02	1.16 <sup>b</sup> ±0.07	0.74 <sup>b</sup> ±0.03
<b>Physical composition</b>					
Color	L*	70.00 <sup>d</sup> ±0.01	53.45 <sup>c</sup> ±0.01	52.77 <sup>b</sup> ±0.02	50.97 <sup>a</sup> ±0.01
	a*	8.03 <sup>b</sup> ±0.04	0.67 <sup>a</sup> ±0.01	0.77 <sup>a</sup> ±0.04	0.56 <sup>a</sup> ±0.03
	b*	21.22 <sup>d</sup> ±0.01	13.95 <sup>c</sup> ±0.02	15.19 <sup>b</sup> ±0.01	8.68 <sup>a</sup> ±0.01
<b>Microbiological composition</b>					
Total microorganism (CFU/g)		3.46x10 <sup>4</sup>	1.93 x10 <sup>4</sup>	2.29 x10 <sup>4</sup>	1.91 x10 <sup>4</sup>

**Note:** a, b, c, d = Means in the same row followed by different superscripts were significantly different ( $p \leq 0.05$ )

### สรุป

เมื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งข้าวกล้องงอกพื้นเมืองสุรินทร์ในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ข้าวเกรียบมีเนื้อสัมผัสไม่พองฟูเมื่อทอด และสายพันธุ์ข้าวทำให้ข้าวเกรียบมีสีเข้มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามข้าวเกรียบที่ทดแทนแป้งข้าวกล้องงอกเนียงกว้งร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงถึง 7.13±0.86 สามารถใช้ทดแทนแป้งมันสำปะหลังได้ อีกทั้งยังมีปริมาณสารกาบาในช่วง 0.74 – 1.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแก่ผลิตภัณฑ์

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ.2558

### เอกสารอ้างอิง

- จรีมาศ ฉลาดมาก และ ภัทรภรณ์ แก้วกุล. 2554. ข้าวเกรียบเสริมข้าวสาคัดน้ำมัน. น. 162-169. ใน: การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย ครั้งที่ 1 “วิจัยก้าวหน้า วิชาการเข้มแข็ง” 5 สิงหาคม 2554. มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตหนองคาย, หนองคาย.
- ภัทรภรณ์ แก้วกุล ประดับ เรียงประยูร วรธนะชัย ปฐมสิริวงศ์ ประวีณา มณีรัตนรุ่งโรจน์ และจรีมาศ ฉลาดมาก. 2555. ผลของระยะเวลาเพาะงอกต่อปริมาณสารกาบา สารแกมมา-โอไรซานอลและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของข้าวกล้องงอกพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดสุรินทร์. น. 313-320. ใน: การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล. ครั้งที่ 1. 7 กันยายน 2555. คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- วรัณพร วงศ์สุดิน พัทธภรณ์ รัตนธรรม ณีภูษิต เลาทกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2555. “การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(2) (พิเศษ): 553-556.
- สกุลตรา คำชู. 2015. ข้าวเกรียบจากแป้งชะครามแห้ง. รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานการวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6. 1(6): 513-523.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2554. ข้าวเกรียบ. มผช.107-2554.กระทรวงอุตสาหกรรม.
- AOAC. 2012. The Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. [Online]. Available: <http://www.aoac.org>. Retrieved December 1, 2017.
- Lee S, Yoon BE, Berglund K, Oh SJ, Park H, Shin HS, Augustine GJ, Lee CJ. 2010 Channel-mediated tonic GABA release from glia. Science. 330: 790–796.
- Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu, and T. Kimura. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering. 78: 556 – 560.

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



---

Moongngarm, A. and Saetung, N. 2010. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. *Journal of Food Chemistry*.122: 782-788.

ผลของเจลาตินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์  
กัมมีเยลลี่ลูกหม่อน

Effect of Gelatin on Sensory Quality of Mulberry Gummy Jelly Product

รัสรินทร์ ฉัตรทองพิศุทธิ์\* อภิชากร ดวงแขเพ็ญศิริกุล กฤษ ตรงจิตต์  
ฤทัยภัคดี มุลาลินน์ และ สุภาวดี แซ่เตี่ยว

Rassarin Chatthongpisut\*, Apicharḡorn Duangkhapensirikul, Krich Trongjit, Ruethaipak  
Mulalin and Supawadee Saetiaw<sup>1</sup>

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์  
Surindra Rajabhat University Technology, Nok-Mueang, Mueang District, Surin

\* Corresponding author: jumrassarin@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาผลของปริมาณเจลาตินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ลูกหม่อนเสริมวิตามินซีและคอลลาเจน และเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ลูกหม่อนที่ผู้บริโภคมีความชอบโดยรวมมากที่สุด การวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาปริมาณเจลาติน 5 ระดับ คือร้อยละ 6 7 8 9 และ 10 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทุกสูตรมีการเสริมวิตามินซีและคอลลาเจนร้อยละ 3 ผลการศึกษาการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 8 โดยมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 6.87 6.87 7.07 และ 7.03 ตามลำดับ ( $P < 0.05$ ) ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเถ้า ร้อยละ 42.24 53.85 1.25 และ 0.67 ตามลำดับ และมีปริมาณวิตามินซี ฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS assay เท่ากับ 45.33 mg/mL 43.39 g GAE/L 61.45 mg/L และ 137.50 mM TEAC ตามลำดับ

คำสำคัญ: ลูกหม่อน กัมมีเยลลี่ เจลาติน แอนโทไซยานิน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

## Abstract

The objectives of this study were to study the effect of gelatin on the sensory quality of mulberry gummy jelly product enriched with vitamin C and collagen, and to determine nutritional value, total phenolic content, total anthocyanin content and antioxidant activity of mulberry gummy jelly product that showing the highest score of overall liking. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD): 5 levels of gelatin, 6, 7, 8, 9 and 10% by weight), and all formulations of mulberry gummy jelly enriched with 3% (w/w) of vitamin C and collagen. The results showed that the optimum amount of gelatin from analyzing sensory perception was 8% (w/w), had the highest score of texture, flexibility, flavor and overall preference 6.87, 6.87, 7.07 and 7.03, respectively. Gummy jelly product had moisture, carbohydrate, proteins and ash 42.24, 53.85, 1.25 and 0.67% (w/w), respectively. Vitamin C, total phenolic, total anthocyanin content and antioxidant activity by ABTS assay were 45.33 mg/mL, 43.39 g GAE/L, 61.45 mg/L and 137.50 mM TEAC, respectively.

**Keywords:** Mulberry, Gummy jelly, Gelatin, Anthocyanin, Antioxidant activity

## บทนำ

ผลหม่อนหรือมัลเบอร์รี่ (mulberry) เป็นผลไม้ที่ได้จากต้นหม่อนที่มีการปลูกกันมากในชุมชนเพื่อใช้ใบหม่อนในการเลี้ยงหนอนไหม สำหรับการผลิตเส้นใยไหม ลูกหม่อนมีลักษณะเป็นพวงกลมเล็ก เมื่อสุกมีสีม่วงแดงถึงดำ จากงานวิจัยเกี่ยวกับลูกหม่อนที่ผ่านมา มีรายงานว่าประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่สำคัญหลายชนิด สารที่พบหลักๆ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก กลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งสารในกลุ่มนี้ชนิดที่มีความสำคัญที่พบในลูกหม่อน คือ สารประกอบกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanins) แอนโทไซยานินเป็นสารสีจากธรรมชาติ ที่ทำให้พืชผัก ผลไม้ และธัญชาติบางชนิดมีสีแดง สีม่วง สีม่วงดำ และสีน้ำเงิน จากหลักฐานทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นว่าแอนโทไซยานินมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านการเกิดภูมิแพ้ และต้านมะเร็ง เป็นต้น การบริโภคพืชผักและผลไม้ที่อุดมไปด้วยแอนโทไซยานินซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีประโยชน์ต่อร่างกาย เพราะจะช่วยลดความเสียหายต่อเซลล์ที่เกิดจากสารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ภายในร่างกาย ลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) อันจะ



นำไปสู่การลดความเสี่ยงของการเกิดโรคร้ายแรงต่างๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคมะเร็ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยชะลอความแก่ ซึ่งผู้คนในปัจจุบันให้ความสำคัญอีกด้วย

กัมมีเยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาดชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยอย่างกว้างขวางในเด็กและวัยรุ่น โดยพบว่ามีส่วนแบ่งตลาดประมาณครึ่งหนึ่งของตลาดลูกกวาดในประเทศไทย และกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น กัมมีเยลลี่ผลิตจากสารละลายน้ำตาลเข้มข้น ซึ่งอาจหมายถึง น้ำผลไม้ หรือน้ำสมุนไพรที่มีการปรับความหวานด้วยน้ำตาลทรายหรือกลูโคสไซรัป ส่วนผสมอื่นๆ เช่น กรด สีสผสมอาหาร และสารปรุงแต่งกลิ่นรส และที่สำคัญที่สุดคือสารที่ทำให้เกิดเจลซึ่งเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ เช่น เจลาติน คาราจีแนน หรือเพคติน เป็นต้น เจลาตินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้จากการไฮโดรไลซ์คอลลาเจน ประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 19 ชนิด ต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ เจลที่เกิดขึ้นจากเจลาตินสามารถเปลี่ยนกลับได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความแข็งแรงของเจลมีความสัมพันธ์ผกผันกับอุณหภูมิ โดยเจลาตินจะหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงและแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง และเวลาในการเกิดเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาติน สิ่งที่เร่งหรือส่งเสริมความสามารถในการแข็งตัวของเจลาติน ได้แก่ นมและน้ำตาลในปริมาณที่เหมาะสม (ถ้าน้ำตาลปริมาณสูงจะยับยั้งการแข็งตัวเป็นเจล) ในทางตรงกันข้ามสิ่งที่ทำลายความสามารถในการแข็งตัวของเจลาติน ได้แก่ ของเหลวที่เค็มหรือมีความเป็นกรดหรือด่างสูง การผสมผลไม้สดลงไปในส่วนผสม น้ำผลไม้สดที่คั้นจากผลไม้บางชนิด เช่น มะม่วง กีวี มะละกอ สับปะรด พืช เป็นต้น เนื่องจากในผลไม้เหล่านี้มีเอนไซม์ที่ลดการแข็งตัวของเจลาติน ถ้าในกระบวนการผลิตมีการใส่น้ำผลไม้เหล่านี้ วิธีการแก้คือนำน้ำผลไม้ไปผ่านความร้อนก่อนเพื่อทำลายเอนไซม์

ในปัจจุบันมีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดด้วยการเติมสารอาหาร และสารที่ไม่ใช่สารอาหารลงไป ได้แก่ ไฟเบอร์ วิตามินชนิดต่างๆ เช่น วิตามินซี รวมทั้งแร่ธาตุชนิดต่างๆ เช่น แคลเซียม เป็นต้น จากคุณค่าทางโภชนาการและโภชนเภสัชของลูกหม่อน ที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลของสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ แอนโทไซยานิน ทำให้ผลไม้ชนิดนี้มีศักยภาพในการวิจัยและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ (functional food) ที่ง่ายและสะดวกต่อการบริโภค เหมาะสำหรับทุกเพศทุกวัย ดังนั้นงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ลูกหม่อนเสริมวิตามินซีและคอลลาเจน ซึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากแอนโทไซยานินในลูกหม่อน และวิตามินซีที่มีการเสริมเข้าไป รวมทั้งได้เสริมคอลลาเจนที่มีคุณสมบัติเสริมสร้างความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะทำการศึกษาผลของเจลาตินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ลูกหม่อนเสริมวิตามินซี

และคอลลาเจน ปริมาณสารพฤกษเคมีหลักที่มีในผลิตภัณฑ์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ โดยประโยชน์ที่คาดหวังว่าจะได้รับ คือได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ที่สามารถตอบสนองของกลุ่มผู้บริโภคได้ทุกเพศทุกวัย

## วิธีการศึกษา

### 1. วัสดุและอุปกรณ์

ลูกหม่อนแห้งแห้ง (*Morus nigra* L.) ที่ใช้ตลอดการทดลองจัดซื้อจากเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ เจลาติน วิตามินซี (บริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด) น้ำตาลทราย (มิตรผล; บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด) คอลลาเจน (meiji Amino collagen, บริษัทเมจิ จำกัด ประเทศญี่ปุ่น) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด เป็นยี่ห้อ Sigma-Aldrich อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยอุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องชั่ง (Satorious, BP 3100 S) และเครื่อง Hand refractometer (Atago; N-1E)

### 2. วิธีการ

#### 2.1 การผลิตผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ลูกหม่อนเสริมวิตามินซีและคอลลาเจนสูตรพื้นฐาน ดังตารางที่ 1 โดยส่วนที่ 1 น้ำลูกหม่อน 85 กรัมจะถูกนำมาใช้ละลายเจลาตินปริมาณแตกต่างกันในแต่ละสูตร (สูตรที่ 1-5 ปริมาณเจลาติน 30 กรัม (6%), 35 กรัม (7%), 40 กรัม (8%), 45 กรัม (9%) และ 50 กรัม (10%) ตามลำดับ) จากนั้นนำไปต้มจนถึงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเจลาตินละลายหมด สามารถสังเกตได้จากน้ำลูกหม่อนมีความใส ส่วนที่ 2 น้ำลูกหม่อน 160 กรัม จะถูกนำมาเติมน้ำตาลทราย ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส กวนอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิลงมาที่ 37 องศาเซลเซียส เติมวิตามินซีและคอลลาเจน นำน้ำลูกหม่อนส่วนผสมที่ 1 มาผสมกับส่วนผสมที่ 2 ให้เข้ากัน นำมาหยอดลงในแม่พิมพ์ทรงกลมขนาดเล็ก ทิ้งไว้ให้เย็นในแม่พิมพ์เป็นระยะเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 3-6 องศาเซลเซียส เมื่อเจลลี่แข็งตัวจึงทำการแกะออกจากพิมพ์ นำไปคลุกน้ำตาลทรายชนิดละเอียด และเก็บในภาชนะปิดสนิท เก็บไว้ในตู้เย็นเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อรอการวิเคราะห์

**Table 1** Mulberry gummy jelly product enriched with vitamin C and collagen formulation.

Ingredients	100% Mulberry juice	Sucrose	Gelatin powder	Vitamin C	Collagen <sup>a</sup>
Weight (g)	260	180	30	15	15

<sup>a</sup> Collagen is a meiji amino collagen ( meiji brand)

## 2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดจะถูกนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (SCHOTT; pH meter CG840) ค่า water activity ( $a_w$ ) (Rotronic; AW2101) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และ เถ้า (AOAC, 2000) และปริมาณวิตามินซี โดยใช้วิธี 2,6-dichlorophenolindophenol titration method (AOAC, 1990)

## 2.3 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ใช้วิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method (Waterhouse, 2005) ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด โดยวิธี pH-differential method (Lee, Durst and Wrolstad, 2005) และวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS assay (Re, et al., 1999)

## 2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ได้ทุกสูตรมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ คุณลักษณะด้านสี กลิ่น ความยืดหยุ่น เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวมแบบ 9-points hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) การทดสอบทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนการทดลอง Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน

## 2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาผลของเจลาตินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P < 0.05$ )

## ผลการศึกษา

### 1. ผลของเจลาตินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีเสริมวิตามินซี และคอลลาเจนทุกสูตร จากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีสูตรที่ได้รับความนิยมสูงสุดคือ สูตรที่ 3 ซึ่งหมายความว่า ปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกัมมีเยลลีเสริมวิตามินซีและคอลลาเจน เท่ากับร้อยละ 8 โดยมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 6.87, 6.87, 7.07 และ 7.03 ตามลำดับ (ดัง Table 2) เมื่อพิจารณาด้านสีของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี พบว่ามีสีม่วงดำ มีกลิ่นของลูกหม่อนเล็กน้อย กลิ่นที่สามารถสัมผัสได้จากการทดสอบคือกลิ่นของคอลลาเจนผสมผสานกับกลิ่นของวิตามินซี ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีมีรสชาติดหวานอมเปรี้ยวปานกลาง รสชาติเปรี้ยวจะลดลงตามปริมาณของเจลาตินที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้น แม้ว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะนุ่มแต่ขณะเดียวกันก็มีความเหนียวมากขึ้นด้วย ส่งผลต่อความยากในการเคี้ยว

### 2. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีสูตรที่ได้รับความนิยมสูงสุดจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ความเป็นกรด-ต่างของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า water activity วิตามินซี และการวิเคราะห์แบบประมาณของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี ดัง Table 3 และสารพิษทุกชนิด ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แสดงดัง Table 4

**Table 2** Sensory analysis of mulberry gummy jelly products with different gelatin powder content.

Treatments	Preference tests					
	Color <sup>ns</sup>	Aroma <sup>ns</sup>	Texture*	Flavor*	Flexibility*	Overall* Acceptability
1	6.73±0.27	5.90±0.28	6.23±0.29 <sup>a</sup>	6.37±0.31 <sup>a</sup>	6.20±0.30 <sup>a</sup>	6.47±0.30 <sup>a</sup>
2	6.67±0.24	5.70±0.24	6.50±0.28 <sup>a</sup>	6.87±0.22 <sup>b</sup>	6.47±0.30 <sup>b</sup>	6.93±0.25 <sup>b</sup>
3	6.67±0.29	5.70±0.29	6.87±0.27 <sup>ab</sup>	7.07±0.29 <sup>c</sup>	6.87±0.24 <sup>c</sup>	7.03±0.22 <sup>b</sup>
4	6.73±0.28	6.00±0.27	7.00±0.28 <sup>b</sup>	6.90±0.24 <sup>bc</sup>	7.03±0.24 <sup>c</sup>	7.00±0.22 <sup>b</sup>
5	6.33±0.23	5.86±0.26	6.47±0.30 <sup>a</sup>	6.53±0.31 <sup>a</sup>	6.80±0.30 <sup>c</sup>	6.57±0.29 <sup>a</sup>

ns indicate no significant differences in the same column ( $P \geq 0.05$ ) Means  $\pm$  SD with different superscript letters in the same column (a-c) indicate significant differences ( $P < 0.05$ )

**Table 3** Chemical compositions of mulberry gummy jelly product showing the highest score of overall liking.

Parameters	pH	TSS* (°Brix)	Water activity	Moisture (%)	Carbohydrate (%)	Protein (%)	Ash (%)	Vitamin C (mg/mL)
Contents	2.97	53.9	0.74	42.24	55.85	1.24	0.67	45.33

\* TTS = Total Soluble Solids

**Table 4** Total phenolics, total monomeric anthocyanin content and ABTS radical scavenging activity of mulberry gummy jelly product showing the highest score of overall liking.

Phytochemicals and antioxidant activity	Value
Total phenolic content (g GAE/L)	43.39
Total monomeric anthocyanin content (mg/L)	61.45
ABTS radical scavenging activity (mM TEAC)	137.50

### วิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเจลาตินให้สูงขึ้น ความเหนียวของผลิตภัณฑ์ก็มีเยลลี่จะมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การเคี้ยวยากขึ้น ในขณะที่เดียวกันถ้าปริมาณเจลาตินน้อย ก็ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเยลลี่ไม่คงรูป เหลว ผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับ จากงานวิจัยของ ศิมาภรณ์ และ

คณะ (2546) ที่ทำการศึกษาค้นคว้าของเจลาตินต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ พบว่าเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความเหนียว hardness cohesiveness chewiness และ gumminess เพิ่มขึ้น แต่เมื่อศึกษาปริมาณกรดโดยการแปรผันปริมาณกรดซิตริก พบว่า เมื่อกรดซิตริกเพิ่มขึ้น จะทำให้ความเหนียว hardness และค่า chewiness ลดลงเล็กน้อย ดังนั้นความเหมาะสมของการใช้เจลาตินในการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ จึงขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัตถุดิบว่ามีความเป็นกรด-ด่างปริมาณเท่าไร ในงานวิจัยนี้การเสริม คอลลาเจนและวิตามินซี เป็นการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ให้ผู้บริโภคได้รับสารที่มีประโยชน์

### สรุป

เจลาตินมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถูกหมอนเสริมวิตามินซีและคอลลาเจนในด้านเนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และรสชาติ โดยปริมาณเจลาตินที่เหมาะสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ทำให้ผู้ทดสอบชิมมีความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ ปริมาณเจลาตินร้อยละ 8 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานคือ Trolox ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินอี

### คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- ศิมาภรณ์ มีแสงและคณะ. 2546. ผลของเจลาติน อัตราส่วนของซูโครส/กลูโคสไซรัป และกรดซิตริก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่. น 20-27. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- Association of Office Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis, 15<sup>th</sup> ed. George Banta, Washington, DC.
- Association of Office Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis, 18<sup>th</sup> ed. Arlington, Virginia.

- 
- Lee, J., Durst, R.W., and Wrolstad, R. E. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wine by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC International*. 88: 1269-1278.
- Re, R. et al. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol and Med*. 26(9-10): 1231-1237.
- Waterhouse, A. L. 2005. Determination of total phenolics. In: *Handbook of Food Analytical Chemistry: Pigments, Colorants, Flavors, Texture, and Bioactive Food Components* (Ed. R. E. Wrolstad et al.). John Wiley and Sons Inc., New York, USA. pp. 463-464.

การทดสอบพันธุ์แตงกวาการค้าในพื้นที่บ้านนาท้อ  
ตำบลไชยสถาน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน

Yield Trial of Commercial Cucumber Varieties at Ban Na Tor,  
Chai Sathan Sub-district, Mueang District, Nan Province

บรรจง อูปแก้ว\* พิชัย สุรพรไพบูลย์ และ พิกุล สุรพรไพบูลย์

Bunjong Oupkaew\*, Pichai Surapornpiboon and Pikul Surapornpiboon

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

Rajamangala University of Technology Lanna, Nan.

\* Corresponding author: bunjong\_19@hotmail.com

บทคัดย่อ

การทดสอบพันธุ์แตงกวาการค้าในพื้นที่บ้านนาท้อ ตำบลไชยสถาน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ระหว่างเดือนมิถุนายน – สิงหาคม พ.ศ. 2560 เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้พันธุ์แตงกวาของเกษตรกรให้เหมาะสมกับพื้นที่ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) 15 สิ่งทดลอง ทำ 4 ซ้ำ ทำการทดลองโดยปลูกแตงกวาพันธุ์การค้าจำนวน 15 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ชินจิง T-2015 พันธุ์เอเธนส์ 4 พันธุ์เอเธนส์ 5 พันธุ์ไมโครซี พันธุ์เด่นดี พันธุ์รุ่งชัย พันธุ์ชัยนิยม 112 พันธุ์โมเดิร์น พันธุ์บัดดี้กรีน พันธุ์ก้องฟ้า พันธุ์ภูเขียว พันธุ์เขียวมั่งมี พันธุ์เพาเวอร์กรีน และพันธุ์สนั่นเมือง เปรียบเทียบกับพันธุ์ไฮโซ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดน่านนิยมปลูก ผลการทดลองพบว่า พันธุ์แตงกวาทั้ง 15 พันธุ์ให้ผลผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) โดยพันธุ์เขียวมั่งมีให้ผลผลิตสูงที่สุด 3,523 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตมีคุณภาพดี เหมาะสำหรับการปลูกในพื้นที่บ้านนาท้อ จังหวัดน่าน

**คำสำคัญ:** แตงกวา การเจริญเติบโต ผลผลิตผลสด

Abstract

Yield trial of commercial cucumber varieties was implemented at in Ban Na Tor, Chai Sathan Sub-district, Mueang District, Nan Province from June to August 2017. The purpose was to evaluate the suitable variety for local production. The experiment was conducted in Randomized Complete Block



Design (RCBD) with 15 treatments and 4 replications. The 15 commercial cucumber varieties; Chin Chang T-2015, Athens 4, Athens 5, Micro C, Hiso, Den Dee, Rung Chai, Chai Niyom 112, Modern, Buddy Green, Gong Fah, Phu Khiao, Khiao Mung Mee, Power Green, and Sanun Meuang were grown compared with Hiso variety which was the popular varieties in Nan province. The results were found that all 15 cucumbers varieties were yielded significantly difference ( $P < 0.01$ ) among 15 varieties. Khiao Mung Mee variety had the highest yield at 3,523 kilograms per Rai, and also had quality of fruit with suitable for commercial production in Ban Na Tor, Nan Province.

**Keywords:** Cucumber, Growth, Fresh yield

### บทนำ

แตงกวา (Cucumber) เป็นพืชวงศ์แตงที่มีการปลูกกันแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชที่มีอายุตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวสั้น ใช้เวลาเพียง 30-45 วัน หลังจากปลูก เมื่อเปรียบเทียบกับรายได้จากการปลูกแตงกวากับพืชอื่น ๆ อีกหลายชนิดแล้ว แตงกวาสามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรในช่วงเวลาสั้นได้ดี (จรัญ ดิษฐไชยวงศ์, 2548 ; เฉลิมเกียรติ โกศาวัฒนา และภัสรา ชวประดิษฐ์, 2539) โดยในปี 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกแตงกวาประมาณ 65,987 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 102,997,524 กิโลกรัม และผลผลิตเฉลี่ย 4,764 กิโลกรัมต่อไร่ แต่สำหรับการปลูกแตงกวาในพื้นที่จังหวัดน่านนั้น พบว่ายังมีพื้นที่ปลูกไม่มากนัก โดยในปี 2559 มีพื้นที่ปลูกแตงกวาประมาณ 70 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 64,150 กิโลกรัม และผลผลิตเฉลี่ย 1,565 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ทำให้ต้องมีการนำเข้าแตงกวาจากต่างจังหวัดเพื่อการบริโภค ดังนั้น แตงกวาจึงอาจเป็นพืชทางเลือกพืชหนึ่งที่สามารถนำไปแนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดน่านมีการปลูกกันมากขึ้น เพื่อสนองความต้องการบริโภคแตงกวาภายในจังหวัดน่าน และเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ซึ่งพื้นที่บ้านนาท้อ ตำบลไชยสถาน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน เป็นพื้นที่หนึ่งที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและมีศักยภาพในการผลิตแตงกวา ในปัจจุบันภาคเอกชนได้ผลิตเมล็ดพันธุ์แตงกวาพันธุ์การค้าออกมาจำหน่ายจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการศึกษาว่า พันธุ์การค้าพันธุ์ใดเหมาะสำหรับการผลิตในพื้นที่บ้านนาท้อ จังหวัดน่าน ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบพันธุ์แตงกวาการค้าในพื้นที่บ้านนาท้อ จังหวัดน่าน เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้พันธุ์แตงกวาของเกษตรกรให้เหมาะสมกับพื้นที่ต่อไป

## วิธีการศึกษา

### สถานที่ทดลองและการวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองในแปลงเกษตรกรบ้านนาท้อ ตำบลไชยสถาน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ระหว่างเดือนมิถุนายน – สิงหาคม พ.ศ. 2560 วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ทำ 4 ซ้ำ โดยใช้พันธุ์แตงกวาลูกผสม (F1 Hybrid) ของแตงกวากลุ่มผลเล็กพันธุ์การค้า จำนวน 15 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ชินจิง T-2015 พันธุ์เอเธนส์ 4 พันธุ์เอเธนส์ 5 พันธุ์ไมโครซี พันธุ์ไฮโซ พันธุ์เด่นดี พันธุ์รุ่งชัย พันธุ์ชัยนิยม 112 พันธุ์โมเดิร์น พันธุ์บัดดี้กรีน พันธุ์ก้องฟ้า พันธุ์ภูเขียว พันธุ์เขียวมั่งมี พันธุ์เพาเวอร์กรีน และ พันธุ์สนั่นเมือง โดยใช้พันธุ์ไฮโซ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดน่านนิยมปลูก เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ

### การปลูกและการดูแลรักษา

ทำการเพาะกล้าแตงกวาแต่ละพันธุ์ในกระบะเพาะกล้าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากหลุม 3.7 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดินร่วน และปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1 : 1 และให้น้ำด้วยระบบพ่นฝอยทุกวัน ในช่วงเวลาเช้าและกลางวัน โดยเริ่มทำการเพาะในวันที่ 12 มิถุนายน 2560 และย้ายต้นกล้าปลูกในแปลงปลูกเมื่อต้นกล้ามีอายุ 7 วันหลังจากเพาะเมล็ด สำหรับการปลูก ดำเนินการเตรียมแปลงปลูกโดยไถเตรียมดินและตากดินไว้ 7 วัน จากนั้นจึงไถพรวนเพื่อย่อยดิน แล้วขึ้นแปลงย่อยขนาด 1 X 5 ตารางเมตร และคลุมแปลงด้วยพลาสติกคลุมแปลง ทำการปลูกแตงกวาแต่ละพันธุ์ในแปลงย่อยขนาด 1 X 5 ตารางเมตร โดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระยะปลูกระหว่างแถว 80 เซนติเมตร ปลูกหลุมละ 1 ต้น หลังจากปลูกให้น้ำแบบให้ตามร่อง (furrow irrigation) สัปดาห์ละครั้ง เมื่อแตงกวามีอายุ 10 วันหลังจากปลูก จึงทำค้างและจัดเถาให้ขึ้นค้าง การใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยรองกันหลุมก่อนปลูกด้วยปุ๋ยหมักอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากย้ายกล้าปลูก 7 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากย้ายปลูก 2 และ 3 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ทำการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันแมลงด้วยสารอะบาเม็กติน (abamectin) อัตรา 30 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร หลังจากย้ายกล้าปลูก 15 วัน

### ข้อมูลที่บันทึก ได้แก่

1) ผลผลิต โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตผลสดของแตงกวาแต่ละพันธุ์ทุกวัน และเก็บเกี่ยวผลผลิตจากทุกต้นในแปลงปลูก ยกเว้นต้นที่อยู่หัวแถวและท้ายแถวของแปลง โดยสังเกตจาก

ผลที่มีลักษณะนวลขาวเกาะอยู่และมีหนามอยู่บ้าง แล้วนำผลผลิตที่เก็บเกี่ยวแต่ละครั้งมาชั่ง น้ำหนัก และรวมน้ำหนักผลผลิตทุกครั้งที่เก็บเกี่ยวเป็นผลผลิต

2) องค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่

2.1) จำนวนผลมาตรฐานต่อต้น โดยสุ่มนับจำนวนผลของแตงกวาแต่ละ พันธุ์ที่มีลักษณะผลยาวประมาณ 10 เซนติเมตร และมีลักษณะผลตรง ไม่บิดเบี้ยว พันธุ์ละ 5 ต้น

2.2) จำนวนผลไม่ได้มาตรฐานต่อต้น โดยสุ่มนับจำนวนผลของแตงกวาแต่ ละพันธุ์ที่มีลักษณะผลเล็ก และมีลักษณะผลบิดเบี้ยว พันธุ์ละ 5 ต้น

2.3) น้ำหนักของผล โดยสุ่มชั่งน้ำหนักผลแตงกวาแต่ละพันธุ์ ๆ ละ 10 ผล

3) คุณภาพของผลผลิต ได้แก่

3.1) เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของผล โดยสุ่มวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลแตงกวา แต่ละพันธุ์ ๆ ละ 10 ผล

3.2) ความยาวของผล โดยสุ่มวัดความยาวของผลแตงกวาแต่ละพันธุ์ ๆ ละ 10 ผล

3.3) เส้นผ่าศูนย์กลางของไส้ผล โดยสุ่มวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของไส้ผล แตงกวาแต่ละพันธุ์ ๆ ละ 10 ผล

3.4) ความหนาของเนื้อ โดยสุ่มวัดความหนาของเนื้อผลของแตงกวาแต่ละ พันธุ์ ๆ ละ 10 ผล

4) ลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ ได้แก่

4.1) จำนวนวันที่ดอกเพศผู้ดอกแรกบาน โดยนับตั้งแต่วันเพาะเมล็ดถึงวันที่ ต้นแตงกวาแต่ละพันธุ์มีดอกเพศผู้ดอกแรกบานร้อยละ 50 ของจำนวนต้นทั้งหมดที่ปลูกใน แปลงย่อย

4.2) จำนวนวันที่ดอกเพศเมียดอกแรกบาน โดยนับตั้งแต่วันเพาะเมล็ดถึง วันที่ต้นแตงกวาแต่ละพันธุ์มีดอกเพศเมียดอกแรกบานร้อยละ 50 ของจำนวนต้นทั้งหมดที่ปลูก ในแปลงย่อย

4.3) อายุเก็บเกี่ยว โดยนับตั้งแต่วันเพาะเมล็ดถึงวันที่เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิต ของแตงกวาแต่ละพันธุ์

4.4) จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น โดยสุ่มนับจำนวนกิ่งแขนงที่มีจำนวนข้อไม่น้อย กว่า 3 ข้อที่เกิดขึ้นทั้งต้น พันธุ์ละ 5 ต้น เมื่อแตงกวาอายุ 50 วันหลังจากเพาะเมล็ด

## การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ แล้วหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต ตามวิธีของ Gomez and Gomez (Gomez, K.A., and Gomez, A.A., 1984) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ STAR 2.0.1 (IRRI, 2013)

### ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อพิจารณาผลผลิตของพันธุ์แตงกวาทั้ง 15 พันธุ์ให้ผลผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) โดยพันธุ์เขียวมั่งมี พันธุ์เพาเวอร์กรีน พันธุ์ก้องฟ้า พันธุ์सनเมือง พันธุ์ไมโครซี พันธุ์ภูเขียว และพันธุ์โมเดิร์น ซึ่งให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน โดยให้ผลผลิต 3,523 3,513 3,461 3,432 3,388 3,375 และ 3,314 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในขณะที่พันธุ์ไฮโซ ซึ่งเป็นพันธุ์แตงกวาที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากที่สุดในจังหวัดน่าน ให้ผลผลิต 2,852 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ในระหว่างกลุ่มพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ นี้ พันธุ์เขียวมั่งมีเป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงสุดในกลุ่ม และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของผลผลิตแตงกวา อันได้แก่ จำนวนผลที่ได้มาตรฐานต่อต้น จำนวนผลที่ไม่ได้มาตรฐาน และน้ำหนักของผล (Table 1) ตลอดจนลักษณะทางเกษตรอื่น ๆ พบว่า พันธุ์แตงกวาทั้ง 15 พันธุ์มีองค์ประกอบของผลผลิตและลักษณะทางเกษตรอื่น ๆ ที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) (Table 2 and 3) แสดงให้เห็นว่า พันธุ์แตงกวาทั้ง 15 พันธุ์นี้มีความสามารถในการปรับตัวและให้ผลผลิตต่างกันเมื่อปลูกในพื้นที่บ้านนาท้อ จังหวัดน่าน และจากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และจำนวนกิ่งแขนงต่อต้น (Table 4) พบว่า ผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับองค์ประกอบของผลผลิต คือ จำนวนผลที่ได้มาตรฐานต่อต้น และน้ำหนักของผล โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.6940 และ 0.4109 ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Arunkumar *et al.* (2011) และ Kumar *et al.* (2011) ในขณะที่ ดวงดาว (2555) Ene *et al.* (2016) และ Chinatu *et al.* (2017) รายงานว่า ผลผลิตมีสหสัมพันธ์กับจำนวนผลต่อต้นและน้ำหนักของผล ซึ่งแสดงให้เห็นว่า พันธุ์แตงกวาที่ให้ผลผลิตสูง จะเป็นพันธุ์ที่มีองค์ประกอบของผลผลิตที่ดี คือ มีจำนวนผลต่อต้นสูง โดยเฉพาะมีจำนวนผลที่ได้มาตรฐาน และมีน้ำหนักของผลมาก แต่มีจำนวนผลไม่ได้มาตรฐานต่อต้นน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนผล

มาตรฐานต่อต้าน น้ำหนักของผล และผลผลิต โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.6716, 0.5975 และ 0.7104 ตามลำดับ ( $P < 0.01$ ) และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนผลไม่ได้มาตรฐานต่อต้าน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.7743 สอดคล้องกับ Arunkumar *et al.* (2011) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า พันธุ์แตงกวาที่มีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้านมากนั้น จะให้ผลผลิตสูง เนื่องจากมีจำนวนผลมาตรฐานต่อต้านและน้ำหนักของผลมาก แต่มีจำนวนผลไม่ได้มาตรฐานน้อย ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า การที่พันธุ์เขียวมั่งมีให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ก็เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีจำนวนผลมาตรฐานต่อต้านและน้ำหนักของผลมาก แต่มีจำนวนผลไม่ได้มาตรฐานน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ โดยสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พันธุ์เขียวมั่งมี มีจำนวนผลต่อต้านและน้ำหนักของผลมาก คือ เป็นพันธุ์ที่มีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้านมากนั่นเอง ซึ่งพันธุ์เขียวมั่งมีมีจำนวนผลมาตรฐานต่อต้าน 26 ผล จำนวนผลไม่ได้มาตรฐาน 4 ผล มีน้ำหนักของผล 85 กรัม และมีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้าน 13 กิ่ง (Table 1 and 2) อนึ่ง เมื่อพิจารณาคุณภาพของผลผลิต (Table 3) ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของผล ความยาวของผล เส้นผ่านศูนย์กลางของไส้ผล และความหนาของเนื้อ พบว่า พันธุ์เขียวมั่งมี มีลักษณะผลอ้วนและค่อนข้างยาว ไส้ผลเล็ก และเนื้อหนา เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของผล 4.6 เซนติเมตร ความยาวของผล 10.6 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของไส้ผล 2.0 เซนติเมตร และความหนาของเนื้อ 1.3 เซนติเมตร ในขณะที่โดยเฉลี่ยแตงกวาทั้ง 15 พันธุ์จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางของผล 4.1 เซนติเมตร ความยาวของผล 10.2 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของไส้ผล 2.1 เซนติเมตร และความหนาของเนื้อ 1.0 เซนติเมตร ดังนั้น ผลจากการทดลองจึงชี้ให้เห็นว่า พันธุ์แตงกวาการค้าที่ให้ผลผลิตสูง และผลผลิตมีคุณภาพดีเหมาะสำหรับการปลูกในพื้นที่บ้านนาท้อ จังหวัดน่าน คือ พันธุ์เขียวมั่งมี โดยพันธุ์นี้มีลักษณะทางเกษตรอื่น ๆ คือ เป็นพันธุ์ที่มีจำนวนวันที่ดอกเพศผู้ดอกแรกบาน 27 วัน จำนวนวันที่ดอกเพศเมียดอกแรกบาน 28 วัน และมีอายุเก็บเกี่ยว 33 วัน (Table 2)

**Table 1** The components of the yield and the yield of cucumber varieties from the commercial cucumber varieties tested in Ban Na Tor, Nan.

Varieties	Components of the yield			yield (kilogram/rai)
	Number of standard cucumbers per tree (fruit)	Number of non-standard cucumber per tree (fruit)	Weight (gram)	
1. Chin Chang T-2015	20 <sup>e</sup>	8 <sup>a</sup>	83 <sup>abc</sup>	2,057 <sup>f</sup>
2. Athens 4	22 <sup>de</sup>	8 <sup>a</sup>	80 <sup>a-d</sup>	2,474 <sup>e</sup>
3. Athens 5	19 <sup>f</sup>	6 <sup>c</sup>	80 <sup>a-d</sup>	3,052 <sup>bc</sup>
4. Micro C	25 <sup>ab</sup>	5 <sup>c</sup>	80 <sup>a-d</sup>	3,388 <sup>a</sup>
5. Hiso	23 <sup>cd</sup>	6 <sup>c</sup>	75 <sup>bcd</sup>	2,852 <sup>cd</sup>
6. Den Dee	22 <sup>de</sup>	7 <sup>b</sup>	75 <sup>bcd</sup>	2,838 <sup>cd</sup>
7. Rung Chai	23 <sup>cd</sup>	7 <sup>b</sup>	78 <sup>bcd</sup>	2,794 <sup>cd</sup>
8. Chai Niyom 112	24 <sup>bcd</sup>	7 <sup>b</sup>	83 <sup>abc</sup>	2,614 <sup>df</sup>
9. Modern	23 <sup>cd</sup>	5 <sup>d</sup>	73 <sup>cd</sup>	3,314 <sup>ab</sup>
10. Buddy Green	20 <sup>e</sup>	8 <sup>a</sup>	70 <sup>d</sup>	1,596 <sup>g</sup>
11. Gong Fah	25 <sup>ab</sup>	4 <sup>e</sup>	88 <sup>a</sup>	3,461 <sup>a</sup>
12. Phu Khiao	26 <sup>a</sup>	5 <sup>d</sup>	88 <sup>a</sup>	3,375 <sup>a</sup>
13. Khiao Mung Mee	26 <sup>a</sup>	4 <sup>e</sup>	85 <sup>ab</sup>	3,523 <sup>a</sup>
14. Power Green	25 <sup>ab</sup>	4 <sup>e</sup>	85 <sup>ab</sup>	3,513 <sup>a</sup>
15. Sanun Meuang	25 <sup>ab</sup>	5 <sup>d</sup>	88 <sup>a</sup>	3,432 <sup>a</sup>
<b>Average</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>81</b>	<b>2,952</b>
F-test	*	**	**	**
C.V. (%)	3.34	1.98	6.71	5.11

\*\* = The difference in statistical significance ( $P < 0.01$ ) and the different letter in each column means they were significantly different ( $P < 0.01$ ).

**Table 2** Agricultural characteristics of cucumber cultivars from the commercial cucumber varieties tested in Ban Na Tor area, Nan

Varieties	Days to First Male Flower Blooming (day)	Days to First Female Flower Blooming (day)	Harvesting time (day)	Number of branches per plant (limb)
1. Chin Chang T-2015	28 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	8 <sup>c</sup>
2. Athens 4	28 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	8 <sup>c</sup>
3. Athens 5	28 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	9 <sup>c</sup>
4. Micro C	27 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>
5. Hiso	28 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	5 <sup>f</sup>
6. Den Dee	28 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	8 <sup>c</sup>
7. Rung Chai	28 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	7 <sup>d</sup>
8. Chai Niyom 112	28 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	7 <sup>d</sup>
9. Modern	29 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	8 <sup>c</sup>
10. Buddy Green	29 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	6 <sup>e</sup>
11. Gong Fah	27 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup>
12. Phu Khiao	27 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup>
13. Khiao Mung Mee	27 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup>
14. Power Green	27 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup>
15. Sanun Meuang	27 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	13 <sup>a</sup>
<b>Average</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>34</b>	<b>9</b>
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	1.83	1.77	1.5	4.91

\*\* = the difference in statistical significance ( $P < 0.01$ ) and the different letter in each column means they were significantly different ( $P < 0.01$ ).

**Table 3** The quality of the yield of cucumber varieties from commercial cucumber varieties tested in Ban Na Tor, Nan

Varieties	Quality of the yield			
	Diameter of cucumber (cm)	Length of cucumber (cm)	the cucumber's inner part size (cm)	the pulp thickness (cm)
1. Chin Chang T-2015	4.1 <sup>b-e</sup>	9.8 <sup>ef</sup>	2.2 <sup>abc</sup>	0.9 <sup>e</sup>
2. Athens 4	4.2 <sup>bcd</sup>	9.1 <sup>g</sup>	2.4 <sup>a</sup>	0.9 <sup>e</sup>
3. Athens 5	4.3 <sup>abc</sup>	9.6 <sup>f</sup>	2.4 <sup>a</sup>	1.0 <sup>d</sup>
4. Micro C	3.8 <sup>de</sup>	10.8 <sup>ab</sup>	1.8 <sup>d</sup>	1.0 <sup>d</sup>
5. Hiso	4.0 <sup>cde</sup>	10.4 <sup>cd</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	0.9 <sup>e</sup>
6. Den Dee	3.8 <sup>de</sup>	10.3 <sup>de</sup>	1.9 <sup>cd</sup>	0.9 <sup>e</sup>
7. Rung Chai	4.2 <sup>bcd</sup>	10.5 <sup>cd</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	1.0 <sup>d</sup>
8. Chai Niyom 112	3.8 <sup>de</sup>	10.7 <sup>bc</sup>	2.0 <sup>bcd</sup>	0.9 <sup>e</sup>
9. Modern	3.7 <sup>e</sup>	10.7 <sup>bc</sup>	1.9 <sup>cd</sup>	0.9 <sup>e</sup>
10. Buddy Green	3.8 <sup>de</sup>	8.1 <sup>h</sup>	2.0 <sup>bcd</sup>	0.9 <sup>e</sup>
11. Gong Fah	4.1 <sup>b-e</sup>	10.6 <sup>c</sup>	1.8 <sup>d</sup>	1.1 <sup>c</sup>
12. Phu Khiao	4.3 <sup>abc</sup>	10.3 <sup>de</sup>	2.0 <sup>bcd</sup>	1.2 <sup>b</sup>
13. Khiao Mung Mee	4.6 <sup>a</sup>	10.6 <sup>c</sup>	2.0 <sup>bcd</sup>	1.3 <sup>a</sup>
14. Power Green	4.3 <sup>abc</sup>	10.9 <sup>a</sup>	1.9 <sup>cd</sup>	1.2 <sup>b</sup>
15. Sanun Meuang	4.4 <sup>ab</sup>	10.4 <sup>cd</sup>	2.0 <sup>bcd</sup>	1.2 <sup>b</sup>
<b>Average</b>	<b>4.1</b>	<b>10.2</b>	<b>2.1</b>	<b>1.0</b>
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	5.15	0.88	8.61	4.37

\*\* = the difference in statistical significance ( $P < 0.01$ ) and the different letter in each column means they were significantly different ( $P < 0.01$ ).



**Table 4** The correlation between the yield, component of the yield and the number of branches per plant of cucumber from commercial cucumber varieties evaluated in Ban Na Tor, Nan

Characteristics	Number of standard cucumber per tree	Number of non-standard cucumber per tree	Weight of cucumber	Yield
Yield	0.6940**	-0.8483**	0.4109**	1.0000**
Number of branches per plant (limb)	0.6716**	-0.7743**	0.5975**	0.7104**

\*\*= the correlation was statistically significant ( $P < 0.01$ ).

### สรุป

การทดสอบพันธุ์แตงกวาการค้าในพื้นที่บ้านนาท้อ ตำบลไชยสถาน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ระหว่างพันธุ์ชินจ้ง T-2015 พันธุ์เอเธนส์ 4 พันธุ์เอเธนส์ 5 พันธุ์ไมโครซี พันธุ์ไฮโซ พันธุ์เด่นดี พันธุ์รุ่งชัย พันธุ์ชัยนิยม 112 พันธุ์โมเดิร์น พันธุ์บัดดี้กรีน พันธุ์ก้องฟ้า พันธุ์ภูเขียว พันธุ์เขียวมั่งมี พันธุ์เพาเวอร์กรีน และพันธุ์สนั่นเมือง โดยมีพันธุ์ไฮโซ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดน่านนิยมปลูกเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ผลการทดลองพบว่า พันธุ์แตงกวาทั้ง 15 พันธุ์ให้ผลผลิตต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) โดยพันธุ์เขียวมั่งมีเป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงที่สุด และผลผลิตมีคุณภาพดีเหมาะสำหรับการปลูกในพื้นที่บ้านนาท้อ จังหวัดน่าน โดยให้ผลผลิต 3,523 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และมีอายุเก็บเกี่ยว 33 วัน

### คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรบ้านนาท้อ ตำบลไชยสถาน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ที่เอื้อเฟื้อพื้นที่ทำแปลงทดลอง

### เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online. แหล่งที่มา :

[http://production.doae.go.th/report/report\\_main\\_land\\_01\\_A\\_new2.php?report\\_type=, 20 ธันวาคม 2560](http://production.doae.go.th/report/report_main_land_01_A_new2.php?report_type=, 20 ธันวาคม 2560).

จรรย์ ดิษฐโชยวงศ์. 2548. การจำแนกและปรับปรุงพันธุ์แตงกวา. แหล่งที่มา :

<http://lib.doa.go.th/multim/e-book/EB00193.pdf>, 20 ธันวาคม 2560.

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และภัสรา ขวประดิษฐ์. 2539. การปลูกแตงกวา, แหล่งที่มา :

[www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb\\_gar/cocomber.pdf](http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/cocomber.pdf), 16  
ธันวาคม 2560.

ดวงดาว จันทไชย. 2555. ผลของสถานที่และฤดูปลูกที่มีต่อลักษณะทางการเกษตรและผลผลิต  
แตงกวาพันธุ์การค้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ,  
107 น.

Arunkmar, K.H., Patil, M.G., Hanchinamani, C.N., Shanker Goud, I. and Hiremath,  
S.V. 2011. Genetic relationship of growth and development traits with  
fruit yield in F<sub>2</sub> population of BGD L x Hot season of cucumber (*Cucumis  
sativus* L.), Karnataka J. Agric. Sci., 24 (4) : 497-500.

Chinatu, L. N., Onwuchekwa-Henry, C. B., and Okoronkwo, C. M. 2017.  
Assessment of Yield and Yield Components of Cucumber (*Cucumis  
sativus* L.) in Southeastern Nigeria, แหล่งที่มา :  
[https://iiardpub.org/get/IJAES/VOL.%202%20NO.%207%202016/PHYSICO  
CHEMICAL.pdf](https://iiardpub.org/get/IJAES/VOL.%202%20NO.%207%202016/PHYSICO-CHEMICAL.pdf), 6 กุมภาพันธ์ 2561.

Ene, C.O., Ogbonna, P.E., Agbo, C. U., and Chukwudi, U.P. 2016. Evaluation of  
Sixteen Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Genotypes in Derived Savannah  
Environment Using Path Coefficient Analysis, Not. Sci. Biol. 8 (1) : 85-92.

Gomez, K.A., and Gomez, A.A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural  
Research, John Wiley and Sons, Inc., New York, 680 p.

IRRI. 2013. Statistical Tool for Agricultural Research, แหล่งที่มา : [www.irri.org](http://www.irri.org), 5  
ธันวาคม 2560.

Kumar, S., Kumar, R., Gupta, R.K. and Sephi, R. 2011. Studies on correlation and  
path-coefficient analysis for yield and its contributing traits in cucumber,  
Crop Improv. 38 (1) : 18-23.

---

## ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวเปลือกในเชื้อพันธุกรรมข้าวพื้นเมือง Morphological Characters of Rice Grains in Landrace Rice Germplasm

กษิตศ พร้อมเพระะ พรชัย หาระโคตร\* และ จุรีมาศ วงศ์ศิริ

Kasidid Promproh, Bhornchai Harakotr\* and Jureemart Wangkeeree

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี

Thammasat University, Rangsit Campus, Pathum Thani

\* Corresponding author: p.harakotr@gmail.com

---

### บทคัดย่อ

ข้าวพื้นเมือง (*Oryza sativa* L.) เป็นแหล่งพันธุกรรมที่มีความหลากหลายและมีความสำคัญสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวสายพันธุ์ใหม่ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด โดยคัดเลือกข้าว 30 สายพันธุ์ จากในฤดูนาปี 2559 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดต่างกันทางสถิติ เมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวกล้องส่วนใหญ่มีรูปร่างเมล็ดเรียวย ในขณะที่สายพันธุ์ TU-145 ที่มีรูปร่างเมล็ดปานกลาง การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) สามารถอธิบายได้ 93.60% จากความแปรปรวนทั้งหมด โดย PCA1 อธิบายได้ 59.14% และ PCA2 อธิบายได้ 34.45% เชื้อพันธุกรรมข้าวส่วนใหญ่มีการกระจายตัวทางพันธุกรรมแบบเกาะกลุ่มกัน ยกเว้นสายพันธุ์ TU-145 ที่กระจายตัวแตกต่างไป สำหรับการจัดกลุ่มพันธุ์ด้วยวิธี Ward's clustering สามารถจัดได้ 6 กลุ่มพันธุ์ จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวสำหรับงานปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

**คำสำคัญ:** ข้าวพื้นเมือง สัณฐานวิทยา ความหลากหลายทางพันธุกรรม

### Abstract

Local rice (*Oryza sativa* L.) varieties are diverse and important genetic source for breeding new rice varieties. The objective of this study was to evaluate the morphological traits and genetic diversity in rice grains. Thirty genotypes of the selected landrace rice germplasms were planted in the rice growing season of 2016. The experiment was arranged in CRD with 3

replications. The results indicated that all of the morphological characteristics of the local rice were statistically significant. Most of the paddy and brown rice shapes were slender, whereas the rice grain shape of TU-145 accession was medium. Principal Component Analysis (PCA) explains that in 93.60% of total variation, PCA1 was 59.14% and PCA2 was 34.45%. According to scatter plot, most of the rice varieties were scattered on the upper quartile of PCA, except for TU-145, which was scattered on the fourth quartile of the graph. Moreover, rice grouping by Ward's clustering method were classified into 6 groups. As a result, this study can be used for rice breeding programs in future.

**Keywords:** Landraces rice varieties, Morphology, PCA, Genetic diversity

### บทนำ

ความหลากหลายของเชื้อพันธุกรรมข้าวพื้นเมืองมีความสำคัญ เพราะเป็นแหล่งพันธุกรรม (germplasm) สำหรับการปรับปรุงข้าวสายพันธุ์ใหม่ ในข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีลักษณะภายนอกที่แตกต่างกัน แต่สามารถแยกออกเป็นกลุ่มได้และมีชื่อประจำพันธุ์แตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น (Harlan, 1992) ในประเทศไทยมีเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมือง โดยแยกชื่อที่ไม่ซ้ำกันรวมทั้งหมด 5,928 ชื่อพันธุ์ (ฉวีวรรณ, 2543) นอกจากนี้ พันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทยยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง เนื่องจากมีสารสำคัญต่อร่างกายสูง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี และมีดัชนีน้ำตาลปานกลาง (รัชนิ และริณู, 2554) อย่างไรก็ตาม แหล่งพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทยมีแนวโน้มว่าจะสูญหาย ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงระบบการปลูกข้าวจากการปลูกเพื่อยังชีพมาเป็นปลูกเพื่อการค้า เกษตรกรหันมาปลูกข้าวที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ เพราะให้ผลผลิตสูง มีคุณภาพดี และมีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมสูง (สงกรานต์ และคณะ, 2529) การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมมีความสำคัญในการอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรมและพัฒนาพันธุ์ข้าว โดยเฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งข้าวเปลือกเป็นส่วนที่สามารถเก็บรักษาได้ง่ายและยังเป็นส่วนที่นำไปขยายพันธุ์ต่อ (สุรีย และคณะ, 2539) อย่างไรก็ตาม เชื้อพันธุกรรมข้าวอีกจำนวนมากที่ยังไม่มีการประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยา ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องในเชื้อพันธุกรรมข้าว 30 สายพันธุ์ เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มพันธุ์และประยุกต์ใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์ข้าวต่อไป

## วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี จากการปลูกประเมินในฤดูนาปี 2559 จำนวนทั้งหมด 30 สายพันธุ์ สุ่มตัวอย่างข้าวเพื่อนำมาประเมินลักษณะของเมล็ดข้าวเปลือก และข้าวกล้องสายพันธุ์ละ 10 เมล็ด 3 ซ้ำ วัดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของเมล็ดข้าว ด้วย digimatic micrometer นำมาจำแนกขนาดเมล็ดข้าว และประเมินรูปร่างของเมล็ดข้าว จากอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง (L/W) ซึ่งรูปร่างของข้าวเปลือก จำแนกเป็น 3 แบบ ได้แก่ รูปร่างเมล็ดป้อม ( $L/W < 2.0$ ) รูปร่างเมล็ดปานกลาง ( $L/W = 2.0-3.0$ ) และรูปร่างเมล็ดเรียวยาว ( $L/W > 3.0$ ) และรูปร่างของข้าวกล้องจำแนกเป็น 4 แบบ ได้แก่ รูปร่างเมล็ดเรียวยาว (slender,  $L/W > 3.0$ ) รูปร่างเมล็ดปานกลาง (medium,  $L/W = 2.1-3.0$ ) รูปร่างป้อม (bold,  $L/W = 1.1-2.0$ ) และรูปร่างกลม (round,  $L/W < 1.1$ ) (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2559) และสุ่มเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องสายพันธุ์ละ 100 เมล็ด 3 ซ้ำ เพื่อบันทึกน้ำหนักข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม Statistix9 และวิเคราะห์การจัดกลุ่มพันธุ์โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด ได้แก่ ความยาวและกว้างของเมล็ดข้าวเปลือก ความยาวและกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง น้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) และวิธี Ward's clustering โดยโปรแกรม JMP Pro 10.0

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของลักษณะสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าวพันธุ์กรรมข้าว 30 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะความยาวและกว้างของเมล็ดข้าวเปลือก ความยาวและกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง น้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1) ซึ่งลักษณะดังกล่าวขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและผันแปรไปตามสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่น ส่งผลให้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน (Frankel et al., 1995) ดังนั้น การใช้เพียงลักษณะทางสัณฐานวิทยาไม่สามารถระบุถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ข้าวได้อย่างชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการจำแนกสายพันธุ์ข้าว การจัดกลุ่มพันธุ์ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis; PCA) สามารถอธิบายได้ 93.60%

จากความแปรปรวนทั้งหมด โดย PCA1 อธิบายได้ 59.14% และ PCA2 อธิบายได้ 34.45% เชื้อพันธุ์กรรมข้าวส่วนใหญ่มีการกระจายตัวทางพันธุกรรมแบบเกาะกลุ่มกัน ยกเว้นสายพันธุ์ TU-145 ที่กระจายตัวแตกต่างไป และสามารถจัดกลุ่มข้าวได้เป็น 6 กลุ่มพันธุ์ (Figure 1) นอกจากนี้ การจัดกลุ่มพันธุ์ด้วยวิธี Ward's clustering สามารถแบ่งเชื้อพันธุ์กรรมข้าวได้ 6 กลุ่มพันธุ์ เช่นเดียวกัน โดยกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย 5 สายพันธุ์ กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย 4 สายพันธุ์ กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย 4 สายพันธุ์ กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย 6 สายพันธุ์ กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วย 10 สายพันธุ์ และอีกกลุ่มมี 1 สายพันธุ์ที่แตกต่างออกมา คือ สายพันธุ์เขียวใบโพธิ์ (TU-145) (Figure 2)

### สรุป

จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพื้นเมือง 30 สายพันธุ์ พบว่า ความยาวและกว้างของเมล็ดข้าวเปลือก ความยาวและกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง น้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง เมื่อจัดกลุ่มเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาตั้งกล่าวด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและวิธี Ward's clustering สามารถแบ่งกลุ่มพันธุ์ข้าวได้ทั้งหมด 6 กลุ่มพันธุ์

### คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

กองวิจัย และพัฒนาข้าว. 2559. องค์ความรู้เรื่องข้าว. กรมการข้าว.

[http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-](http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=112.htm)

[file=content.php&id=112.htm](http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=112.htm) (21 พฤศจิกายน 2559)

ฉวีวรรณ วุฒินาโน. 2543. ข้าวพื้นเมืองไทย. เอกสารวิชาการ ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. ปทุมธานี.

สงกรานต์ จิตรากร, ฉวีวรรณ วุฒิญาโณ และบรรยง นิชรรัตน์. 2529. การรวบรวมและอนุรักษ์ พันธุ์ข้าว. ว. วิชาการเกษตร. 4: 158–163.

สุรีย์ ศรีวันทนิยกุล, สรรเสริญ ศรีสุนทร, ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์, เล็ก จันทร์เกษม, สมบัติ รุจาคม และอรพิน วัฒนเสก. 2539. การรวบรวม อนุรักษ์ ประเมินลักษณะและจัดหมวดหมู่ ข้าวพื้นเมืองในเขตศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิษณุโลก.

รัชณี คงกาญจฉาย และริฎุ เจริญศิริ. 2554. ศึกษาคุณค่าโภชนาการของข้าวพื้นเมืองในเขต ปฏิรูปที่ดินอำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร. สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. นครปฐม.

Frankel, O.H., A.D.H. Brown and J.J. Burdon. 1995. The Conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press, Cambridge; United Kingdom.

Harlan, J.R. 1992. Crops & Man. 2<sup>nd</sup> Edition. Madison. Wisconsin; United States of America.

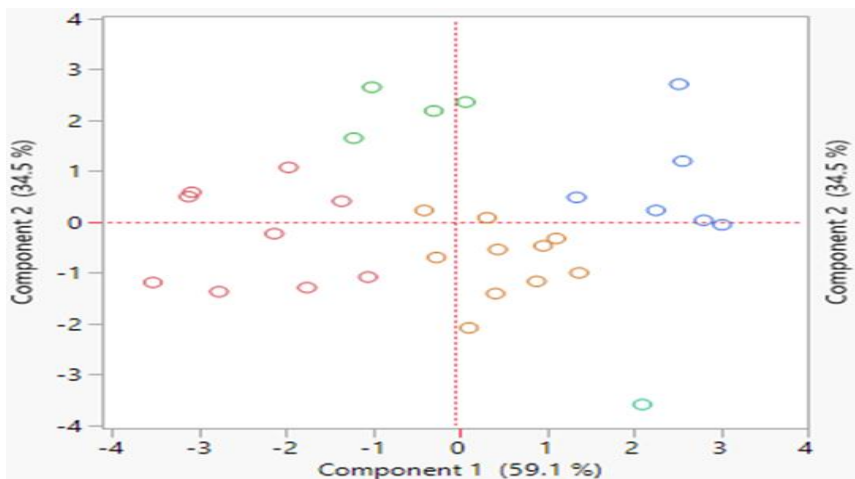


Figure 1 Principal component analysis (PCA) of 30 upland rice landraces based on 6 rice grain morphological traits

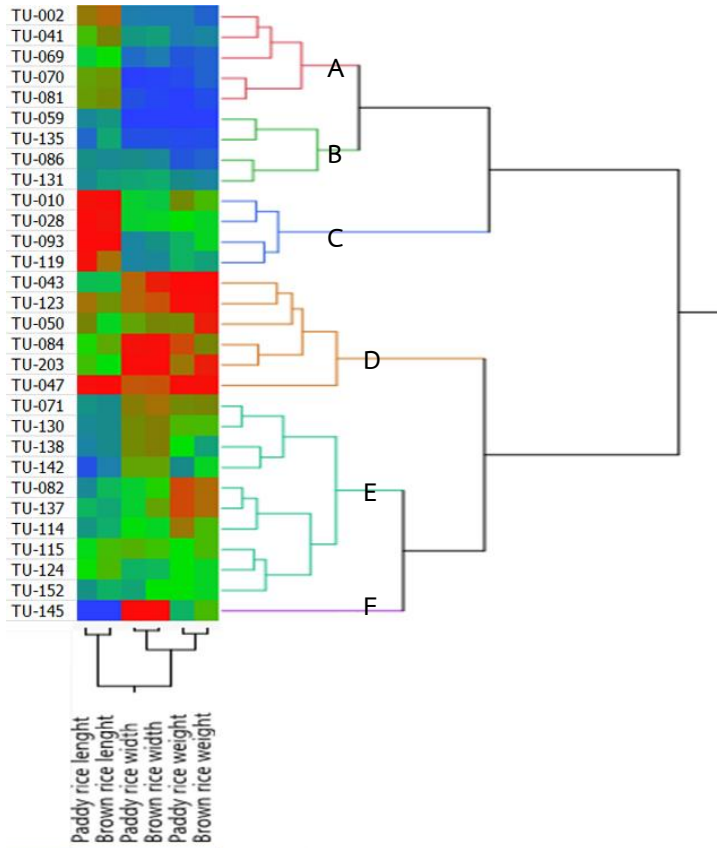
**Table 1** Morphological characters of rice grains in 30 landrace rice germplasm

Acc. No.	PRL <sup>1</sup>	PRW	BRL	BRW	PW	BW
TU-002	9.98±0.34 <sup>B2</sup>	1.82±0.14 <sup>L</sup>	7.10±0.26 <sup>CD</sup>	1.63±0.05 <sup>LM</sup>	0.22±0.01 <sup>J-M</sup>	0.17±0.01 <sup>J-L</sup>
TU-010	10.44±0.05 <sup>A</sup>	1.90±0.34 <sup>F-I</sup>	7.52±0.05 <sup>AB</sup>	1.71±0.26 <sup>H-L</sup>	0.27±0.01 <sup>D-G</sup>	0.21±0.00 <sup>E-G</sup>
TU-028	10.76±0.26 <sup>A</sup>	1.90±0.05 <sup>F-J</sup>	7.29±0.28 <sup>BC</sup>	1.72±0.05 <sup>G-K</sup>	0.25±0.01 <sup>F-H</sup>	0.20±0.00 <sup>GH</sup>
TU-041	9.57±0.05 <sup>C-E</sup>	1.86±0.26 <sup>H-L</sup>	6.93±0.05 <sup>DE</sup>	1.68±0.28 <sup>J-L</sup>	0.22±0.01 <sup>I-L</sup>	0.18±0.01 <sup>J-L</sup>
TU-043	9.21±0.28 <sup>E-I</sup>	2.03±0.05 <sup>CD</sup>	6.48±0.15 <sup>I-K</sup>	1.86±0.05 <sup>A-D</sup>	0.32±0.03 <sup>A</sup>	0.26±0.01 <sup>A</sup>
TU-047	10.61±0.05 <sup>A</sup>	2.04±0.28 <sup>B-D</sup>	7.58±0.19 <sup>A</sup>	1.84±0.15 <sup>B-E</sup>	0.31±0.01 <sup>AB</sup>	0.25±0.02 <sup>AB</sup>
TU-050	9.84±0.15 <sup>BC</sup>	1.96±0.05 <sup>D-H</sup>	6.58±0.41 <sup>HU</sup>	1.79±0.19 <sup>D-H</sup>	0.27±0.02 <sup>C-F</sup>	0.24±0.00 <sup>BC</sup>
TU-059	8.83±0.19 <sup>J-L</sup>	1.72±0.15 <sup>M</sup>	6.28±0.17 <sup>K-N</sup>	1.53±0.41 <sup>N</sup>	0.19±0.01 <sup>NO</sup>	0.15±0.01 <sup>N</sup>
TU-069	9.29±0.41 <sup>E-H</sup>	1.80±0.19 <sup>J-M</sup>	6.65±0.29 <sup>F-I</sup>	1.63±0.17 <sup>LM</sup>	0.21±0.00 <sup>L-O</sup>	0.17±0.01 <sup>L-N</sup>
TU-070	9.70±0.17 <sup>B-D</sup>	1.72±0.41 <sup>M</sup>	6.87±0.05 <sup>D-G</sup>	1.54±0.29 <sup>N</sup>	0.20±0.01 <sup>L-O</sup>	0.17±0.00 <sup>K-M</sup>
TU-071	8.97±0.29 <sup>H-K</sup>	2.00±0.17 <sup>C-E</sup>	6.22±0.34 <sup>L-N</sup>	1.82±0.05 <sup>C-F</sup>	0.27±0.01 <sup>D-G</sup>	0.22±0.01 <sup>D-F</sup>
TU-081	9.73±0.05 <sup>B-D</sup>	1.77±0.29 <sup>K-M</sup>	6.90±0.03 <sup>D-F</sup>	1.55±0.34 <sup>N</sup>	0.19±0.01 <sup>O</sup>	0.16±0.00 <sup>L-N</sup>
TU-082	8.85±0.34 <sup>JKL</sup>	1.90±0.05 <sup>F-I</sup>	6.45±0.26 <sup>I-L</sup>	1.74±0.03 <sup>F-J</sup>	0.29±0.01 <sup>BCD</sup>	0.23±0.01 <sup>CD</sup>
TU-084	9.46±0.03 <sup>DEF</sup>	2.08±0.34 <sup>A-C</sup>	6.81±0.07 <sup>E-H</sup>	1.89±0.26 <sup>A-C</sup>	0.29±0.00 <sup>BCD</sup>	0.22±0.01 <sup>DE</sup>
TU-086	8.95±0.26 <sup>HIJK</sup>	1.85±0.03 <sup>I-L</sup>	6.17±0.46 <sup>MN</sup>	1.65±0.07 <sup>K-M</sup>	0.21±0.00 <sup>K-N</sup>	0.17±0.01 <sup>L-N</sup>
TU-093	10.82±0.07 <sup>A</sup>	1.83±0.26 <sup>I-L</sup>	7.53±0.07 <sup>AB</sup>	1.67±0.46 <sup>J-L</sup>	0.24±0.01 <sup>HI</sup>	0.20±0.00 <sup>G-I</sup>
TU-114	8.99±0.46 <sup>G-K</sup>	1.91±0.07 <sup>E-I</sup>	6.40±0.33 <sup>I-M</sup>	1.72±0.07 <sup>G-K</sup>	0.28±1.39 <sup>C-E</sup>	0.21±0.01 <sup>FG</sup>
TU-115	9.36±0.07 <sup>D-G</sup>	1.95±0.46 <sup>D-H</sup>	6.75±0.10 <sup>E-H</sup>	1.75±0.33 <sup>F-J</sup>	0.25±0.01 <sup>GH</sup>	0.21±0.00 <sup>E-G</sup>
TU-119	10.47±0.33 <sup>A</sup>	1.83±0.07 <sup>I-L</sup>	7.07±0.83 <sup>CD</sup>	1.65±0.10 <sup>K-M</sup>	0.24±0.00 <sup>HU</sup>	0.19±0.00 <sup>H-J</sup>
TU-123	10.03±0.10 <sup>B</sup>	2.03±0.33 <sup>CD</sup>	6.88±0.13 <sup>D-F</sup>	1.84±0.83 <sup>B-E</sup>	0.31±0.02 <sup>AB</sup>	0.25±0.01 <sup>AB</sup>
TU-124	9.42±0.83 <sup>D-F</sup>	1.88±0.10 <sup>G-IJ</sup>	6.76±0.51 <sup>E-H</sup>	1.70±0.13 <sup>I-L</sup>	0.25±0.02 <sup>GH</sup>	0.20±0.00 <sup>G-I</sup>
TU-130	8.85±0.13 <sup>I-L</sup>	1.98±0.83 <sup>D-F</sup>	6.22±0.09 <sup>L-N</sup>	1.80±0.51 <sup>D-G</sup>	0.26±0.02 <sup>E-G</sup>	0.21±0.01 <sup>FG</sup>
TU-131	8.86±0.51 <sup>I-L</sup>	1.87±0.13 <sup>G-K</sup>	6.32±0.58 <sup>K-M</sup>	1.69±0.09 <sup>I-L</sup>	0.23±0.00 <sup>H-K</sup>	0.18±0.01 <sup>I-K</sup>
TU-135	8.52±0.09 <sup>LM</sup>	1.77±0.51 <sup>LM</sup>	6.36±0.09 <sup>J-M</sup>	1.58±0.58 <sup>MN</sup>	0.20±0.02 <sup>M-O</sup>	0.16±0.00 <sup>MN</sup>
TU-137	9.17±0.58 <sup>F-J</sup>	1.90±0.09 <sup>F-J</sup>	6.36±0.37 <sup>J-M</sup>	1.77±0.09 <sup>E-I</sup>	0.29±0.01 <sup>BCD</sup>	0.23±0.01 <sup>CD</sup>
TU-138	8.76±0.09 <sup>KL</sup>	1.98±0.58 <sup>D-F</sup>	6.21±0.10 <sup>L-N</sup>	1.80±0.37 <sup>D-G</sup>	0.25±0.01 <sup>F-H</sup>	0.19±0.03 <sup>HU</sup>
TU-142	8.29±0.37 <sup>MN</sup>	1.96±0.09 <sup>D-G</sup>	6.04±0.38 <sup>N</sup>	1.77±0.10 <sup>E-I</sup>	0.23±0.01 <sup>H-K</sup>	0.20±0.01 <sup>GH</sup>
TU-145	7.94±0.10 <sup>N</sup>	2.15±0.37 <sup>A</sup>	5.38±0.12 <sup>O</sup>	1.93±0.38 <sup>A</sup>	0.24±0.01 <sup>HU</sup>	0.21±0.00 <sup>FG</sup>
TU-152	8.96±0.38 <sup>H-K</sup>	1.87±0.10 <sup>G-J</sup>	6.42±0.32 <sup>I-L</sup>	1.73±0.12 <sup>G-K</sup>	0.25±0.01 <sup>GH</sup>	0.20±0.00 <sup>G-I</sup>
TU-203	9.56±0.12 <sup>C-E</sup>	2.13±0.38 <sup>AB</sup>	6.62±0.07 <sup>G-I</sup>	1.91±0.32 <sup>AB</sup>	0.28±0.01 <sup>C-E</sup>	0.24±0.00 <sup>BC</sup>
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.54	5.67	4.31	5.32	4.92	4.82

<sup>1</sup> PRL; Paddy rice length, PRW; Paddy rice width, BRL; Brown rice length, BRW; Brown rice width, PW; Paddy rice weight, BW; Brown rice weight

<sup>2</sup> Means in the same columns with different letters are significant at p < 0.05.





**Figure 2** Two ways clustering method was Ward's clustering based on rice grain morphological traits (scale: Distance scale)<sup>1/</sup>

<sup>1/</sup> Cluster together columns as well as rows; the columns must be measured on the same scale

---

การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรายงานความก้าวหน้างานวิจัยตามแนวทางลีน  
กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยหาดใหญ่  
Productivity Improvement of Research Proposal Submission Process  
System Based-on Lean Management: A Case study of Hatyai University

รัตนภรณ์ สุกุลเต็น\* และ วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์

Rattanaporn Sakunden\* and Watcharawalee Tangkuptanon

หลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Program in Management of Information Technology, Faculty of Engineering, Prince of  
Songkla University, Hatyai, Songkhla

\* Corresponding author: rattanaporn@hu.ac.th

---

### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรายงานความก้าวหน้างานวิจัยของมหาวิทยาลัยหาดใหญ่ ด้วยการลดความไม่คล่องตัวในการยื่นงานวิจัยภายในมหาวิทยาลัย โดยการประยุกต์แนวคิดแบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ เครื่องมือที่ใช้คือโปรแกรมประยุกต์เว็บที่นำวงจรการพัฒนาแบบ Adapted waterfall เพื่อเพิ่มความคล่องตัวและตรงความต้องการผู้ใช้งานยิ่งขึ้น อีกทั้งยังใช้เทคนิคการพัฒนาแบบ Responsive web design เพื่อให้ระบบสามารถรองรับได้หลากหลายแพลตฟอร์ม ผลการทดลองพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลดขั้นตอน เวลา การเคลื่อนที่ไม่จำเป็นลงได้ซึ่งถือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการปฏิบัติงานให้กับองค์กร

**คำสำคัญ:** ระบบรายงานความก้าวหน้างานวิจัย วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการปฏิบัติงาน แนวคิดแบบลีน โปรแกรมประยุกต์เว็บ หลากหลายแพลตฟอร์ม

### Abstract

This article presents how to improve the efficiency of Hatyai University's research progress reporting system. By reducing the inertia of submitting research within the university. The tools used are web applications that adopt the Adapted waterfall development cycle to streamline and meet the needs

---

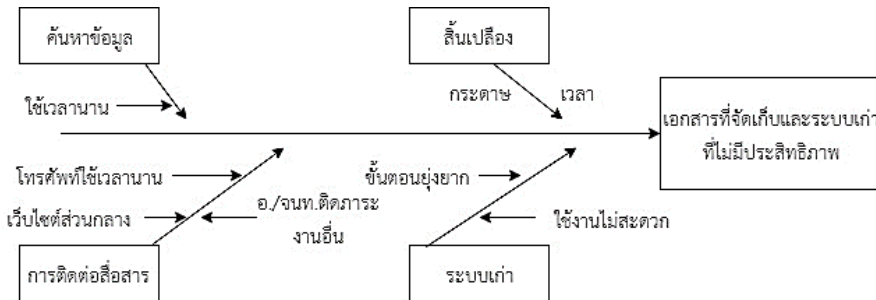
of the user. It also uses responsive web design techniques to enable the system to support a variety of platforms. The results show that the developed system can reduce unnecessary moving time and improve organization's productivity.

**Keywords:** Research progress reporting, Productivity improvement, Lean concepts, Web applications, Multi-platform

### บทนำ

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การทำงานที่ต้องเร่งรีบเพื่อให้ทันต่อเวลาและความต้องการของกลุ่มคน ทำให้เกิดการแข่งขันในระดับองค์กรทางด้านการศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงทำให้องค์กรทางด้านการศึกษาร่งบูธณาการสร้างนวัตกรรมใหม่เข้ามา ซึ่งสามารถช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาศักยภาพทางด้านการศึกษา และระบบการสนับสนุนการทำงานของหน่วยงานต่าง ๆ ภายในองค์กรการศึกษา การพัฒนาระบบสารสนเทศจึงเข้ามามีบทบาทในการทำงานของพนักงานมากยิ่งขึ้น และระบบที่ได้นำมาพัฒนางานเพื่อก้าวเข้าสู่สากล Thailand 4.0 การวิจัย ซึ่งหลาย ๆ ประเทศกำลังให้ความสนใจในเรื่องนี้

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจึงพิจารณาระบบรายงานวิจัยที่มีอยู่เดิมนั้นมาเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานที่ต้องเร่งรีบและทันต่อเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการปรับปรุงระบบให้มีการทำงานที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งระบบเดิมไม่สามารถตรวจสอบสถานะงานวิจัยของตนเองได้นอกจากรอประกาศจากส่วนกลาง ซึ่งทำให้บางครั้งหลายโครงการได้รับข่าวสารไม่ทันถ่วงทีส่งผลให้ต้องขยายเวลาในการดำเนินโครงการล่าช้าไปอีก จึงทำให้คิดระบบใหม่ขึ้นมาโดยเริ่มตั้งแต่การยื่นหัวข้อเสนองานวิจัย การติดตามผลงานวิจัยและการทำงานหลังจากได้รับเสนอหัวข้อผ่านงานแล้วต้องทำอะไรในขั้นตอนต่อไป ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะทำให้ลดขั้นตอนบางอย่างหรือการเสียเวลารอคอย เช่น การติดต่อประสานงานระหว่างเจ้าหน้าที่งานวิจัยกับผู้วิจัย การลดทรัพยากร เช่น เจ้าหน้าที่ กระดาษ หรือค่าใช้จ่ายที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า ทั้งยังป้องกันข้อมูลที่อาจเกิดการสูญหาย เสียหายได้เช่นกัน ดังปรากฏอยู่ในแผนภูมิข้างปลารูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภูมิกำงปลา - การจัดเก็บเอกสารและระบบงานเก่า

ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบขึ้นมาเพื่อช่วยในการทำงานให้ผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่สามารถติดต่อประสานงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว โดยระบบจะมีข้อความแจ้งเตือนเมื่อมีการเคลื่อนไหวในระบบ เช่น เมื่อมีผู้วิจัยส่งข้อมูล ระบบก็จะทำการแจ้งเตือนผ่านอีเมลไปยังเจ้าหน้าที่เพื่อให้คณะกรรมการพิจารณาและเมื่อพิจารณาแล้วเสร็จ ระบบก็จะทำการแจ้งเตือนไปยังผู้วิจัยอีกเพื่อทำการใด ๆ ตามที่มีข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการ ทั้งนี้ได้มีการทำแนวคิดของลื่นมาช่วยในการวิเคราะห์ระบบงานเก่าและงานใหม่ เพื่อการลดขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อนและระบบได้นำนวัตกรรมที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายมาประยุกต์ใช้ในระบบด้วยการนำเทคนิค Responsive web design เพื่อให้ระบบทันสมัยมากยิ่งขึ้นและสามารถใช้งานบนหน้าจอได้ทุกแพลตฟอร์ม เช่น ios android windows

## วิธีการศึกษา

### 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มจำนวนทั้งหมด 10 คน ดังนี้

#### 1.1 บุคลากรภายในมหาวิทยาลัย

- ผู้เสนองานวิจัย ได้แก่ อาจารย์/บุคลากร จำนวน 2 คน
- ผู้บริหาร ได้แก่ หัวหน้าสาขา หัวหน้าศูนย์/สำนัก คณบดี จำนวน 2 คน
- เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัย จำนวน 2 คน
- ผู้อนุมัติทุนวิจัย จำนวน 1 คน
- กรรมการ จำนวน 2 คน

#### 1.2 บุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัย

- ผู้สนใจงานวิจัย จำนวน 1 คน

## 2 วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้เริ่มจากการศึกษาระบบงานเก่าแล้วนำไปคิดวิเคราะห์สู่กระบวนการระบบงานใหม่จึงทำให้ได้ระบบวิจัยที่เรียกว่า ระบบ eResearch ซึ่งได้นำหลักการของ Adapted Waterfall มาใช้ในการคิดวิเคราะห์ระบบดังนี้

### 2.1 การวางแผนระบบ

วางแผนความเป็นไปได้ของระบบในรายละเอียดที่จะทำว่าผลที่ได้รับมีประโยชน์ต่อ  
งานมากให้มากที่สุด โดยการสอบถามจากผู้ใช้งานจริง

ศึกษาเครื่องมือในการพัฒนาระบบสารสนเทศ งบประมาณที่ต้องใช้ วัสดุอุปกรณ์ที่มี  
อยู่สามารถนำมาใช้หรือนำมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับงานได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้  
นำหลักการ Lean มาช่วยในการสังเคราะห์ระบบเดิมทำให้เห็นขั้นตอนการทำงานในรูปแบบ  
Pre-Lean ดังรูปที่ 2

### 2.2 การวิเคราะห์ระบบ

วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของระบบ ความน่าใช้งาน สะดวกในการทำงาน การทำงาน  
ที่ไม่ซับซ้อน เช่น คลิก 1 สามารถตอบสนองในการทำงานของผู้ใช้ได้โดยไม่ต้องกดหลาย ๆ  
ครั้งหรือป้อนข้อมูลที่ซ้ำซ้อน เช่น การนำประวัติจากระบบ eHr มาแสดงในระบบรายงาน  
ความก้าวหน้าวิจัยโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลหรืออัปโหลดเอกสารส่วนตัวไปใหม่ ส่วน  
เครื่องมือที่นำมาใช้หากไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้หรือไม่สามารถรองรับการ  
ทำงานที่จะพัฒนา สามารถย้อนกลับไปวางแผนการพัฒนาซ้ำใหม่อีกครั้งได้

### 2.3 การออกแบบระบบ

ส่วนนี้เน้นการออกแบบให้สวยงาม ใช้งานง่าย สามารถทำงานนอกสถานที่ได้โดยไม่ต้องยก Note book ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่พกพาลำบาก โดยจะนำหลักการของ Responsive Web Design มาใช้ประโยชน์เพื่อการพัฒนาที่มีความก้าวหน้าและมีประสิทธิภาพเหมาะแก่  
การใช้งานได้หลากหลายหน้าจอ หากการออกวิเคราะห์ระบบไม่เป็นที่พอใจของผู้ใช้สามารถ  
ย้อนกลับไปแก้ไขใหม่ได้อีกครั้ง

### 2.4 การปรับใช้ระบบ

เมื่อวิเคราะห์ระบบและออกแบบเสร็จสิ้นแล้วจะเป็นส่วนของการติดตั้งเพื่อการ  
ทดสอบและใช้งานจริง ติดตามผลการตอบรับของระบบจากผู้ใช้เมื่อมีการทดสอบในระยะแรก

### 2.5 การบำรุงรักษา

เมื่อติดตั้งระบบเสร็จสมบูรณ์แล้ว ผู้ใช้ใช้งานไปได้สักระยะ สามารถเสนอข้อ  
ร้องเรียนหรือเสนอเพิ่มกิจกรรมอย่างอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบได้ เช่น conference





จำนวนขั้นตอนทั้งหมด = 41 ขั้นตอน  
 รวมระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด = 485 นาที  
 จำนวนเวลาที่ก่อให้เกิดคุณค่า = 395 นาที  
 \*ประสิทธิภาพของ Pre-Lean  $(395/485)*100 = 81.44\%$

\*ประสิทธิภาพ = (ผลรวมของเวลาที่เป็นคุณค่า/เวลาทั้งหมด)\*100 (เพ็ญวิสาข์ เอกกะยอ และ วัชรวิลี ตั้งคุปตานนท์, 2555)

รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบเดิมในรูปแบบ Pre-Lean

### ผลการศึกษา

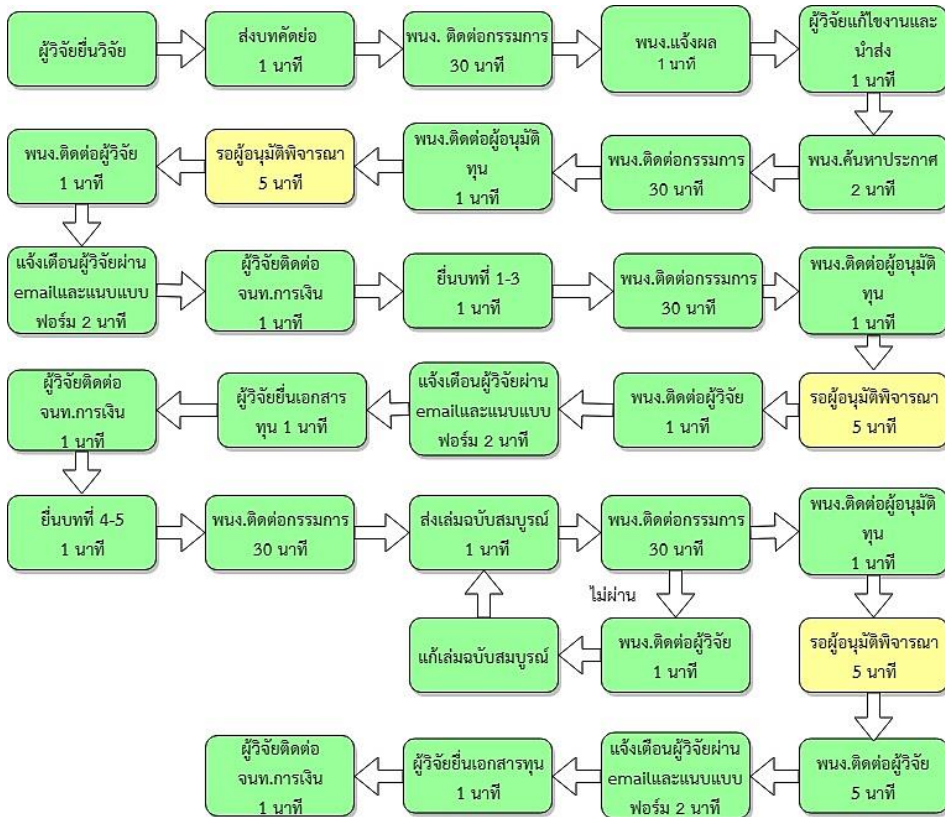
ผลการพัฒนาระบบส่งผลให้เกิดความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน เช่น มีระบบแจ้งเตือนสถานะผ่านอีเมล ลดภาระงานด้านการสื่อสารและจัดส่งเอกสาร ดังแสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถระบบเดิมและระบบใหม่

ความสามารถ	ระบบเดิมพัฒนาด้วย .net	ระบบใหม่พัฒนาด้วย Bootstrap
การแสดงผลหน้าจอ		
การแจ้งเตือน	ไม่มีการแจ้งเตือน	แจ้งเตือนผ่าน email
รายงาน	ไม่สามารถออกรายงานจากระบบได้	สามารถออกรายงานผ่านระบบได้
การค้นหาข้อมูล	ค้นหาโดยพนักงาน	

จากตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบความสามารถระหว่างระบบเดิมและระบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอความสามารถที่สำคัญดังนี้

1. การแสดงผลหน้าจอ ระบบเดิมจะไม่มีคามยืดหยุ่นและไม่สามารถรองรับการทำงาน Responsive Web ได้ เนื่องจากพัฒนาด้วย .net ส่วนระบบใหม่พัฒนาด้วย Bootstrap เพื่อให้สามารถรองรับการทำงาน Responsive Web design
2. การแจ้งเตือน ระบบเดิมนั้นไม่มีการแจ้งเตือนในกรณีที่ผู้วิจัยได้รับอนุมัติเงินทุนแล้ว ส่วนระบบใหม่ออกแบบมาเพื่อให้ผู้วิจัยได้รับทราบข่าวสารเมื่อมีการอนุมัติเงินทุนและเพื่อความสะดวกในการรับเงินในการแจ้งเตือนนั้นจะมี line ที่เกี่ยวข้องกับเอกสารการรับเงินให้ผู้วิจัยได้ดาวโหลดเพื่อส่งไปติดต่อฝ่ายการเงิน
3. รายงาน ในระบบเดิมที่ใช้อยู่ไม่มีการนำข้อมูลที่อยู่ในระบบออกมาเป็นรายงานเพื่อใช้ประโยชน์ใด ๆ ระบบใหม่จึงคิดค้นวิธีการออกรายงานเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น เช่น เอกสารขอรับเงินทุน กราฟสถิติประจำปี ฯ
4. การค้นหาข้อมูล ระบบเดิมค้นหาโดยการที่พนักงานหาจากการจัดเรียงแฟ้มเอกสาร ส่วนระบบใหม่สามารถค้นหาข้อมูลได้ และสามารถกดเลือกปีการศึกษาโดยไม่ต้องพิมพ์เพื่อความสะดวก

ทั้งนี้จากการศึกษาวิธีวิจัยทำให้ทราบถึงสิ่งที่ควรปรับปรุงในระบบจึงได้วิเคราะห์ระบบมาอยู่ในรูปแบบของ Post-Lean ดังนี้



จำนวนขั้นตอนทั้งหมด = 32 ขั้นตอน

รวมระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด = 198 นาที

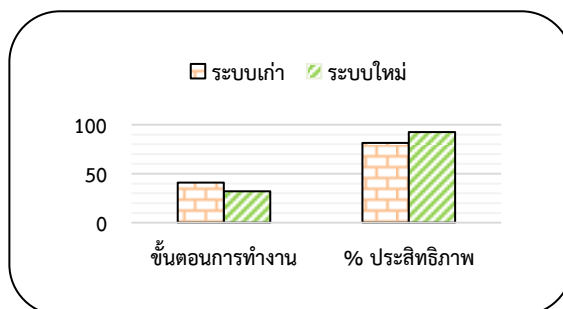
จำนวนเวลาที่ก่อให้เกิดคุณค่า = 183 นาที

\*ประสิทธิภาพของ Pre-Lean  $(183/198) \times 100 = 92.42\%$

\*ประสิทธิภาพ = (ผลรวมของเวลาที่เป็นคุณค่า/เวลาทั้งหมด) \* 100 (เพ็ญวิสาข์ เอกกะยอ และ วัชรวิลี ตั้งคุปตานนท์, 2555)

### รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของระบบเดิมในรูปแบบ Post-Lean





รูปที่ 4 เปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานและ % ประสิทธิภาพของระบบเดิม – ระบบใหม่

เมื่อเปรียบเทียบแล้วจะแสดงให้เห็นว่าระบบใหม่มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิมสามารถลดทั้งขั้นตอนและเวลาในการทำงาน ซึ่งทำให้บุคลากรประหยัดเวลาในการทำงานมากยิ่งขึ้น

### สรุป

จากการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบโดยการนำ Lean มาช่วยในการพัฒนาระบบทำให้เห็นขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจนยิ่งขึ้นจึงทำให้สามารถตัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกไปได้โดยการลดขั้นตอน 9 ขั้นตอนและลดเวลาในการทำงาน 287 นาที มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 10.98%

### เอกสารอ้างอิง

เพ็ญวิสาข์ เอกกะยอ และ วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์. 2555. การใช้หลักการลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บเอกสาร และออกเลขหนังสือด้วยซอฟต์แวร์เสรี กรณีศึกษา สำนักงานโรงพยาบาลสงขลานครินทร์. GRC 2012. HMO23: 1061-1066.

การศึกษาความต้องการของลูกค้าเมื่อนำรถเข้ามา  
รับบริการจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์

A Study of Information Customer's Need Information when They  
Come to Maintenance Service from Car Service Center.

ณัฐวดี มหานิล<sup>1\*</sup> รติสรณ์ พฤตศิลาสิกร<sup>1</sup> นวมินทร์ ทานะพันธ์<sup>1</sup> และ สิทธิพัทธ์ เลิศศรีชัยนนท์<sup>2</sup>

Nattavadee Mahanil<sup>1\*</sup>, Ratisorn Pritisalikor<sup>1</sup>,  
Navamin Tanakan<sup>1</sup> and Sittiphath Lerdsrichainon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
วิทยาลัยเซนต์อีสต์บางกอก กรุงเทพมหานคร

<sup>2</sup>สาขาวิชาการจัดการธุรกิจการค้าสมัยใหม่ คณะบริหารธุรกิจ  
สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ กรุงเทพมหานคร

<sup>1</sup>Technology Program in Industrial Management Technology, Science and Technology  
Southeast Bangkok College, Bangkok

<sup>2</sup>Modern trade management, Faculty of Business Administration  
Panyapiwat Institute of Management, Bangkok

\* Corresponding author: nattavadee.m@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการดำเนินการธุรกิจศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์เพิ่มมากขึ้น สังเกตได้จาก การแข่งขันทางธุรกิจ และจำนวนสาขาของศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น เพื่อรองรับ กับปริมาณผู้ใช้บริการที่สูงขึ้น โดยบทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความต้องการ ของลูกค้าในประเด็นความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษา รถยนต์ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความต้องการทราบข้อมูลของ ลูกค้าที่นำรถเข้ามาใช้บริการ 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านรถยนต์กับ ความต้องการทราบข้อมูลของลูกค้าที่นำรถเข้ามาใช้บริการ โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามออนไลน์ และกลุ่มตัวอย่างลูกค้าที่นำรถเข้ามาใช้บริการของศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ในเขต ปริมณฑล จำนวน 104 คน โดยกำหนดตัวแปรต้น 2 ตัวแปร คือ ปัจจัยส่วนบุคคล และปัจจัย ต่างๆด้านรถยนต์ ตัวแปรตามคือ ความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการ รถยนต์ของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยหลักสถิติจากโปรแกรมสำเร็จรูป ผลของการศึกษาพบว่า ความต้องการของลูกค้าในประเด็นความต้องการทราบข้อมูลของงาน

ข้อมูลจากศูนย์บริการรถยนต์ของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ คือ ความต้องการทราบข้อมูลด้านการรับประกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 ความต้องการทราบข้อมูลด้านค่าใช้จ่าย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.94 ความต้องการทราบข้อมูลด้านอะไหล่ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 ความต้องการทราบข้อมูลด้านระยะเวลา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 ความต้องการทราบข้อมูลช่องทางการติดต่อ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 ความต้องการทราบข้อมูลด้านศูนย์บริการ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ความต้องการทราบข้อมูลด้านขั้นตอนการทำงาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 และความต้องการทราบข้อมูลด้านซัพพลายเออร์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 ตามลำดับ และผลการศึกษความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความต้องการทราบข้อมูลของลูกค้าที่นำรถเข้ามารับการบริการ พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันมีความต้องการทราบข้อมูลในการรับบริการที่ไม่แตกต่างกัน และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านรถยนต์ที่ต่างกันมีความต้องการทราบข้อมูลในการรับบริการที่แตกต่างกัน ในด้านค่าใช้จ่าย ด้านระยะเวลา และด้านศูนย์บริการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**คำสำคัญ:** ความต้องการของลูกค้า งานซ่อมบำรุง ศูนย์บริการรถยนต์

### Abstract

At present, the Business of the car service center has been increasing and renovated to accommodate the increasing number of customer. This article mentions study 1) To study the customer's needs to know in the repair information of the car service center of the car manufacturer. 2) To study the relationship between personal factors and customer's needs. 3) To study the relationship between car factors and customer's needs. Using the online questionnaire tool from sample customers came to the service center in the 104 persons. The two variables are personal factors and the car factor. The variant is the need to know the repair information from the car service center of the car manufacturer. The data were analyzed by SPSS program. The results of the study showed that, Warranty Information Requirements the average was 4.10, Demand for cost information the average was 3.94, Need to know the spare part the average was 3.91, Time requirements the average was 3.88, Contact Information the average was 3.87, Service center inquiries the average was 3.80, Work process information the average was 3.79 and the need for

supplier information the average was 3.75 respectively. The results of the study on the relationship between personal factors and customer's needs for information of customers who come to the service. It was found that personal factors did not affect the demand for customer information. The relationship between the car factor and the demand for information of customers who come to the service. There is a relationship in terms of time service, costs and service centers was significantly different at the 0.05 level.

**Keywords:** Customer's need, Maintenance, Car Service Center

### บทนำ

จากสภาพของตลาดรถยนต์ในประเทศไทย พบว่าแนวโน้มของตลาดจะมีโอกาสขยายตัวครั้งแรกในรอบ 5 ปี ที่ประมาณร้อยละ 2-7 หรือมียอดขายประมาณ 785,000 ถึง 825,000 คัน เนื่องจากการฟื้นตัวของเศรษฐกิจไทย และโครงการรถยนต์คันแรกที่จะทยอยครบกำหนดในครึ่งปีหลัง 2560 (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560) ทำให้ผู้ประกอบการที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับตลาดรถยนต์เร่งทำตลาดเชิงรุก กับการที่มีจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนถูกต้องตามกฎหมายที่เพิ่มมากขึ้น หนึ่งในผู้ประกอบการที่ให้ความสำคัญกับจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น คือ ศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ ซึ่งให้บริการตรวจเช็คสภาพรถยนต์ตามระยะทาง และให้บริการงานซ่อมบำรุง อาทิ เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง เปลี่ยนแบตเตอรี่ ไดนาโม เปลี่ยนยาง สลับยาง ตั้งศูนย์ถ่วงล้อ ทำความสะอาดแอร์ ล้างรถ เคลือบสี พ่นสี ซ่อมตัวถัง รวมไปถึงอื่นๆ อีกมากมาย ทั้งนี้ศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ต้องได้รับการรับรองคุณภาพมาตรฐานจากเจ้าของยี่ห้อรถยนต์ในแต่ละราย โดยมีเงื่อนไขการรับประกันคุณภาพ ทั้งด้านผลิตภัณฑ์และบริการซ่อมบำรุง เพื่อให้ลูกค้ามีความมั่นใจในคุณภาพของศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสำรวจความต้องการของลูกค้าเมื่อนำรถเข้ามาใช้บริการ เพื่อเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า

### วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความต้องการของลูกค้าในประเด็นความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมบำรุงจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความต้องการทราบข้อมูลของลูกค้าที่นำรถเข้ามาใช้บริการ

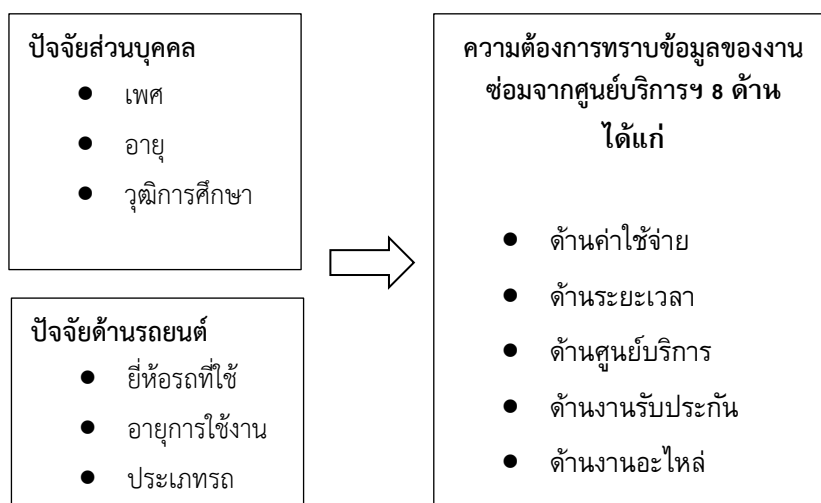
3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านรถยนต์กับความต้องการทราบข้อมูลของลูกค้าที่นำรถเข้ามาใช้บริการ

### ประโยชน์ที่ได้รับ

1. นำผลการวิจัยไปปรับปรุงคุณภาพในงานบริการ และความเชื่อมั่นของลูกค้า
2. นำผลการวิจัยไปพัฒนาเครื่องมือ หรือวิธีการทำงานเพื่อสร้างกลยุทธ์ในการแข่งขันทางธุรกิจ
3. เพิ่มศักยภาพในการทำงานของพนักงาน และประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

### วิธีการศึกษา

กำหนดกลุ่มประชากร คือ ผู้ที่เข้ารับบริการที่ศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ในจังหวัดสมุทรปราการ และกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 104 คน เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามออนไลน์ (Google Docs) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ทั้งนี้การกำหนดตัวแปรประกอบด้วยตัวแปรต้น คือ ปัจจัยส่วนบุคคล และปัจจัยด้านรถยนต์ ตัวแปรตาม คือ ความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ ทั้งหมด 8 ด้าน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น และตัวแปรตามในการทดสอบสมมติฐาน

### ผลการศึกษา

ผลการศึกษาความต้องการของลูกค้าในประเด็นความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ และผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยด้านรถยนต์กับความต้องการทราบข้อมูลของลูกค้าที่นำรถเข้ามาใช้บริการแบ่งผลการศึกษาออกเป็นดังนี้

1. ผลการศึกษาความต้องการของลูกค้าในประเด็นความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ แสดงดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แสดงผลความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์

ลำดับ ที่	ความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการฯ	n = 104		ระดับ คุณภาพ
		$\bar{X}$	SD	
1	ความต้องการทราบข้อมูลด้านค่าใช้จ่าย	3.94	0.89	ระดับสูง
2	ความต้องการทราบข้อมูลด้านระยะเวลา	3.88	0.98	ระดับสูง
3	ความต้องการทราบข้อมูลด้านศูนย์บริการ	3.80	0.95	ระดับสูง
4	ความต้องการทราบข้อมูลด้านงานรับประกัน	4.10	1.06	ระดับสูง
5	ความต้องการทราบข้อมูลด้านอะไหล่	3.91	1.01	ระดับสูง
6	ความต้องการทราบข้อมูลด้านซัพพลายเออร์	3.75	1.13	ระดับสูง
7	ความต้องการทราบข้อมูลด้านขั้นตอนการทำงาน	3.79	1.07	ระดับสูง
8	ความต้องการทราบข้อมูลด้านช่องทางการติดต่อ	3.94	1.02	ระดับสูง
<b>รวม</b>		<b>3.88</b>	<b>0.85</b>	<b>ระดับสูง</b>

จากตารางที่ 1 พบว่าความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ด้านการรับประกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 ความต้องการทราบข้อมูลด้านค่าใช้จ่าย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.94 ความต้องการทราบข้อมูลด้านอะไหล่ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 ความต้องการทราบข้อมูลด้านระยะเวลา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 ความต้องการทราบข้อมูลช่องทางการติดต่อ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 ความต้องการทราบข้อมูลด้านศูนย์บริการ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ความต้องการทราบข้อมูลด้านขั้นตอนการทำงาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 และความต้องการทราบข้อมูลด้านซัพพลายเออร์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความต้องการทราบข้อมูลของลูกค้าที่นำรถเข้ามาใช้บริการ แสดงดังตารางที่ 2

## ตารางที่ 2 : แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

	ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	72	69.2%
	หญิง	32	30.8%
	<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>
อายุ	20 - 30 ปี	65	62.5%
	31 - 40 ปี	34	32.7%
	41 - 50 ปี	5	4.8%
	<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>
วุฒิการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น	4	3.8%
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	17	16.3%
	ปวส.	28	26.9%
	ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	55	52.9%
	<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>
อาชีพ	ข้าราชการ	4	3.8%
	ธุรกิจส่วนตัว	12	11.5%
	นักศึกษา	13	12.5%
	พนักงานทั่วไป	75	72.1%
	<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>
เงินเดือน	10,000 - 15,000 บาท	42	40.4%
	16,000 - 20,000 บาท	24	23.1%
	21,000 - 25,000 บาท	14	13.5%
	26,000 - 30,000 บาท	6	5.8%

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
31,000 บาท ขึ้นไป	18	17.3%
<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>

จากตารางที่ 2 พบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 104 คน เป็นเพศชาย จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 69.2 มีอายุอยู่ในช่วง 20-30 ปี จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 62.5 ระดับการศึกษาปริญญาตรีหรือสูงกว่า จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 51.0 อาชีพพนักงานทั่วไป จำนวน 75 คน คิดเป็นร้อยละ 72.1 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 10,000-15,000 จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 40.4

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านรถยนต์กับความต้องการทราบข้อมูลของลูกค้าที่นำรถเข้ามาใช้บริการ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 : แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามปัจจัยด้านรถยนต์

	ปัจจัยด้านรถยนต์ที่ใช้	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยี่ห้อรถยนต์	โตโยต้า (TOYOTA)	40	38.5%
	ฟอร์ด (FORD)	8	7.7%
	มาสด้า (MAZDA)	6	5.8%
	มิตซูบิชิ (MITSUBISHI)	8	7.7%
	อีซูซุ (ISUZU)	7	6.7%
	ฮอนด้า (HONDA)	35	33.7%
	<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>
อายุการใช้งาน	1 - 2 ปี	33	31.7%
	3 - 4 ปี	38	36.5%
	5 - 6 ปี	17	16.3%
	7 - 8 ปี	8	7.7%



	ปัจจัยด้านรถยนต์ที่ใช้	จำนวน (คน)	ร้อยละ
	9 ปี ขึ้นไป	8	7.7%
	<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>
<b>ประเภท</b>	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	73	70.2%
	รถกระบะ	29	27.9%
	รถตู้	2	1.9%
	<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>
<b>ระยะทางที่ใช้งาน</b>	ไม่เกิน 50,000 กิโลเมตร	36	34.6%
	50,001 - 100,000 กิโลเมตร	39	37.5%
	100,001 - 150,000 กิโลเมตร	15	14.4%
	150,001 - 200,000 กิโลเมตร	5	4.8%
	200,001 กิโลเมตร ขึ้นไป	9	8.7%
	<b>รวม</b>	<b>104</b>	<b>100.0%</b>

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ใช้บริการที่นำรถยนต์เข้ารับบริการที่ศูนย์บริการรถยนต์ในจังหวัดสมุทรปราการ ส่วนใหญ่ใช้รถยนต์ยี่ห้อโตโยต้า จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 38.5 อายุการใช้งาน 3-4 ปี จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 36.5 เป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน จำนวน 73 คน คิดเป็นร้อยละ 70.2 เป็นรถที่ใช้งานมาแล้วเป็นระยะทางระหว่าง 50,001-100,000 จำนวน 39 คน คิดเป็นกิโลเมตร ร้อยละ 37.5

4. ผลการทดสอบสมมุติฐานจากการกำหนดตัวแปรต้น คือ ปัจจัยส่วนบุคคล และปัจจัยด้านรถยนต์ และตัวแปรตาม ความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ ทั้งหมด 8 ด้าน แสดงดังตารางที่ 4-6

**ตารางที่ 4:** ผลการทดสอบความแตกต่างของความต้องการทราบข้อมูลด้านค่าใช้จ่ายโดยจำแนกตามประเภทรถ

ประเภท	ความต้องการทราบข้อมูล		F-test	sig.
	จำนวน	ค่าเฉลี่ย		
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (รถเก๋ง)	73	4.00	4.684*	0.011
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (รถกระบะ)	29	3.91		
รถตู้	2	2.13		

\*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 5: ผลการทดสอบความแตกต่างของความต้องการทราบข้อมูลด้านระยะเวลาโดย  
จำแนกตามประเภทรถ

ประเภท	ความต้องการทราบข้อมูล		F-test	sig.
	จำนวน	ค่าเฉลี่ย		
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (รถเก๋ง)	73	3.94	3.310*	0.041
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (รถกระบะ)	29	3.85		
รถตู้	2	2.17		

\*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 6: ผลการทดสอบความแตกต่างของความต้องการทราบด้านข้อมูลเกี่ยวกับ  
ศูนย์บริการโดยจำแนกตามประเภทรถ

ประเภท	ความต้องการทราบข้อมูล		F-test	sig.
	จำนวน	ค่าเฉลี่ย		
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (รถเก๋ง)	73	3.89	3.283*	0.042
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (รถกระบะ)	29	3.67		
รถตู้	2	2.29		

\*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

## วิจารณ์

ผลการศึกษาความต้องการของลูกค้าในประเด็นความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ทั้งหมด 8 ด้าน ดังตารางที่ 1 ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ อารีย์ เขาจारी (2555) ที่กล่าวว่า การนำแนวคิดเรื่องการบริหารประสิทธิภาพของลูกค้านำมาใช้กับการบริการในศูนย์บริการรถยนต์ได้อย่างเหมาะสมนำมาใช้ได้ทุกกระบวนการและจุดสัมผัสต่างๆ ในการบริการ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความประทับใจในการให้บริการ คือ ผู้ให้บริการสร้างความเป็นกันเอง และการติดต่อสื่อสารระหว่างพนักงานกับลูกค้า และผลการทดสอบสมมติฐานด้านปัจจัยด้านรถยนต์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์แตกต่างกันไปด้วย ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ อนันต์ จันทร์พริ้ม (2554) ที่กล่าว ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้บริโภคในด้านระดับการศึกษา รายได้ และอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการรับรู้คุณภาพการบริการแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## สรุป

จากการศึกษาต้องการของลูกค้าในประเด็นความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ จากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ที่เข้ารับบริการที่ศูนย์บริการซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ในจังหวัดสมุทรปราการ ผลการศึกษาพบว่าความต้องการทราบข้อมูลของงานซ่อมจากศูนย์บริการซ่อมบำรุงรถยนต์ 3 ลำดับแรก ได้แก่ ด้านการรับประกัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 ความต้องการทราบข้อมูลด้านค่าใช้จ่าย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.94 และความต้องการทราบข้อมูลด้านอะไหล่ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 ตามลำดับ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันต่อความต้องการทราบข้อมูลของลูกค้า เมื่อนำรถมาเข้ารับบริการที่ศูนย์บริการรถยนต์ของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ไม่มีความแตกต่างกัน และปัจจัยด้านรถยนต์ตามประเภทของรถที่แตกต่างกันต่อความต้องการทราบข้อมูลด้านค่าใช้จ่าย ด้านระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อม และด้านข้อมูลเกี่ยวกับศูนย์บริการมีแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## เอกสารอ้างอิง

อารีย์ เขาจारी. 2555. “การบริหารประสิทธิภาพลูกค้าของศูนย์บริการรถยนต์ : กรณีศึกษา ศูนย์บริการรถยนต์อีซูซุ”วิทยานิพนธ์นวัตกรรมการบริหาร,มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

- 
- อนันต์ จันทร์พริ้ม. 2554. “การรับรู้คุณภาพการบริการของศูนย์ยางบางพลีของลูกค้า”,  
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต,บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- ราชวัฒน์ ศรีทิพย์.2550. “การบริหารประสบการณ์ของลูกค้าในธุรกิจรถยนต์”,  
วิทยานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีการจัดการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. <http://w3.manager.co.th> สืบค้น ธันวาคม 2560
- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. <http://www.dbd.th.th> สืบค้น ธันวาคม 2560
- Assael. 1998. Consumer behavior and marketing action. United of America:  
International Thomson Publishing.
- Wells, W.D. & Prentsky, D. 1996. Consumer behavior. USA : John Wiley & Son.

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาล  
ใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย

The Factors Affecting the Success of a Food Shop Management under  
Certified Halal Food Standard in Three Southernmost Provinces  
of Thailand

ณัจยา แก้วนุ้ย<sup>1\*</sup> เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี<sup>1</sup> และ ณัฐริกา ลีลาลัย<sup>2</sup>

Natjaya kaewnui<sup>1\*</sup>, Chalermkiat wongvanichtawee<sup>1</sup> and Nattiga Silalai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการ มหาวิทยาลัยสยาม

<sup>2</sup>หลักสูตรเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม

<sup>1</sup>Program in Management, Siam University

<sup>2</sup>Program in Food technology, Siam University

\* Corresponding author: ji.food@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาลใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทยซึ่ง เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก จากผู้ประกอบการร้านอาหารที่ได้รับรอง เครื่องหมายมาตรฐานฮาลาลจำนวน 15 ราย คณะกรรมการอิสลามประจำจังหวัด จำนวน 3 คน และ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 คน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาลใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ประกอบด้วย 1) มีการวางแผนการจัดหาวัตถุดิบจากแหล่งที่มีคุณภาพและซื้อขายกันเป็นประจำ สามารถเชื่อถือได้ในเรื่องของคุณภาพถูกต้องตามบทบัญญัติศาสนาอิสลาม 2) ผู้ประกอบการควบคุมการผลิตอาหารด้วยตนเองและมีประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจอาหารอิสลามเป็นเวลานานอย่างต่อเนื่อง 3) มีการจัดการทรัพยากรมนุษย์ที่ดีสามารถสร้างความสัมพันธ์บนความไว้วางใจซึ่งกันและกันมากกว่าการเป็นนายจ้างและลูกจ้าง 4) มีการควบคุมคุณภาพทั้งในด้านความสะอาด สุขาภิบาลอาหาร รสชาติ และการยึดถือปฏิบัติตามหลักศาสนาอิสลามจนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยมีลูกค้าประจำเป็นจำนวนมาก

**คำสำคัญ:** การจัดการ มาตรฐานอาหารฮาลาล ร้านอาหาร

## Abstract

This research aims to study the factors affecting the success of a food shop management under certified halal food standard in three southernmost provinces of Thailand. This is qualitative research that data collected by in-depth interview. From A food shop operators who have certified 15 halal standards, 3 provincial Islamic committees and 3 provincial health officers. The research found that Factors influencing the success of a food shop management under certified halal food standard in three southernmost provinces are as follows: 1) There is a plan to procure raw materials from high quality sources and trading with the familiar dealers that are trustworthy in the accuracy of Islamic law., 2) There are the self-control of food production and experience in the Islamic food business for a long time. 3) There are excellent human resource management that can build relationships on mutual trust rather than being an employer and employee. 4) Having quality control in terms of cleanliness, sanitary, food, taste, and compliance with Islamic principles are accepted by consumers with a large number of regular customers.

**Keywords:** Management, Certified Halal Food Standard, A Food Shop

## บทนำ

จากการเปิดกว้างในการนับถือศาสนาของประชาชนในประเทศ ส่งผลให้ประเทศไทยมีประเพณีและวัฒนธรรมประจำศาสนาที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของประเพณี ความเชื่อและวัฒนธรรม รวมถึงข้อบัญญัติของชาวมุสลิมซึ่งมีข้อปฏิบัติที่แตกต่างจากผู้ไม่นับถือศาสนาอื่นๆ โดยข้อบัญญัติที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การรับประทานอาหารของชาวมุสลิมที่จะต้องรับประทานอาหารฮาลาล คือ อาหารที่ผลิตขึ้นเพื่อชาวมุสลิมบริโภค โดยผ่านกระบวนการตามบทบัญญัติของศาสนาที่ยึดหลักของโภชนาการ ความสะอาด ถูกหลักอนามัยและมีผลดีต่อสุขภาพร่างกาย

จากสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลทำให้รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมอาหารฮาลาล และมีนโยบายเพื่อใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติอย่างจริงจังของผู้ประกอบการร้านอาหารฮาลาล ทั้งทางด้าน การคัดสรรวัตถุดิบ การปรับปรุงสถานที่ การเพิ่มศักยภาพผู้ประกอบการ

การควบคุมการผลิตและการให้บริการ การแสวงหาตลาดและการพัฒนากลไกการรับรองมาตรฐานอาหารฮาลาล ให้เป็นที่น่าเชื่อถือยอมรับของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ โดยสถาบันอาหารและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้ร่วมกันวางยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพธุรกิจสินค้าและบริการอาหารฮาลาล โดยโครงการดังกล่าวมีระยะเวลา 5 ปี โดยเริ่มตั้งแต่พ.ศ. 2553 - 2557 ซึ่งโครงการยุทธศาสตร์หลัก 5 ข้อ ได้แก่

1. การเสริมสร้างศักยภาพการผลิตสินค้าและบริการฮาลาล
2. การเสริมสร้างศักยภาพการตรวจรับรองฮาลาล
3. การพัฒนาศักยภาพการตลาดฮาลาลสู่สากล
4. การพัฒนาศักยภาพการวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ฮาลาล เพื่อสร้างความเข้มแข็ง

ของอุตสาหกรรมฮาลาลของประเทศ

5. การบริหารจัดการเพื่อสร้างความเข้มแข็งในการพัฒนาอุตสาหกรรมธุรกิจและการค้าฮาลาล

### วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาลใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย

### ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษากิจการวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาถึงความสำเร็จในการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาลใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ให้ได้มาตรฐาน ตามหลักการศาสนาอิสลาม และระเบียบคณะกรรมการกลางอิสลามแห่งประเทศไทยว่าด้วยการดำเนินกิจการฮาลาล พ.ศ. 2552

### วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษาข้อมูลเอกสาร (Documentary Research) โดยศึกษาค้นคว้าจากเอกสารทางวิชาการ บทความ วารสาร วิทยานิพนธ์ ดุษฎีนิพนธ์ต่างๆรวมทั้งรายงานการวิจัย ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเป็นการรวบรวมข้อมูลระดับปฐมภูมิ

2. สัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) จากผู้ประกอบการร้านอาหารประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ได้ขอรับรองเครื่องหมายมาตรฐานฮาลาลจากคณะกรรมการอิสลามประจำจังหวัดหรือคณะกรรมการกลางอิสลามแห่งประเทศไทยติดต่อกันอย่างน้อย 3 ปี จำนวน 15 คน คณะกรรมการอิสลามประจำจังหวัด จำนวน 3 คน และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 คน

## ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**การจัดการ (Management)** หมายถึง กระบวนการที่ผู้บริหารปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายขององค์กร อาศัยบุคลากรและทรัพยากรทางการบริหาร (เนตร์พัฒนา ยาวิราช, 2546, หน้า 2) ซึ่งมีความสำคัญในเรื่องของการดำเนินงานขององค์กรบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (Koontz, 1972) ในกระบวนการจัดการที่มีคุณภาพนั้นจะต้องประกอบด้วยปัจจัยทั้งหลายได้แก่ คน เงิน วัสดุสิ่งของเป็นอุปกรณ์การจัดการ (Drucker, 1979, p.142) ผ่านกระบวนการที่ได้ทำการออกแบบไว้เป็นขั้นเป็นตอน มีเป้าหมายสูงสุด คือ การทำให้องค์กรประสบความสำเร็จผ่านหน้าที่หลัก 4 อย่าง คือ การวางแผน การจัดองค์การ การใช้ภาวะผู้นำ และการควบคุม (Bartol and Martin, 1991, p.6)

**การวางแผน (Planning)** หมายถึง การกำหนดเป้าหมายที่ต้องการพิจารณาถึงความพร้อมขององค์กรตลอดจนปัจจัยที่ช่วยให้องค์กรหรือหน่วยงานบรรลุเป้าหมายและจัดทำแผนงานขึ้นมาเพื่อดำเนินงาน โดยการวางแผน หน้าที่ส่วนใหญ่จะรับผิดชอบโดยผู้บริหาร

**การควบคุม (Controlling)** หมายถึง ความพยายามอย่างมีระบบเพื่อกำหนดมาตรฐานของการปฏิบัติงานการออกแบบระบบข้อมูลย้อนกลับ การเปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นจริงกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ล่วงหน้า พิจารณาวามีข้อแตกต่างหรือไม่ และทำการแก้ไขใดๆที่ต้องการเพื่อเป็นหลักประกันว่าทรัพยากรทุกอย่างขององค์กรได้ถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อความสำเร็จของเป้าหมายขององค์กร ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ (2555, หน้า 19)

**ภาวะผู้นำ (Leadership)** หมายถึง กระบวนการที่ผู้นำใช้อิทธิพลหรืออำนาจที่ตนมีอยู่ในการชักนำหรือโน้มน้าวให้ผู้ใต้บังคับบัญชาภายในองค์กรหรือในกลุ่มคนในสถานต่าง ๆ เพื่อให้สมาชิกของกลุ่มได้ปฏิบัติหน้าที่ของตนอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดให้บรรลุเป้าหมายตามที่องค์กรปรารถนา (ประสาน หอมพูล และ ทิพวรรณ หอมพูล. 2540 ; 83)

## ผลการศึกษา

ผู้วิจัยทำการเจาะประเด็นกรณีศึกษาที่สำคัญจากทั้งตัวแปรทั้งสามปัจจัยที่ได้จากการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า การวางแผน การควบคุม และ ภาวะผู้นำ ความสำเร็จในการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาลใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย จำนวน 15 คน คณะกรรมการอิสลามประจำจังหวัด จำนวน 3 คน และ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขจังหวัดที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 คน

สรุปได้ด้านล่างดังนี้



## ด้านการวางแผน

1. ผู้ประกอบการร้านอาหารฮาลาล ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์ ว่าร้านอาหารที่ได้รับรองมาตรฐานอาหารฮาลาล จะเติบโตอย่างยั่งยืนได้ จะต้องมีการวางแผนงานต้องผลิตสินค้าที่เหนือกว่าคู่แข่ง ทั้งในด้านคุณภาพที่สูงกว่า ราคาต่ำกว่า และเวลาในการผลิตสินค้าต้องสั้นรวดเร็วกว่าอีกด้วย ต้องมีเป้าหมายในการจัดหาวัตถุดิบจากแหล่งที่น่าเชื่อถือได้ ชัดเจนสามารถตรวจสอบแหล่งต้นกำเนิดของวัตถุดิบ ที่จะนำมาใช้เพื่อประกอบ และปรุงอาหารฮาลาล ให้ได้ตามมาตรฐาน และถูกต้องตามบทบัญญัติศาสนาอิสลาม 2. มีการวางแผนการปฏิบัติงาน และปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด ผู้บริหารจะสละเวลามาวางแผนงาน ว่ามีวิธีการและขั้นตอนกิจกรรมที่จะต้องทำอะไร 3. จัดลำดับงานโดยพิจารณาจากหลัก ความสำคัญ และเร่งด่วน โดยการทำงานจะใช้วิธีการทำงานแบบทีมเวิร์ค เพราะการปฏิบัติงานไม่สามารถทำงานคนเดียวได้ งานต้องเกี่ยวข้องกับผู้ปฏิบัติงานทั้งระบบ หากทำงานช้า หรือผิดพลาด ก็ส่งผลกระทบต่อผู้อื่น และอาจส่งผลเสียต่อภาพรวมขององค์กรได้

## ด้านการควบคุม

1. ด้านวัตถุดิบ พบว่า ผู้ให้ข้อมูลสัมภาษณ์เชิงลึก เห็นด้วยมากที่สุดว่าการจัดการด้านมาตรฐานอาหารฮาลาล ด้านวัตถุดิบ หากนำมาวิเคราะห์ พบว่า การควบคุมด้านวัตถุดิบในเรื่องมีความสะอาดบนพื้นฐานของแนวคิดฮาลาล รองลงมา คือ มีส่วนผสมและสารปรุงแต่งเลือกจากแหล่งที่เป็นฮาลาล มีคุณภาพตามแนวคิดฮาลาล และวัตถุดิบจากผู้ผลิตมีการรับรองฮาลาลที่ถูกต้อง

2. มีความโดดเด่นไม่เหมือนใคร อาจเป็นเมนูที่คิดค้นสูตรขึ้นมาเอง หรือเป็นอาหารฮาลาลที่ไม่มีใครทำในตลาด เป็นต้น มีรสชาติอร่อย โดยพยายามหาเคล็ดลับที่ทำให้อาหารนั้นมีรสชาติโดดเด่นไม่เหมือนใคร อาทิ เช่น สรรหาวัตถุดิบ ที่ใหม่ สด ถูกหลักตามมาตรฐานอาหารฮาลาล เครื่องปรุงรสหรือวัตถุดิบปรุงรสคุณภาพ จากผู้ผลิตที่มีคุณภาพ และมีการรับรองผ่านเครื่องหมายมาตรฐานอาหารฮาลาล

3. ความรวดเร็ว โดยเน้นที่บริการได้รวดเร็ว คล้ายกับอาหารประเภทฟาสต์ฟู้ด มีขั้นตอนการปรุงและจัดเสิร์ฟได้อย่างรวดเร็ว

4. ภาชนะหรือหีบห่อ รวมถึงราคาที่กำหนดไว้ก็เป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาเช่นกัน ภาชนะหรือหีบห่อ คือมีการเสิร์ฟตามสั่งของลูกค้า เลือกภาชนะที่ใส่ให้เหมาะสมกับชนิดอาหาร สิ่งที่ต้องคำนึง อาทิ ความสวยงาม ลักษณะของอาหาร ราคาอาหาร และความระมัดระวังในด้านการบริการของผู้ให้บริการ เพราะ มีผลต่อความรู้สึกของลูกค้า

## ด้านภาวะผู้นำ

1. จากการเก็บข้อมูล โดยวิธีการสัมภาษณ์ พบว่าด้านประสิทธิภาพ ในเรื่องมีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้ได้ประโยชน์สูงสุด เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในด้านภาวะผู้นำ มีการจัดการทรัพยากรมนุษย์ที่ดีสามารถสร้างความสัมพันธ์บนความไว้วางใจซึ่งกันและกันมากกว่าการเป็นนายจ้างและลูกจ้าง เนื่องจากจะสามารถผลิตสินค้าให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้และการได้นำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการปฏิบัติงานเพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ นอกจากนี้สามารถลดต้นทุนการดำเนินงานได้เป็นอย่างดี

2. ผู้ประกอบร้านอาหารมาตรฐานอาหารฮาลาล ได้ให้ความสำคัญในการเรียนรู้การสร้างเมนูอาหารจากผู้มีประสบการณ์มืออาชีพ ซึ่งปัจจุบันมีผู้เชี่ยวชาญด้านการทำอาหารฮาลาล ซึ่งเป็นเมนูที่ช่วยเพิ่มยอดขายได้เป็นอย่างดี ตลอดจนการส่งเสริม สนับสนุนให้บุคลากรในองค์กรได้เข้าร่วมรับการอบรม และเรียนรู้สิ่งใหม่ตลอดเวลา เพื่อการพัฒนาศักยภาพและเพิ่มเติมองค์ความรู้ ตลอดเวลา

## สรุป

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาลใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูล ประกอบกับการได้สัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านอาหารเชิงลึก ทำให้ได้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการจัดการร้านอาหาร ปัจจัยที่สำคัญคือ การวางแผน การควบคุม และ ภาวะผู้นำ ลำดับสาม 1. การวางแผน 2. การควบคุม 3. ภาวะผู้นำ

สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการให้การสนับสนุนเป็นแบบอย่างที่ดี ผู้ประกอบการควรสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ขององค์กร จึงต้องมีการวางแผนรอบด้าน ทุกขั้นตอน ทุกระบบ เพื่อความยั่งยืนขององค์กรและการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้สำหรับผู้ประกอบการหน้าใหม่หรือผู้สนใจที่จะศึกษาในปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการร้านอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาลใน 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย เพื่อเป็นประโยชน์ต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

เนตรพัฒนา ยาวีราช. 2546. การจัดการสมัยใหม่ : Modern management. (พิมพ์ครั้งที่

2). กรุงเทพฯ: เซ็นทรัลเอ็กซ์เพรส.

ประสาน หอมพลู และทิพวรรณ หอมพลู. 2540. จิตวิทยาทั่วไป: จิตวิทยาธุรกิจ.

---

ศิริวรรณ เสรีรัตน์และคณะ. 2555. การจัดการและพฤติกรรมองค์การ. กรุงเทพฯ: ซีระฟิล์ม  
และไซเท็กซ์.

Bartol, K.M. and Martin, D. C. 1991. Management. NewYork: McGraw-Hill,Inc

Drucker Peter, F. 1979. The Effective Executive. New York : Harper and Row.

Koontz Harold, D. and Cyril O'Donnell. 1972. Principles of Management : An  
Analysis of Managerial Functions. New York : MC Graw – Hill.

## ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก Factors affecting the decision to buy jewelry in Bang Rak

เบญจมาส นาควงษ์ พชราภรณ์ วงษ์สุวรรณ และ วีรยุทธ ไทยโพธิ์ศรี

Benjamas Nakwong, Phatcharapor Wongsuwan and Weerayut Thaiposri

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

\* Corresponding author: penda\_sky@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาระดับปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก 2) เพื่อศึกษาระดับปัจจัยด้านคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก 3) เพื่อศึกษาระดับการตัดสินใจซื้อที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก 4) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยกลุ่มประชากร 400 คน นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ซึ่ง ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า 1) ระดับปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด 2) ระดับปัจจัยด้านคุณภาพการบริการมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด 3) ระดับการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก อยู่ในระดับมากที่สุด 4) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก จากผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันในเชิง บวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 เมื่อพิจารณาปัจจัยพบว่า ปัจจัยด้านคุณภาพการบริการ มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยด้านส่วนประกอบทางการตลาด

**คำสำคัญ:** ปัจจัย การตัดสินใจซื้อ จิวเวลรี่

## Abstract

The purpose of this research was 1) to study the level of factors affecting the marketing mix that influenced the decision to buy jewelry. 2) to study the level of factors affecting the quality of service that influenced decision making. 3) to study the level of decision making to buy jewelry. 4) to study the factors that affect the decision to buy jewelry. Marseille's money This research is quantitative research. Use questionnaire as a tool to collect data. 400 people were randomly assigned to analyze the data by descriptive statistics, Percentage, mean and standard deviation. The hypothesis was tested by multiple regression analysis. The research findings were as follows: 1) factors related to marketing mix influenced decision to buy jewelry. 2) the level of service quality factors influences the decision making process. 3) the level of decision making to buy silver jewelry had a positive effect on the decision to buy silverware. 4) factors affecting decision to buy jewelry The results of the test. All the factors are related in the way. Plus significant statistical significance at 0.05 and affect the decision to buy a gold repertory. The statistical significance was 0.01. Quality of service The most important factor was the marketing mix.

**Keywords:** Factors, Decision making to buy, Jewelry

## บทนำ

จิวเวลรี่เงิน เครื่องประดับที่เหมาะสมกับคนทุกเพศทุกวัย เพราะว่ามีราคาไม่แพง และยังสามารถขึ้นรูปได้ง่ายมาก เมื่อเทียบกับเครื่องประดับที่ทำจากแร่ชนิดอื่น ทำให้มีความหลากหลายสามารถเลือกให้เข้ากับบุคลิกและรสนิยมได้ง่าย ไม่ว่าจะป็นสร้อย แหวน ข้อมือ และยังสามารถทำเป็นเข็มกลัดหรือเครื่องประดับอย่างอื่นอีกมากมาย ซึ่งในบางครั้งก็มีการนำอัญมณีต่าง ๆ มาประดับด้วยเพื่อเพิ่มมูลค่าและความสวยงามให้มากขึ้น โดยมักเน้นในเรื่องของความเชื่อในเรื่องต่าง ๆ ไม่ว่าจะป็นเรื่องการทำงาน ความรักหรือการเงินโดยคำนึงถึงวันเกิด หรือเดือนเกิด เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องประดับที่แสดงถึงเอกลักษณ์ทางเพศด้วย เช่น เพศหญิงนั้นจะมีประเภทของเครื่องประดับให้เลือกสรรมากกว่า เน้นความสวยงามและลวดลายทันสมัย บ่งบอกถึงความเป็นตัวคุณและรสนิยมของคุณได้ดีที่สุด ราคาไม่แพงมาก

เกินไปสามารถซื้อหาได้ทุกเพศทุกวัยด้วย และในปัจจุบันยังมีเครื่องมือทันสมัยในการทำอีกมากมายจึงทำให้เครื่องประดับนั้นมีให้เลือกหลายรูปแบบมากขึ้น

การบริการลูกค้าอย่างมีคุณภาพ (Service Quality) มิใช่เป็นการส่งมอบบริการที่ดีที่สุดให้ลูกค้า แต่เป็นการส่งมอบบริการตามความต้องการของลูกค้าเป้าหมาย เพื่อให้ลูกค้าเป้าหมายที่ได้รับบริการไปแล้วเกิดความพึงพอใจ เพราะว่าการส่งมอบบริการที่ดีที่สุด อาจต้องลงทุนสูง ในการหาคนทำงาน การอบรมพนักงาน การตกแต่งร้าน การซื้อเทคโนโลยีมาใช้ รวมทั้งลูกค้ามีหลายกลุ่ม หากเราให้บริการอย่างดีที่สุดแก่ลูกค้าที่มีเป้าหมายบริษัท อาจได้ผลเสีย เช่น ขาดทุน เพราะลูกค้าเป้าหมายอาจไม่ใช้บริการก็เป็นได้

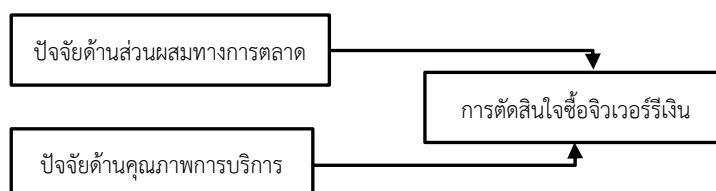
ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินในเขตบางรัก เพื่อเป็นการศึกษาการตัดสินใจของลูกค้าว่ามีความคิดเห็นอย่างไรกับการนำเอาปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด และคุณภาพการบริการเข้ามาเป็นหลักสำคัญในการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินว่ามีผลในการตัดสินใจหรือไม่

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาดที่ผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก
2. เพื่อศึกษาระดับปัจจัยด้านคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก
3. เพื่อศึกษาระดับการตัดสินใจซื้อที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก
4. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

### กรอบแนวคิด

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเคราะห์แนวคิดจาก งานวิจัยของ ไพรัตน์ มณีวรรณ, สิโรบล สุขสวนค์ และ อรอนงค์ บุญวัน



รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิด

### สมมติฐาน

สมมติฐานที่ 1 ปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาด มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินของผู้บริโภคเขตบางรัก

สมมติฐานที่ 2 ปัจจัยด้านคุณภาพการบริการ มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

### วิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง คือ ลูกค้ำที่ซื้อเครื่องประดับเงินในเขตบางรัก จำนวน 400 ราย โดยใช้วิธีสุ่มแบบค้ำนึ่งถึงความน่าจะเป็นทางสถิติ ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ แบบสอบถาม สถิติ พรรณานาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด กับ ปัจจัยด้านคุณภาพการบริการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคจิวเวอร์รีเงินในเขตบางรัก

### ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ระดับปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาดที่ผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาดที่ผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

ปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาด ที่ผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงิน ของผู้บริโภคในเขตบางรัก	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	แปล ความหมาย
1. ด้านผลิตภัณฑ์	4.83	0.18	มากที่สุด
2. ด้านราคา	4.62	0.29	มากที่สุด
3. ด้านการจัดจำหน่าย	4.54	0.24	มากที่สุด
4. ด้านการส่งเสริมการตลาด	4.73	0.28	มากที่สุด
<b>รวม</b>	<b>4.62</b>	<b>0.26</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 1 พบว่าระดับปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาดที่ผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก ทั้ง 4 ด้าน โดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ( $\bar{X}$  = 4.62

S.D. = 0.26) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าระดับสูงสุด คือ ด้านผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.83$  S.D. = 0.18) รองลงมา คือ ด้านการส่งเสริมการตลาด ( $\bar{X} = 4.73$  S.D. = 0.28)

2. ผลการวิเคราะห์ระดับปัจจัยด้านคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับปัจจัยด้านคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

ปัจจัยด้านคุณภาพการบริการ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงิน ของผู้บริโภคในเขตบางรัก	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	แปล ความหมาย
1. ท่านคิดว่าคุณภาพการบริการที่มีความสุภาพอ่อนโยนมีผลต่อการซื้อจิวเวอร์รี่	4.70	0.45	มากที่สุด
2. ท่านคิดว่าคุณภาพการบริการที่ได้จากเครื่องมือที่ทันสมัยมีความสำคัญ มีผลต่อการซื้อจิวเวอร์รี่	4.63	0.48	มากที่สุด
3. ท่านคิดว่า ท่านสามารถสัมผัสได้ถึงคุณภาพการบริการจากการให้บริการ	4.79	0.40	มากที่สุด
4. ท่านคิดว่าคุณภาพการบริการที่ดีจะต้องมีการชดเชยเมื่อความผิดพลาดในการให้บริการ	4.88	0.32	มากที่สุด
5. ท่านคิดว่าคุณภาพการบริการที่แนะนำข้อมูลสินค้าได้ดี มีผลต่อการซื้อจิวเวอร์รี่	4.90	0.30	มากที่สุด
<b>รวม</b>	<b>4.78</b>	<b>0.20</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 2 พบว่าระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยด้านคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.78$  S.D. = 0.20) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าระดับสูงสุด คือ ท่านคิดว่าคุณภาพการบริการที่แนะนำข้อมูลสินค้าได้ดี มีผลต่อการซื้อจิวเวอร์รี่ ( $\bar{X} = 4.90$ , S.D. = 0.30) รองลงมา คือ ท่านคิดว่าคุณภาพการบริการที่ดีจะต้องมีการชดเชยเมื่อความผิดพลาดในการให้บริการ ( $\bar{X} = 4.88$ , S.D. = 0.32)

3. ผลการวิเคราะห์ระดับการตัดสินใจซื้อที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก



### ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการตัดสินใจซื้อที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

การตัดสินใจซื้อ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงิน ของผู้บริโภคในเขตบางรัก	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	แปล ความหมาย
1. ท่านคิดว่าคุณภาพจิวเวอร์รีเงิน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงิน	4.90	0.30	มากที่สุด
2. ท่านคิดว่าราคาจิวเวอร์รีเงิน มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงิน	4.81	0.38	มากที่สุด
3. ท่านคิดว่าช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้า มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ จิวเวอร์รีเงิน	4.85	0.35	มากที่สุด
4. ท่านคิดว่าการส่งเสริมการตลาด มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงิน	4.86	0.34	มากที่สุด
5. ท่านคิดว่าภาพรวมของส่วนประสมการตลาด มีผลต่อการตัดสินใจ ซื้อจิวเวอร์รีเงิน	4.92	0.27	มากที่สุด
<b>รวม</b>	<b>4.86</b>	<b>0.18</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 3 แสดงระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยการตัดสินใจซื้อ ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.86$ , S.D. = 0.18) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่มีค่าระดับคะแนนสูงสุด คือ ท่านคิดว่าภาพรวมของส่วนประสมการตลาด มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงิน ( $\bar{X} = 4.92$ , S.D. = 0.27) รองลงมา ท่านคิดว่าการส่งเสริมการตลาด มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงิน ( $\bar{X} = 4.90$ , S.D. = 0.30)

4. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

### ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดกับปัจจัยด้านคุณภาพการบริการที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

ตัวแปรอิสระ	ค่า B	(Beta)	ค่า T	ค่า Sig
ส่วนประสมทางการตลาด	.451	.274	5.689	.000
คุณภาพการบริการ	.322	.351	7.470	.000

Adjusted R<sup>2</sup> = .672, F-value = 55.795, N = 400, sig ≤ 0.05

จากตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รีเงินในเขตบางรัก ในปัจจัยแต่ละประเภท ได้แก่ ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด

และ ปัจจัยคุณภาพบริการ พบว่า ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดและปัจจัยด้านคุณภาพการบริการ มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่ในเขตบางรักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยพิจารณาจากค่า Significance ดังนี้ ปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาดเท่ากับ 0.000 และปัจจัยด้านคุณภาพบริการเท่ากับ 0.000

เมื่อพิจารณาค่า Beta พบว่า ปัจจัยด้านส่วนผสมทางการตลาด มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินในเขตบางรักมากที่สุด (ค่า Beta = 0.451) รองลงมา คือ ปัจจัยด้านคุณภาพการบริการ (ค่า Beta = 0.322) ตามลำดับ

### สรุป

**ตารางที่ 5** สรุปผลการสรุปสมมติฐานเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก

สมมติฐาน	ผลการทดสอบสมมติฐาน
สมมติฐานที่ 1: ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินในเขตบางรัก	สอดคล้อง
สมมติฐานที่ 2: ปัจจัยด้านคุณภาพการบริการมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินในเขตบางรัก	สอดคล้อง

ผลการทดสอบสมมติฐานตามตารางที่ 5 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานได้ว่า ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับสมมติฐาน คือ ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินในเขตบางรัก และปัจจัยด้านคุณภาพการบริการมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินในเขตบางรัก

### วิจารณ์

ผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 สรุปว่า ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวอร์รี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก ผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับแนวคิด เรื่อง ส่วนประสมการตลาด (Marketing Mix) ออรอนงค์ บุญวรรณ (2554) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ส่วนประสมทางการตลาด เป็นความพยายามของธุรกิจเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า เพื่อให้ ลูกค้าได้รับความพอใจและเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทประสบความสำเร็จเหนือคู่แข่งอันเป็น เป้าหมายสำคัญนั้น นักการตลาดจำเป็นต้องใช้หลัก 4Ps และ

นำมาพัฒนาให้สอดคล้องเหมาะสมกับ ลูกค้ำกลุ่มเป้าหมาย นำมาประสมกันเป็นแผนชุดเพื่อสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้ามากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไพรัตน์ มณีวรรณ (2551) ที่ทำการศึกษารายถึงปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าเครื่องประดับอัญมณีของผู้บริโภคในอำเภอแม่สายจังหวัดเชียงราย ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องประดับด้วยเช่นกัน

ผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 สรุปว่า ปัจจัยด้านคุณภาพการบริการมีผลต่อการตัดสินใจซื้อจิวเวลรี่เงินของผู้บริโภคในเขตบางรัก ผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับแนวคิดเรื่อง คุณภาพการบริการ (Service Quality) ของ อารีย์ ทองแก้ว. (2552) ที่อธิบายว่า การให้บริการ ลูกค้ามีความสำคัญมาก ทุกธุรกิจจะให้ความสำคัญกับการให้บริการเพื่อสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้า ตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ ซึ่งต้องสร้างความประทับใจทุก ๆ ส่วนของการบริการ สอดคล้องกับ งานวิจัย ของ ไพรัตน์ มณีวรรณ (2551) ที่ทำการศึกษารายถึงปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าเครื่องประดับอัญมณีของผู้บริโภคในอำเภอแม่สายจังหวัดเชียงราย ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านการจัดจำหน่าย และด้านการส่งเสริมการตลาด ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ อรอนงค์ บุญวรรณ (2554) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ส่วนประสมทางการตลาด เป็นความพยายามของธุรกิจเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า เพื่อให้ ลูกค้าได้รับความพอใจและเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทประสบความสำเร็จเหนือคู่แข่งอันเป็น เป้าหมายสำคัญนั้น นักการตลาดจำเป็นต้องใช้หลัก 4Ps และนำมาพัฒนาให้สอดคล้องเหมาะสมกับ ลูกค้ำกลุ่มเป้าหมาย นำมาประสมกันเป็นแผนชุดเพื่อสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้ามากที่สุด

### ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่นำผลไปใช้

1. ฝ่ายขายควรเน้นการบริการให้แก่ลูกค้าให้ดียิ่งขึ้น โดยอาจมีการฝึกอบรมมารยาทในการบริการและความรู้เกี่ยวกับสินค้าให้แก่พนักงาน พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้กับผู้บริโภค แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการให้บริการ จากบริเวณภายในบริษัท หรือ Social Media ต่าง ๆ เพื่อนำไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น
2. ฝ่ายการตลาดหรือฝ่ายขาย ควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด และใช้ปัจจัยปัจจัยส่งเสริมทุกด้านช่วยส่งเสริมกัน ได้แก่ การผลิตภัณฑ์ควรใช้

วัตถุประสงค์ในการทำให้มีคุณภาพให้สมกับราคา และสถานที่การจัดจำหน่ายควรทำให้มีความ  
น่าสนใจมากยิ่งขึ้น และมีโปรโมชั่นในการขายเพื่อให้เกิดความน่าสนใจในการซื้อ

3. สามารถนำเล่มวิจัยนี้ไปใช้ในพัฒนาองค์กรได้ เพราะเป็นส่วนหนึ่งในการช่วย  
พัฒนาองค์กรให้เกิดศักยภาพและประโยชน์ได้ไม่มากนักน้อย

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1. จากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการแจกแบบสอบถามเฉพาะเขตบางรัก  
สำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไปนั้น แนะนำให้ผู้วิจัยแจกแบบสอบถาม ให้แก่ เขตอื่นหรือพื้นที่  
ใกล้เคียงที่ผู้ทำวิจัยมีความสนใจ เพื่อให้สอดคล้องและใกล้เคียงในความคิดเห็นกับวิธีการ  
ดำเนินชีวิตของผู้บริโภคในบริเวณนั้น

2. สำหรับงานวิจัยในอนาคตนั้น แนะนำให้ผู้วิจัยท่านต่อไปทำการศึกษาหรือเพิ่มตัว  
แปร อีกรุ่นที่อาจมีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ทำการศึกษาอยู่นี้ ตามแนวโน้มการพัฒนา  
ธุรกิจของตลาด ในขณะนั้น เพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางนโยบายเชิงรุกของคู่แข่ง  
และค่านิยมของผู้บริโภคในขณะนั้น

### เอกสารอ้างอิง

- กฤษกร เจียมจำรัสศิลป์. 2548. พฤติกรรมผู้บริโภค (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่  
17พฤศจิกายน 2560 จาก :<https://sites.google.com>  
ชินเทพ แซ่ลี. 2554. วงจรผลิตภัณฑ์. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2560.  
<https://jiradabbc.wordpress.com>  
ภูริทัต ทองเพชร. 2556. การส่งเสริมการขาย. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2560.  
<https://www.im2market.com/2015/01/13/622>  
บุญเรียง ปานทอง. 2539. การวัดความพึงพอใจ. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2560  
<http://maitree3.blogspot.com>  
ไพโรรัตน์ มณีวรรณ. 2551. พฤติกรรมทางเลือกซื้อสินค้าเครื่องประดับอัญมณีของผู้บริโภค  
ในอำเภอแม่สาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการ  
ทั่วไปมหาลัทธิราชภัฏเชียงราย. เชียงราย.

- สิโรบล สุขสวคนธ์. 2551. การเปรียบเทียบพฤติกรรมผู้บริโภคในการบริโภคสุราโรงงานกับ  
สุรากลั่นชุมชนในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- อรอนงค์ บุญวัน. 2554. ส่วนผสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้า.  
หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ในจังหวัดนราธิวาส. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจ  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. ยะลา
- อารีย์ ทองแก้ว. 2552. ศิลปะหัตถกรรมเมืองสุรินทร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจ  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการตลาด มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. สุรินทร์.

ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์  
กรณี บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่  
Customer Satisfaction with Media Relations  
Thai Airways International Public Company Limited

เบญจมาส นาควงษ์<sup>1</sup> วิลาวลัย แสงอำนาจ<sup>2</sup> และ ทวีนุช เหมนิธิ<sup>3</sup>  
Benjamas Nakwong<sup>1</sup>, Wilawan Sangamnad<sup>2</sup> and Thawinuch Hemnithi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

<sup>2</sup>บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ กรุงเทพมหานคร

\* Corresponding author: penda\_sky@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ และศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ ตามปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ วุฒิการศึกษา อาชีพ และรายได้ เพื่อให้ทราบถึงแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์ของบริษัทฯ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ กลุ่มของลูกค้าที่ได้มาใช้บริการกับทางบริษัท ระยะเวลาช่วงเดือนกันยายน 2560 จำนวน 280,000 คน เมื่อคำนวณแล้วจะอยู่ที่ 400 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ ในการวิจัย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือค่าความถี่ค่าร้อยละค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้สถิติการทดสอบ T-Test F-Test และการทดสอบสมมติฐาน ผลการวิจัยพบว่า เพศ อายุ มีความพึงพอใจต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ ไม่แตกต่างกัน ส่วน สถานภาพ วุฒิการศึกษา อาชีพ รายได้ต่อเดือน มีความพึงพอใจต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

**คำสำคัญ:** ความพึงพอใจ สื่อประชาสัมพันธ์

## Abstract

This research aims To study the level of customer satisfaction with the public relations media, Thai Airways International Public Company Limited Head Office and study on the comparison of customer satisfaction level with the media. To know how to improve the media development of the company. To be more effective. The sample was used by the customer group. The period of September 2017 is 280,000 people, when calculated to be 400 people. Statistical analysis used in data analysis frequency, percentage, mean, and standard deviation were analyzed by means of T-test, F-Test, and hypothesis testing. The results of the study show that sex has a long history of satisfaction with the public relations media of Thai Airways International Public Company Limited. No difference in status, education, occupation, income per month. Satisfied with public relations media. The difference was statistically significant at 0.05.

**Keywords:** Satisfaction, Media Relations

## บทนำ

หากพูดถึงสื่อประชาสัมพันธ์คนส่วนใหญ่มักคิดว่า สื่อประชาสัมพันธ์เป็นแค่การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ออกไปให้คนในสังคมได้รับรู้ แต่หากพูดถึงการประชาสัมพันธ์นั้น อาจหมายถึงการประชาสัมพันธ์ไปยังคนนอกและคนภายในองค์กรซึ่งอาจให้ความหมายได้ว่า “ประชาสัมพันธ์มีหน้าที่ในการจัดการและประเมินเกี่ยวกับมุมมองและทัศนคติของคนส่วนใหญ่ รวมถึงการชี้แจงขั้นตอนหรือนโยบายของคนใดคนหนึ่งหรือขององค์กร เพื่อให้เกิดการรับรู้และเกิดความสนใจในสังคม นอกจากนี้ยังรวมถึงการวางแผนดำเนินการเพื่อรับมือ กับผลตอบรับที่จะตามมาหลังจากทำการเผยแพร่ออกไป” (Wilcox, Cameron, Ault & Agee, 2003 : 3) การเป็นผู้จัดการฝ่ายประชาสัมพันธ์นั้น ไม่ใช่เพียงแค่เป็นการทำประชาสัมพันธ์กับคนภายนอกเท่านั้น แต่หมายถึงการบริหารจัดการกับบุคคลภายในองค์กรด้วย รวมไปถึงการดูแลภาพลักษณ์ขององค์กร โดยผ่านวิธีการสร้างความสัมพันธ์ภายในองค์กร ไม่ว่าจะเป็นตัวของพนักงานหรือผู้บริหารระดับสูงเองก็ตาม ล้วนต้องมีการสร้างความสัมพันธ์ร่วมกัน เพื่อให้เกิดความรักในตัวเองและเพื่อนร่วมงาน อีกทั้งยังเป็นการสร้างทัศนคติให้กับบุคลากรทุกคนที่ทำงานกับองค์กร ให้มีทัศนคติที่ดี และเป็นไปอย่างที่องค์กรต้องการ ให้

พนักงานได้มีทัศนคติที่ว่าตัวของพนักงานเองนั้นเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร มีความรัก ความภาคภูมิใจกับองค์กร โดยวิธีการที่นำมาใช้คือ การพาบุคลากรออกไป Outing ทำกิจกรรม ละลายพฤติกรรมเข้าหากัน เพื่อให้การสื่อสาร และการทำงานภายในองค์กรนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างความสัมพันธ์ให้กับพนักงานนั้นเป็นการสร้างและปลูกฝังทัศนคติให้กับพนักงานว่าพนักงานนั้นไม่ว่าจะตำแหน่งใดก็ตามถือว่าเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร พนักงานทุกคน และทุกระดับชั้นเป็นนัก PR ขององค์กร ผ่านสถานที่ที่ทำงาน หรือ Uniform ที่ใส่อยู่ ล้วนแล้วแต่มีความสำคัญทั้งสิ้น พนักงานทุกคนที่เข้าร่วมทำงานในองค์กรนั้นจะต้องได้รับการปลูกฝัง และรับรู้ในสิ่งที่จะต้องบริหารจัดการมาตั้งแต่การ Recruitment รวมไปถึงการทำงานเป็น Team นั้นก็มีส่วนสำคัญให้งานผ่านไปอย่างราบรื่น การมีทีมที่ดีหัวหน้าทีม จะเป็นผู้นำที่ดีได้จะต้องมีการปฏิบัติที่ดี สามารถเป็นแบบอย่างให้แก่คนในทีม เมื่อบุคคลภายในทีมเห็นว่ามีผู้นำที่ดี ลูกทีมก็จะทำตามที่หัวหน้าทีมได้ทำไว้อย่างเต็มที่

การสื่อสารต่างๆที่เกิดขึ้นนั้นล้วนแล้วแต่จะต้องมีการใช้ทั้งวัจนภาษา และอวัจนภาษาควบคู่กันไป เช่น สีหน้า ท่าทาง คำพูด ทัศนคติ การกระทำ ที่แสดงออกต่อลูกค้าหรือแม้แต่ Uniform ที่พนักงานใส่อยู่ ดังนั้นการสื่อสารจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร ภาษาที่ใช้กันนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยในหลายๆด้าน และคำนึงไปถึงบริบทในส่วนต่างๆ เช่น อายุ ตำแหน่ง หน้าที่ เป็นต้น

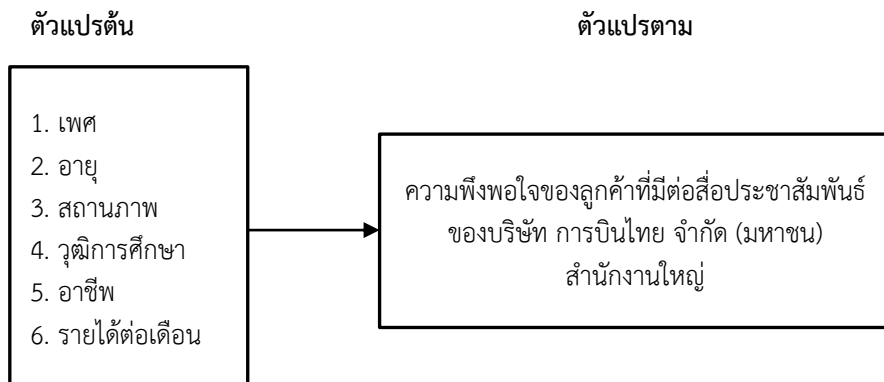
### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่
2. เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ตามปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ วุฒิการศึกษา อาชีพ และรายได้

### กรอบแนวคิด

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเคราะห์แนวคิดจาก งานวิจัยของ ปรียานุช อิงคเวทย์, พรทิพย์ พิมลสินธุ์ และ พีระ จีระโสภณ





รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิด

### วิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง คือ ลูกค้าที่ใช้บริการกับบริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) จำนวน 400 ราย โดยใช้วิธีสุ่มแบบค้ำหนึ่งถึงความน่าจะเป็นทางสถิติ ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ แบบสอบถาม สถิติพรรณนาหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติ t-test F-test วิเคราะห์เปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ ตามปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ วุฒิการศึกษา อาชีพ และรายได้

### ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของบริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ พบว่า

#### 1.1 สื่อโทรทัศน์

ลูกค้ามีความพึงพอใจต่อสื่อโทรทัศน์โดยรวมอยู่ระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า สื่อโทรทัศน์มีความน่าสนใจและง่ายต่อการจดจำได้ดี ลูกค้าพึงพอใจมากที่สุด รองลงมาคือ สื่อโทรทัศน์มีความเหมาะสมของช่วงเวลาในการประชาสัมพันธ์ และสื่อสารได้ชัดเจนและใช้ภาษาเข้าใจง่าย และน้อยที่สุดคือ สื่อโทรทัศน์สร้างความบันเทิงและสาระความรู้นำไปใช้ได้

#### 1.2 สื่ออินเทอร์เน็ต

ลูกค้ามีความพึงพอใจลูกค้าที่มีต่อสื่ออินเทอร์เน็ตโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า สื่ออินเทอร์เน็ตหน้าโฮมเพจ มีความสวยงามและเหมาะสม ลูกค้าพึงพอใจมากที่สุด รองลงมา คือสื่ออินเทอร์เน็ตที่มีความชัดเจน ถูกต้อง และน่าเชื่อถือ และน้อยที่สุด คือความเร็วในการโหลดข้อมูลหรือภาพ

### 1.3 สื่อบุคคล

มีความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อบุคคลโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า สื่อบุคคลมีความสุภาพ กิริยามารยาทของพนักงาน ลูกค้าพึงพอใจมากที่สุด รองลงมา คือ ความเอาใจใส่ กระตือรือร้นและความเต็มใจให้บริการและความเหมาะสมในการแต่งกายและบุคลิกภาพที่ดี และน้อยที่สุด คือ พนักงานมีเพียงพอต่อการให้บริการ

2. ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจในสื่อประชาสัมพันธ์ของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ ตามลักษณะประชากรที่แตกต่างกัน พบว่า

2.1 เพศ พบว่า ลูกค้าที่มีเพศแตกต่างกัน ความพึงพอใจที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ โดยรวมไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2.2 อายุพบว่า ลูกค้าที่มีอายุแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อพิจารณาเป็นรายประเภทของสื่อประชาสัมพันธ์ พบว่า ลูกค้ามีความพึงพอใจในสื่อโทรทัศน์และสื่อบุคคล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นด้านสื่ออินเทอร์เน็ต ลูกค้ามีความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในแต่ละประเภทของสื่อ จำแนกตามอายุ พบว่า โดยภาพรวมสื่อโทรทัศน์ และสื่อบุคคลลูกค้าที่มีอายุแตกต่างกัน พบว่า กลุ่มอายุระหว่าง 21 – 30 ปี กับกลุ่มอายุระหว่าง 41 – 50 ปี 51 ปีขึ้นไป มีความพึงพอใจในสื่อโทรทัศน์ และสื่อบุคคลมากกว่ากลุ่มอายุ 31 – 40 ปี

2.3 สถานภาพ พบว่า ลูกค้าที่มีสถานภาพแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อพิจารณาเป็นรายประเภทของสื่อประชาสัมพันธ์ พบว่า ลูกค้ามีความพึงพอใจในสื่อโทรทัศน์และสื่ออินเทอร์เน็ต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นสื่อบุคคล ลูกค้ามีความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในแต่ละสื่อ พบว่า ลูกค้ากลุ่มสถานภาพโสด มี

ความพึงพอใจในสื่อโทรทัศน์มากกว่า กลุ่มสถานภาพสมรส และกลุ่มสถานภาพฝ่าย สื่ออินเทอร์เน็ต พบว่า ลูกค้ายุคกลุ่มสถานภาพโสด มีความพึงพอใจในสื่อโทรทัศน์มากกว่า กลุ่มสถานภาพหย่าร้าง กลุ่มสถานภาพฝ่าย กลุ่มสถานภาพสมรส มีความพึงพอใจในสื่อโทรทัศน์มากกว่า กลุ่มสถานภาพหย่าร้าง และสถานภาพฝ่าย สื่อบุคคล พบว่า ลูกค้ายุคที่มีสถานภาพแตกต่างกัน มีความพึงพอใจในสื่อบุคคล ไม่แตกต่างกัน

2.4 วุฒิการศึกษา พบว่า ลูกค้ายุคที่มีวุฒิการศึกษาแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อพิจารณาเป็นรายประเภทของสื่อประชาสัมพันธ์ พบว่า ลูกค้ายุคมีความพึงพอใจในสื่ออินเทอร์เน็ตและสื่อบุคคลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในแต่ละสื่อ พบว่า ลูกค้ายุคอนุปริญญา/ปวส. มีความพึงพอใจในสื่ออินเทอร์เน็ต น้อยกว่า กลุ่มมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. และกลุ่มน้อยกว่าปริญญาตรีกับกลุ่มปริญญาตรี มีความพึงพอใจในสื่ออินเทอร์เน็ตน้อยกว่า กลุ่มอนุปริญญา/ปวส. และสื่อบุคคล พบว่า ลูกค้ายุคอนุปริญญา/ปวส. มีความพึงพอใจในสื่อบุคคลมากกว่า กลุ่มมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. และกลุ่มที่สูงกว่าปริญญาตรีกับกลุ่มปริญญาตรีมีความพึงพอใจต่อสื่อบุคคลมากกว่ากลุ่มอนุปริญญา/ปวส.

2.5 อาชีพ พบว่า ลูกค้ายุคที่มีอาชีพแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อพิจารณาเป็นรายประเภทของสื่อประชาสัมพันธ์ พบว่า ลูกค้ายุคมีความพึงพอใจในสื่อโทรทัศน์ไม่มีความแตกต่างกันด้านวุฒิการศึกษา ด้านสื่ออินเทอร์เน็ต และสื่อบุคคล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในแต่ละสื่อ พบว่า กลุ่มนักเรียน/นักศึกษา กลุ่มประกอบอาชีพอิสระ สื่อบุคคล พบว่า กลุ่มเจ้าของกิจการ/ธุรกิจส่วนตัว มีความพึงพอใจในสื่ออินเทอร์เน็ตมากกว่า กลุ่มข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ กลุ่มเจ้าของกิจการ/ธุรกิจส่วนตัว กลุ่มแม่บ้าน และกลุ่มประกอบอาชีพอิสระ สื่อบุคคล พบว่า กลุ่มเจ้าของกิจการ/ธุรกิจส่วนตัวและกลุ่มแม่บ้าน มีความพึงพอใจในสื่อบุคคลมากกว่ากลุ่มนักเรียน/นักศึกษา

2.6 รายได้ต่อเดือน พบว่า ลูกค้ายุคที่มีรายได้ต่อเดือนแตกต่างกัน มีความพึงพอใจต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อพิจารณาเป็นรายประเภทของสื่อประชาสัมพันธ์ พบว่า ลูกค้ายุคมีความพึงพอใจในสื่ออินเทอร์เน็ต แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นสื่อโทรทัศน์และสื่อบุคคล ลูกค้ำมีความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในแต่ละสื่ออินเทอร์เน็ต พบว่า กลุ่มรายได้ต่อเดือน 20,001 – 30,000 บาท มีความพึงพอใจในสื่อโทรทัศน์ มากกว่ากลุ่มรายได้ต่อเดือน 10,001 – 20,000 บาท

### อภิปรายผลการทำวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเรื่องความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ มีประเด็นน่าสนใจที่จะนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. ความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสื่อประชาสัมพันธ์ของบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่

1.1 โทรทัศน์ ลูกค้ามีความพึงพอใจต่อสื่อโทรทัศน์ โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีความพึงพอใจมากที่สุด คือ สื่อโทรทัศน์มีความน่าสนใจและง่ายต่อการจดจำได้ดี ลูกค้าพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ โกวิท มหินชัย (2546) ที่ศึกษาเรื่องความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการด้านสื่อของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า ผลการศึกษาปัจจัยส่วนประกอบการตลาดบริการด้านการส่งเสริมตลาดมีความพึงพอใจในระดับมากได้แก่การโฆษณาผ่านสื่อโทรทัศน์

1.2 อินเทอร์เน็ต ลูกค้ามีความพึงพอใจต่อสื่ออินเทอร์เน็ต โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีความพึงพอใจมากที่สุด คือ หน้าโฮมเพจมีความสวยงามและเหมาะสม ทั้งนี้เป็นเพราะความน่าสนใจของอินเทอร์เน็ต ความสวยงามเป็นเสมือนแรงดึงดูดให้การสื่อสารเกิดขึ้นได้ง่ายรวมทั้งความเหมาะสมอยู่ในระดับที่ดี ง่ายต่อการใช้บริการ อีกทั้งความสำคัญของหน้าโฮมเพจจึงเป็นกุญแจสำคัญที่ลูกค้าจะช่วยกระจายข่าวสารและภาพลักษณ์ที่ดีของบริษัทได้ เพราะสามารถเข้าไปใช้บริการต่างๆของบริษัทได้ดีและมีความพึงพอใจในการใช้บริการด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิภา สุรังสิมส์กุล (2551) ซึ่งศึกษาเรื่องความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่าสาเหตุที่เลือกใช้บริการเพราะสะดวกในการติดต่อกับบริษัท สามารถใช้บริการได้ตลอด 24 ชั่วโมง ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางโดยในอนาคตผู้ใช้บริการคาดว่าจะมีปริมาณการใช้บริการที่มากขึ้นและจะแนะนำให้บุคคลที่รู้จักมาใช้บริการอย่างแน่นอน ยิ่งทำให้หน้าโฮมเพจที่มีอยู่ในปัจจุบันพัฒนาความสวยงามและเหมาะสมยิ่งขึ้นไป

1.3 บุคคล ลูกค้ามีความพึงพอใจต่อสื่อบุคคล โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่ลูกค้ามีความพึงพอใจมากที่สุด คือ มีความสุภาพ กิริยามารยาทของพนักงาน

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ โกวิท มหินชัย (2546) ที่ศึกษาเรื่อง ความพึงพอใจของลูกค้า ต่อการบริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) ผลการศึกษาปัจจัยส่วนประสมทาง การตลาดบริการ ด้านบุคลากรมีความพึงพอใจในระดับมาก ได้แก่ พนักงานให้บริการแก่ลูกค้า อย่างสม่ำเสมอ พนักงานมีบุคลิกภาพ กิริยา มารยาทดี ยิ้มแย้ม แจ่มใส พุดจาดี การแต่งกาย เหมาะสม พนักงานมีความน่าเชื่อถือ ดังนั้น ความสุภาพ กิริยามารยาทของพนักงาน จึงเป็นสิ่งที่ ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้เกิดความพึงพอใจกับลูกค้า

2. ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจในสื่อประชาสัมพันธ์ของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ จำแนกตาม เพศ อายุ สถานภาพ วุฒิการศึกษา อาชีพ และ รายได้ต่อเดือน โดยภาพรวมพบว่า แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณา รายด้าน พบว่ามีประเด็นที่น่าสนใจจะนำมาอภิปรายดังนี้

2.1 เพศ พบว่า ลูกค้าที่มีเพศต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจในสื่อประชาสัมพันธ์ ทุกประเภทไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะสาเหตุจากการที่ลูกค้ามีทางเลือกในการเลือกใช้สื่อที่ หลากหลาย และแต่ละสื่อสามารถเข้าถึงได้ทุกเพศ ไม่ว่าจะเพศชายหรือเพศหญิง ซึ่งสอดคล้อง กับงานวิจัยบางส่วนของ วันดี ภัคทีโต (2546) ที่ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมความพึงพอใจของ ลูกค้าต่อการบริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า ลูกค้าที่มีเพศ อายุ รายได้ ต่อเดือนที่แตกต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการของบริษัทไม่แตกต่างกัน

2.2 อายุ พบว่า ลูกค้าที่มีอายุต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจในสื่อประชาสัมพันธ์ โดยรวมแตกต่างกัน และมีผลต่อความพึงพอใจประเภทสื่อโทรทัศน์ สื่ออินเทอร์เน็ต และสื่อ บุคคล แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะอายุที่แตกต่างกัน สามารถรับรู้และเข้าใจได้ง่ายในการที่ เข้าถึงสื่อได้ง่ายกว่า หรือศึกษาได้รวดเร็วกว่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางส่วน ของ อัมภา แก้วคำฟู (2548) ได้ศึกษาเรื่อง การเปิดรับการใช้ประโยชน์และความพึงพอใจสื่อ ประชาสัมพันธ์ภายในของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า อายุจะมีการเปิดรับ ประเภทข่าวสารทั้งที่แตกต่างและไม่แตกต่างกัน แต่สำหรับสื่อบุคคล ลูกค้าที่มีอายุแตกต่าง กัน มีผลต่อความพึงพอใจในสื่อบุคคล ไม่แตกต่างกัน

2.3 สถานภาพ พบว่า ลูกค้าที่มีสถานภาพต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจในสื่อ ประชาสัมพันธ์ โดยรวมแตกต่างกัน และมีผลต่อความพึงพอใจประเภทสื่อโทรทัศน์ สื่อ อินเทอร์เน็ต แตกต่างกัน ยกเว้นสื่อบุคคล มีผลต่อความพึงพอใจไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจมี สาเหตุมาจากสถานภาพที่ต่างกันมีกระบวนการตัดสินใจในการเลือกสื่อเฉพาะและมีเวลา ในการใช้สื่อต่างกัน ยกเว้นสื่อบุคคล ที่สามารถเข้าถึงโดยกระบวนการมีส่วนร่วมจึงไม่มีความสำคัญในเรื่องการตัดสินใจที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางส่วน ของ วันดี ภัคทีโต

(2546) ได้ศึกษาเรื่องพฤติกรรมและความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า ลูกค้าที่มีระดับการศึกษา และสถานภาพที่แตกต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) แตกต่างกัน

2.4 วุฒิกการศึกษา พบว่า ลูกค้าที่มีวุฒิกการศึกษาต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจในสื่อประชาสัมพันธ์ โดยรวมแตกต่างกัน และมีผลต่อความพึงพอใจประเภทสื่ออินเทอร์เน็ต สื่อบุคคล แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากระดับการศึกษาที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางส่วนของ วันดี ภัคดิโต (2546) ได้ศึกษาเรื่องพฤติกรรมและความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า ลูกค้าที่มีระดับการศึกษา และสถานภาพที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) แตกต่างกัน

2.5 อาชีพ พบว่า ลูกค้าที่มีอาชีพต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจในสื่อประชาสัมพันธ์ โดยรวมแตกต่างกัน และมีผลต่อความพึงพอใจประเภทโทรทัศน์ ไม่แตกต่างกัน สื่ออินเทอร์เน็ต สื่อบุคคล แตกต่างกัน อาจมีสาเหตุมาจากอาชีพที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางส่วนของ วันดี ภัคดิโต (2546) ได้ศึกษาเรื่อง ความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า กลุ่มอาชีพต่างกัน มีระดับความพึงพอใจของลูกค้าต่อการให้บริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) แตกต่างกัน

2.6 รายได้ต่อเดือน พบว่า ลูกค้าที่มีรายได้ต่อเดือนต่างกัน มีผลต่อความพึงพอใจในสื่อประชาสัมพันธ์ โดยรวมแตกต่างกัน และมีผลต่อความพึงพอใจประเภทโทรทัศน์และสื่อบุคคล ไม่แตกต่างกัน และสื่ออินเทอร์เน็ต แตกต่างกัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากรายได้ที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางส่วนของ วันดี ภัคดิโต (2546) ได้ศึกษาเรื่อง ความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า ลูกค้าที่มีเพศ รายได้ต่อเดือน และความถี่ในการใช้บริการมีระดับความพึงพอใจแตกต่างกัน

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. สื่อโทรทัศน์ ความเหมาะสมของช่วงเวลาที่เหมาะสมกับกลุ่มบุคคลโดยเฉพาะกลุ่มอายุที่ต่ำกว่า 41 ปี บริษัทควรนำเสนอตามความเหมาะสมของช่วงเวลาในการประชาสัมพันธ์ให้มีระยะเวลาการนำเสนอมากกว่านี้ ซึ่งจะทำให้น้ือหาการนำเสนอมีมากขึ้นตามไปด้วย ตลอดจนการประชาสัมพันธ์ทางโทรทัศน์ยังน้อยเกินไปและไม่ค่อยหลากหลายรวมทั้งเพิ่มช่วงเวลาและความถี่ในการเผยแพร่ด้วยเพื่อเข้าถึงกลุ่มลูกค้าทุกประเภท

2. อินเทอร์เน็ต ทุกกลุ่มอาชีพยกเว้นเจ้าของกิจการ/ธุรกิจส่วนตัวและแม่บ้าน ที่ การเข้าถึงอินเทอร์เน็ตยังคงค่อนข้างน้อย ซึ่งกลุ่มนักเรียน/นักศึกษา หรือกลุ่มข้าราชการ/ พนักงานรัฐวิสาหกิจ จะมีความพึงพอใจในอินเทอร์เน็ตมากกว่า บริษัทควรใช้ข้อมูลที่ทันสมัย และทันต่อความต้องการของลูกค้า และความเร็วในการโหลดข้อมูลหรือภาพให้มีการ ประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว

3. สื่อบุคคล บริษัทควรมีการจัดให้มีพนักงานที่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า หรือจำนวนของลูกค้าที่มาใช้บริการที่บริษัท

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. มีการกำหนดทิศทางการแก้ไขเพื่อให้สื่อประชาสัมพันธ์มีบทบาทและเข้าถึงกลุ่ม ลูกค้าได้มากยิ่งขึ้น ตลอดจนบริษัทจะได้พัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ควรศึกษาเชิงสัมพันธ์กับกลุ่มของลูกค้าโดยตรงทุกครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลจริงใน การเข้าถึงสื่อให้เห็นถึงปัญหา อุปสรรค และความต้องการของลูกค้า เพื่อให้มีการพัฒนาไป ยังทิศทางที่ชัดเจนสามารถใช้บริการได้จริง แม่นยำ ไม่มีความซับซ้อน ซึ่งจะส่งผลดีต่อความพึงพอใจของลูกค้าในอนาคตต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- โกวิท มหินชัย. 2546. ความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการด้านสินเชื่อของ ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) สาขาสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญา บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- ปริญานุช อิงคเวทย์. 2554. การใช้สื่อมวลชนและการแพร่กระจายข่าวสารของพนักงาน บริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) ที่มีช่วงเวลาการทำงานแบบหมุนเวียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาสื่อสารมวลชน. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- พรทิพย์ พิมลสินธุ์. 2547. หน่วยที่ 12 สื่อประชาสัมพันธ์. ในเอกสารการสอนชุดวิชา หลักการโฆษณาและการประชาสัมพันธ์. พิมพ์ครั้งที่ 7. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.
- พีระ จีโรโสภณ. 2546. หน่วยที่ 11 การเลือกสรรและแสวงหาข่าวสาร ใน เอกสารการสอนชุด วิชาหลักและทฤษฎีการสื่อสาร. พิมพ์ครั้งที่ 20. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วันดี ภัคดีโต. 2546. พฤติกรรมและความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการของธนาคาร  
กรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) ในห้างสรรพสินค้า ในเขตกรุงเทพมหานครและ  
ปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการตลาด  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ.

สุวิภา สุรังสิมส์กุล 2551 ความหมายของความพึงพอใจ [ออนไลน์].

สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2560.

<https://www.gotoknow.org/posts/492000%20ทฤษฎี>.

อำภา แก้วคำฟู. 2558. การเปิดรับ การใช้ประโยชน์และความพึงพอใจสื่อประชาสัมพันธ์  
ภายในของพนักงานบริษัท กฟผ.จำกัด (มหาชน). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทเศรษฐศาสตร์  
มหาบัณฑิต สาขาวิชานิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

Dennis L. Wilcox, Glen T. Cameron, Philip H. Ault & Warren K. Agee. 2003.

Public relations strategies and tactics. USA: Pearson Education



ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงานการเงิน บัญชี  
และพัสดุ ของมหาวิทยาลัยนครพนม

Job Satisfaction of Support Personnel at Financial, Accounting and  
Procurement Personnel Work of Nakhon Phanom University

ดํารงศักดิ์ ฤทธิงาม\* ผกามาต นาคพงษ์ และ วิไลวรรณ ไตรยราช

Dumrongsak Ritngam\*, Phakamat Nakpong, and Wilaiwan Taiyarach

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม

Research and Development Institute Nakhon Phanom University

\* Corresponding author: dumrongsak.o@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความพึงพอใจในด้านปัจจัยจูงใจ ความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน สภาพปัญหาและแนวทางแก้ไขการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงาน การเงิน บัญชี และพัสดุ ของมหาวิทยาลัยนครพนม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนพัฒนาองค์กร โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ กลุ่มประชากรที่ปฏิบัติงานการเงิน บัญชี พักตร์ จำนวน 67 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อหา และใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล พบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ระดับมากที่สุด 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความสำเร็จในการทำงาน ด้านการได้รับการยอมรับนับถือ ด้านลักษณะของงานที่ปฏิบัติ ด้านความรับผิดชอบ และความก้าวหน้าในงาน และพบว่าแนวทางการแก้ปัญหาด้านการรับเงินควรมีการจัดทำรายงานคงเหลือประจำวัน แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าการปฏิบัติงานด้านการนำเงินส่งคลังและฝากคลังพบว่าควรมีการจัดเก็บและนำส่งเงินทุกครั้ง แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าการปฏิบัติงานด้านการเก็บรักษาเงิน พบว่าการเก็บรักษาเงินไว้ในตู้নিরภัย แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าการปฏิบัติงานด้านการเงินพบว่าควรตรวจสอบใบสำคัญประกอบการเบิกจ่ายก่อนอนุมัติส่งจ่าย แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าการปฏิบัติงานด้านการเบิกจ่ายเงินยืมพบว่าสัญญาอนุมัติเงินต้องได้รับการอนุมัติโดยผู้อำนาจตามระเบียบของส่วนราชการ แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าการปฏิบัติงานด้านจัดซื้อจัดจ้างพบว่าการจัดซื้อจัดจ้างต้องดำเนินการขออนุมัติจากหัวหน้าส่วนราชการก่อนทุกครั้ง แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าการปฏิบัติงานด้านการควบคุมและการจำหน่ายพัสดุพบว่าการจัดทำทะเบียนคุมพัสดุให้เป็นปัจจุบันและการจัดอบรมให้กับเจ้าหน้าที่ให้มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงาน

โดยบุคลากรต้องการสวัสดิการ และการจัดฝึกอบรมในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง

**คำสำคัญ:** ความพึงพอใจ สวัสดิการ การเงิน บัญชีและพัสดุ

### Abstract

The objective of study was to analyze the level Job satisfaction of support personnel at financial, accounting and procurement personnel work of Nakhon Phanom University. The sample size study were 67 financial and procurement personnel. All completed questionnaire was collected to analyze data equal to 100%. The statistic methods user was frequency, percentage, mean, standard deviation. The results of research were as follows. Motivation Satisfaction of financial and procurement personnel was at the high level as a whole and form each aspect. Include Performance success, Acceptance, Job description, Responsibility, Career path. The problem of financial, accounting and procurement personnel has receiving and transfer money is late, Document Inspection according to regulations. Moreover, the suggestion is social welfare and on the job training for personnel worker.

**Keywords:** Satisfaction, Welfare, Financial, Accounting and Procurement Personnel

### บทนำ

การบริหารงานในองค์กรปัจจุบันให้ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายไม่ว่าจะเป็นองค์กรโดยย่อต้องอาศัยทรัพยากรในการบริหารงานหลายประการด้วยกัน หลักการจัดการทรัพยากรพื้นฐาน ที่เรียกกันว่า 4 M ได้แก่บุคลากร (man) เงินทุน (money) วัสดุดิบ (material) และวิธีการจัดการ (Method) แต่ปัจจัยหลักในการปฏิบัติงานในประสบผลสำเร็จคือ ทรัพยากรบุคคล ปัจจัยด้านบุคลากร (ประพันธ์, 2542) ได้รับการพิจารณาว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่จะทำให้องค์กรหน่วยงานประสบผลสำเร็จได้ ซึ่งเป็น ดังนั้น หากหน่วยงานใดมีบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถและมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ย่อมส่งผลให้งานของหน่วยงานนั้นมีปริมาณและคุณภาพดีตามไปด้วย อย่างไรก็ตามความรู้ความสามารถของบุคลากรเพียงอย่างเดียวก็ไม่อาจทำให้หน่วยงานประสบความสำเร็จได้ หากบุคลากรของหน่วยงานนั้นไม่มี

ความตั้งใจและเต็มใจในการปฏิบัติงานอย่างเต็มความสามารถ การที่บุคคลจะปฏิบัติงานอย่างเต็มความสามารถจนก่อให้เกิดผลดีได้นั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งคือการมีความสุขและความพึงพอใจในการปฏิบัติงานที่มีต่อองค์กรนั้นๆ การจูงใจคนในการทำงานกับองค์กร ต้องคำนึงถึงความรู้ ความสามารถอย่างเดียวนั้นไม่ได้ หากแต่ต้องยึดเอาความพึงพอใจของการปฏิบัติงานนั้นๆ เป็นสำคัญ เพราะความพึงพอใจต่อการทำงานมีผลต่อความสำเร็จขององค์กรนั้นๆ ด้วยความรู้สึกรัก ของบุคคลที่มีต่องานและการทำงานนั้น ถ้าบุคคลมีความรู้สึกพร้อมจะเสียสละ ทุกอย่าง อุทิศ แรงกาย แรงใจ และสติปัญญาให้แก่งาน และทางตรงกันข้ามถ้าบุคคลมีความรู้สึกไม่ พึงพอใจต่องาน ก็จะไม่กระตือรือร้นในการทำงาน เพียงทำงานตามหน้าที่ให้เสร็จไปในแต่ละวันเท่านั้น ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานเป็นความรู้สึกรวมของบุคคลในทางบวกเป็นความสุขของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน และได้รับผลตอบแทน ความพึงพอใจ ทำให้บุคคลกระตือรือร้นในการทำงาน ที่มีความมุ่งมั่นมีขวัญและกำลังใจ สิ่งเหล่านี้ ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพ ประสิทธิผลของการปฏิบัติงาน และส่งผลต่อความสำเร็จเป็นไปตามเป้าหมายขององค์กร (สุนทร, 2551) ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานพัสดุของหน่วยงานการศึกษา ระดับอุดมศึกษาไว้ได้แก่ ปัญหา นโยบาย และทิศทางการบริหารพัสดุ ปัญหาโครงสร้าง หน่วยงานพัสดุ ปัญหาด้านบุคลากร ปัญหาเกี่ยวกับกฎระเบียบและมาตรฐานกลาง ปัญหาเกี่ยวกับการบริหารพัสดุของแต่ละหน่วยงาน และปัญหาเกี่ยวกับฐานข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ (สมาคมนักบริหารพัสดุแห่งประเทศไทย, 2545) มหาวิทยาลัยนครพนมจัดตั้งตามพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยนครพนม พ.ศ. 2548 มีบุคลากรปฏิบัติงานในหลายลักษณะ ความแตกต่างกันในแต่ละงานความรับผิดชอบ ทำให้โอกาสความก้าวหน้าในอาชีพการงานแตกต่างกัน ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานซึ่งตระหนักถึงความสำคัญบุคลากรกลุ่มดังกล่าว มาเปลี่ยนแปลงบ่อยทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการปฏิบัติงาน และถ้าขาดความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานจะส่งผลกระทบต่อการทำงาน ขาดแรงจูงใจทำให้เกิดผลต่อการปฏิบัติงานมีความแตกต่างกัน ดังที่กล่าวมาจึงมีวัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรมหาวิทยาลัยนครพนม โดยแบ่งเป็น บุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านการเงิน บัญชี พัสดุ และศึกษาสภาพปัญหาและ แนวทางการปฏิบัติงานการเงิน บัญชี พัสดุที่มีประสิทธิภาพ

## วิธีการศึกษา

### ประชากรในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้ปฏิบัติงานงานเงิน บัญชี พัสดุ จำนวน 67 คน จาก 17 หน่วยงาน

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** ได้แก่ แบบสอบถาม (questionnaires) โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล จำแนกตามเพศ อายุ วุฒิการศึกษา สถานภาพ ประสบการณ์ทำงาน หน่วยงานที่สังกัด

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจในด้านปัจจัยจูงใจ และความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงาน การเงิน บัญชี และพัสดุ ของมหาวิทยาลัยนครพนม

ตอนที่ 3 สภาพปัญหา และแนวทางแก้ไขการปฏิบัติงานด้านการเงิน บัญชี และพัสดุ

ตอนที่ 4 ข้อมูลแนวทางการแก้ไขปัญหาของการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงาน การเงิน บัญชี และพัสดุ ของมหาวิทยาลัยนครพนม

### การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) อธิบายถึงข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้โดยนำเสนอเป็นตารางแจกแจงความถี่ (Frequency) อัตราร้อยละ (Percentage) โดยแสดงเป็นตารางและอธิบายเชิงพรรณนาประกอบ

## ผลการศึกษา

### ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 58 คน (ร้อยละ 86.6) อายุระหว่าง 26-35 ปี จำนวน 36 คน (ร้อยละ 53.7) มีวุฒิการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 55 คน (ร้อยละ 82.1) สถานภาพเป็นพนักงานมหาวิทยาลัย 43 คน (ร้อยละ 64.2) และมีประสบการณ์การทำงานระหว่าง 6-10 ปี จำนวน 26 คน (ร้อยละ 38.8)

### ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจในด้านปัจจัยจูงใจ และความพึงพอใจในการปฏิบัติงาน

ด้านความสำเร็จของงาน พบว่ามีระดับความพึงพอใจด้านความสำเร็จของงาน โดยรวมอยู่ในระดับมาก  $\bar{x} = 4.10$  ด้านการยอมรับนับถือ พบว่ามีระดับความพึงพอใจด้านการยอมรับนับถือ โดยรวมอยู่ในระดับมาก  $\bar{x} = 4.03$  ด้านลักษณะงานที่ปฏิบัติปฏิบัติ

โดยรวมอยู่ในระดับมาก  $\bar{X} = 3.91$  ด้านความก้าวหน้าในหน้าที่การงานอยู่ในระดับมาก  $\bar{X} = 3.59$  ด้านนโยบายการบริหารโดยรวมอยู่ในระดับมาก  $\bar{X} = 3.80$  ด้านสถานภาพการทำงานสวัสดิการอยู่ในระดับมาก  $\bar{X} = 3.60$

**ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสภาพปัญหา และแนวทางแก้ไขการปฏิบัติงาน**  
ด้านการรับเงินปัญหาด้านการปฏิบัติงานด้านการรับเงินอยู่ในระดับน้อยที่สุด

$\bar{X} = 1.41$  ด้านการนำส่งคลังและฝากคลัง พบว่าพบปัญหาด้านการปฏิบัติงานด้านการนำเงินส่งคลังและฝากคลังอยู่ในระดับน้อยที่สุด  $\bar{X} = 1.49$  ด้านการเก็บรักษาเงิน พบว่าปัญหาด้านการปฏิบัติงานด้านการเก็บรักษาเงินอยู่ในระดับน้อยที่สุด  $\bar{X} = 1.25$  ด้านการจ่ายเงิน พบว่าปัญหาด้านการปฏิบัติงานด้านการจ่ายเงินอยู่ในระดับน้อยที่สุด  $\bar{X} = 1.44$  ด้านการเบิกจ่ายเงินยืมพบปัญหาด้านการปฏิบัติงานด้านการเบิกจ่ายจ่ายเงินยืมอยู่ในระดับน้อยที่สุด  $\bar{X} = 1.73$  ด้านการจัดซื้อจัดจ้างพบปัญหาด้านการปฏิบัติงานด้านการจัดซื้อจัดจ้างอยู่ในระดับน้อยที่สุด  $\bar{X} = 1.61$  ด้านการควบคุมและจำหน่ายพัสดุ พบว่าปัญหาด้านการปฏิบัติงานด้านการควบคุมและการจำหน่ายพัสดุอยู่ในระดับน้อยที่สุด  $\bar{X} = 1.84$

**ตอนที่ 4 ข้อมูลแนวทางการแก้ไขปัญหาของการปฏิบัติงานงานการรับเงิน**

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นว่าแนวทางแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการรับเงินให้ความสำคัญกับการจัดทำรายงานเงินคงเหลือประจำวัน จำนวน 51 คน (ร้อยละ 76.1) แนวทางแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านนำเงินส่งคลังและฝากคลังให้ความสำคัญกับการจัดเก็บและนำส่งเงินทุกครั้ง จำนวน 48 คน (ร้อยละ 71.6) แนวทางแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการเก็บรักษาเงินให้ความสำคัญกับการเก็บรักษาเงินสดไว้ในตู้নিরภัย จำนวน 31 คน (เป็นร้อยละ 46.3) แนวทางแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการจ่ายเงินพบว่าให้ความสำคัญกับการตรวจสอบใบสำคัญประกอบการเบิกจ่ายก่อนอนุมัติสั่งจ่าย จำนวน 49 คน (ร้อยละ 73.1) แนวทางแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการเบิกจ่ายเงินยืมให้ความสำคัญกับการสัญญาเงินยืมต้องได้รับการอนุมัติโดยผู้มีอำนาจตามระเบียบของส่วนราชการ จำนวน 49 คน (ร้อยละ 73.1) แนวทางแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการจัดซื้อจัดจ้างให้ความสำคัญกับการการจัดซื้อจัดจ้างต้องดำเนินการขออนุมัติจากหัวหน้าส่วนราชการก่อนทุกครั้ง จำนวน 49 คน (ร้อยละ 73.1) แนวทางแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการควบคุมและการจำหน่ายพัสดุให้ความสำคัญกับการจัดทำทะเบียนคุมพัสดุให้เป็นปัจจุบัน และจัดอบรมให้กับเจ้าหน้าที่ให้มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงาน จำนวน 21 คน (ร้อยละ 31.3)

## สรุป

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรมหาวิทยาลัยนครพนม ที่ปฏิบัติงานด้านการเงิน บัญชี พัสดุ สุภาพปัญหาและ แนวทางการปฏิบัติงานการเงิน บัญชี พัสดุที่มีประสิทธิภาพ ความพึงพอใจในด้านปัจจัยจูงใจ และความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงาน การเงิน บัญชี และพัสดุ ของมหาวิทยาลัยนครพนมอยู่ในระดับมาก ด้านผลการศึกษาสภาพปัญหา และแนวทางแก้ไขการปฏิบัติงานด้านการเงิน บัญชี และพัสดุ ของบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงาน การเงิน บัญชี และพัสดุ ของมหาวิทยาลัยนครพนม อยู่ในระดับน้อยที่สุด ส่วนข้อมูลแนวทางการแก้ไขปัญหาของการปฏิบัติงานของบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงาน การเงิน บัญชี และพัสดุ ของมหาวิทยาลัยนครพนม พบว่าแนวทางการแก้ปัญหาด้านการรับเงินควรมีการจัดทำรายงานคงเหลือประจำวัน คิดเป็นร้อยละ 76.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการนำเงินส่งคลังและฝากคลังพบว่ามีการจัดเก็บและส่งเงินทุกครั้ง คิดเป็นร้อยละ 71.6 แนวทางการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการเก็บรักษาเงินพบว่าการเก็บรักษาเงินไว้ในตู้นิรภัยคิดเป็นร้อยละ 46.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการเงินพบว่าควรตรวจสอบใบสำคัญประกอบการเบิกจ่ายก่อนอนุมัติส่งจ่าย คิดเป็นร้อยละ 73.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการเบิกจ่ายเงินยืมพบว่าสัญญายืมเงินต้องได้รับการอนุมัติโดยผู้อำนาจตามระเบียบของส่วนราชการ คิดเป็นร้อยละ 73.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านจัดซื้อจัดจ้างพบว่าการจัดซื้อจัดจ้างต้องดำเนินการขออนุมัติจากหัวหน้าส่วนราชการก่อนทุกครั้ง คิดเป็นร้อยละ 73.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานด้านการควบคุมและการจำหน่ายพัสดุพบว่าการจัดทำทะเบียนคุมพัสดุให้เป็นปัจจุบันและการจัดอบรมให้กับเจ้าหน้าที่ให้มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานมีระดับเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 31.3

## เอกสารอ้างอิง

ประพันธ์ สุริหาร, 2542, ศัพท์ทางการบริหาร,ขอนแก่น, คลังนานาวิทยา  
สมาคมนักบริหารพัสดุแห่งประเทศไทย, 2545, ครอบรอบนักบริหารพัสดุแห่งประเทศไทย,  
ศูนย์ผลิตเอกสารเผยแพร่ สำนักประชาสัมพันธ์ กรมประชาสัมพันธ์  
สุนทร เพ็ชรพราว, 2551, ความพึงพอใจของครูต่อการบริหารงานของผู้บริหารโรงเรียน  
สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจันทบุรี เขต 1, งานนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต,  
มหาวิทยาลัยบูรพา

การบริหารวิสาหกิจชุมชน (กลุ่มกาแฟ) ในจังหวัดชุมพรที่สัมพันธ์กับผลลัพธ์การดำเนินงาน  
The Management Function of Small and Micro Community Enterprises  
(Coffee Groups) in Chumphon Province Relates to the Operation Results

กิตติเดช บุษราคม\* และ เพ็ชรภรณ์ ชัชวาลชาวนชานกิจ

Kittidach Budsaracome\* and Petcharaporn Chatchawanchanchanakij

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus,  
Chumphon Province

\* Corresponding author: kittidach.budsaracome@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ มีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาการบริหารวิสาหกิจชุมชน กลุ่มกาแฟในจังหวัดชุมพร 2) ศึกษาผลลัพธ์การดำเนินงานของกลุ่ม 3) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารกลุ่มกับผลลัพธ์การดำเนินงาน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟเขาทะเลและบ้านถ้ำสิงห์ จำนวน 302 ตัวอย่าง ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างเป็นระบบ เครื่องมือใช้แบบสอบถาม ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนสถิติเชิงพรรณนาได้แก่ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation) ผลการศึกษา พบว่า 1) ผลการศึกษาการบริหารกลุ่มพบว่าการบริหารด้านการวางแผนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านการประสานงาน ด้านการจัดการองค์การ ด้านการควบคุมและด้านการบังคับบัญชาสั่งการ ตามลำดับ 2) ผลการศึกษาผลลัพธ์การดำเนินงานพบว่าผลลัพธ์ด้านคุณภาพสินค้าหรือบริการ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือด้านการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน ด้านประสิทธิภาพของการดำเนินงานและด้านผลลัพธ์ตามภารกิจของวิสาหกิจชุมชน ตามลำดับ และ 3) การบริหารกลุ่ม พบว่ามีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์การดำเนินงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกด้าน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.801 – 0.772 เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่าการบริหารด้านการบังคับบัญชาสั่งการมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์การดำเนินงานมากที่สุด ( $r=.801$ ) รองลงมาคือด้านการควบคุม ( $r=0.787$ ) และด้านการจัดการองค์การ ( $r=.783$ )

คำสำคัญ: วิสาหกิจชุมชน การบริหาร กลุ่มกาแฟ

## Abstract

This is quantitative research techniques which is aimed 1) to study the management function of small and micro community enterprises or SMCEs (coffee groups) in Chumphon Province 2) to study the operation results of SMCEs (coffee groups) in Chumphon Province 3) to analyze the relationship between the management of SMCEs (coffee groups) in Chumphon Province and the operation results. The quantitative data were collected systematically from 302 samples from members of Khao Thalu and Ban Thamsing SMCEs (coffee groups). The research instrument was a questionnaire, by using arithmetic mean, standard deviation and Pearson Product Moment correlation analysis. The result showed that 1) the factor of planning was the most average in the management function of SMCEs (coffee groups) in Chumphon Province, followed by organization, coordinating, controlling and commanding respectively. 2) the factor of service quality result was the most average in the operation results, followed by the factors of developing result, performance results of operations and SMCEs mission result respectively. And 3) the management of the group was significantly correlated with the operation results at the 0.01 level on all aspects. The correlation coefficient was 0.801 – 0.772. When considering in detail, factor of commanding was the most relevant to the operation results ( $r = .801$ ), followed by factor of control ( $r = 0.787$ ) and factor of organizational management ( $r = .783$ ) respectively.

**Keywords:** Small and micro community enterprises, Management function,  
Coffee groups

## บทนำ

วิสาหกิจชุมชนเป็นองค์การที่จัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 เพื่อช่วยฟื้นฟูประเทศจากวิกฤตเศรษฐกิจต้มยำกุ้งในปีพ.ศ. 2540 โดยเน้นให้คนในชุมชนรวมกลุ่มกัน โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและทรัพยากรในชุมชน มีการพึ่งตนเองและความพอเพียง มีการสร้างรากฐานที่มั่นคงในกลุ่ม (จินตนา กาญจนวิสุทธ์. 2558)



จังหวัดชุมพรเป็นจังหวัดที่มีศักยภาพในการผลิตกาแฟได้ประมาณร้อยละ 60 ของผลผลิตกาแฟทั้งประเทศหรือประมาณ 24,000 ตันต่อปี (สำนักงานเกษตรชุมพร. 2559) และมีการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 พบว่าวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟจากเขาทะเลและบ้านถ้ำสิงห์เป็นกลุ่มที่มีความเข้มแข็งและสินค้าของกลุ่มได้รับการคัดสรรเป็นสินค้าโอท็อปใน 5 ดาว เมื่อปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2553 ตามลำดับ (กองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน. 2558)

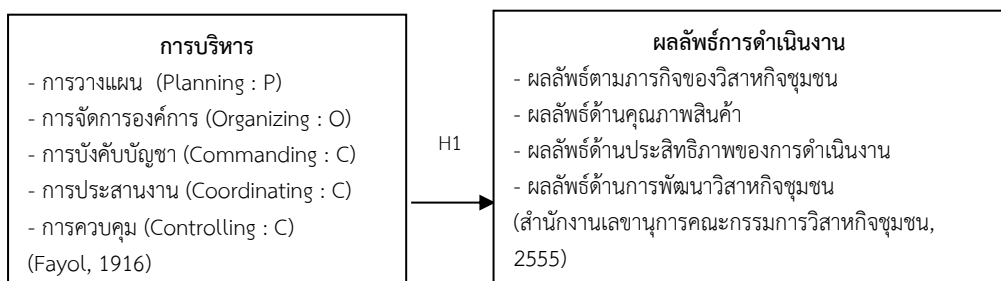
ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการบริหารวิสาหกิจชุมชน (กลุ่มกาแฟ) ในจังหวัดชุมพรที่สัมพันธ์กับผลลัพธ์การดำเนินงาน ซึ่งผลการวิจัยสามารถนำไปเป็นแนวทางแก่วิสาหกิจชุมชนอื่นเพื่อให้ผลบรรลุเป้าหมายของวิสาหกิจชุมชนที่ให้เป็นหน่วยธุรกิจที่เป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจชาติต่อไป

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการบริหารวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟในจังหวัดชุมพร
2. เพื่อศึกษาผลลัพธ์การดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟในจังหวัดชุมพร
3. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟในจังหวัดชุมพรกับผลลัพธ์การดำเนินงาน

### กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้อาศัยแนวคิดการบริหารของ Fayol (1916) และผลลัพธ์การดำเนินงานของสำนักงานเลขานุการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน (2555) มากำหนดเป็นกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

## แนวคิดและทฤษฎีในการวิจัย

### การบริหาร

เฮนรี ฟาโยล (Henri Fayol) บิดาของทฤษฎีการจัดการปฏิบัติการ (Operational Management Theory) ได้สร้างทฤษฎีการบริหารจัดการ โดยมีหลักการบริหาร (Management Function) 5 ประการ และหลักการจัดการ (Management Principles) 14 ข้อ จากแนวคิดนี้ผู้วิจัยจึงเลือกเอาหลักการบริหาร 5 ข้อ ของฟาโยล มาใช้กับการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่ามีความเหมาะสมและเป็นสากล ดังมีรายละเอียดดังนี้

1) การวางแผน (Planning) คือ การวางแผนอย่างกว้างๆ การเลือกวิธีทำงานเพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมายขององค์การโดยกำหนดความสำเร็จขององค์การในระยะใกล้และไกล

2) การจัดการองค์การ (Organizing) คือการนำแผนมากำหนดหน้าที่บุคลากรในองค์การเพื่อไปปฏิบัติให้สำเร็จตามเป้าหมาย และนำไปสู่ความสำเร็จขององค์การ

3) การบังคับบัญชา (Commanding) หมายถึงการจูงใจ การสั่งการงาน สื่อสาร เพื่อให้องค์การบรรลุวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ตามแผนงานที่วางไว้

4) การประสานงาน (Coordinating) หมายถึงการปรึกษาพูดคุยกัน ร่วมกันแก้ปัญหาขององค์การ ใช้ทักษะของแต่ละคนร่วมกันประสานงานเพื่อให้องค์การดำเนินงานสู่เป้าหมายที่วางไว้

5) การควบคุม (Controlling) หมายถึง หน้าที่ของผู้บริหารในการรวบรวมข้อมูล การวัดผลการทำงาน ให้ได้ผลตามมาตรฐานต่างๆ ที่องค์การกำหนดไว้

### ผลลัพธ์การดำเนินงาน

สำหรับการประเมินผลลัพธ์การดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟในจังหวัดชุมพร ผู้วิจัยได้นำหลักการประเมินผลลัพธ์ที่จัดทำขึ้นโดยสำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน (2555) ดังมีรายละเอียด ดังนี้

1) ด้านประสิทธิผล เป็นการประเมินผลสำเร็จตามเป้าหมายของวิสาหกิจชุมชนในเรื่องการลดรายจ่าย การเพิ่มรายได้ การมีคุณภาพชีวิตที่ดีและพึ่งตนเองได้

2) ด้านคุณภาพสินค้าและบริการ เป็นการประเมินผลสำเร็จของสินค้าและบริการของกลุ่ม โดยประเมินเรื่องคุณภาพของสินค้า ความมีเอกลักษณ์ หรือความโดดเด่นของสินค้าและบริการ

3) ด้านประสิทธิภาพของการดำเนินงาน เป็นการประเมินผลสำเร็จหรือประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและการให้บริการ โดยพิจารณาในเรื่องการลดต้นทุนการผลิต/บริการ การลดการสูญเสีย การควบคุมคุณภาพในแต่ละขั้นตอนการผลิต และ

4) ด้านการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน เป็นการประเมินผลจากการดำเนินงานโดยพิจารณาในเรื่องความสำเร็จของแผนและการเพิ่มศักยภาพความสามารถของสมาชิกและความพึงพอใจของสมาชิก

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ประชากรที่ใช้คือ สมาชิกวิสาหกิจชุมชน กลุ่มกาแฟเขาทะลุและกลุ่มบ้านถ้ำสิงห์ รวมกันจำนวน 1,365 คน คำนวนจาก Krejcie & Morgan (1970) ได้ขนาดตัวอย่างทั้งสิ้น 302 ตัวอย่าง การหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย หาค่าความตรง (Validity) ด้วยเทคนิค IOC โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน และหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามใช้วิธี Alpha Coefficient ของ Cronbach ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.923 โดยสถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายการบริหารกลุ่มและผลลัพธ์การดำเนินงาน สำหรับการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) และใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation)

### ผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบตารางพร้อมคำบรรยายโดยมีรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 1** ผลการศึกษาการบริหารวิสาหกิจชุมชน (n=302)

การบริหารวิสาหกิจชุมชน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล	ลำดับที่
1. ปัจจัยด้านการวางแผน	4.04	.775	มาก	1
2. ปัจจัยด้านการจัดการองค์การ	4.01	.784	มาก	2
3. ปัจจัยด้านการบังคับบัญชา	3.94	.877	มาก	4
4. ปัจจัยด้านการประสานงาน	4.01	.753	มาก	2
5. ปัจจัยด้านการควบคุม	3.99	.768	มาก	3

ผลการศึกษาการบริหารกลุ่มพบว่าปัจจัยด้านการวางแผนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.04$ ) รองลงมาคือปัจจัยด้านการจัดการองค์การและปัจจัยด้านการประสานงาน มีค่าเฉลี่ยมาก ( $\bar{x} = 4.01$ ) ปัจจัยด้านการควบคุม มีค่าเฉลี่ยมาก ( $\bar{x} = 3.99$ ) และปัจจัยด้านการบังคับบัญชา มีค่าเฉลี่ยมาก ( $\bar{x} = 3.94$ ) ตามลำดับ

### ตารางที่ 2 ผลการศึกษาผลลัพธ์การดำเนินงานวิสาหกิจชุมชน (n=302)

ผลลัพธ์การดำเนินงานวิสาหกิจชุมชน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล	ลำดับที่
1. ปัจจัยด้านผลลัพธ์ตามภารกิจ	3.95	.902	มาก	4
2. ปัจจัยด้านผลลัพธ์ด้านสินค้า/บริการ	4.14	.699	มาก	1
3. ปัจจัยด้านประสิทธิภาพของการดำเนินงาน	4.06	.795	มาก	3
4. ปัจจัยด้านการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน	4.07	.801	มาก	2

ผลการศึกษาผลลัพธ์การดำเนินงานพบว่าปัจจัยด้านผลลัพธ์ด้านสินค้า/บริการมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.14$ ) รองลงมาคือปัจจัยด้านการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน ( $\bar{x} = 4.07$ ) ปัจจัยด้านประสิทธิภาพของการดำเนินงาน ( $\bar{x} = 4.06$ ) และปัจจัยด้านผลลัพธ์ตามภารกิจ ( $\bar{x} = 3.95$ ) ตามลำดับ

### ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารวิสาหกิจชุมชนกับผลลัพธ์การดำเนินงาน

การบริหารวิสาหกิจชุมชน	ผลลัพธ์การดำเนินงาน		
	r	sig	ลำดับที่
การวางแผน	.780**	.000	4
การจัดการองค์การ	.783**	.000	3
การบังคับบัญชาสั่งการ	.801**	.000	1
การประสานงาน	.772**	.000	5
การควบคุม	.787**	.000	2

จากตารางที่ 3 ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารกลุ่มกับผลลัพธ์การดำเนินงาน พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกด้าน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.801 – 0.772 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าการบริหารด้าน

การบังคับบัญชาสั่งการมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์การดำเนินงานมากที่สุด ( $r = .801$ ) รองลงมาคือด้านการควบคุม ( $r = .787$ ) และด้านการจัดการองค์การ ( $r = .783$ ) ตามลำดับ

### การอภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยครั้งนี้ เพื่อความครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์และสมมติฐานการวิจัยที่ได้ตั้งประเด็นในการอภิปรายไว้ ดังนี้

1. ผลการศึกษาการบริหารกลุ่มพบว่าการบริหารด้านการวางแผนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือด้านการจัดการองค์การ ด้านการประสานงาน ด้านการควบคุมและด้านการบังคับบัญชาสั่งการ สอดคล้องกับผลการศึกษาของณัฐนันท์ หลีกคำ (2555) ได้ศึกษาเรื่องการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน ภายใต้หลักเศรษฐกิจพอเพียงของผู้ผลิตสิ่งทอ ผ้าลายเกล็ดเต่า ในจังหวัดกาฬสินธุ์พบว่าการบริหารจัดการระดับกลุ่มภายใต้หลักเศรษฐกิจพอเพียงและมีการบริหารจัดการซึ่งประกอบด้วย 5 ด้าน ดังนี้ การวางแผน การจัดองค์การ การจัดคนเข้าทำงาน ตามหน้าที่ การอำนวยความสะดวก การควบคุม

2. ผลการศึกษาผลลัพธ์การดำเนินงานวิสาหกิจชุมชน พบว่าผลลัพธ์ด้านคุณภาพสินค้า/บริการมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือด้านการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน ด้านประสิทธิภาพของการดำเนินงานและด้านผลลัพธ์ตามภารกิจของวิสาหกิจชุมชนสอดคล้องกับนันทน์ภัส แดงบุตตา (2554) ได้ศึกษาความสำเร็จของการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชนมะม่วงบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น ผลการศึกษาพบว่าความสำเร็จของกลุ่มขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ 1) คุณภาพของผลผลิตที่มีมาตรฐาน มีการตรวจสอบทุกขั้นตอนการผลิต 2) การบริหารจัดการที่มีระบบบริหารชัดเจน มีการแบ่งการทำงานตามความถนัด 3) การตลาดเป็นสิ่งสำคัญการจำหน่ายผลผลิตที่ไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง ไม่มีปัญหาด้านการตลาด 4) ศักยภาพของผู้นำกลุ่มในการประสานงานทั้งเรื่องการผลิต การตลาด การทำงานในกลุ่ม และเข้าถึงลูกค้ากลุ่มเป้าหมายได้ดี และ 5) การเงิน สมาชิกกลุ่มส่วนใหญ่ใช้เงินทุนส่วนตัวในการประกอบอาชีพ ไม่กู้ยืมเงินมาลงทุนทำให้กลุ่มเจริญเติบโตได้ดี

3. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการบริหารกลุ่มกับผลลัพธ์การดำเนินงาน พบว่ามีความสัมพันธ์กันโดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกด้าน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.801 – 0.772 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าการบริหารด้านการบังคับบัญชาสั่งการมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์การดำเนินงานมากที่สุด รองลงมาคือด้านการควบคุม และด้านการจัดการองค์การตามลำดับ สอดคล้องกับจันทิมา ธัญญเจริญ (2551) ที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัด พังงาพบว่าการดำเนินงานมี

ความสัมพันธ์กับระดับการบริหารจัดการโดยรวมในทิศทางเดียวกันมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านการควบคุมมีความสัมพันธ์มากที่สุดในทิศทางเดียวกัน ระดับค่อนข้างสูง ส่วนด้านการประสานงาน ด้านการบังคับบัญชา ด้านการจัดการองค์การและด้านการวางแผน มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในทิศทางตรงกันข้ามที่ระดับปานกลางตามลำดับ

### 1. ข้อเสนอแนะของการวิจัยครั้งนี้

1.1 จากการวิจัยการวางแผนงานของวิสาหกิจชุมชน ควรได้รับการสนับสนุนทั้งจากภาครัฐ องค์กรเอกชน และสถาบันการศึกษา เพื่อให้กลุ่มมีแผนงานที่ดียิ่งขึ้น

1.2 ภาครัฐและเอกชน ควรเพิ่มบทบาท ส่งเสริมและเพิ่มช่องทางการตลาดให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อที่ผลการดำเนินงานของกลุ่มดียิ่งขึ้น

### 2. ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อกาแฟของผู้บริโภคในจังหวัดชุมพร

2.2 ควรศึกษาปัจจัยที่ลดต้นทุนการผลิตกาแฟของผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชน

### เอกสารอ้างอิง

กองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน. 2558. ผลการประเมินศักยภาพวิสาหกิจชุมชน. [online].

Available: <http://smce.doae.go.th/index.php>

จินตนา กาญจนวิสุทธ์. 2558. เส้นทางวิสาหกิจชุมชนเพื่อการพัฒนาอาชีพและการพึ่งตนเอง.

พิมพ์ครั้งที่ 1. มินเซอร์วิซซ์พหลาย, กรุงเทพฯ.

จันทิมา ธัญญเจริญ. 2551. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในจังหวัด

พังงา.วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต. ม.ราชภัฏสวนดุสิต, กรุงเทพฯ.

ณัฐนันท์ หลีกคำ. 2555. การบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนภายใต้หลักเศรษฐกิจพอเพียงของ

ผู้ผลิตสิ่งทอผ้าลายเกล็ดเต่าในจังหวัดกาฬสินธุ์. สืบค้นวันที่ 16 มิถุนายน 2560 จาก

[https://cscd.kku.ac.th/2016/uploads/proceeding/270812\\_150752.pdf](https://cscd.kku.ac.th/2016/uploads/proceeding/270812_150752.pdf).

นันทน์ภัส แดงบุตตา. 2554. ความสำเร็จของการดำเนินงานวิสาหกิจชุมชนมะม่วงบ้านแฮด จ.

ขอนแก่น. วิทยานิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต. ม.ขอนแก่น, ขอนแก่น.

เนตร์พัฒนา ยาวีราช 2537. การจัดการสมัยใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 7. บริษัททริบเพิ้ลกรุ๊ปจำกัด,

กรุงเทพฯ.

สำนักงานเกษตรชุมพร. 2559. ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรรายสินค้าปี 2559

“กาแฟ”จังหวัดชุมพร. กลุ่มสารสนเทศการเกษตร, ชุมพร.

---

สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน. 2559. [online]. Available:  
[http://www.sceb.doae.go.th/index\\_n2.html](http://www.sceb.doae.go.th/index_n2.html)

Fayol, Henri. 1916. General and Industrial Management. London: Pitman & Sons, Ltd.

Krejcie, R. V. & Morgan, D. W. 1970. Determining Sample Size for Research Activities. Educational and Psychological Measurement, 30(3), pp. 607-610.

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook  
ของนักศึกษาภาคปกติ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์  
ในพระบรมราชูปถัมภ์

Factors Affecting the Decision to Buy Clothes through Facebook  
of Regular Students in the Faculty of Management Science,  
Valaya Alongkorn Rajabhat University

ลัดดาวลัย แสนอุบล อัฐชยง แสงดารา และ ภารดี นึกชอบ\*

Laddawan Saenaubon, Atsadong Saengdara and Paradee Nukchop\*

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

Faculty of Management Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University

\* Corresponding author: paradee@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook 2) เพื่อศึกษาแนวทางกลยุทธ์ทางการตลาดในรูปแบบสื่อออนไลน์สำหรับธุรกิจเสื้อผ้า จากผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook ได้แก่ ปัจจัยช่องทางการจัดจำหน่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.370 ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.312 ปัจจัยด้านราคา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.296 และปัจจัยด้านการส่งเสริมทางการตลาด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.287 ตามลำดับ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม พบว่า มีลูกค้าที่เลือกซื้อเสื้อผ้าส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงมีอายุระหว่าง 20 - 21 ปี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,001 - 7,500 บาท โดยมีพฤติกรรมการใช้งานสื่อออนไลน์ Facebook ต่อครั้ง มากกว่า 2 ชั่วโมงขึ้นไป และส่วนมากเลือกซื้อเสื้อผ้าประเภทชุดลำลอง จากสมมติฐานหากต้องการทำการตลาดหรือขายเสื้อผ้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook ควรให้ความสำคัญทางด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมากที่สุดเพราะเป็นช่องทางที่สามารถเลือกดูหรือซื้อเสื้อผ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง อีกทั้งยังเป็นช่องทางที่สะดวกสบายและง่ายต่อการเลือกซื้อ เนื่องจากมีรูปแบบการนำเสนอเสื้อผ้าที่น่าสนใจ มีการติดต่อสั่งซื้อเสื้อผ้าได้หลากหลายช่องทาง และผู้ขายมีการแบ่งหมวดหมู่ของเสื้อผ้าชัดเจน ง่ายต่อการตัดสินใจเลือกซื้อ

**คำสำคัญ:** ปัจจัยในการเลือกซื้อ เสื้อผ้า เฟซบุ๊ก



## ABSTRACT

The purpose of this research was to 1) study the factors influencing the decision to buy clothes through Facebook 2) to study the strategy of online media marketing for clothing business. The results of the study Factors affecting the decision to buy clothes include Channel of distribution is average to 4.370 , The products factor is average to 4.312 , Price factor is average to 4.296 and The Promotion to marketing factor is average to 4.287 and Most of the customers are women aged between 20 and 21 years, with average monthly income of 5,001 – 7,500 Baht. Use of Facebook more than 2 hours. And most of all, buy casual clothing. The hypothesis testing found that factors affecting the choice of clothing through the online media Facebook is the product price factor in the distribution channel. And marketing. From the assumption that if you want to market or sell clothes through Facebook should focus on the distribution channel, Because It is a channel that can choose to watch or buy clothing 24 hours and convenient and easy to buy channels. The style of clothing to Facebook is interesting. There are many ways to contact clothing orders. And the seller has classification of clothing. Easy to decide.

**Keywords:** Factor to Decision, Clothing, Facebook

## บทนำ

สังคมในยุคปัจจุบันมีรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดด เป็นยุคสมัยของเทคโนโลยีที่มีการสื่อสารแบบไร้พรมแดนและรวดเร็ว ทำให้การใช้ชีวิตประจำวัน (Lifestyle) เปลี่ยนแปลงไปเป็นยุคสังคม 4.0 เห็นได้จากการใช้สื่อออนไลน์ในการติดต่อสื่อสารหรือซื้อขายสินค้า ไม่ว่าจะเป็น Facebook, Instagram, Line รวมถึง Application ช้อปปิงออนไลน์

จากผลการสำรวจของ “We Are Social” ดิจิทัลเอเจนซี ร่วมกับ “Hootsuite” ผู้ให้บริการระบบจัดการ Social Media และ Marketing Solutions (ที่มาของข้อมูล : [www.brandbuffet.in.th](http://www.brandbuffet.in.th) : กุมภาพันธ์ 2561) พบว่า ในประเทศไทยมีผู้ใช้งานผ่าน Social Media มากถึง 51,000,000 คน โดยยอดนิยมอันดับ 1 ได้แก่ Facebook แบ่งเป็นเพศหญิง

49% และเพศชาย 51% โดยกลุ่มผู้ใช้ “Facebook” ได้แก่ คนกลุ่มอายุระหว่าง 18 – 34 ปี ซึ่งเป็นผู้บริโภคกลุ่ม Millennials (Gen Me) ที่ใช้เทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน

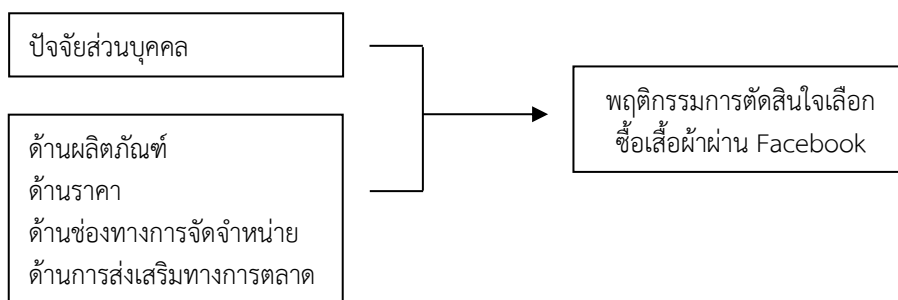
ดังนั้นธุรกิจจึงมีการปรับตัวตามสภาพสังคมในยุค 4.0 เพื่อก่อให้เกิดความสามารถทางการค้าและกำไร โดยเฉพาะการขายสินค้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook ที่ธุรกิจพยายามตอบสนองการใช้ชีวิตประจำวัน (Lifestyle) เพื่อเข้าถึงกลุ่มลูกค้ามากที่สุด โดยเฉพาะกลุ่มลูกค้าที่เป็นวัยรุ่นหรือนักศึกษา ที่มีการใช้สื่อออนไลน์ Facebook มากที่สุด และในปี 2560 จากการสำรวจของสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (สพธอ.) กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (ที่มา: [www.etcha.or.th](http://www.etcha.or.th)) พบว่า สินค้าและบริการที่คนไทยนิยมซื้อออนไลน์มากที่สุด คือ สินค้าแฟชั่นและเครื่องแต่งกาย

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook กลุ่มวัยรุ่นที่เป็นนักศึกษา เพื่อศึกษาพฤติกรรม ทศนคติที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้า อันเป็นประโยชน์ในทางกลยุทธ์ทางการตลาดใหม่ๆ ที่น่าสนใจและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในสังคมโลกไร้พรมแดน ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในสังคมไทย

### วิธีการศึกษา

คณะผู้วิจัยได้ทำการวิจัยเชิงสำรวจโดยกลุ่มประชากรที่ใช้เก็บแบบสอบถาม ได้แก่ นักศึกษาภาคปกติ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ โดยการคำนวณขนาดจากกลุ่มตัวอย่างได้ใช้วิธี Taro Yamane ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่าง (n) เท่ากับ 338 คน จากกลุ่มประชากรทั้งหมด (N) 2,158 คน

การสร้างแบบสอบถามได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของคนที่ซื้อสินค้าออนไลน์ โดยมีข้อสมมติฐาน ได้แก่



จากนั้นนำข้อสมมติฐานมาสร้างเป็นแบบสอบถาม likert scale และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเพื่อหาความเที่ยงตรงและสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence : IOC) โดยข้อคำถามแต่ละข้อมีค่าเกิน 0.5 ทั้งนี้เมื่อแบบสอบถามได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว คณะผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างและทำการทดสอบแบบสอบถามเพื่อหาความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบัก (Cronbach's Alpha Coefficient) (Cronbach,1990 : 204) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.881 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ใช้โปรแกรม SPSS เพื่อหาค่าอัตราร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่า Standard Diviation (S.D.)

### ผลการศึกษา

คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 338 คน โดยมีผลจากการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่าน Facebook ดังนี้

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่าน Facebook	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
<b>1. ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์</b>			
1.1 ผู้ซื้อสามารถเลือกสีของเสื้อผ้าเองได้	4.46	0.586	มากที่สุด
1.2 ร้านมีการแนะนำขนาดหรือไซส์ของเสื้อผ้า	4.29	0.674	มากที่สุด
1.3 ร้านมีการอัปเดตเสื้อผ้าแบบใหม่ๆหรือคอลเลคชั่นใหม่ๆทุกวัน	4.27	0.710	มากที่สุด
1.4 เสื้อผ้าแบรนด์เนมมีผลต่อการเลือกซื้อ	4.26	0.732	มากที่สุด
1.5 บรรจุภัณฑ์ของเสื้อผ้าเกิดแรงจูงใจในการซื้อ	4.28	0.769	มากที่สุด
<b>2. ปัจจัยด้านราคา</b>			
2.1 ราคาเหมาะสมกับคุณภาพของเสื้อผ้า	4.32	0.625	มากที่สุด
2.2 มีการแสดงราคาของเสื้อผ้าแต่ละชุดไว้อย่างชัดเจน	4.31	0.732	มากที่สุด
2.3 สามารถเปรียบเทียบราคาเสื้อผ้าแต่ละเพจบน Facebook ได้	4.30	0.674	มากที่สุด
2.4 ร้านมีระบบการชำระเงินที่มีความปลอดภัย	4.23	0.722	มากที่สุด
2.5 เสื้อผ้าถูกกว่าซื้อจากช่องทางอื่น เช่น ห้างสรรพสินค้า ตลาด	4.32	0.734	มากที่สุด
<b>3. ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย</b>			
3.1 เป็นช่องทางที่สะดวกสบายและง่ายต่อการเลือกซื้อ	4.41	0.587	มากที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่าน Facebook	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
3.2 มีการติดต่อสั่งซื้อเสื้อผ้าได้หลากหลายวิธีตามแผนเพจ	4.32	0.662	มากที่สุด
3.3 สามารถเลือกดูเสื้อผ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง	4.51	0.632	มากที่สุด
3.4 รูปแบบการนำเสนอเสื้อผ้าบน Facebook มีความน่าสนใจ	4.33	0.654	มากที่สุด
3.5 ผู้ขายมีการแบ่งหมวดหมู่ของเสื้อผ้าชัดเจนง่ายต่อการเลือกซื้อ	4.28	0.758	มากที่สุด
<b>4. ปัจจัยด้านการส่งเสริมทางการตลาด</b>			
4.1 ร้านมีบริการส่งเสื้อผ้าถึงบ้านฟรี	4.28	0.842	มากที่สุด
4.2 เมื่อแนะนำเพื่อนมาซื้อจะได้รับส่วนลดในการซื้อเสื้อผ้าครั้งถัดไป	4.22	0.858	มาก
4.3 เลือกร้านที่มีบริการจัดส่งเสื้อผ้า และแนะนำเสื้อผ้าออกใหม่	4.36	0.721	มากที่สุด

### วิจารณ์

จากการศึกษาการเก็บข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 338 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่ตอบแบบสอบถาม เป็นเพศหญิง ซึ่งมีจำนวน 232 คน คิดเป็นร้อยละ 68.60 เพศชายจำนวน 67 คน คิดเป็นร้อยละ 19.80 และเพศทางเลือกจำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 11.50 ตามลำดับ โดยมีช่วงอายุระหว่าง 20 - 21 ปี ซึ่งมีจำนวน 152 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 ช่วงอายุระหว่าง 22 - 23 ปี จำนวน 137 คน คิดเป็นร้อยละ 40.50 ช่วงอายุระหว่าง 18 - 19 ปี จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 10.40 และช่วงอายุ 24 ปีขึ้นไป จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 4.10 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีรายได้ระหว่าง 5,001 - 7500 บาท ซึ่งมีจำนวน 136 คน คิดเป็นร้อยละ 40.20 รายได้ระหว่าง 7,501 - 10,000 บาท มีจำนวน 112 คน คิดเป็นร้อยละ 33.10 มีรายได้ต่ำกว่า 5,000 บาท มีจำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 19.50 และรายได้ 10,000 บาทขึ้นไป มีจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 7.10 ตามลำดับ มีพฤติกรรมการใช้งาน Facebook ต่อครั้ง มากกว่า 2 ชั่วโมงขึ้นไป ซึ่งมีจำนวน 154 คน คิดเป็นร้อยละ 45.60 มีพฤติกรรมการใช้งาน Facebook มากกว่า 1-2 ชั่วโมง มีจำนวน 86 คน คิดเป็นร้อยละ 25.40 มีพฤติกรรมการใช้งาน Facebook ทุกๆ 1 ชั่วโมง มีจำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 21.3 และมีพฤติกรรมการใช้งาน Facebook น้อยกว่า 1 ชั่วโมง มีจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 7.70 ตามลำดับ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกซื้อชุดลำลอง ซึ่งมีจำนวน 143 คน คิดเป็นร้อยละ 42.30 เลือกซื้อชุดอื่นๆ มีจำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 41.40

เลือกซื้อชุดนักเรียน/นักศึกษา มีจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 10.90 และเลือกซื้อชุดทำงาน มีจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 5.30 ตามลำดับ

จากการศึกษาการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญ

ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.370$ ) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายข้อ พบว่า ผู้ซื้อสามารถเลือกดูเสื้อผ้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง ( $\bar{X} = 4.51$ ) เป็นช่องทางที่สะดวกสบาย และง่ายต่อการเลือกซื้อ ( $\bar{X} = 4.41$ ) รูปแบบการนำเสนอเสื้อผ้านบน Facebook มีความน่าสนใจ ( $\bar{X} = 4.33$ ) มีการติดต่อสั่งซื้อเสื้อผ้าได้หลากหลายวิธีตามแฟนเพจ ( $\bar{X} = 4.32$ ) และผู้ขายมีการแบ่งหมวดหมู่ของเสื้อผ้าชัดเจน ง่ายต่อการเลือกซื้อ ( $\bar{X} = 4.28$ ) ตามลำดับ

ด้านผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.312$ ) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายข้อ พบว่า ผู้ซื้อสามารถเลือกสีของเสื้อผ้าเองได้ มีความเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.46$ ) ร้านมีการแนะนำขนาดหรือไซส์ของเสื้อผ้า ( $\bar{X} = 4.29$ ) บรรจุภัณฑ์ของเสื้อผ้าเกิดแรงจูงใจในการซื้อ ( $\bar{X} = 4.28$ ) ร้านมีการอัปเดตเสื้อผ้าแบบใหม่ๆหรือคอลเลกชันใหม่ๆ ทุกวัน ( $\bar{X} = 4.27$ ) และเสื้อผ้าแบรนด์เนม มีผลต่อการเลือกซื้อ ( $\bar{X} = 4.26$ ) ตามลำดับ

ด้านราคา ( $\bar{X} = 4.296$ ) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายข้อ พบว่าราคาเหมาะสมกับคุณภาพของเสื้อผ้า ( $\bar{X} = 4.32$ ) เสื้อผ้าถูกกว่าซื้อจากช่องทางอื่น เช่น ห้างสรรพสินค้า ตลาด เป็นต้น ( $\bar{X} = 4.32$ ) มีการแสดงราคาของเสื้อผ้าแต่ละชุดไว้อย่างชัดเจน ( $\bar{X} = 4.31$ ) สามารถเปรียบเทียบราคาเสื้อผ้าแต่ละแฟนเพจบน Facebook ได้ ( $\bar{X} = 4.30$ ) และร้านมีระบบการชำระเงินที่มีความปลอดภัย ( $\bar{X} = 4.23$ ) ตามลำดับ

ด้านการส่งเสริมทางการตลาด ( $\bar{X} = 4.287$ ) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายข้อ พบว่า ปัจจัยด้านราคาที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้า Facebook อยู่ในระดับมากที่สุด เรียงตามลำดับได้ดังนี้ ผู้ซื้อเลือกร้านที่มีการจัดส่งเสื้อผ้าและแนะนำเสื้อผ้าแฟชั่นออกใหม่มาทาง Facebook ( $\bar{X} = 4.36$ ) ร้านมีบริการส่งเสื้อผ้าถึงบ้านฟรี ( $\bar{X} = 4.28$ ) และเมื่อแนะนำเพื่อนใน Facebook ให้มาซื้อจะได้รับส่วนลดในการซื้อเสื้อผ้าในครั้งถัดไป อยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.22$ ) ตามลำดับ

### สรุป

จากผลสรุป พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่เลือกซื้อเสื้อผ้าส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงมีอายุระหว่าง 20-21 ปี มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,001 - 7500 บาท มีพฤติกรรมการใช้งาน

Facebook ต่อวัน มากกว่า 2 ชั่วโมงขึ้นไป และส่วนมากเลือกซื้อเสื้อผ้าประเภทชุดลำลอง ปัจจัยทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าผ่านสื่อออนไลน์ Facebook มีความสำคัญ ได้แก่ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา และการส่งเสริมทางการตลาด ตามลำดับ ดังนี้

1. ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ เสื้อผ้ามีการจัดจำหน่ายมากมายหลายรูปแบบ และหลากหลายตราสินค้า หลากหลายแบรนด์ จึงสร้างความสะดวกสบาย และมีทางเลือกที่ให้ตัดสินใจง่ายขึ้น โดยอาจจะพบว่า แบรนด์หรือรูปแบบเสื้อผ้าที่ตนเองเคยใช้อยู่ผ่าน Facebook นอกจากนี้การทำโฆษณาเกี่ยวกับเสื้อ และคุณลักษณะของเสื้อผ้าผ่าน Facebook นั้นมีแหล่งข่าวสารเป็นจำนวนมาก ทำให้นักศึกษาสามารถค้นหาข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจซื้อได้ง่ายขึ้น ดังที่ ปราโมทย์ ลีอนาม (2541) ได้ศึกษาเรื่อง ทักษะคิดและพฤติกรรมของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในการซื้อสินค้าและบริการทางอินเทอร์เน็ต ได้กล่าวไว้ว่า ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่ไม่มีวัตถุประสงค์ในการใช้เพื่อซื้อสินค้าและบริการ โดยรับรู้ข่าวสารและโฆษณาบนอินเทอร์เน็ตเป็นแรงจูงใจให้สั่งซื้อสินค้า และบริการจากแหล่งอื่นๆ

2. ปัจจัยด้านราคา เนื่องจากราคาเป็นตัวกำหนดกำลังการซื้อเสื้อผ้า และแสดงถึงความเหมาะสมของขนาดหรือไซส์ของเสื้อผ้า คุณสมบัติของเสื้อผ้ากับราคาว่ามีความเหมาะสมกันหรือไม่อย่างไร การแสดงราคาที่ชัดเจนของเสื้อผ้า รวมทั้งค่าจัดส่งที่เหมาะสม ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มนักศึกษาส่วนใหญ่มีรายได้น้อย ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงราคาและความปลอดภัยในการชำระเงิน ของเสื้อผ้าก่อนที่จะตัดสินใจซื้อ ดังที่ สิริกุล หอสถิตกุล (2543) ได้ศึกษาความต้องการซื้อสินค้าและบริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ได้กล่าวไว้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการของผู้ตอบแบบสอบถามที่เคยเข้าสู่เว็บไซต์ ที่มีการขายสินค้าและบริการ ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือของวิธีชำระเงิน รองลงมาคือการแสดงราคาของสินค้าและบริการ และการแสดงรายละเอียดข้อมูลครบถ้วนของสินค้า

3. ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย เป็นช่องทางการจัดจำหน่ายที่ผู้บริโภคสามารถทำการค้นหาข้อมูลเลือกดูรายละเอียดของเสื้อผ้า หรือสามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเสื้อผ้าได้ง่ายและสะดวกเป็นอย่างยิ่ง โดยสามารถสื่อสารได้โดยตรงกับผู้จัดจำหน่าย และสามารถสื่อสารได้ตลอด 24 ชั่วโมง ช่องทางนี้จึงสร้างความสะดวกสบาย และสร้างความพึงพอใจประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อผ้าได้ง่ายขึ้น ดังที่ ญัฐปริยา ทัทมาลี (2551) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากผลวิจัยพบว่า ผู้บริโภคส่วนมากให้ความสำคัญในเรื่องติดตามสอบถามหลังการขาย ซึ่งสอดคล้องกับ

งานวิจัยของ Ranganathan และ Ganpathy (2002) ได้กล่าวถึงความแตกต่างของร้านค้าปลีกแบบเดิมกับร้านค้าออนไลน์ โดยระบุว่าช่องทางการติดต่อสร้างปฏิสัมพันธ์กับลูกค้าของออนไลน์นั้นเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากจะทำให้ร้านค้าออนไลน์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นและทำให้ผู้บริโภคเกิดความพอใจจากการที่สามารถสอบถามผ่านทางเว็บไซต์หรืออีเมลได้ เช่นเดียวกับการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าออนไลน์จากร้านค้าออนไลน์ของ วรัญญา โพธิ์ไพฑ่อง (2556) ที่พบว่าปัจจัยด้านช่องทางการติดต่อกับลูกค้าและการใช้งานของเว็บไซต์มีผลต่อการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าจากร้านค้าออนไลน์

4. ปัจจัยด้านการส่งเสริมทางการตลาด เนื่องจากการจัดกิจกรรมส่งเสริมการขาย จะเป็นการสร้างทางเลือกในการตัดสินใจให้แก่ผู้ซื้อ ไม่ว่าจะเป็นความหลากหลายของโปรโมชั่น การจัดกิจกรรมรับรางวัล รวมทั้งการแนะนำเพื่อนเพื่อให้ได้รับส่วนลดในการซื้อเสื้อผ้าในครั้งถัดไป การให้คำแนะนำหรือปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาและข้อสงสัยต่างๆ เกี่ยวกับเสื้อผ้า ซึ่งทำให้ผู้บริโภคเกิดการตัดสินใจง่ายขึ้น ดังที่ เพ็ญนิภา พรพัฒนนางกูร (2551) ศึกษาเกี่ยวกับทัศนคติและการซื้อเสื้อผ้าแฟชั่นนำเข้าจากต่างประเทศของวัยรุ่น ได้กล่าวไว้ว่า สาเหตุที่ทำให้ซื้อเสื้อผ้าแฟชั่นวัยรุ่นนำเข้าจากต่างประเทศมากที่สุด คือ การซื้อในช่วงที่สินค้าลดราคา

### เอกสารอ้างอิง

ณัฐปริยา ทัทมาลี (2551) ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ผ่านระบบเครือข่าย อินเทอร์เน็ต , (online) . เข้าถึงข้อมูลได้จาก [http://www.northbkk.ac.th/gs/thesis/abstract\\_/521300038.pdf](http://www.northbkk.ac.th/gs/thesis/abstract_/521300038.pdf) (12 ธันวาคม 2560)

เพ็ญนิภา พรพัฒนนางกูร (2551) ทัศนคติและพฤติกรรมการซื้อเสื้อผ้าแฟชั่นนำเข้าจากต่างประเทศของวัยรุ่น , (online) . เข้าถึงข้อมูลได้จาก : [http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/435/1/pennipa\\_porn.pdf](http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/435/1/pennipa_porn.pdf) (12 ธันวาคม 2560)

วรัญญา โพธิ์ไพฑ่อง (2556) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเสื้อผ้าจากร้านค้าออนไลน์, (online). เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://203.131.219.242/cdm/compoundobject/collection/thesis/id/26404/rec/28> (12 ธันวาคม 2560)

## ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหา

### แบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล

## Factors Influencing Consumer Behavior through Forwarding Video Content Marketing by Viral Marketing in the Digital Era

มธุรส ทองอินทรราช<sup>1\*</sup> และ ณัฏช์ กุลิสร์<sup>2</sup>

Mathurose Tongintharach<sup>1\*</sup> and Nak Gulid<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาการตลาด หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

<sup>2</sup>ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

<sup>1</sup> Business Administration, Marketing, Srinakharinwirot University

<sup>2</sup> Faculty of Social Sciences, Marketing, Srinakharinwirot University

\* Corresponding author: pam\_sirin@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งหมายศึกษาถึงรูปแบบการนำเสนอในคลิปวิดีโอที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล ซึ่งปัจจุบันมีคลิปวิดีโอจำนวนมากที่เพิ่มขึ้นมาเพื่อให้เกิดเป็นกระแสทางการตลาดที่มีการพูดถึงอย่างแพร่กระจายเป็นวงกว้าง (viral Marketing) แต่กลับไม่ประสบความสำเร็จในการเผยแพร่ต่อกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้บริโภคที่เกิดตั้งแต่ปี 1992 เป็นต้นไป ซึ่งเป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่มีจำนวนประชากรค่อนข้างมาก และมีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ดิจิทัล และอินเทอร์เน็ตในระดับสูง (Digital Native) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ จำนวน 400 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การวิเคราะห์ความแตกต่างโดยการหาค่าที่การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า ผู้บริโภคมีทัศนคติต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายในระดับดีมากทุกด้าน โดยด้านความน่าสนใจต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยมีความคิดเห็นต่อแรงจูงใจของผู้บริโภคโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และมี



ระดับแนวโน้มพฤติกรรมกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายยุคดิจิทัลอยู่ในระดับส่งต่อแน่นอน

**คำสำคัญ:** รูปแบบการนำเสนอคลิปวิดีโอ วิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหา การตลาดแบบแพร่กระจาย ผู้บริโภคยุคดิจิทัล การส่งต่อ

### Abstract

The objectives of this research are to study the presentation format of video clips that influence consumer behavior through forwarding video content marketing by viral marketing in the digital era. Recently, there have been many video clips developed for viral marketing. However, some are not successful in being shared. The sample used in this study was born since 1992. This is a new generation of people with a relatively large number of population that are familiar with computer, digital devices, and have highly internet using skills since young age. In this research, the data were analyzed according to the quantitative research methodology. The sample group consists of 400 respondents. The purposive sampling method and convenient sampling are used, and the data are collected by questionnaire. Research results are as follows that consumers have attitudes towards video content marketing presentation format at a very good level in all aspects. The attraction of video content has the influence on the opinions of consumer motivation at the highest level. The attraction of video content also has the influence on video content marketing forwarding behavior, through viral marketing in the era of digital native, at definitely sharing the video level.

**Keywords:** Video presentation format, Video content, Viral marketing, Digital native, Forwarding

### บทนำ

ปัจจุบันเป็นยุคแห่งการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร (Information Technology) วิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหา (Video Content Marketing) จึงเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับนักการตลาดยุคใหม่ เนื่องจากจุดเด่นเฉพาะของวิดีโอที่สามารถสื่อสารแทนคำพูดได้มากกว่า

1.8 ล้านคำ ภายในเวลาเพียงแค่ 1 นาที และการสื่อสารด้วยภาพเคลื่อนไหวของวิดีโอออนไลน์ช่วยให้ผู้ชมสามารถจดจำรายละเอียดต่างๆ ที่ถูกถ่ายทอดผ่านภาพและเสียงได้มากถึง 95% ซึ่งแตกต่างจากสื่อสารผ่านตัวอักษรที่ผู้อ่านสามารถจดจำได้เพียงแค่ 10% ของข้อมูลทั้งหมดเท่านั้น อีกทั้งการนำเสนอในรูปแบบวิดีโอยังช่วยเพิ่มความน่าสนใจ และสร้างการมีส่วนร่วมของผู้บริโภคผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) ในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาดแบบแพร่กระจาย (Viral Marketing) ในรูปแบบวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหา เพื่อสร้างการรับรู้ และการเพิ่มยอดขายให้กับธุรกิจ ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับอย่างมาก เนื่องจากข้อมูลเดินทางอย่างรวดเร็วพร้อมทั้งสร้างปฏิกริยาให้เกิดขึ้นจากการส่งต่อสารจากผู้บริโภคด้วยกัน ทั้งนี้การรับรู้ที่แพร่กระจายก็เปรียบเสมือนดาบสองคม มีทั้งด้านบวกและด้านลบ เพราะการแพร่กระจายข้อมูลออกไป ผู้บริโภคเป็นคนแปลสารที่ผู้ผลิตต้องการสื่อสาร หากผู้บริโภครับรู้สารในด้านบวกจะเกิดผลตอบรับที่ดีและส่งต่อข้อมูลไปในด้านบวก แต่หากผู้บริโภครับรู้สารในด้านลบจะเกิดผลเสียหายต่อตราสินค้าหรือธุรกิจ

อาศัยแนวคิดทฤษฎีทางการตลาดที่เกี่ยวข้องกับการตลาดในปัจจุบัน แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับประชากรศาสตร์ ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้ในการแบ่งส่วนการตลาด แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสารการตลาด (SMCR) มีลักษณะของการสื่อสารที่มีผู้ส่งสาร ข้อมูลข่าวสาร ช่องทางในการส่ง และผู้รับสาร แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับทัศนคติ เป็นการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติและพฤติกรรมโดยใช้ทัศนคติต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย 10 ด้าน คือ ด้านความน่าสนใจ ด้านอารมณ์ความรู้สึก ด้านลักษณะความแตกต่าง ด้านความขัดแย้ง ด้านการให้ประโยชน์และแง่คิด ด้านความสะดวกในการเข้าชมและแบ่งปัน ด้านรูปแบบไม่เหมือนการโฆษณา ด้านความเป็นเอกลักษณ์ ด้านการสนับสนุนส่งเสริม และด้านการดำเนินงาน แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับแรงจูงใจ โดยอธิบายถึงการเกิดแรงจูงใจของผู้บริโภค ได้แก่ แรงจูงใจด้านเหตุผล และแรงจูงใจด้านอารมณ์ แนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการดำเนินชีวิต ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะรูปแบบการดำเนินชีวิต มุ่งความสำคัญที่กิจกรรม ความสนใจ ความคิดเห็นของผู้บริโภค แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภค แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับแนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภค ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของพฤติกรรมกรรมการส่งต่อข้อมูลข่าวสารทางการตลาดในรูปแบบวิดีโอ แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับผู้บริโภคยุคดิจิทัล (Digital Native) โดยอธิบายถึงกลุ่มคนที่มีอายุระหว่าง 15 – 24 ปี หรือผู้ที่เกิดตั้งแต่ปี 1992 เป็นต้นไป ที่คุ้นเคยกับการใช้คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ดิจิทัล และอินเทอร์เน็ตตั้งแต่อายุยังน้อย มีทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับ

เทคโนโลยีดิจิทัลอยู่ในระดับสูง (ITU, 2013) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการตลาดแบบแพร่กระจาย ถือได้ว่าเป็นกลยุทธ์การสื่อสารที่มีพลังสูงมากต่อการสร้างความน่าเชื่อถือ และสามารถกระตุ้นให้ลูกค้าตัดสินใจซื้อได้เป็นอย่างดี แนวคิดเกี่ยวกับวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาเป็นการสร้างมูลค่าจากการใช้ข้อมูลผสมผสานกับความบันเทิงเพื่อสร้างผลกระทบในเชิงบวกให้กับผู้บริโภค และเป็นเครื่องมือสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์กรกับผู้บริโภค

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการสื่อสารการตลาดผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ ในรูปแบบวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว และกว้างขวางด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่าการสื่อสารการตลาดแบบดั้งเดิม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับทัศนคติ แรงจูงใจ รูปแบบการดำเนินชีวิต และพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนากลยุทธ์การสื่อสารการตลาด อันนำไปสู่ประโยชน์สูงสุดในการดำเนินธุรกิจ

### สมมติฐานการวิจัย

1. ผู้บริโภคที่มีลักษณะด้านประชากรศาสตร์แตกต่างกัน มีพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัลแตกต่างกัน
2. ทัศนคติต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล
3. แรงจูงใจของผู้บริโภค มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล
4. รูปแบบการดำเนินชีวิต มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล
5. พฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล มีความสัมพันธ์กับแนวโน้มพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายยุคดิจิทัล

### วิธีการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative

Research) โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย เพื่อทำการศึกษาและค้นคว้าตามขั้นตอน ดังนี้

## 1. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยเรื่องนี้มุ่งศึกษาลักษณะด้านประชากรศาสตร์ ที่สอดคล้องต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิธีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย แรงจูงใจของผู้บริโภค รูปแบบการดำเนินชีวิตที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิธีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล

## 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้บริโภคยุคดิจิทัล ที่มีอายุระหว่าง 15 - 24 ปี หรือผู้ที่เกิดตั้งแต่ปี 1992 เป็นต้นไป เป็นกลุ่มคนที่เกิดหรือเติบโตในยุคเทคโนโลยีดิจิทัลและคุ้นเคยกับการใช้คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ดิจิทัล และอินเทอร์เน็ตตั้งแต่อายุน้อย มีทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลอยู่ในระดับสูง และเป็นสมาชิกเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการส่งต่อข้อมูลบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ที่เคยส่งต่อวิธีโอการตลาดเชิงเนื้อหาผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ (International Telecommunication Union: Measuring the World's Digital Natives 2013. (Online) 2015, September) ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน และเพื่อให้การเก็บข้อมูลแบบสอบถามสมบูรณ์ จึงเพิ่มจำนวนตัวอย่างกำหนดสัดส่วนประชากรที่จะสุ่มเท่ากับ 0.5 หรือ  $p = 50%$  เท่ากับสำรวจตัวอย่าง 15 ตัวอย่าง รวม 400 ตัวอย่าง โดยมีวิธีการสุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยจะเลือกการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงแบบออนไลน์เท่านั้น เพื่อให้ได้ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตในการส่งต่อวิธีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายอย่างแท้จริง ด้วยการแบบสอบถามออนไลน์ในรูปของเว็บเพจโดย Google Spreadsheets เว็บไซต์ Google Docs ,Facebook, Instagram และ Line

ขั้นตอนที่ 2 การสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) โดยการสอบถามกับผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในการส่งต่อวิธีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามออนไลน์ผ่านทางเว็บไซต์ สื่อสังคมออนไลน์ และแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ตคลิกเข้าไปตอบแบบสอบถาม

### 3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ หรือแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาประยุกต์เป็นลักษณะและคำถามในแบบสอบถาม โดยแบ่งออกเป็น 6 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะด้านประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายปิด (Close ended question)

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย โดยใช้การวัดข้อมูลแบบเชิงอันตรภาคชั้น (Interval Scale) และใช้การให้คะแนนแบบ Likert Scale โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับแรงจูงใจของผู้บริโภคยุคดิจิทัลที่มีต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย โดยใช้การวัดข้อมูลแบบเชิงอันตรภาคชั้น (Interval Scale) และใช้การให้คะแนนแบบ Rating Scale โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคยุคดิจิทัลที่มีต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย โดยใช้คำถามปลายปิด (Close - ended response question) ใช้การวัดข้อมูลแบบเชิงอันตรภาคชั้น (Interval Scale) และใช้การให้คะแนนแบบ Rating Scale

ส่วนที่ 5 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด (Open-ended question) และคำถามปลายปิด (Close-ended question) ซึ่งแต่ละข้อคำถามมีหลายคำตอบให้เลือก (Multiple choices) โดยให้เลือกตอบเพียงข้อเดียว

ส่วนที่ 6 แบบสอบถามเกี่ยวกับแนวโน้มพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย ลักษณะคำถามเป็นแบบ Semantic differential scale ซึ่งใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาค (Interval scale) มี 5 ระดับ

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะนำแบบสอบถามที่ได้รับทั้งหมดมาตรวจสอบแล้วคัดเลือกเฉพาะแบบสอบถามที่สมบูรณ์ เพื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

4.1.1 ใช้ตารางแจกแจงความถี่ อธิบายลักษณะของ  
ข้อมูลในแบบสอบถามทั้ง 6 ส่วน

4.1.2 วิเคราะห์ข้อมูลทัศนคติ แรงจูงใจ รูปแบบการดำเนินชีวิต พฤติกรรม  
และแนวโน้มพฤติกรรมโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard  
Deviation) ค่าสูงสุด (Max) และค่าต่ำสุด (Min)

4.2 การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์  
ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม โดยสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานมีดังนี้

4.2.1 สถิติวิเคราะห์ค่าที (Independent t-test) ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย  
ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 ลักษณะทาง  
ประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ

4.2.2 สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – way analysis of  
variance) ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม เพื่อ  
ทดสอบสมมติฐาน ข้อที่ 1 ลักษณะด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ ด้านอายุ สถานภาพสมรส  
ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน

4.2.3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression  
Analysis) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Coefficient) คือ  
การทดสอบความสัมพันธ์หรือส่งผลต่อกันระหว่าง ตัวแปรตาม (Response , Dependent  
variable , Y ) หนึ่งตัวกับตัวแปรอิสระ (Predictor, Independent variable, X ) มากกว่า  
หนึ่งตัว ได้แก่ ทัศนคติด้านความน่าสนใจ ด้านอารมณ์ความรู้สึก ด้านความแตกต่าง ด้านความ  
ขัดแย้ง ด้านการให้ประโยชน์ และแง่คิด ด้านรูปแบบไม่เหมือนการโฆษณา ด้านความเป็น  
เอกลักษณ์ ด้านการสนับสนุนส่งเสริม ด้านการดำเนินงานต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอ  
การตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย แรงจูงใจของผู้บริโภคด้านอารมณ์ ด้านเหตุผล รูปแบบ  
การดำรงชีวิตด้านกิจกรรม ด้านความสนใจ ด้านความคิดเห็น และตัวแปรตาม คือ พฤติกรรม  
การส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาของผู้บริโภคยุคดิจิทัล

4.2.4 ใช้สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย ของเพียร์สัน (Pearson  
Product Moment Correlation Coefficient) คือการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่  
2 ตัวขึ้นไป การพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้นจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์  
สหสัมพันธ์เป็นค่าวัดความสัมพันธ์ การบอกระดับค่าของความสัมพันธ์ หากค่าสัมประสิทธิ์  
สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้  
0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย (จักรภพ ธาตุสุวรรณ 2550) การ

ทดสอบสถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สันเป็นการทดสอบเบื้องต้นเพื่อแสดงให้เห็นว่าตัวแปรตาม คือ พฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคที่ยุคดิจิทัล ได้แก่ จำนวนคลิปที่ส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาต่อวัน ความถี่ในการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาต่อสัปดาห์ ระยะเวลาในการใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อทำการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาต่อวัน มีความสัมพันธ์ต่อกันกับแนวโน้มพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายยุคดิจิทัล

### ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย โดยรวมพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีทัศนคติต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีทัศนคติในระดับดีมากทุกด้าน โดยมีทัศนคติด้านความน่าสนใจต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.51 รองลงมาคือด้านความสะดวกในการเข้าชม และแบ่งปันต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาดมีค่าเฉลี่ย 4.45 ด้านการให้ประโยชน์และแง่คิดต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.45 ด้านอารมณ์ความรู้สึกต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.42 ด้านความแตกต่างต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.39 ด้านรูปแบบไม่เหมือนการโฆษณาต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.35 ด้านการสนับสนุนส่งเสริมต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.30 ด้านความเป็นเอกลักษณ์ต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.29 ด้านการดำเนินการต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.29 และ ด้านความขัดแย้งต่อเนื้อหาในการส่งต่อข้อมูลทางการตลาด มีค่าเฉลี่ย 4.24 ตามลำดับ

ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อแรงจูงใจของผู้บริโภคโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับปฏิบัติการ ระดับความสนใจ และระดับความคิดเห็นต่อรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคยุคดิจิทัลโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า

แรงจูงใจด้านอารมณ์ ผู้ตอบแบบสอบถามมีแรงจูงใจในระดับมากที่สุดทุกข้อ โดยด้านเป็นเรื่องที่กำลังเป็นกระแสนิยมในสังคม มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.64 รองลงมาได้แก่ด้านเป็นเรื่องที่ผู้ส่งต่อข้อมูลให้ความสนใจ และต้องการ ให้ผู้อื่นรับรู้ด้วยเช่นกัน มีค่าเฉลี่ย 4.60 ด้านเป็นเรื่องที่ต้องการบอกต่อหรือเล่าประสบการณ์ของผู้ส่งต่อข้อมูล มีค่าเฉลี่ย 4.46

ด้านเป็นเรื่องที่สอดคล้องกับความรู้สึกของผู้ส่งต่อข้อมูล มีค่าเฉลี่ย 4.45 และด้านเป็นเรื่องที่สามารถบอกถึงตัวตน และความรู้สึกนึกคิดของการส่งต่อข้อมูล มีค่าเฉลี่ย 4.27 ตามลำดับ

แรงจูงใจด้านเหตุผล ผู้ตอบแบบสอบถามมีแรงจูงใจ ด้านเป็นเรื่องที่ให้ความรู้ และข้อคิดที่สามารถนำมาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ ในระดับ มากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.54 รองลงมา ได้แก่ ด้านเป็นเรื่องที่ต้องการบอกต่อข้อมูลข่าวสารที่มีประโยชน์ มีแรงจูงใจในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.50 ด้านเป็นเรื่องเตือนภัย หรือเตือนภัยใกล้ตัวเพื่อให้คนในสังคมได้ตระหนักและเพิ่มความระมัดระวัง มีแรงจูงใจในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.47 เป็นเรื่องจริงที่สะท้อน หรือบอกเล่าเรื่องราวปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคม มีแรงจูงใจในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.39 และเป็นเรื่องที่เสนอข้อมูล และหลักฐานในการดำเนินกิจกรรม มีแรงจูงใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.16

ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคยุคดิจิทัล โดยรวมพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับปฏิบัติการ ระดับความสนใจ และระดับความคิดเห็น ต่อรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคยุคดิจิทัลโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็น ในระดับดีมาก ทุกด้าน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.47 รองลงมาคือระดับปฏิบัติการ ด้านกิจกรรม โดยมีค่าเฉลี่ย 4.40 และระดับความสนใจ ด้านความสนใจ 4.27 ตามลำดับ

ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับแนวโน้มพฤติกรรมกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายยุคดิจิทัล อยู่ในระดับส่งต่อแน่นอน

### วิจารณ์

ผู้บริโภคที่มีลักษณะประชากรศาสตร์ ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนแตกต่างกัน มีพฤติกรรมกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายด้านจำนวนคลิก ความถี่ และด้านระยะเวลาการใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ เนื่องจากพฤติกรรมการใช้งานอินเทอร์เน็ตมักขึ้นอยู่กับความสนใจ และภูมิหลังของแต่ละบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ นิวัฒน์ ชาตะวิทยากุล (2555) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง แรงจูงใจในการแบ่งปันวิดีโอคอนเทนต์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตชาวไทยกลุ่มเจนเนอเรชันวาย พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตที่แตกต่างกัน มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจในการแบ่งปันวิดีโอคอนเทนต์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตชาวไทยกลุ่มเจนเนอเรชันวาย



ทัศนคติต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัล ด้านจำนวนคลิก ด้านความถี่ และด้านระยะเวลาการใช้งานอินเทอร์เน็ต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 ในทิศทางเดียวกัน และทิศทางตรงกันข้าม โดยสามารถอธิบายได้ร้อยละ 1.9, 2.8 และ 11.2 ตามลำดับ เนื่องจากเนื่องจาก ผู้บริโภคยุคดิจิทัลจะเปิดรับข้อมูลข่าวสาร และส่งวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหา ประเภทความรู้ และเคล็ดลับต่างๆ โดยเลือกเฉพาะเรื่องที่ตนเองชื่นชอบ และให้ความสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สาวิตรี พรหมสิทธิ์ (2559) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปิดรับ ทัศนคติ และแนวโน้มพฤติกรรมการแบ่งปันข้อมูลทางเฟซบุ๊กของเจนเนอเรชั่นวายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ พบว่าความถี่ในการเปิดรับการแบ่งปันข้อมูลทางเฟซบุ๊ก มีความสัมพันธ์กับทัศนคติต่อการแบ่งปันข้อมูลของเจนเนอเรชั่นวาย อย่างไรก็ตามหากผู้บริโภคยุคดิจิทัลมีความถี่ในการเปิดรับข้อมูลมากเท่าใด ย่อมมีโอกาสในการส่งต่อข้อมูลมากขึ้นเท่านั้น

แรงจูงใจของผู้บริโภคด้านเหตุผล มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัลด้านระยะเวลาการใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาของผู้บริโภคยุคดิจิทัลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในทิศทางเดียวกัน โดยสามารถอธิบายได้ร้อยละ 2.5 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิน รัตนาธิราธร (2553) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง ทัศนคติต่อการทำการสื่อสารทางการตลาดในรูปแบบไวรอลวิดีโอ และปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจแชร์ออนไลน์วิดีโอของผู้ใช้เฟซบุ๊กในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจส่งต่อ หรือไม่ส่งต่อไวรอลวิดีโอ คือ ความประทับใจจากเนื้อหา และวิธีการนำเสนอ ถ้าผู้ชมเกิดความชอบหรือความประทับใจ จะทำให้เกิดการส่งต่อเป็นจำนวนมาก แต่หากเนื้อหาของคลิปวิดีโอมีเนื้อเรื่องที่ไม่น่าสนใจ มีความยืดเยื้อหรือยาวจนเกินไป จนทำให้รู้สึกเบื่อ ผู้บริโภคมักจะไม่ให้ความสนใจ และไม่ส่งต่อคลิปวิดีโออื่นๆ ให้กับเพื่อนบนเครือข่ายสังคมออนไลน์

รูปแบบการดำเนินชีวิตด้านกิจกรรม มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัลด้านจำนวนคลิก ด้านความถี่ และด้านระยะเวลาการใช้งานอินเทอร์เน็ต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ในทิศทางเดียวกัน โดยสามารถอธิบายได้ร้อยละ 4.1, 8.9 และ 1.9 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิภาดา พิทยาวิรุฬห์ (2557) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง สื่อดิจิทัลที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้บริโภคในการเข้าถึงข้อมูลทางการตลาด พบว่า รูปแบบการดำเนินชีวิตด้านกิจกรรม ด้านความสนใจ และด้านความคิดเห็น มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สื่อดิจิทัล

ในการเข้าถึงข้อมูลทางการตลาด ด้านความถี่ในการใช้สื่อดิจิทัลต่อสัปดาห์ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคยุคใหม่ที่ชอบใช้เวลาว่างไปกับการท่องเที่ยวอินเทอร์เน็ต และค้นหาข้อมูลข่าวสารทางการตลาด ติดต่อกับบุคคลที่รู้จักผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ มีความสนใจในเทคโนโลยี และข้อมูลของสินค้า/บริการใหม่ๆ อยู่เสมอ ทำให้รูปแบบการดำเนินชีวิตด้านความคิดเห็น และความสนใจ มีผลให้เกิดความถี่ในการใช้งานด้วย

พฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายของผู้บริโภคยุคดิจิทัลมีความสัมพันธ์กับแนวโน้มพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายยุคดิจิทัลด้านการแนะนำให้ส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์ต่ำมากในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สาวิตรี พรหมสิทธิ์ (2559) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปิดรับทัศนคติ และแนวโน้มพฤติกรรมในการแบ่งปันข้อมูลทางเฟซบุ๊กของเจนเอเรชั่นวาย พบว่าพฤติกรรมการเปิดรับข้อมูลด้านความถี่ มีความสัมพันธ์กับทัศนคติต่อการแบ่งปันข้อมูล โดยทัศนคติต่อการแบ่งปันข้อมูล มีความสัมพันธ์กับแนวโน้มพฤติกรรมโดยรวม ในการแบ่งปันข้อมูลของเจนเอเรชั่นวาย จึงอธิบายได้ว่า ผู้บริโภคมีทัศนคติที่ดีต่อด้านรูปแบบของข้อมูลที่แบ่งปันและด้านเนื้อหาสาระของข้อมูลที่แบ่งปัน ซึ่งทำให้เมื่อได้รับข้อมูลที่ชื่นชอบก็จะมี การแบ่งปัน (Sharing) ต่อไปยังหน้าสังคมเครือข่ายในเฟซบุ๊กของตัวเอง เพื่อนฝูง หรือคนใกล้ชิด และเมื่อเจนเอเรชั่นวายได้รับสารที่ตรงตามที่คาดหวัง หรือมีประโยชน์กับตัวเองก็จะมี การเปิดรับสารนั้นๆ พร้อมกับแบ่งปัน (Sharing) และแนะนำให้บุคคลรอบข้างแบ่งปันต่อไป

### สรุป

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุ 20 - 24 ปี มีสถานภาพโสด มีระดับการศึกษาปริญญาตรี มีอาชีพเป็นข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ และมีระดับเงินเดือน 20,001 บาทขึ้นไป ผู้ตอบแบบสอบถามมีทัศนคติต่อหลักเกณฑ์การนำเสนอวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจาย โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก มีความคิดเห็นต่อแรงจูงใจของผู้บริโภค โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และมีระดับแนวโน้มพฤติกรรมการส่งต่อวิดีโอการตลาดเชิงเนื้อหาแบบแพร่กระจายยุคดิจิทัล อยู่ในระดับส่งต่อแน่นอน และแนะนำต่อแน่นอน

### เอกสารอ้างอิง

จักรภพ ธาตุสุวรรณ. (2550). เอกสารประกอบวิชาการสถิติเบื้องต้นและการวิเคราะห์ข้อมูล, คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- นิวัฒน์ ชาตะวิทยากุล. (2555). แรงจูงใจในการแบ่งปันวิดีโอ คอนเทนท์บนเครือข่าย อินเทอร์เน็ตของผู้ใช้อินเทอร์เน็ต ชาวไทยกลุ่มเจนเนอเรชั่นวาย. วิทยานิพนธ์ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต.
- วิน รัตนาธิราช. (2553). ทศนคติต่อการทำการสื่อสารทางการตลาดในรูปแบบ Viral Video และปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจแชร์ออนไลน์วีดีโอของผู้ใช้ Facebook ในเขต กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วิภาดา พิทยาวิรุฬห์. (2557). สื่อดิจิทัลที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองของผู้บริโภคในการ เข้าถึงข้อมูลทางการตลาด. ปริญญาโท บธ.ม. (การตลาด). กรุงเทพฯ: บัณฑิต วิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สาวิตรี พรหมสิทธิ์. (2559). การเปิดรับ ทศนคติ และแนวโน้มพฤติกรรมในการแบ่งปันข้อมูล ทางเฟซบุ๊ก ของเจนเนอเรชั่นวายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- International Telecommunication Union. (2013). Measuring the World's Digital Natives. Measuring the Information Society 2013. Retrieved September 22, 2015, from: <http://mikeb.inta.gatech.edu/uploads/papers/measure.digital.natives.pdf>.
- Kotler, Philip. (2000). Marketing Management: Analysis. Planning. Implementation and control. 10th ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Palfrey John, and Urs Gasser. (2008) Born Digital: Understanding the First Generation of Digital Natives. Published by Basic Books, A Member of the Perseus Books Group.

## ปัจจัยการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมส์ออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโท

สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม

### Decision Making Factors for Earning from Online Games on Master Degree of Business Administration in Siam University

วัชรินทร์ กลับทับลังค์

Watcharin Klubtublung

มหาวิทยาลัยสยาม

Siam University

Corresponding author: watcharin028122632@gmail.com

#### บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมส์ออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโทสาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม จากการดำเนินการสุ่มตัวอย่างของจำนวนประชากร คือ นักศึกษาปริญญาโทสาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม ณ ปีการศึกษา 2560 โดยใช้เครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลในรูปแบบของ แบบสอบถาม และรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์โดยใช้หลักสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสถิติร้อยละ (Percentage) ค่าความถี่ (Frequency) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และใช้หลักสถิติ t-test, One Way ANOVA (F-test) เพื่อช่วยในการทดสอบสมมติฐาน

**คำสำคัญ:** การสร้างรายได้ การตัดสินใจ นักศึกษาปริญญาโท

#### Abstract

The objective of this research was to study about Decision making Factors for Earning from Online Games on Master Degree of Business Administration in Siam University. The participants are Master Degree of Business Administration students in 2017 and the researcher employed questionnaires as tools for data collection. The analytical methodologies included statistical tools: frequency, percentage, mean and standard deviation. T-Test and One-way Anova (F-Test) were utilized to test the hypothesis.

**Keywords:** Earning, Decision, Master Degree students

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เด็ก วัยรุ่น ผู้ใหญ่ หรือวัยต่างๆเริ่มจะให้ความสนใจและนิยมเล่นเกมประเภทออนไลน์ ซึ่งถือเป็นนวัตกรรมรูปแบบหนึ่งของเกมคอมพิวเตอร์มากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กวัยรุ่นที่ให้ความนิยมสูงสุด อีกทั้งราคาหรือค่าใช้จ่ายสำหรับเล่นเกมออนไลน์เริ่มที่จะถูกลง ทำให้สามารถเป็นเจ้าของหรือจับจองได้ง่าย ซึ่งผู้บริโภคหลายคนได้พบปะและรู้จักกันผ่านทางเกมออนไลน์ จนอาจกล่าวได้ว่าเกมออนไลน์ถูกพัฒนาให้เป็นเครือข่ายทางสังคมประเภทหนึ่งในปัจจุบัน

ซึ่งจากทัศนคติในอดีตที่ว่า การเล่นเกมทำให้เด็กติดเกมจนอาจส่งผลเสียต่อการเรียน การเข้าสังคม หรือลุกลามไปถึงการเกิดอาการป่วยทางจิตที่ถึงขั้นต้องพาเด็กไปพบจิตแพทย์ เพื่อทำการรักษา ซึ่งจากทัศนคติเบื้องต้นก็ไม่อาจที่จะปฏิเสธได้ว่าเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน แต่หากจะบอกว่าปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดขึ้นนั้นมาจากเกมเพียงอย่างเดียวก็คงไม่ถูกต้องนัก เพราะปัจจัยทางสังคม สภาพแวดล้อม และครอบครัวล้วนเป็นองค์ประกอบที่หล่อหลอมให้เด็กมีลักษณะ บุคลิก และนิสัยแทบทั้งสิ้น

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลประชากรศาสตร์ที่มีผลต่อการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม
2. เพื่อศึกษาปัจจัยการตัดสินใจที่มีผลต่อการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม

### วิธีการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา “ปัจจัยการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม” โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม

## กลุ่มตัวอย่าง

ทำการสุ่มตัวอย่างจากนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม โดยใช้ประชากรทั้งหมด 200 คนสำหรับการเก็บตัวอย่าง มีการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามระหว่างเดือน มกราคม ถึง เมษายน พ.ศ. 2560 และใช้หลักเกณฑ์ในการเก็บตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในการเลือกผู้ที่จะทำการตอบแบบสอบถามเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยามจนครบตามจำนวนที่ต้องการ

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### ลักษณะของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถาม (Questionnaires) โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน โดยมีรูปแบบเป็นข้อคำถามแบบตัวเลือกตอบตามที่ได้มีการกำหนดไว้

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเป็นคำถามที่ถูกจัดอยู่ในรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งเป็นรูปแบบของ (Likert's Scale) ที่มีคำตอบในการเลือกอยู่ 5 ตัวเลือก โดยมีการใช้เกณฑ์สำหรับการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยตามแนวทางของ Best. (1978)

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม ได้แก่ เหตุผลในการตัดสินใจ ความถี่หรือระยะเวลาในการเล่น รายรับที่ต้องการจากเกมออนไลน์ สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมออนไลน์

## 3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามเป็นภาษาไทยจำนวน 200 ชุด หลังจากนั้นจึงเริ่มดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามให้กับนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม จนถึงจำนวน 200 คน

3. จัดเก็บและรวบรวมแบบสอบถามภายใน 60 วัน

4. รวบรวมแบบสอบถามที่สมบูรณ์ให้ครบ 200 ชุด

5. ตรวจสอบความเรียบร้อย ความสมบูรณ์ของคำตอบจากแบบสอบถาม
6. จัดประเภทหมวดหมู่ของข้อมูลได้จากแบบสอบถาม เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในทางสถิติต่อไป

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามจากทั้งหมดมาตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ในการตอบ แบบสอบถาม จากนั้นจึงนำมาคัดเลือกฉบับที่ถูกต้องและสมบูรณ์ เพื่อที่จะนำข้อมูลมาประมวลผลและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยวิธีทางสถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

**การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)** ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาใช้สถิติความถี่ (Frequency) การหาค่าร้อยละ (Percentage) ในการนำเสนอข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับประชากรศาสตร์ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม วิเคราะห์โดยหาค่าร้อยละ (Percentage)
2. ข้อมูลเกี่ยวกับระดับ ปัจจัยการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมส์ออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม ใช้สถิติค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

**การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)** การทดสอบสมมติฐานโดยใช้ สถิติ F-Test (One Way ANOVA) ในการทดสอบความแตกต่างของตัวแปร เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน รวมถึงการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมส์ออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโท สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม

#### ผลการศึกษา

จากกลุ่มตัวอย่าง 30 คน นับเป็น 30 ตัวอย่าง โดยค่าความเชื่อถืออยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้มีการทดสอบอยู่ที่ 0.901 จากข้อคำถามทั้งหมด 55 ข้อ และนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านสถิติผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมีการนำหลักทางสถิติในส่วนของการสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มในแต่ละกลุ่มที่มีอิสระต่อกัน (Independent - Sample t-test) และการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) มาใช้ร่วมในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งจากผลการศึกษาแบ่งออกตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

### 1. ลักษณะทางประชากรศาสตร์

จากผลการวิจัยทำให้ทราบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่คือ เพศหญิง ร้อยละ 63.50 มีอายุส่วนใหญ่อยู่ในระหว่าง 20-30 ปี ร้อยละ 72.00 มีสถานภาพส่วนใหญ่ คือสมรส ร้อยละ 51.50 มีระดับการศึกษาส่วนใหญ่คือ ปริญญาตรี ร้อยละ 99.50 มีรายได้เฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10,001 - 20,000 บาท ร้อยละ 82.00

2. ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ของนักศึกษาปริญญาโทสาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม

จากผลการวิจัยทำให้ทราบได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนมากมีการตัดสินใจที่ส่งผลต่อการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ ที่ค่าเฉลี่ย 4.26 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 โดยมีการให้ความสำคัญสูงสุดที่สุดคือ ด้านอัตลักษณ์ ด้านอาชีพ ด้านการศึกษา ด้านสังคม ด้านการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ และด้านเทคโนโลยีตามลำดับ สรุปผลในแต่ละรายด้านได้ดังนี้

2.1 ด้านอัตลักษณ์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 โดยให้ความสำคัญสูงสุดเป็นลำดับที่ 1 คือ ความคิดของตนเองส่งผลต่อการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ มีค่าเฉลี่ย 4.66 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51

2.2 ด้านอาชีพ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.28 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 โดยให้ความสำคัญสูงสุดเป็นลำดับที่ 1 คือ การสร้างอาชีพจากเกมออนไลน์มีผลมาจากความชอบในการเล่นเกมน มีค่าเฉลี่ย 4.64 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50

2.3 ด้านการศึกษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.28 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47 โดยให้ความสำคัญสูงสุดเป็นลำดับที่ 1 คือ เกมออนไลน์มีส่วนช่วยในการพัฒนาทางภาษาให้ดีขึ้น มีค่าเฉลี่ย 4.59 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51

2.4 ด้านสังคม มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.26 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 โดยให้ความสำคัญสูงสุดเป็นลำดับที่ 1 คือ สังคมภายในครอบครัวมีผลต่อการตัดสินใจเล่นเกมออนไลน์ มีค่าเฉลี่ย 4.47 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57

2.5 ด้านการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 โดยให้ความสำคัญสูงสุดเป็นลำดับที่ 1 คือ รายได้จากเกมออนไลน์คือเงินที่มาจากธุรกิจประเภทหนึ่ง มีค่าเฉลี่ย 4.48 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60

2.6 ด้านเทคโนโลยี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 โดยให้ความสำคัญสูงสุดเป็นลำดับที่ 1 คือ ท่านคิดว่าความชำนาญด้านเทคโนโลยีมีผลต่อการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ มีค่าเฉลี่ย 4.45 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66



## วิจารณ์

### ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับต่อองค์กร งานวิจัยนี้ช่วยให้ทราบถึงช่องทางในการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมออนไลน์มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการจัดตั้งบริษัท การจัดตั้งเป็นตัวแทนให้บริการหรือจัดจำหน่าย เพื่อให้ช่องทางสำหรับการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์มีความหลากหลายมากขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับต่อสังคม งานวิจัยนี้ทำให้สังคมได้ตระหนักถึงประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี หรือการสร้างเป็นอาชีพสำหรับใช้หาเลี้ยงตนเองได้ในปัจจุบัน

ประโยชน์ที่ได้รับต่อประเทศไทย งานวิจัยนี้อาจใช้เป็นส่วนช่วยสำหรับปัจจัยในการพัฒนาวงการเกมออนไลน์ หรือ E-Sport ให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างอย่างเช่น ประเทศเกาหลีใต้ ที่ให้การสนับสนุนในเรื่องนี้ เพื่อให้ประชาชนได้เข้าใจถึงข้อดีเกมออนไลน์ว่า เป็นสิ่งที่เกิดประโยชน์มากกว่าให้โทษแก่เยาวชนดังเช่นความเชื่อในอดีตที่ว่าเป็นการมอมเมา และส่งผลเสียต่อตัวของเยาวชน โดยมองข้ามปัจจัยทางด้านบุคคลและสังคมที่เป็นปัจจัยสำคัญให้เยาวชนกลายเป็นเช่นนั้น

### ข้อเสนอแนะในการศึกษางานวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาในด้านของเกมออนไลน์แบบเฉพาะทาง โดยอาจแบ่งเป็นประเภทการใช้งานเป็น ทางโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ หรือเครื่องเล่นทางอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ เพื่อเจาะเป้าหมายให้เข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคต่างๆ ที่ผู้ค้นคว้าให้ความสนใจที่จะสร้างรายได้จากเกมออนไลน์

2. ศึกษาปัจจัยด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ หรือศึกษาค้นคว้าจากพื้นที่อื่นเพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบสำหรับการพยากรณ์เพื่อหาความถูกต้องและแม่นยำที่มากขึ้นในอนาคตหากมีการจัดทำและวิจัยเพิ่มเติม

## สรุป

จากผลการวิจัยที่ได้ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงผู้ที่ให้ความสนใจส่วนมากเป็นเพศหญิงที่ตอบแบบสอบถาม อีกทั้งยังให้ความสำคัญทางด้านด้านอัตลักษณ์ หรือความเป็นตนเองในการตัดสินใจสร้างรายได้จากเกมออนไลน์ ซึ่งจากแบบสอบถามที่ได้รวบรวมยังทำให้ทราบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยสยาม ให้ความสนใจในเรื่องนี้มากพอสมควร และบางคนยังประกอบอาชีพทางด้านนี้อีกด้วย

### คำขอบคุณ

1. ขอขอบคุณที่ปรึกษา ดร.ชิตวร ลีละผลิน อาจารย์ประจำพิเศษมหาวิทยาลัยสยาม
2. ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสยาม สำหรับการเข้าถึงข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กรองแก้ว อยู่สุข. 2537. พฤติกรรมองค์กร. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ก่อ สวัสดิพานิชย์. 2517. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: ครูสภาลาดพร้าว.
- ไกรกิติ ทิพนก. 2560. Escape Need Theory & Online Gamer: ความสุขของคนเล่น  
ครรชิต มาลัยวงศ์. 2539. ก้าวไกลไปกับคอมพิวเตอร์. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เทคโนโลยี  
อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- ธาริน เสวกจันทร์. 2552. พฤติกรรมและผลกระทบจากการเปิดรับสื่อเกมออนไลน์ของ  
นักเรียน มัธยมศึกษาในอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี. (วิทยานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี).
- ราช ศิริวัฒน์. 2560. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก  
<https://doctemple.wordpress.com/2017/01/25>
- Adele Lu Jia. 2014. An analysis of implicit social networks in Multiplayer Online  
Games.
- Assael, H. 1998. Consumer behavior and marketing action. Ohio: SouthWestern.
- Dale, Edgar. 1969. Audio - Visual Methods in Teaching. (3rd ed). New  
York: Holt, Rinehart and Winston.
- Eun Joo Kim, Kee Namkoong, Taeyun Ku, Se Joo Kim. 2007. The relationship  
between online game addiction and aggression, self-control and  
narcissistic personality traits. (Department of Psychiatry, Yonsei  
University College of Medicine).
- Heinich R, Molenda M, and Russell J. 1993. Instructional Media and the New  
Technologies of Instruction. (3rd ed). New York: Macmillan Publishing.
- Jan R. Williams. 2008. Financial & Managerial Accounting, The Basis for Business  
Decisions. United States of America: McGraw-Hill/Irwin
- Von Neumann J & Morgenstern O. 1944. The theory of games and economic  
behavior. Princeton: Princeton University Press.

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ ที่ผ่านการลดแอมโมเนียโดย  
ใช้ถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลิ้นจี่

Efficiency of Biogas Production from Chicken Manure by Ammonia  
reduction pretreatment Using Lychees seed Activated Carbon

อรไพลิน สมประสิทธิ์ และ จุฑาภรณ์ ชนะถาวร \*

Onpailin Somprasit and Jutaporn Chanathaworn\*

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand.

\* Corresponding author: winchana.jc@gmail.com

บทคัดย่อ

วิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจาก  
มูลไก่หลังจากการลดแอมโมเนีย โดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลิ้นจี่ เพื่อนำมูลไก่ที่  
ผ่านการดูดซับแอมโมเนียแล้วไปผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ การผลิตถ่านกัมมันต์โดยเตรียมเมล็ด  
ลิ้นจี่ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส กระตุ้นด้วยวิธีทางกายภาพโดยใช้น้ำร่วมกับคลื่น  
ไมโครเวฟ ที่กำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที จะได้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับ และศึกษา  
ระยะเวลาการดูดซับที่ระยะเวลา 3 – 4 วัน ปริมาณถ่านกัมมันต์ 15 – 25 กรัม ต่อปริมาณมูล  
ไก่ 1 กิโลกรัม จากงานวิจัยที่ศึกษาผ่านมา พบว่า ค่าการดูดซับของถ่านที่เหมาะสมต่อสิ่งที่ดูด  
ซับคือ 15 กรัม ต่อ 1 กิโลกรัม และผลของการเขย่าในขั้นตอนการดูดซับ จากนั้นนำมูลไก่ที่  
ผ่านการดูดซับแล้วไปหมักในสภาวะไร้อากาศ ระบบการหมักแบบแบทช์ขนาด 5 ลิตร  
ระยะเวลาในการหมัก 15 วัน สภาวะอุณหภูมิเมโสฟิลิก ( $35 \pm 2$  องศาเซลเซียส) เพื่อหา  
ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ถ่านกัมมันต์  
25 กรัม ระยะเวลาการดูดซับ 4 วัน ให้ปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด 42,800 มิลลิลิตร  
เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า การเขย่าในระหว่างการดูดซับให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูง  
กว่าชุดควบคุม 47.89%

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ ก๊าซชีวภาพ มูลไก่ เมล็ดลิ้นจี่.

### Abstract

This research aimed to study the improvement of biogas production from chicken manure after ammonia reduction. Adsorption of activated carbon from lychee seeds to remove the ammonia-adsorbed chicken manure to produce biogas. Activated carbon produced lychee seeds at 600 ° C incubation temperature, activated by physical means using water in combine with microwave, at 200 watts for 2 minutes to use activated carbon as an adsorbent. The adsorption time 3 – 4 days for activated carbon 15 – 25 g/kg (Based on the research, it was found that the adsorption value of activated carbon for adsorbents was 15 g/kg). And the effects of shakes in the adsorption step. The adsorption of chicken manure was carried out in anaerobic conditions. The adsorbed chicken manure was then fermented size 5 L for 15 day fermentation time in the Mesophilic temperature ( $35 \pm 2$  °C) for the production of biogas. The results showed that the use of activated carbon 25 g, the adsorption time of 4 days. The maximum production of biogas 42,800 ml. Compared with the control, shakes during the adsorption gave higher biogas yield than the control set at 47.89%

**Keywords:** Activated carbons, Biogas, Chicken manure, Lychees seed

### บทนำ

ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพรูปแบบหนึ่ง โดยทั่วไปนั้น หมายถึง ก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของสารอินทรีย์ในระบบไร้อากาศ สารอินทรีย์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการหมัก เช่น มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์ม หรือน้ำเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อระบบการหมัก เช่น ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งในระบบ (Total solid, TS) ระยะเวลาการย่อยสลาย อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ซึ่งวัตถุดิบบางชนิดมีค่าที่ไม่เหมาะสม ต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้มีค่าเหมาะสมก่อนนำมาเข้าสู่กระบวนการหมัก (วีระยุทธ, 2552) มูลไก่ สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพได้ แต่เนื่องจากมีองค์ประกอบของไนโตรเจนสูง ส่งผลให้มีอัตราส่วน C/N ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพไนโตรเจนที่อยู่ในมูลไก่จะถูกสะสมอยู่ในรูปของแอมโมเนีย เมื่อ

ระบบมีการสะสมของแอมโมเนียสูง (สิริชัย, 2554) ทำให้ระบบมีความเป็นด่างสูงขึ้น ส่งผลต่อค่า pH ที่อยู่ในระบบ ซึ่งส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทนในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพหยุดการเจริญเติบโตทำให้ระบบล้มเหลวได้ (อัญชลี, 2553) ดังนั้นการลดแอมโมเนียให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ งานวิจัยนี้สนใจศึกษาการลดแอมโมเนียในมูลไก่ก่อนเข้าสู่กระบวนการหมักก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการใช้ถ่านกัมมันต์มาเป็นตัวดูดซับ

ถ่านกัมมันต์ (Activated charcoal หรือ Activated carbon) เป็นรูปแบบหนึ่งของธาตุคาร์บอน ที่สามารถผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ชังข้าวโพด ชี้อ้อย เศษไม้ เมล็ดผลไม้ แกลบ กะลามะพร้าว ฯลฯ ซึ่งถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของการดูดซับสารต่าง ๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางด้านการมีรูพรุนสูง ผลิตโดยการกระตุ้นถ่านให้ก่อถ่านกัมมันต์ในกระบวนการผลิต ถ่านกัมมันต์มีประโยชน์หลายด้าน เช่น ฟอกหรือกรองอากาศในเครื่องปรับอากาศ เป็นไส้กรองของหน้ากากนิรภัยเพื่อกรองแก๊สพิษ สกัดสีนแร่ เช่น แร่ทองคำ และใช้ในอุตสาหกรรมยา (พรรณธิดา, 2550) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาทดลองการประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์ในด้านการดูดซับ เช่น การใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากเปลือกของถั่วแมคคาเดเมียในการดูดซับเมทานอลในไบโอดีเซล (พรรณธิดา, 2554) และการลดการปล่อยก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ของเครื่องยนต์เบนซินโดยใช้การดูดซับจากถ่านกัมมันต์ (Changwei, 2017) เป็นต้น

จากคุณสมบัติการดูดซับดังกล่าว จึงนำถ่านกัมมันต์มาประยุกต์ใช้ในการดูดซับแอมโมเนียในมูลไก่ ก่อนเข้าสู่กระบวนการย่อยสลาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ ทำการศึกษาระยะเวลาในการดูดซับปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม และผลของการเขย่าในระหว่างขั้นตอนการดูดซับ ทำการหมักในระบบไร้อากาศ ในถังปฏิกรณ์แบบแบทช์ วิเคราะห์คุณสมบัติตั้งต้นของถ่านกัมมันต์ คุณลักษณะของมูลไก่ก่อนการหมัก และวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบการหมักก๊าซชีวภาพ เช่น ปริมาณของออกซิเจนทั้งหมด (Chemical oxygen demand, COD) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid, VS) เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ในระดับครัวเรือนต่อไป

## วิธีการศึกษา

### 1. ขั้นตอนการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลิ้นจี่

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลิ้นจี่ทำได้โดยการ เผาเมล็ดลิ้นจี่ในเตาเผาไฟฟ้าอับอากาศที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 1 h เมื่อครบเวลาที่กำหนด ทำการปิดเตาและทิ้งถ่านให้เย็นตามอุณหภูมิเตา จากนั้นบดถ่านเมล็ดลิ้นจี่ โดยทำการคัดขนาดเม็ดถ่านให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 0.50 – 1.5 mm กระตุ้นเม็ดถ่านให้เกิดการก่อกัมมันต์ด้วยน้ำร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ โดยใช้สัดส่วนเม็ดถ่านต่อสารกระตุ้น ในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 (g/mg) ที่กำลังไฟฟ้า 200 W เป็นเวลา 2 min ตรวจสอบคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ตามมาตรฐาน AWWA B604 (AWWA B604, American Water Works Association 1997) วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว โครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) และเครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิวและขนาดรูพรุน (Brunauer Emmett and Teller, BET)

### 2. วัตถุดิบ

มูลไก่ที่ใช้เป็นวัตถุดิบได้รับความอนุเคราะห์มาจากฟาร์มไก่ ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ วิเคราะห์คุณลักษณะของมูลไก่อ่อนการทดลอง เช่น ค่าอัตราส่วน C/N ความชื้น (Moisture content, MC) ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid, VS) และ ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) แสดงดัง Table 1.

**Table 1** Characteristics of chicken manure from chicken farm in Chiang Mai.

Constituent	Chicken manure
C/N ratio	8 : 1
Moisture content (%)	80.5 ± 0.01
Volatile solid, VS content (%)	25.9 ± 0.02
Total solid, TS content (%)	18.5 ± 0.04

### 3. ศึกษาการดูดซับแอมโมเนียในมูลไก่

นำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเมล็ดลิ้นจี่ มาทำการศึกษาการดูดซับแอมโมเนียในมูลไก่อ่อนการหมักก๊าซชีวภาพ โดยการศึกษาระยะเวลาการดูดซับ 3 – 4 day ปริมาณถ่านกัมมันต์ 15 – 25 g ต่อปริมาณมูลไก่ 1 kg เปรียบเทียบผลของการเขย่ากับชุดควบคุมที่ไม่มีการเขย่าใน

ระหว่างการดูดซับ เมื่อครบตามเวลาการดูดซับที่กำหนด ทำการแยกถ่านกัมมันต์ที่ผ่านดูดซับออกจากมูลไก่ก่อนทำการหมัก

#### 4. ระบบหมักก๊าซชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการ

การหมักก๊าซชีวภาพจากการใช้มูลไก่เป็นวัตถุดิบ ได้ดำเนินการทดลองในระบบแบบแบทช์ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ถังหมักขนาด 5 L ปริมาตรการใช้งานจริง 4 L อัตราส่วนของมูลไก่และน้ำที่ใช้สำหรับการทดลอง 1 ต่อ 3 ดำเนินการหมักในสภาวะอุณหภูมิเมโสฟิลิก (Mesophilic) คือ อยู่ภายใต้อุณหภูมิ  $35 \pm 2$  °C ระยะเวลา 15 day ซึ่งทำการเขย่าในระหว่างการหมัก 1 ครั้งต่อวัน เป็นเวลา 1 min ใช้ระบบการกักเก็บก๊าซชีวภาพโดยการแทนที่ด้วยน้ำ ทำการติดตั้งถังสำหรับกักเก็บก๊าซชีวภาพโดยเชื่อมต่อกับถังหมักก๊าซชีวภาพ อ่านค่าและบันทึกผลอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพทุกวัน วิเคราะห์ค่า (Chemical Oxygen Demand, COD) (Total Solid, TS) และ (Volatile Solid, VS) ก่อนหมักและหลังหมัก ตามมาตรฐาน AWWA1998 (APHA, AWWA and WEF. 1998)

#### ผลการศึกษา

##### 1. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลิ้นจี่

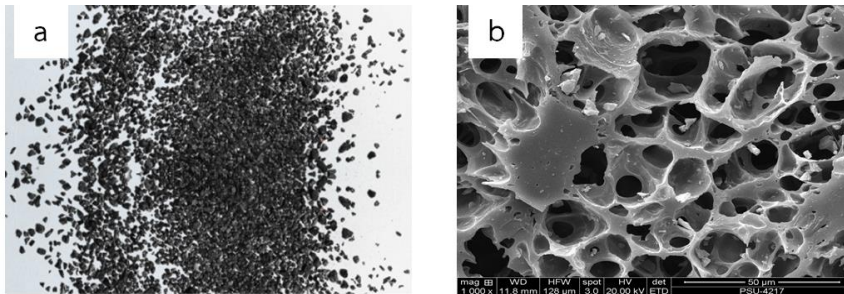
หลังการเผาเมล็ดลิ้นจี่ด้วยเตาเผาไฟฟ้าในอับอากาศที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 1 h พบว่า ให้ค่าร้อยละของผลผลิต (Yield, %)  $25.33 \pm 0.08$  g มีค่าร้อยละของความชื้น (Moisture, %) ของถ่านกัมมันต์  $4.26 \pm 0.09$  และค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine adsorption, mg/g)  $615.82 \pm 20.28$  mg/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน AWWA B604 (AWWA, 1997) แสดงดัง Table 2.

Table 2 Lychees seed activated carbon

Constituent	Lychees seed
Yield (%)	$25.33 \pm 0.08$
Moisture (%)	$4.26 \pm 0.09$
Iodine adsorption (mg/g)	$626.53 \pm 8.03$

ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากเมล็ดลิ้นจี่มีลักษณะเป็นเม็ดกลม สีดำ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.5 – 1.5 mm แสดงดัง Figure 1a ผลการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) แสดง

ดัง Figure 1b จากรูปจะปรากฏรูพรุนขนาดเล็กและขนาดใหญ่อย่างชัดเจน และสังเกตเห็น  
เศษอนุภาคผงขนาดเล็กบนผิวถ่าน แสดงดัง Figure 1b จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวและขนาดรู  
พรุน (Brunauer Emmett and Teller, BET) พบว่า พื้นที่ผิวจำเพาะมีขนาด 40.82 m<sup>2</sup>/g  
และรูพรุนของถ่านกัมมันต์มีขนาดรัศมีเล็กกว่า 1136.00 Å

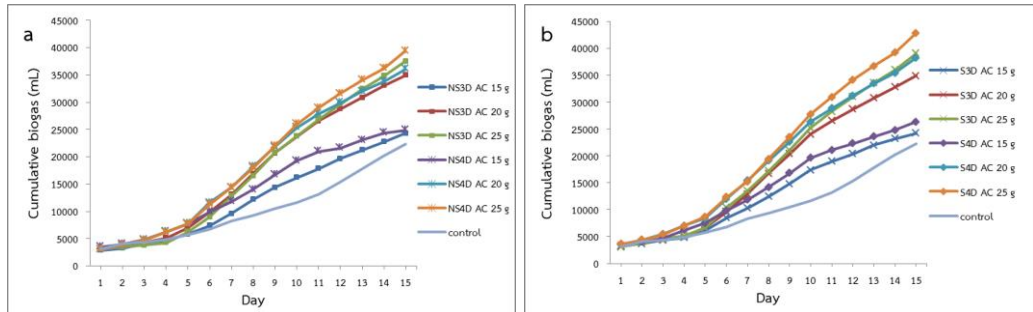


**Figure 1** Lychees seed activated carbon (a) and SEM image of Lychees seed activated carbon (b)

## 2. ผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากการศึกษาปริมาณถ่านกัมมันต์ในการดูดซับแอมโมเนียในมูลไก่ก่อนนำไปใช้เป็น  
วัตถุดิบในการหมักก๊าซชีวภาพ โดยทำการศึกษาที่ปริมาณของถ่านกัมมันต์ 15 20 และ 25 g  
ต่อมูลไก่ 1 kg ดำเนินการหมักในสภาวะอุณหภูมิเมโสฟิลิก (Mesophilic) คือ อยู่ภายใต้  
อุณหภูมิ 35 ± 2 °C เขย่าถึงหมัก 1 ครั้งต่อวัน ระยะเวลาการหมัก 15 day ภายใต้การย่อย  
สลายแบบไร้อากาศ แสดงผลดัง Figure 2 จากการทดลองแสดงให้เห็นถึงปริมาณก๊าซสะสมของ  
การทดลองในระยะเวลา 15 day พบว่า ผลของการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับแอมโมเนียใน  
มูลไก่ปริมาณ 25 g ต่อมูลไก่ 1 kg ระยะเวลาในการดูดซับ 4 day โดยวิธีการไม่เขย่าถ่านกัม  
มันต์ในระหว่างการดูดซับและวิธีการเขย่าถ่านกัมมันต์ในระหว่างการดูดซับ 1 ครั้งต่อวัน ให้  
ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุดที่ 39,400 และ 42,800 mL ตามลำดับ แสดงดัง Figure 2 (a  
และ b) เมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะการทดลองที่สภาวะเดียวกัน พบว่า การใช้ถ่านกัมมันต์ที่  
15 g (โดยวิธีการไม่เขย่าถ่านกัมมันต์ในระหว่างการดูดซับ 3 day) ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพ  
สะสมน้อยที่สุด คือ ให้ปริมาณก๊าซสะสม 24,350 mL และ 20 g ให้ปริมาณก๊าซสะสม  
34,950 mL ตามลำดับ การทดลองการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับนี้ ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูง  
กว่าชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการดูดซับ ซึ่งชุดควบคุมให้ปริมาณก๊าซสะสมเพียง 22,300 mL





\*NS3D: Non shakes during adsorption for 3 days

\*\*\*NS4D: Non shakes during adsorption for 4 days

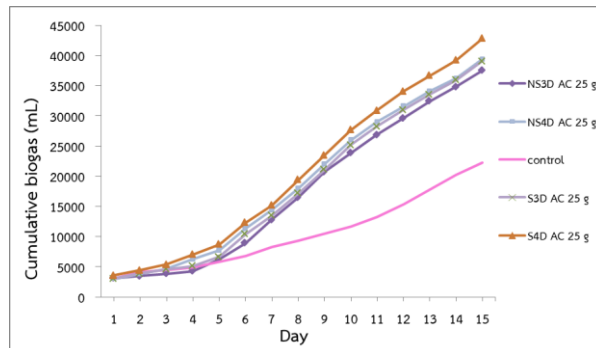
\*\*S3D: Shakes during adsorption for 3 days

\*\*\*\*S4D: Shakes during adsorption for 4 days

**Figure 2** Cumulative of biogas production; non shake during adsorption (a) shake during adsorption (b).

### 3. ระยะเวลาที่ถ่านกัมมันต์ใช้ในการดูดซับแอมโมเนียในมูลไก่

จากการศึกษาเวลาที่ถ่านกัมมันต์ใช้ในการดูดซับแอมโมเนียในมูลไก่ก่อนนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกในการหมักก๊าซชีวภาพ โดยทำการศึกษาที่ระยะเวลาการดูดซับ 3 และ 4 day โดยใช้ถ่านกัมมันต์ 25 g ต่อมูลไก่ 1 kg เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการดูดซับแอมโมเนีย ดำเนินการหมักในสภาวะอุณหภูมิเมโสฟิลิก (Mesophilic) คือ อยู่ภายใต้อุณหภูมิ  $35 \pm 2$  °C เขย่าถังหมัก 1 ครั้งต่อวัน ระยะเวลาการหมัก 15 day ภายใต้การย่อยสลายแบบไร้อากาศ แสดงดัง Figure 3 จากการทดลอง พบว่า ปริมาณก๊าซสะสมของการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพในระยะเวลา 15 day ที่ระยะเวลาการดูดซับ 4 day ให้ปริมาณก๊าซสะสมสูงสุด รองลงมาคือระยะเวลาการดูดซับ 3 day และชุดควบคุมที่ไม่มีการดูดซับ ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าปริมาณก๊าซสะสม 48,200 39,050 และ 22,300 mL ที่สภาวะการเขย่าถ่านกัมมันต์ในระหว่างการดูดซับ พบว่า ระยะเวลาการดูดซับส่งผลต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ เมื่อระยะเวลาการดูดซับนานขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งผลของการเพิ่มเวลาในการดูดซับที่ 4 day ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงกว่าการดูดซับที่ 3 day โดยวิธีการเขย่าถ่านกัมมันต์ในระหว่างการดูดซับ 1 ครั้งต่อวัน ถึง 8.76%



\*NS3D: Non shakes during adsorption for 3 days

\*\*S3D: Shakes during adsorption for 3 days

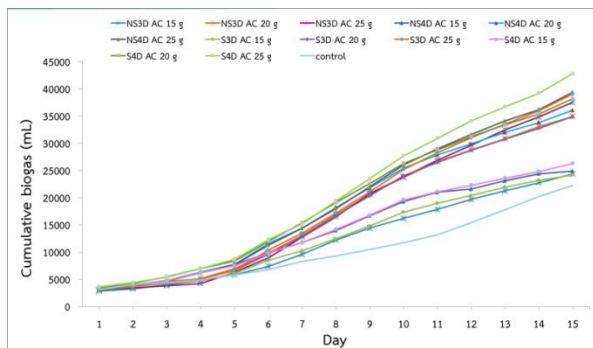
\*\*\*NS4D: Non shakes during adsorption for 4 days

\*\*\*\*S4D: Shakes during adsorption for 4 days

**Figure 3** Cumulative of biogas production by using activated carbon for adsorption

#### 4. ผลของการเขย่าในระหว่างขั้นตอนการดูดซับ

การเขย่าในช่วงขั้นตอนการดูดซับ ส่งผลต่อการเกิดปริมาณผลิตก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ แสดงดัง Figure 4 จากการทดลองการใช้ถ่านกัมมันต์ 25 g ในการดูดซับแอมโมเนียจากมูลไก่ ด้วยวิธีการเขย่าถ่านกัมมันต์ 1 ครั้งต่อวัน ในระหว่างขั้นตอนการดูดซับ เป็นเวลา 4 day พบว่า ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงกว่าการดูดซับที่ไม่มีการเขย่าถ่านกัมมันต์เป็นเวลา 4 day ถึง 7.94 % ซึ่งที่สภาวะการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับ 3 day ภายใต้ปริมาณถ่านเดียวกัน โดยใช้วิธีการเขย่าถ่านกัมมันต์ 1 ครั้งต่อวัน ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงเพียง 39,050 mL การใช้ถ่านกัมมันต์ 25 g เป็นตัวดูดซับ โดยวิธีการเขย่าถ่านกัมมันต์ในช่วงขั้นตอนการดูดซับ 4 day ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงกว่าการเขย่าถ่านกัมมันต์ในช่วงขั้นตอนการดูดซับ 3 day ถึง 8.76 % แสดงให้เห็นว่า ผลของการเขย่าถ่านกัมมันต์และการใช้ระยะเวลาการดูดซับมีความสำคัญในการเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพ



\*NS3D: Non shakes during adsorption for 3 days

\*\*S3D: Shakes during adsorption for 3 days

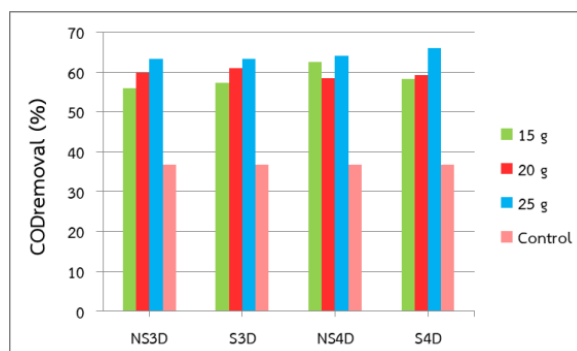
\*\*\*NS4D: Non shakes during adsorption for 4 days

\*\*\*\*S4D: Shakes during adsorption for 4 days

Figure 4 Cumulative of Biogas production none is shakes and shakes during adsorption for 3 – 4 days.

### 5. ประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD (COD removal)

การลดลงของค่า COD ส่งผลต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ จากการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณ COD จะลดลงตามระยะเวลาการหมัก ผลการทดลอง การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของทุกชุดการทดลองของการใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับ มีค่าการกำจัด COD อยู่ในช่วง 51.53 – 65.96% ซึ่งผลของการใช้ถ่านกัมมันต์ในปริมาณ 25 g โดยทำการเขย่าถ่านกัมมันต์ระหว่างการดูดซับ 1 ครั้งต่อวัน เป็นเวลา 4 day หลังจากการหมักผ่านไป 15 day พบว่า ให้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงที่สุดถึง 65.96% เมื่อเปรียบเทียบกับ ชุดควบคุมที่ไม่ใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับ ให้ค่าการกำจัด COD 36.84% แสดงดัง Figure 5



\*NS3D: Non shakes during adsorption for 3 days

\*\*S3D: Shakes during adsorption for 3 days

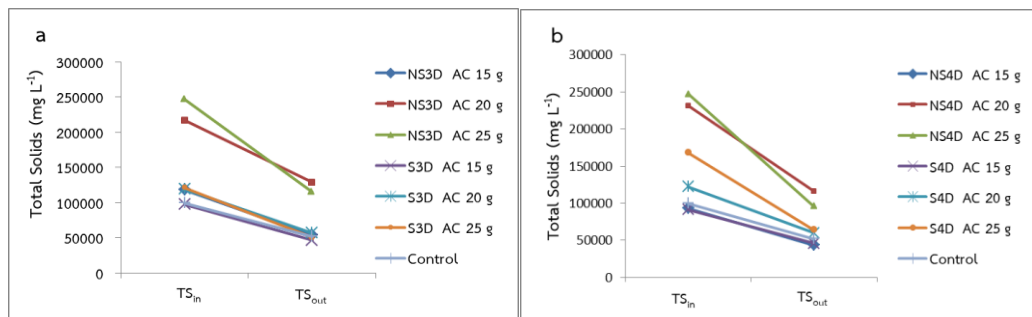
\*\*\*NS4D: Non shakes during adsorption for 4 days

\*\*\*\*S4D: Shakes during adsorption for 4 days

Figure 5 COD removal of experiments

## 6. การเปลี่ยนแปลง TS ในระบบการหมัก (Total solid, TS)

จากการทดลองผลของประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดของการหมักก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ก่อนเข้าระบบและออกจากระบบ มีค่าการกำจัด TS อยู่ในช่วง 40.60 – 61.68% ผลของการใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 25 g โดยทำการเขย่าในช่วงขั้นตอนการดูดซับ 1 ครั้งต่อวัน ก่อนการหมักเป็นเวลา 4 day พบว่า TS เริ่มต้น 167,892 mg/L หลังจากการหมักผ่านไป 15 day มีปริมาณลดลงเหลือ 64,329 mg/L ซึ่งค่าการกำจัดค่า TS มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงที่สุดถึง 61.86% แสดงดัง Figure 6b เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการหมักก๊าซชีวภาพจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้ถ่านกัมมันต์ในดูดซับมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดค่า TS ค่อนข้างต่ำที่ 47.68 % แสดงดัง Figure 6



\*NS3D: Non shakes during adsorption for 3 days

\*\*\*NS4D: Non shakes during adsorption for 4 days

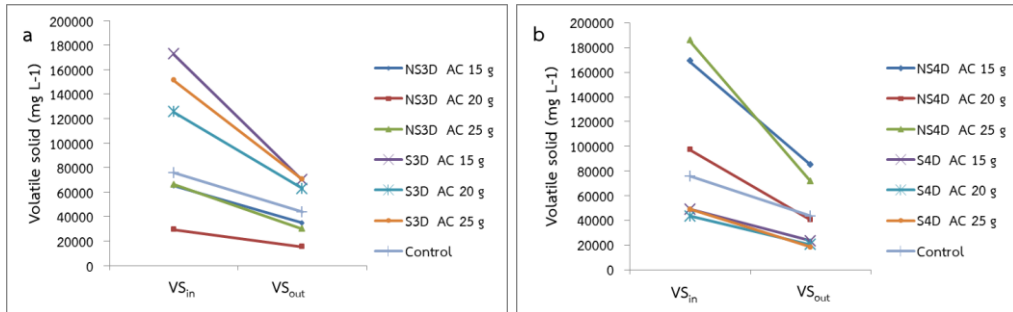
\*\*S3D: Shakes during adsorption for 3 days

\*\*\*\*S4D: Shakes during adsorption for 4 days

**Figure 6** Efficiency of suspended solids removal. During adsorption for 3 days (a) During adsorption for 4 days (b)

## 7. การเปลี่ยนแปลง VS ในระบบการหมัก (Volatile solid, VS)

จากการทดลองผลของการกำจัดปริมาณของแข็งระเหยง่ายของการหมักก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ก่อนเข้าระบบและออกจากระบบ มีค่าการกำจัด COD อยู่ในช่วง 42.94 – 62.41% ผลของการใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 25 g โดยทำการเขย่าในช่วงขั้นตอนการดูดซับ 1 ครั้งต่อวัน ก่อนการหมักเป็นเวลา 4 day พบว่ามีปริมาณของแข็งระเหยง่าย เริ่มต้น 49,210 mg/L หลังจากการหมักผ่านไป 15 day มีปริมาณลดลงเหลือ 18,496 mg/L ซึ่งค่าการกำจัด VS มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงที่สุดถึง 62.41% แสดงดัง Figure 4b เมื่อทำการเปรียบเทียบกับ การหมักก๊าซชีวภาพจากชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้ถ่านกัมมันต์ในดูดซับให้ประสิทธิภาพ ในการกำจัดค่า VS ค่อนข้างต่ำที่ 31.91% แสดงดัง Figure 7



\*NS3D: Non shakes during adsorption for 3 days  
 \*\*\*NS4D: Non shakes during adsorption for 4 days

\*\*S3D: Shakes during adsorption for 3 days  
 \*\*\*\*\*S4D: Shakes during adsorption for 4 days

Figure 7 TS<sub>in</sub> and TS<sub>out</sub> of the experiments.

### สรุป

จากการศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ที่ผ่านขั้นตอนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลิ้นจี่ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยการศึกษาปริมาณของถ่านกัมมันต์ ระยะเวลาการดูดซับ และผลของการเขย่าถ่านกัมมันต์ในระหว่างขั้นตอนการดูดซับ พบว่า ผลของการใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 25 g โดยทำการเขย่าในช่วงขั้นตอนการดูดซับ 1 ครั้งต่อวัน ระยะเวลาการดูดซับ 4 day ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงสุด 42,800 mL ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงกว่าชุดควบคุมคิดเป็น 47.89% ให้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงสุด 65.96% มีประสิทธิภาพในการกำจัด TS สูงสุด 61.86% และประสิทธิภาพในการกำจัด VS สูงที่สุด 62.41% จากการทดลองสรุปได้ว่า ปริมาณของถ่านกัมมันต์ ระยะเวลาการดูดซับ และการเขย่าถ่านกัมมันต์ในระหว่างขั้นตอนการดูดซับส่งผลต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ

### คำขอบคุณ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการให้ความช่วยเหลือทางด้านทุนสนับสนุนงานวิจัยภายใต้โครงการผลิตและการพัฒนาศักยภาพการศึกษาด้านพลังงานหมุนเวียนในระดับอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาวิทยาลัยพลังงานและขอขอบพระคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน (สนพ.) ประจำปีการศึกษา 2560 ในการให้ความช่วยเหลือทางด้านทุนสนับสนุนงานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง

### เอกสารอ้างอิง

- กิติโรจน์ หวันตาหลา, ชยาภาส ทับทอง และสินศุภา จุ้ยจุลเจิม. 2550. การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินและกะลามะพร้าว. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2550. 2(10): p. 104 – 112.
- พรรณธิดา บรรจง และเดชา ฉัตรศิริเวช. 2554. การดูดซับเมทานอลในไบโอดีเซลด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกถั่วแมคคาเดเมีย. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีระยุทธ ทองหนู. 2552. การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคหมักร่วมกับสาหร่ายหางกระรอก เพื่อใช้เป็นพลังงานเสริมในการอบลดความชื้นแผ่นยางพาราดิบ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- สิริชัย แยมแบน. 2554. การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ไข่ด้วยระบบบ่อหมักรางของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อัญชลี แทนนิล. 2553. การย่อยร่วมแบบไมใช้ออกซิเจนของมูลสุกร ไบโพลัม และขยะของแข็งชุมชนในถังปฏิกรณ์ร่วม 2 ขั้นตอนและถังปฏิกรณ์เมมเบรน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาเคมีเทคนิค, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- AWWA B604. American Water Works Association. 1997. Standard for Granular Activated Carbon. Maryland: American Public Health Association. Washington D.C. U.S.A.
- APHA AWWA and WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20<sup>st</sup> ed. Maryland: American Public Health Association. Washington D.C. U.S.A.
- Changwei Ji. 2017. Reducing HC emissions from a gasoline engine at the starting conditions through activated carbon adsorption. Applied Thermal Engineering. 112: p. 124 – 132.

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดแอมโมเนียโดยวิธีการตกตะกอนของแมกนีเซียมซัลเฟต  
สำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

The Study of Factors Affecting on Ammonia Reduction by Magnesium  
Sulfate Precipitation for Biogas Production

สัทัชฌา ใจสิน จุฑาภรณ์ ชนะถาวร\* และ กมลดารา เจริญสุวรรณ

Sahatcha Jaisin, Jutaporn Chanathaworn\* and Kamoldara Reansuwan

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai, 50290, Thailand.

\* Corresponding author: winchana.jc@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเวลาการกวนและการตกตะกอนแมกนีเซียมซัลเฟต ( $MgSO_4$ ) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยใช้  $MgSO_4$  ที่ความเข้มข้น  $100 \text{ mg L}^{-1}$  ที่อัตราส่วนของมูลไก่ต่อน้ำ 1:3 ในเวลาการกวน 1, 3 และ 5 min และเวลาการตกตะกอนที่ 60 และ 90 min ตามลำดับ จากนั้นทำการหมักก๊าซชีวภาพแบบแบทช์ในระบบไร้อากาศปริมาตรการหมัก 15 L ระยะเวลาการหมัก 20 วัน ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิที่สถานะ mesophilic ( $34 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) จากการทดลองพบว่า ที่เวลาการกวน 5 min ใช้เวลาตกตะกอน 90 min มีปริมาณก๊าซสะสมสูงสุดคือ 44,500 mL แต่อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพพบว่า ที่เวลาการกวน 3 min เวลาตกตะกอน 90 min ให้องค์ประกอบก๊าซมีเทนสูงสุด 62.3% ซึ่งให้ปริมาณก๊าซมีเทนสูงสุดคิดเป็น 26,976 mL และจากการวิเคราะห์ TS, VS และ COD พบว่าที่เวลาการกวน 5 min ในเวลาตกตะกอน 90 min สามารถกำจัด TS, VS และ COD ได้สูงสุดอยู่เท่ากับ 67.9%, 66.6% และ 62.5% ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ก๊าซชีวภาพ การตกตะกอน แมกนีเซียมซัลเฟต มูลไก่

Abstract

The main aim of this research is to study the factors affecting of the stirring times and precipitation times of magnesium sulphate ( $MgSO_4$ ) on biogas production efficiency by using the  $MgSO_4$  concentration of  $100 \text{ mg L}^{-1}$ . The ratio of chicken manure to water was 1:3. The duration of the stirring times were 1, 3 and 5 min and the precipitation times were ranged 60 and 90 min,

respectively. Then the anaerobic fermentation was investigated in a lab-scale batch reactor with 15 L working volume. The digester was operated for 20 days under mesophilic condition ( $34\pm 2$  °C). The result showed that the condition for highest cumulative biogas production of 44,500 mL was found that to be the stirring time of 5 min with precipitation times of 90 min. However, the highest methane content of 62.3% with methane yield of 26,976 mL was found to be the stirring time of 3 min with precipitation times of 90 min. The highest of TS, VS and COD removal were 67.9%, 66.6% and 62.5%, respectively with the condition of the stirring time of 5 min and precipitation times of 90 min.

**Keywords:** Biogas, Precipitation, Magnesium sulfate, Chicken manure

### บทนำ

ก๊าซชีวภาพเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ โดยที่แบคทีเรียจะนำสารอินทรีย์มาใช้ในการเจริญเติบโตและผลิตก๊าซชีวภาพโดยมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีสมบัติในการจุดติดไฟ จึงสามารถนำมาใช้ทดแทนก๊าซหุงต้มได้ มีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่สนใจศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพ อาทิเช่น ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราโดยการหมักร่วมกับมูลสุกร (ชิตชนก, 2011) การศึกษากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ โดยใช้ น้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังแปรรูป (เกื้อกุล, 2009) การศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ด้วยการเติมมูลไก่และมูลโค (ปวันรัตน์, 2014) โดยส่วนใหญ่ก๊าซชีวภาพผลิตจากวัตถุดิบประเภทมูลสัตว์ เช่น มูลโค มูลสุกร และมูลไก่ แต่เนื่องจากมูลไก่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนสูง ส่งผลให้มีอัตราส่วน C/N ต่ำกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 – 30:1 ไนโตรเจนที่อยู่ในมูลไก่จะถูกสะสมอยู่ในรูปของแอมโมเนีย เมื่อระบบมีการสะสมของแอมโมเนียสูง (สิริชัย, 2011) ทำให้ระบบมีความเป็นด่างสูงขึ้น ส่งผลต่อค่า pH ที่อยู่ในระบบ ทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตก๊าซมีเทนในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระบบ ถึงแม้ว่าค่า pH เปลี่ยนแปลงไปไม่มาก แต่ก็อาจทำให้แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทนหยุดการเจริญเติบโต (อัญชลี, 2010) และทำให้ระบบล้มเหลวได้

ดังนั้นแอมโมเนียจึงเป็นปัญหาหลักในการผลิตก๊าซชีวภาพ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจึงได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดแอมโมเนีย อาทิเช่น การกำจัดแอมโมเนียโดยการนำก๊าซชีวภาพจากการหมักมูลไก่ไปรีไซเคิลด้วยกระบวนการ ammonia



striping (Abouelenien et al., 2010) รวมถึงมีวิจัยเกี่ยวกับการลดแอมโมเนีย อาทิเช่น การใช้กระบวนการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้เกลือแมกนีเซียมซัลเฟตในการกำจัดแอมโมเนีย ไนโตรเจนน้ำเสียจากฟาร์มสุกร (พงศัลดดา, 2012) ศึกษาการกำจัดแอมโมเนียด้วยการตกผลึกโดยใช้อุณหภูมิไฮโดรไลซิส 150 °C เพื่อให้ตกตะกอนโดยใช้สาร  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  และ  $KH_2PO_4$  (อานนท์, 2009) เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการลดแอมโมเนียในมูลไก่ ก่อนการหมักด้วยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีของ  $MgSO_4$  ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ผลของการกวนก่อนการตกตะกอนและระยะเวลาการตกตะกอน  $MgSO_4$  เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

## วิธีการศึกษา

### 1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบมูลไก่ได้รับความอนุเคราะห์จากฟาร์มไก่ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ทำการวิเคราะห์ลักษณะของมูลไก่ก่อนการทดลอง เช่น ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) ปริมาณของแข็งระเหยง่าย (Volatile solid, VS) ความชื้น (Moisture content, MC) และ ค่าอัตราส่วน C/N แสดงดัง Table 1.

**Table 1** Characteristics of chicken manure from chicken farm in Chiang Mai.

Constituent	Chicken manure
TS content (%)	21.4±0.01
VS content (%)	17.5±0.02
MC (%)	78.5
C/N ratio	8:1

### 2. ศึกษาการลดแอมโมเนียด้วย $MgSO_4$

ผสมวัตถุดิบในอัตราส่วนของมูลไก่และน้ำ 1:3 โดยใช้  $MgSO_4$  ความเข้มข้น 100 mg L<sup>-1</sup> ละลายในน้ำสำหรับทำการตกตะกอนเพื่อลดแอมโมเนียในมูลไก่ จากนั้นทำการกวนก่อนการตกตะกอน โดยศึกษาเวลาการกวนในช่วง 1 – 5 min ก่อนจะตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ตกตะกอน ศึกษาเวลาสำหรับการตกตะกอนโดยวางทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 60 – 90 min หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการหมักแบบไร้อากาศด้วยระบบแบบแบทช์

### 3. ระบบหมักก๊าซชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการ

การหมักก๊าซชีวภาพจากการใช้มูลไก่เป็นวัตถุดิบได้ดำเนินการทดลองในระบบแบบ batch ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ถังหมักขนาด 19 L ปริมาตรการใช้งานจริง 15 L นำมูลไก่ที่ผ่านการลดแอมโมเนียมาเป็นวัตถุดิบในการหมัก ดำเนินการหมักภายใต้อุณหภูมิ mesophilic ( $34 \pm 2$  °C) ระยะเวลา 20 วัน ทำการเขย่า 1 ครั้งต่อวัน เป็นเวลา 1 min ทำการติดตั้งถังสำหรับเก็บก๊าซเชื่อมต่อกับถังหมักก๊าซชีวภาพ อ่านค่าอัตราการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยการแทนที่น้ำ บันทึกข้อมูลปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตทุกวัน และวัดองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ นำตัวอย่างวิเคราะห์ค่า pH, TS, VS, Chemical Oxygen Demand (COD), alkalinity (ALK) และ Volatile fatty acid (VFA) ก่อนและหลังการหมักก๊าซชีวภาพ

### 4. การวิเคราะห์ผล

อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละวันอ่านปริมาณจากสเกลของถังเก็บก๊าซ วิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพด้วยเครื่อง Gas Analyzer (Gas Data GFM Series) ทำการตรวจวัดค่า pH ก่อนและหลังการหมักด้วย pH Meter (multi-parameter tester 35 series, eutech instruments, oakton) และทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องก่อนหมักและหลังหมัก เช่น TS, VS, COD, ALK และ VFA ตามมาตรฐาน APHA, AWWA and WEF. 1998

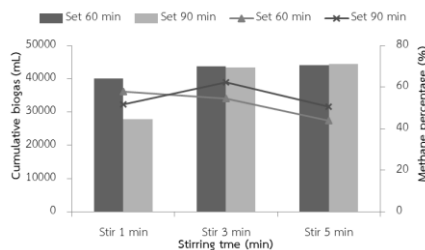
## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### 1. ผลของการกวนและเวลาการตกตะกอน $MgSO_4$ ต่อปริมาณก๊าซสะสมและองค์ประกอบของมีเทน

จากการทดลองลดแอมโมเนียในมูลไก่ด้วย  $MgSO_4$  โดยศึกษาเวลาการกวนและการตกตะกอน ก่อนนำมูลไก่มาผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทำการหมักในระดับห้องปฏิบัติการ ในสภาวะการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ปริมาตรการหมัก 15 L อุณหภูมิในการหมัก  $34 \pm 2$  °C ระยะเวลาการหมัก 20 วัน จาก Figure 1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณก๊าซสะสมของการทดลอง โดยได้ทดลองที่เวลาการกวนและเวลาตกตะกอน  $MgSO_4$  ที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณก๊าซสะสมสูงสุดพบที่เวลาการกวน 5 min เวลาตกตะกอน 90 min มีปริมาณก๊าซสะสมคือ 44,500 mL รองลงมาคือ 43,300 mL และ 27,900 mL ที่เวลาการกวน 3 min และ 1 min ตามลำดับ จากการทดลองที่เวลาตกตะกอน 60 min ให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม 40,000, 43,800 และ 44,000 mL ที่เวลาการตกตะกอน 1, 3 และ 5 min ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซสะสมกับชุดควบคุมที่ไม่มีการลดแอมโมเนียด้วย  $MgSO_4$  พบว่า การผ่านกระบวนการลด

แอมโมเนียสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพได้ ซึ่งชุดควบคุมให้ปริมาณก๊าซสะสม 7,150 mL (Jaisin et al., 2017)

แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ พบว่า ที่เวลาทวน 3 min เวลาตกตะกอน 90 min ให้ห้องค์ประกอบก๊าซมีเทนสูงสุด 62.3% ซึ่งให้ปริมาณก๊าซมีเทนสูงสุดคิดเป็น 26,976 mL รองลงมาคือที่เวลาทวน 5 min และ 1 min ให้ห้องค์ประกอบของมีเทน 50.6% และ 51.8% ตามลำดับ ซึ่งให้ปริมาณก๊าซมีเทนคิดเป็น 22,517 mL และ 14,452 mL ตามลำดับ ในขณะที่การทดลองเวลาตกตะกอน 60 min ให้ห้องค์ประกอบก๊าซมีเทน 57.7%, 54.5% และ 43.9% ที่เวลาทวน 1, 3 และ 5 min ตามลำดับ ซึ่งให้ปริมาณก๊าซมีเทนคิดเป็น 23,080, 23,871 และ 19,316 mL ตามลำดับ



**Figure 1** Comparison of the cumulative biogas and methane production. Symbols: column chart, cumulative biogas; line chart, methane percentage

## 2. การเปลี่ยนแปลง TS ในระบบการหมัก

ปริมาณ TS ก่อนและหลังการหมักที่เวลาการตกตะกอน 60 min ดัง Figure 2(a) และเวลาการตกตะกอน 90 min ดัง Figure 2(b) พบว่าการกำจัด TS สูงที่สุด ที่เวลาทวน 5 min เวลาตกตะกอน 90 min โดยปริมาณ TS เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ  $159,407 \text{ mg L}^{-1}$  หลังจกดำเนินการหมักเป็นเวลา 20 วัน ลดลงเหลือ  $51,240 \text{ mg L}^{-1}$  คิดเป็น 67.9% ในขณะที่การกำจัด TS ต่ำสุดพบที่เวลาการทวน 1 min เวลาตกตะกอน 90 min ซึ่งมีปริมาณ TS เริ่มต้นในระบบเท่ากับ  $93,000 \text{ mg L}^{-1}$  หลังจกดำเนินการหมักเป็นเวลา 20 วัน ลดลงเหลือ  $40,380 \text{ mg L}^{-1}$  คิดเป็น 56.6% สาเหตุที่ปริมาณ TS ในระบบลดลงเนื่องจากว่าจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบหมักจะย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโต ดังการทดลองการหมักมูลสุกรมีประสิทธิภาพการกำจัด TS ในระบบสูงถึง 84.4% (ชิตชนก, 2011)

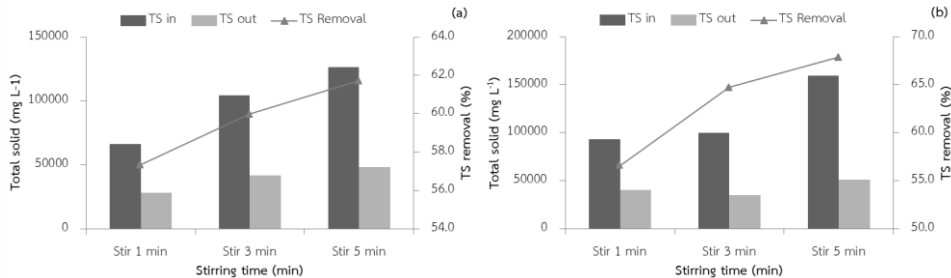


Figure 2 Comparison TS and TS removal of experiments, precipitation time 60 min (a) and precipitation time 90 min (b)

### 3. การเปลี่ยนแปลง VS ในระบบการหมัก

ปริมาณ VS ก่อนและหลังการหมักที่เวลาการตกตะกอน 60 min ดัง Figure 3(a) และเวลาการตกตะกอน 90 min ดัง Figure 3(b) พบว่าการกำจัด VS สูงที่สุด ที่เวลาการตกตะกอน 5 min เวลาตกตะกอน 90 min โดยปริมาณ VS เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 105,667 mg L<sup>-1</sup> หลังการดำเนินการหมักเป็นเวลา 20 วัน ลดลงเหลือ 35,340 mg L<sup>-1</sup> คิดเป็น 66.6% ในขณะที่การกำจัด VS ต่ำสุดพบที่เวลาการตกตะกอน 1 min เวลาตกตะกอน 90 min ซึ่งมีปริมาณ VS เริ่มต้นในระบบเท่ากับ 50,833 mg L<sup>-1</sup> หลังการดำเนินการหมักเป็นเวลา 20 วัน ลดลงเหลือ 25,017 mg L<sup>-1</sup> คิดเป็น 50.8% โดยทั่วไป VS เป็นของแข็งส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งในระบบหมักก๊าซชีวภาพจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพ ดังการทดลองของ รุ่งทิwa และคณะ (2015) ได้ทำการทดลองการหมักร่วมของมูลสุกรและหญ้าเนเปียร์ ซึ่งพบว่าปริมาณ VS ในระบบถูกใช้ไป 80% (รุ่งทิwa และคณะ, 2015)

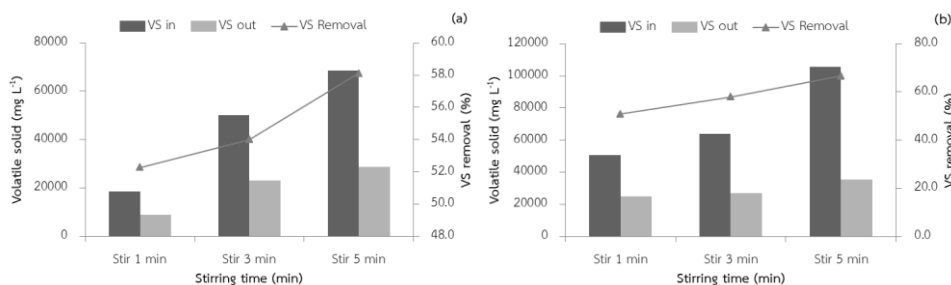


Figure 3 Comparison VS and VS removal of experiments, precipitation time 60 min (a) and precipitation time 90 min (b).

#### 4. การเปลี่ยนแปลง COD ในระบบการหมัก

ปริมาณ COD ก่อนและหลังการหมักที่เวลาการตกตะกอน 60 min ดัง Figure 4(a) และเวลาการตกตะกอน 90 min ดัง Figure 4(b) พบว่าการกำจัด COD สูงที่สุด ที่เวลาการกวน 5 min เวลาตกตะกอน 90 min โดยปริมาณ COD เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ  $24,381 \text{ mg L}^{-1}$  หลังจากดำเนินการหมักเป็นเวลา 20 วัน ลดลงเหลือ  $9,143 \text{ mg L}^{-1}$  คิดเป็น 62.5% ในขณะที่การกำจัด COD ต่ำสุดพบที่เวลาการกวน 1 min เวลาตกตะกอน 90 min ซึ่งมีปริมาณ COD เริ่มต้นในระบบเท่ากับ  $18,286 \text{ mg L}^{-1}$  หลังจากดำเนินการหมักเป็นเวลา 20 วัน ลดลงเหลือ  $10,159 \text{ mg L}^{-1}$  คิดเป็น 44.4% การลดลงของปริมาณ COD เกิดเนื่องจากสารอินทรีย์ในระบบถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายไป แต่ยังคงเหลือสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้อยู่ในระบบ ดังการทดลองหมักร่วมระหว่างผักตบชวากับมูลสุกรของ นิลวรรณ และ อัจฉรา (2013) ซึ่งมีปริมาณ COD ลดลงเมื่อทำการหมักก๊าซชีวภาพ โดยสามารถกำจัด COD สูงถึง 90% (นิลวรรณ และ อัจฉรา, 2013)

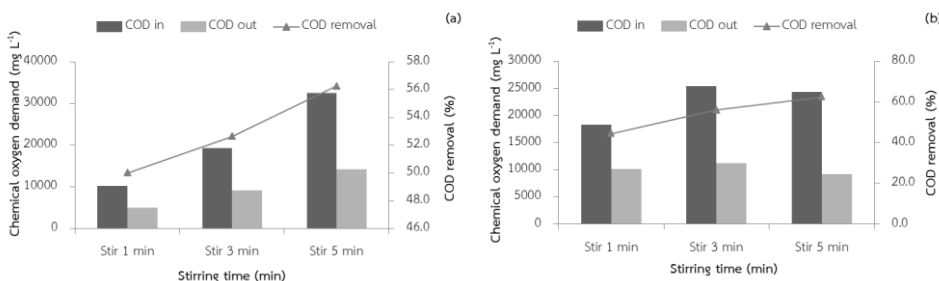


Figure 4 Comparison COD and COD removal of experiments, precipitation time 60 min (a) and precipitation time 90 min (b)

#### สรุป

จากการทดลองลดแอมโมเนียในมูลไก่ด้วย  $\text{MgSO}_4$  ความเข้มข้น  $100 \text{ mg L}^{-1}$  โดยศึกษาเวลาการกวนและการตกตะกอน ก่อนนำมูลไก่มาผลิตก๊าซชีวภาพ โดยทำการหมักในระดับห้องปฏิบัติการ ในสภาวะการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ปริมาณการหมัก 15 L อุณหภูมิในการหมัก  $34 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  เวลาการหมัก 20 วัน โดยได้ทดลองที่เวลาการกวนและเวลาตกตะกอนของ  $\text{MgSO}_4$  ที่แตกต่างกัน จากการทดลองพบว่า ที่เวลาการกวน 5 min เวลาตกตะกอน 90 min มีปริมาณก๊าซสะสมสูงสุด ด้วยบันทึกปริมาณก๊าซได้ 44,500 mL ซึ่งมีปริมาณก๊าซสะสมสูงกว่าการทดลองอื่น ๆ แต่มีองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพน้อยกว่าการทดลองที่เวลาการกวน 3 min เวลาตกตะกอน 90 min ซึ่งมีองค์ประกอบก๊าซมีเทนสูงสุด 62.3% ให้ปริมาณก๊าซมีเทนสูงสุด

คิดเป็น 26,976 mL และจากการวิเคราะห์ TS, VS และ COD ในระบบพบว่า ที่เวลากวน 5 min ในเวลาตกตะกอน 90 min สามารถกำจัด TS, VS และ COD ได้ดีกว่าการทดลองอื่น ๆ โดยคิดเป็น 67.9%, 66.6% และ 62.5% ตามลำดับ

### คำขอบคุณ

ทางผู้เขียนขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการให้ความช่วยเหลือทางด้านทุนสนับสนุนงานวิจัยภายใต้โครงการผลิตและการพัฒนาศักยภาพการศึกษา ด้านพลังงานหมุนเวียนในระดับอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา วิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีการศึกษา 2016 และทางผู้เขียนขอขอบคุณสำนักงานวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี 2017

### เอกสารอ้างอิง

- เกื้อกุล บุญยี่. 2009. การผลิตก๊าซชีวภาพจากกระบวนการหมักแบบไร้อากาศโดยใช้น้ำเสียของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังแปรรูป. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชิตชนก คงแดง. 2011. การผลิตก๊าซชีวภาพจากใบยางพาราโดยการหมักร่วมกับมูลสุกรสำหรับใช้ในครัวเรือน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นิลวรรณ ไชยหนู และ อัจฉรา จันทร์ผง. 2013. การศึกษาศักยภาพของการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยระบบหมักย่อยร่วมระหว่างผักตบชวากับมูลสุกร. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่.
- ปวันรัตน์ บุญอ่อน. 2014. ผลของการเติมมูลไก่และมูลโคต่อประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยถังปฏิกรณ์แบบกวนสมบูรณ์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พงศัลลิตดา เผ่าศิริ, วีระศักดิ์ สืบเสาะ และ ชาญชัยณรงค์ ทรงศาศรี. 2012. การกำจัดแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียฟาร์มสุกรโดยวิธีการตกตะกอนด้วยเกลือแมกนีเซียม. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; ว.มร. ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 : มกราคม เมษายน 2555: 129 – 137.

- รุ่งทิวา สีม่าปาน, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง, ศิราภรณ์ ชื่นบาล และ ฐปน ชื่นบาล. 2015. ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนจากการหมักร่วมของมูลสุกรและหญ้าเนเปียร์หมัก. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 53 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิริชัย แยมแบน. 2011. การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลไก่ไข่ด้วยระบบบ่อหมักรางของ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อัญชลี แท่นนิล. 2010. การย่อยร่วมแบบไม่ใช้ออกซิเจนของมูลสุกร ไบพาล์ม และขยะของแข็งชุมชนในถังปฏิกรณ์ร่วม 2 ขั้นตอนและถังปฏิกรณ์เมมเบรน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาเคมีเทคนิค, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อานนท์ ดวงพาลี. 2009. การกำจัดแอมโมเนียในกระบวนการไฮโดรไลซิสทางความร้อนของมูลไก่โดยวิธีการตกผลึกsturไวท์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20<sup>st</sup> ed. Maryland: American Public Health Association. Washington D.C. U.S.A.
- Abouelenien, F., Fujiwara, W., Namba, Y., Kosseva, M., Nishio, N. and Nakashimada, Y. 2010. Improved methane fermentation of chicken manure via ammonia removal by biogas recycle. Bioresource Technology 101 6368–6373.
- Jaisin, S., Chanathaworn, J., Nirunsin, R., Sukasem, N., Intanoo, P. and Reansuwan, K. 2017. The effect of magnesium on ammonia reduction in enhancing chicken manure biogas production. International conference on ecomaterials (ICEM13). November 19-23, 2017 KMUTT Knowledge Exchange for Innovation Center (KX), Khlongsan, Bangkok, Thailand.

การประเมินปริมาณน้ำท่าในอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงระหว่างช่วงเหตุการณ์ภัยแล้ง  
และน้ำท่วมด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา  
Evaluation on Runoff in Huai Luang Reservoir During Flood and Drought  
Using Hydrological Model

สันหวิชญ์ ถีนอบล\* และ หริส ประสารฉ่ำ

Sanhawit Thinubol\* and Haris Prasanchum

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology ISAN, Khon Kaen Campus

\* Corresponding author: sanhawit13@gmail.com

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยา การเกิดเหตุการณ์ฝนทิ้งช่วงที่ยาวนานและพายุที่รุนแรง โดยช่วงเหตุการณ์ภัยแล้งและน้ำท่วมที่ต่อเนื่องเหล่านี้ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยหลวง การใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อวิเคราะห์ปัญหาเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเข้าใจถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนล่างที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยหลวงในจังหวัดอุดรธานี ด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT ระหว่างปี พ.ศ. 2550-2559 (10 ปี) ซึ่งประสบปัญหาภัยแล้งยาวนานและน้ำท่วมฉับพลัน รวมถึงเปรียบเทียบผลการจำลองปริมาณน้ำท่า ณ จุดไหลเข้าอ่างเก็บน้ำกับสถานีตรวจวัด Kh.53 บริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำห้วยหลวง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่คำนวณจาก SWAT เท่ากับ 72.14 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ โดยแสดงจากค่า  $R^2$  และ  $E_{NS}$  เท่ากับ 0.823 และ 0.867 ตามลำดับ สำหรับตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่ามากที่สุดคือ ค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำใต้ดิน และค่าปริมาณน้ำที่ดินสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ ผลการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง SWAT ที่สามารถคำนวณผลลัพธ์ปริมาณน้ำท่าได้เป็นที่น่าพอใจ วิธีการที่ได้แสดงในการศึกษานี้คาดว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำ หรืออ่างเก็บน้ำขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ เพื่อให้เหมาะสมสำหรับภาคการเกษตร อุตสาหกรรม และการอุปโภค-บริโภคในอนาคต

**คำสำคัญ:** อ่างเก็บน้ำห้วยหลวง แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT การบริหารจัดการน้ำ



## Abstract

Climate change affects hydrology, long-lasting rain or severe storms. These continued drought and flood impacts on the runoff in the river basin flowing into the Huai Luang reservoir. Using numerical models to analyze problems is another way to understand the process of changing hydrological condition. This study was aimed at analyzing the runoff in the lower Huai Luang Basin that flows into the Huai Luang Reservoir in Udon Thani Province by using the SWAT hydrological model during the years 2007-2016 (10 years), which was experiencing long drought and flooding, including comparing the simulation reservoir inlet point with the Kh53 Lower part of Huai Luang Basin, which is positioned close to the simulation point. The results showed that the average annual runoff calculated from SWAT was 72.14 MCM. The results obtained were close to the observed data with a satisfactory level of  $R^2$  and  $E_{NS}$  of 0.823 and 0.867, respectively. The most influential factors affecting the runoff were: ground water base flow and the available water capacity. The results of this study demonstrate the effectiveness of the SWAT model that can calculate the runoff results as satisfactory. The methodology presented in this study was expected to be applied to improve water management in the regional basin or small to large reservoir to be suitable for agricultural, industrial and consumer in the future.

**Keywords:** Huai Luang Reservoir, Hydrological model, SWAT, Water management

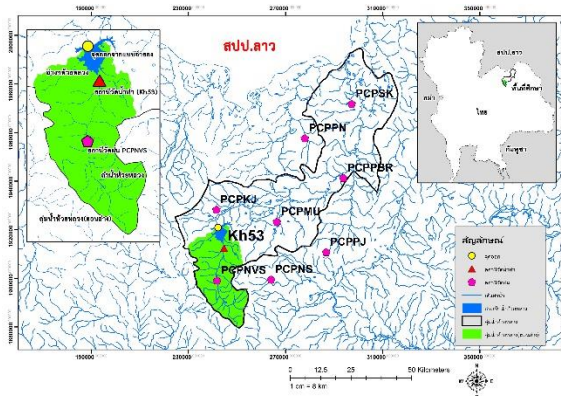
## บทนำ

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป จากเดิมเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ก่อให้เกิดเหตุการณ์สภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยาและปริมาณน้ำในแหล่ง เก็บกัก ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือประสบกับปัญหาน้ำท่วมและ ภัยแล้งอย่างต่อเนื่อง ดังเช่นเหตุการณ์ใน พ.ศ. 2550 2553 และ 2554 พื้นที่จังหวัดอุดรธานีมี ปริมาณฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ย ในขณะที่ พ.ศ. 2555-2558 มีปริมาณฝนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ส่งผลทำ ให้พื้นที่อำเภอเมืองอุดรธานีประสบปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้งอย่างรุนแรงตามลำดับ

เหตุการณ์นี้ได้ส่งผลกระทบต่ออ่างเก็บน้ำห้วยหลวงซึ่งเป็นแหล่งน้ำผิวดินที่ทำหน้าที่เก็บกักน้ำและชะลอน้ำหลากสำหรับเขตอำเภอเมืองอุดรธานี โดยพบว่าช่วงน้ำท่วมมีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำสูงเกินกว่า 100 ล้าน ลบ.ม. และช่วงประสบปัญหาภัยแล้งมีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยต่ำกว่า 50 ล้าน ลบ.ม. (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) ส่งผลให้การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ประสบปัญหาไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้จึงต้องการประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำห้วยหลวงระหว่าง พ.ศ.2550-2559 ตามปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ 1) น้อยกว่าค่าเฉลี่ยปกติหรือช่วงแล้ง 2) สูงกว่าค่าเฉลี่ยปกติหรือช่วงน้ำท่วม และ 3) ใกล้เคียงค่าเฉลี่ยปกติ โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT สำหรับการวิเคราะห์ถึงปัจจัยท่วมอุทกวิทยาที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาดังกล่าว รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับการคำนวณผลปริมาณน้ำท่า

### พื้นที่ศึกษา

อ่างเก็บน้ำห้วยหลวงตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนล่างซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำโขงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 666 ตร.กม. ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,300 มม. ปริมาตรเก็บกักน้ำ 137 ล้าน ลบ.ม. มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย 80 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี โดยมีสถานี Kh.53 เป็นสถานีวัดน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงใน รูปที่ 1 (กรมชลประทาน, 2558) อ่างเก็บน้ำห้วยหลวงเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญของอำเภอเมืองอุดรธานี เนื่องจากใช้ปริมาณน้ำถึงร้อยละ 75 ของความต้องการใช้น้ำทั้งหมด (กรมทรัพยากรน้ำ, 2557) วัตถุประสงค์ในการก่อสร้างเพื่อการชลประทาน บรรเทาอุทกภัย การอุปโภค-บริโภค เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ปลาและท่องเที่ยว



## รูปที่ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งอ่างเก็บน้ำห้วยหลวง และพื้นที่ศึกษา

### แบบจำลอง SWAT

SWAT (Soil & Water Assessment Tool) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า การวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ไอฟาร์, 2548) ซึ่งได้แก่ น้ำท่า ตะกอน และสารเคมีจากการเกษตรกรรม ของพื้นที่ลุ่มน้ำและมีระบบที่สลับซับซ้อน นอกจากนี้ SWAT ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์งานด้านการจัดการอ่างเก็บน้ำ (ภัทรพร และ ปรียาพร, 2557) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต้องนำเข้าแบบจำลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำเข้าแบบจำลอง SWAT

ชนิดข้อมูล	ปี (พ.ศ.)	ขนาด	แหล่งข้อมูล
แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM)	2554	30x30 ม.	
แผนที่ชนิดดิน	2554	1:50,000	กรมพัฒนาที่ดิน
เส้นลำนน้ำ	2554	1:50,000	
แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	2558	1:50,000	
ข้อมูลอากาศ (1 สถานี)	2550-2559	วัน	กรมอุตุฯ มหาวิทยาลัย
ข้อมูลฝน (8 สถานี)			
ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด kh.53	2550-2559	เดือน	กรมชลประทาน

### การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำและลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลจาก SWAT (Simulation) จะต้องทำการเปรียบเทียบ กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัด Kh.53 (Observed) โดยปรับเทียบ (Calibration) ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2556 (7 ปี) และทำการสอบเทียบ (Validation) ในช่วง ปี พ.ศ.2557-2559 (3 ปี) ซึ่งใช้ตัวชี้วัดในการประเมินจำนวน 2 ตัวแปร ได้แก่ ค่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ  $R^2$  (Coefficient of determination) และค่า  $E_{ns}$  (Nash-Suttcliffe simulation efficiency) หลังจากขั้นตอนการสอบเทียบแบบจำลองแล้ว จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกครั้ง (Santhi et al., 2001) โดยใช้ชุดตัวแปรที่ทำการปรับแก้ในขั้นตอนการสอบเทียบกับชุดข้อมูลจากสถานีวัดจริงที่เตรียมไว้อีกชุดหนึ่ง หากค่าทางสถิติที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ก็สามารถ

นำแบบจำลองนี้ไปใช้เป็นตัวแทนลุ่มน้ำและใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา (ปิยะวัฒน์, 2559)

### พารามิเตอร์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง SWAT

เนื่องจาก SWAT จำเป็นต้องมีการปรับแต่งตัวแปรความอ่อนไหวของแบบจำลองเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าจากสถานีตรวจวัดมากที่สุด การศึกษานี้จึงได้ทำการปรับแก้ค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ทางลักษณะกายภาพของลุ่มน้ำจำนวน 9 ค่า แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำผิวดิน SOL\_AWC, ESCO, SURLAG, HRU\_SLP, CH\_N2 และค่าปริมาณการไหลพื้นฐานของน้ำใต้ดิน Alpha\_BF, SLSUBBSN, GW\_DELAY, GWQMN ดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ช่วงของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับและค่าที่ดีที่สุดของแบบจำลอง SWAT

ลำดับที่	พารามิเตอร์	ชื่อเต็ม	ช่วงในการปรับ	ค่าที่ใช้ปรับ
1	SOL_AWC	ค่าปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินที่สามารถเก็บกักไว้ได้เพื่อพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์	0-1	0.27
2	ESCO	ค่าปัจจัยขดเคยการระเหยในดิน	0-1	0.45
3	ALPHA_BF	ค่าปัจจัยการไหลลดลงของปริมาณการไหลพื้นฐาน	0-1	0
4	SLSUBBSN	ค่าความยาวความลาดชันเฉลี่ย	10-150	91
5	GW_DELAY	ระยะเวลาการไหลของน้ำใต้ดิน	0-500	20
6	GWQMN	ค่าระดับความลึกของน้ำในชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น	0-5,000	1,000
7	SURLAG	ค่าสัมประสิทธิ์การลื่นไหลของพื้นผิว	0.05-24	2
8	HRU_SLP	ความชันเฉลี่ย	0-0.60	0.031
9	CH_N2	ค่า Manning's n สำหรับลำน้ำหลัก	0-0.30	0.014

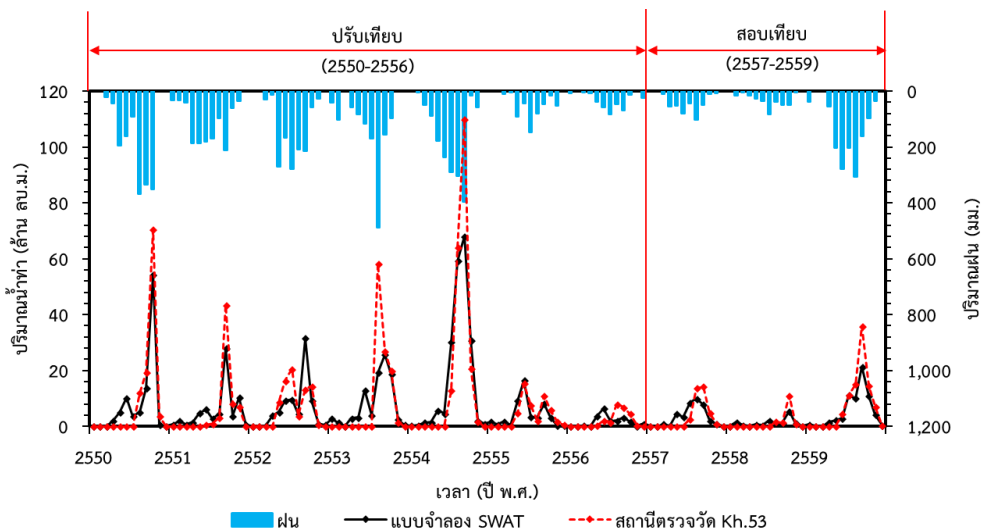
### ผลการศึกษา

ผลการศึกษาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550-2559 (10 ปี) ด้วยแบบจำลอง SWAT ก่อนปรับค่าพารามิเตอร์มีค่าเท่ากับ 285.96 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งมีค่าสูงกว่าสถานีตรวจวัด Kh.53 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.45 ล้าน ลบ.ม. เมื่อได้ทำการปรับแก้ค่าความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ทั้ง 9 ตัว ดังแสดงใน ตารางที่ 2 แล้วนั้น พบว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่คำนวณจากแบบจำลอง SWAT เท่ากับ 72.14 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าตรวจวัด สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องด้วยค่าทางสถิติด้วยค่า  $R^2$

และ  $E_{ns}$  แสดงผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี (ค่าเฉลี่ย 0.823 และ 0.867 ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 3 และความเข้ากันได้ของข้อมูลระหว่างการคำนวณจาก SWAT และสถานีตรวจวัด Kh.53 ดังแสดงใน รูปที่ 2

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง SWAT

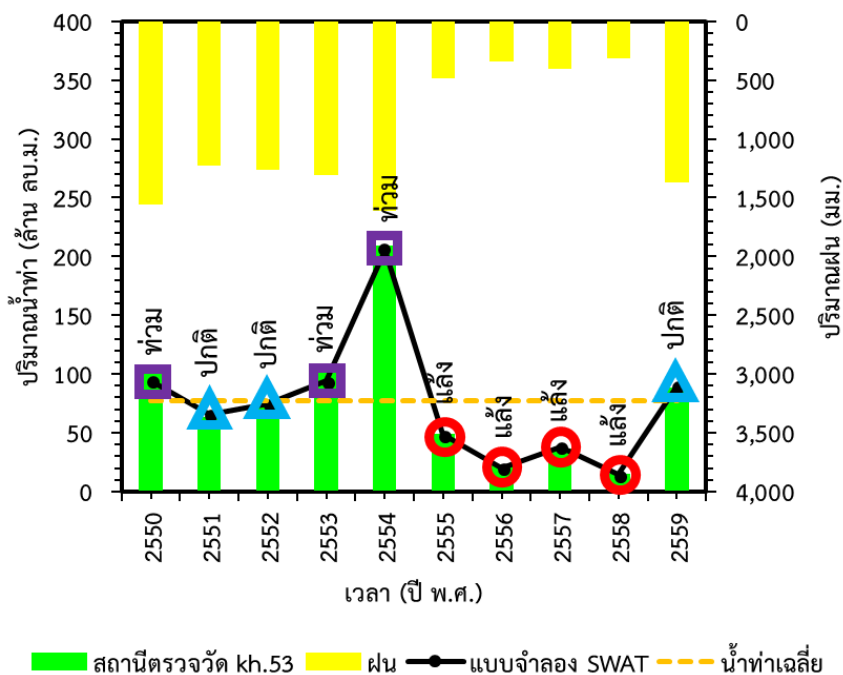
ช่วง	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)		ค่าดัชนี	
		Kh.53	SWAT	$R^2$	$E_{ns}$
ปรับเทียบ	2550-2556	63.46	60.37	0.820	0.998
สอบเทียบ	2557-2559	13.99	11.77	0.876	0.898
รวม	2550-2559	77.45	72.14	0.823	0.867



รูปที่ 2 ความเข้ากันได้ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าระหว่างสถานีตรวจวัด kh.53 กับ SWAT

ผลการใช้ SWAT จำลองปริมาณน้ำท่าตามปริมาณน้ำท่าไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยหลวง 3 ช่วงเวลา เมื่อพิจารณาจากปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่ามากที่สุดคือปริมาณฝน ดังแสดงใน รูปที่ 2 นั้น สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ 1) ปริมาณน้ำท้าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยปกติหรือช่วงแล้ง ได้แก่ พ.ศ.2555-2558 (4 ปี) จะเห็นได้ว่าช่วงเวลานี้มีปริมาณน้ำท่ารายปีที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย (77.45 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี) สอดคล้องกับเหตุการณ์ภัยแล้งในเขตพื้นที่จังหวัดอุดรธานี เนื่องจากฝนทิ้งช่วงในปี พ.ศ. 2555-2558 2) ปริมาณน้ำท่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยปกติหรือช่วงน้ำ

ท่วม ได้แก่ พ.ศ.2550 2553 และ 2554 (3 ปี) แสดงถึงปริมาณน้ำท่าในช่วงปีน้ำมาก ดังเช่น ในปี พ.ศ.2554 ที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมทุกภัยจากพายุถึง 5 ลูก มีปริมาณฝนสะสมสูงถึง 1,613.40 มม. ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากแบบจำลองเท่ากับ 205.24 ล้าน ลบ.ม. และ 3) ปริมาณน้ำท่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ยปกติ ได้แก่ พ.ศ.2551 2552 และ 2559 (3 ปี) โดย SWAT แสดงผลคำนวณได้ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย (76.93 ล้าน ลบ.ม.) การสรุปปริมาณน้ำท่าสำหรับอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงในช่วงภัยแล้ง น้ำท่วมและสภาพปกติได้แสดงใน รูปที่ 3



รูปที่ 3 สถานการณ์น้ำท่าในแต่ละช่วงเวลา

### สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง SWAT สามารถวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงระหว่างช่วงเหตุการณ์น้ำท่วม (ค่าเฉลี่ย 131.33 ล้านลบ.ม.) และช่วงแล้ง (ค่าเฉลี่ย 30.33 ล้าน ลบ.ม.) ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงตอนล่างได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยปกติ (76.93 ล้าน ลบ.ม.) โดยมีสาเหตุมาจากปริมาณฝนซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำห้วยหลวง ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วย SWAT อยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ ดังแสดงได้จากค่าดัชนีทางสถิติ

( $R^2$  และ  $E_{ns}$  เท่ากับ 0.823 และ 0.867 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากปริมาณข้อมูลสภาพอากาศที่มีอยู่อย่างจำกัด การเพิ่มระยะเวลาวิเคราะห์ให้ยาวนานขึ้นหรือการพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางอุทกวิทยาเพิ่มเติม เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน อัตราการใช้น้ำในอนาคต จะช่วยทำให้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ามีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. ข้อมูลปริมาณฝนรายปีจังหวัดอุดรธานี. ส่วนพยากรณ์อากาศ. ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. กรมอุตุนิยมวิทยา. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม
- กรมชลประทาน. 2558. ข้อมูลโครงการเขื่อนห้วยหลวง. ส่วนวิศวกรรม. สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดใหญ่ที่ 5. สำนักงานพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่. กรมชลประทาน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมทรัพยากรน้ำ. 2557. ลุ่มน้ำโขงส่วนที่ 2. สำนักทรัพยากรน้ำ ภาค 3. กรมทรัพยากรน้ำ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- โอฟาร เวซุไร. 2548. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบนโดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT. วิทยานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภัทรพร แสงทอง และ ปรียาพร โภษา. 2557. การประเมินปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 5 ฉบับที่ 2. หน้า 165-176
- ปิยะวัฒน์. 2559. การศึกษาการจำลองปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวงโดยใช้แบบจำลอง SWAT. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ปีที่ 14. หน้า 145-158
- Santhi C. Arnold J. Williams J. Dugas W, Srinivasan R. Hauck L. Validation of the SWAT Model on a Large River Basin with Point and Nonpoint Sources. Journal of the American Water Resources Association 2001. 37(5). 1169-1188.

การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า  
ด้วยแบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำพรหม-เชิญ

Impact Assessment of Land Use Change on Runoff Using SWAT Model  
in Phrom-Choen Basin

อิสระพงศ์ กระจุกนิตย\* และ หริส ประสารจ๋า

Isarapong Krakunnit\* and Haris Prasanchum

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

\* Corresponding author: lpk.spk6@gmail.com

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนชนิดของพืชเกษตรกรรมที่มีมูลค่าสูงกว่าพืชรูปแบบเดิมและการเพิ่มขึ้นของชุมชน อาจส่งผลกระทบต่ออุทกวิทยาและปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อต้องการเปรียบเทียบและอธิบายถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าที่แตกต่างกัน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงที่ 1 ระหว่าง พ.ศ. 2550-2553 และช่วงที่ 2 ระหว่าง พ.ศ. 2554-2558 ของพื้นที่ลุ่มน้ำพรหม-เชิญ ด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดเขื่อนทดน้ำน้ำเชิญ ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 ผลการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 2 ช่วงเวลา พื้นที่นาข้าว ป่าผลัดใบ แหล่งน้ำ ม่น้ำสาบหลัง และพืชไร่ผสม ลดลง 24%-94% ในขณะเดียวกัน พื้นที่ป่าเขียวทั้งปี อ้อย และชุมชน เพิ่มขึ้นระหว่าง 21%-447% ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่คำนวณจาก SWAT ในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่า 527 และ 277 ล้านลูกบาศก์เมตร. ตามลำดับ โดยมีผลการประเมินความแม่นยำที่แสดงด้วยค่า  $R^2$  และ  $E_{NS}$  แสดงค่าอยู่ระหว่าง 0.85-0.88 และ 0.98-0.99 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่าในระบบอุทกวิทยามีความแปรผันเนื่องจากได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม รวมถึงปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ วิธีการศึกษาและผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าจะเป็นการประเมินและนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคต

**คำสำคัญ:** ปริมาณน้ำท่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน SWAT ลุ่มน้ำพรหม-เชิญ



## Abstract

Changing the patterns of land use in the basin, especially the high-value cropping replaced the traditional crop, and the increasing of the community affected on the hydrologic system and runoff in the basin. The purposes of this study were to compare and explain the impacts of land use changing on runoff of the Phrom-Choen Basin in the two different times: the first phase, during 2007-2010 and the second period by the SWAT hydrological model, and compare the efficiency of the model with the observed runoff data from the Nam-Choen Dam during 2007-2017. The comparison results of land use in two periods showed that the rice fields, deciduous forest, water resources, cassava, integrated cropping, were decreased 24%-94%. Meanwhile, the evergreen forest, sugarcane, and urban area were increased between 21%-447%. The average annual runoff resulted from SWAT in the first and second phases were 527 and 277 MCM, respectively. The accuracy of the models represented by  $R^2$  and  $E_{NS}$  ranged from 0.85-0.88 and 0.98-0.99, respectively, which are acceptable. The results of this study indicated that the runoff in hydrological system is variable due to the impact of the change in the pattern of land use for agriculture, including climate change factor. The approach and results obtained from this study are expected to be useful and applied in planning for effective and sustainable water management in the future.

**Keywords:** Runoff, land use change, SWAT, Phrom-Choen Basin

## บทนำ

เหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำ การเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูกที่มีราคาขายสูงขึ้นกว่าพืชชนิดเดิม หรือความต้องการที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะปริมาณน้ำท่าในลำน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการบริหารจัดการความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ การประเมินปริมาณน้ำท่าให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับความเป็นจริงด้วยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพนั้น จะช่วยทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินใจสำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำได้ถูกต้องมาก

ขึ้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อต้องการใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT ประเมิน ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำพรม-เชิญ ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำชี ระหว่าง พ.ศ. 2550-2559 โดยใช้แผนที่การประโชชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ พ.ศ. 2553 และ 2558 และช่วงเวลาวิเคราะห์ ปริมาณน้ำท่าออกเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงที่ 1 ระหว่าง พ.ศ. 2550-2553 ใช้แผนที่การใช้ ประโชชน์ที่ดิน พ.ศ. 2553 และ ช่วงที่ 2 ระหว่าง พ.ศ. 2554-2559 ร่วมกับการใช้ข้อมูลเชิง พื้นที่ต่าง ๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ ระดับความสูงของพื้นที่ ชนิดของดิน แผนที่ลำน้ำ เป็นต้น เพื่อต้องการให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ามีความสอดคล้องกับสภาวะการทางอุทกวิทยาที่ เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำให้มีความใกล้เคียงกับความ เป็นจริงมากที่สุด ทั้งนี้การประเมินความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองจะประเมิน เปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา พรม-เชิญ ในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้ดัชนีชี้วัดค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจและดัชนีของ Nash

### พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำพรมและลุ่มน้ำเชิญ เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำชี มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งหมด 5,184 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น เพชรบูรณ์และชัยภูมิ มีต้นน้ำจาก เทือกเขาเพชรบูรณ์ ที่ระดับความสูงประมาณ 200-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง. มีปริมาณฝนเฉลี่ย 800-1,312 มิลลิเมตร.ต่อปี ดังแสดงใน Figure 1

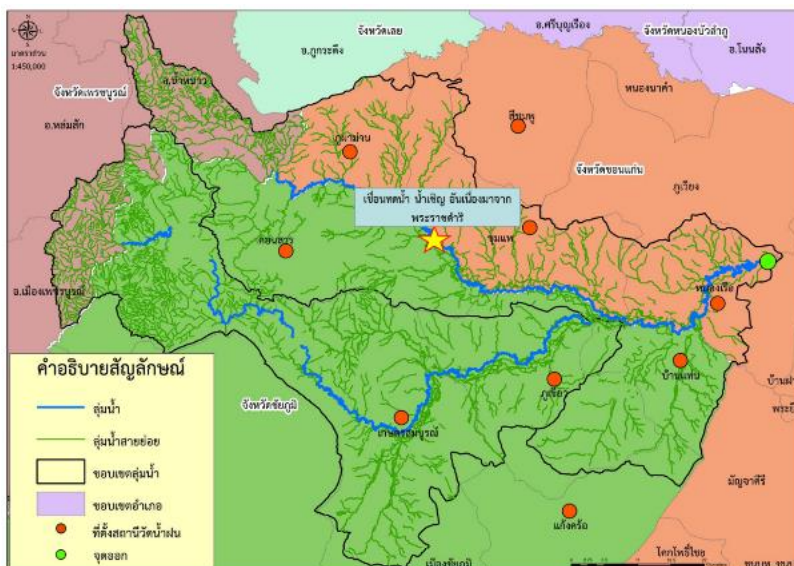


Figure 1 Study area and Phrom-Choen Basins

### แบบจำลอง SWAT และการรวบรวมข้อมูล

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) (SWAT) (Arnold et al., 1998) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการประเมินทรัพยากรน้ำสำหรับการวางแผนและการจัดการทรัพยากรน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ (ทริส และคณะ, 2559) ในการสร้างแบบจำลองจะต้องมีการจัดเตรียมให้ถูกต้องตามรูปแบบที่ได้กำหนด เพื่อให้สามารถคำนวณผลได้ดังแสดงใน Table 1 รวมถึงมีขั้นตอนในการปรับเทียบพารามิเตอร์ความอ่อนไหวเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดจริงมากที่สุด สำหรับในการวิจัยนี้เลือกใช้พารามิเตอร์จำนวน 8 ค่าที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า (ปิยะวัฒน์, 2556) ดังแสดงใน Table 2

**Table 1** Spatial data and hydrological data

Data type	Year (B.E.)	Scale	Data source
Digital elevation model (DEM)	2554	30x30 m	
Soil series map	2554	1:50,000	Land Development
Stream line	2554	1:50,000	Department (LDD)
Land use map	2553, 2558	1:50,000	
Climate Data (Khon Kaen Station)			
Rainfall data 9 station	2550-2559	Daily	Thai Meteorological Department (TMD)
Observed data	2550-2559	Daily	Royal Irrigation Department (RID)

**Table 2** Range of sensitivity parameter and optimal adjusted values of SWAT

No.	Parameters	Range	Final value Year 2553	Final value Year 2558
1	SLSUBBSN	1-50	17.5	16.24
2	CH_N2	-0.10-0.30	0.035	0.035
3	SOL_AWC	0-1	0.13	0.22
4	ALPHA_BF	0-1	0.025	0.028
5	GW_DELAY	0-500	0.45	0.45
6	ESCO	0-1	0.01	0.01
7	CH_K2	-0.1-500	0.48	0.53
8	GW_REVAP	0-500	1.35	0.72

### การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2558

ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำพรม-เชิญ ระหว่าง พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2558 โดยแบ่งออกเป็น 11 ประเภท สามารถแสดงในรูปแบบแผนที่เชิงพื้นที่และปริมาณการเปลี่ยนแปลงใน Figure 2 และ 3 ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือพืชไร่ผสมและนาข้าวลดลง 94.33% และ 36.22% ตามลำดับ พื้นที่ปลูกอ้อยและป่าเขียวทั้งปีเพิ่มขึ้น 49.77% และ 21% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งน้ำมีปริมาณลดลง 24.03% ในขณะที่ชุมชนและสวนผลไม้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

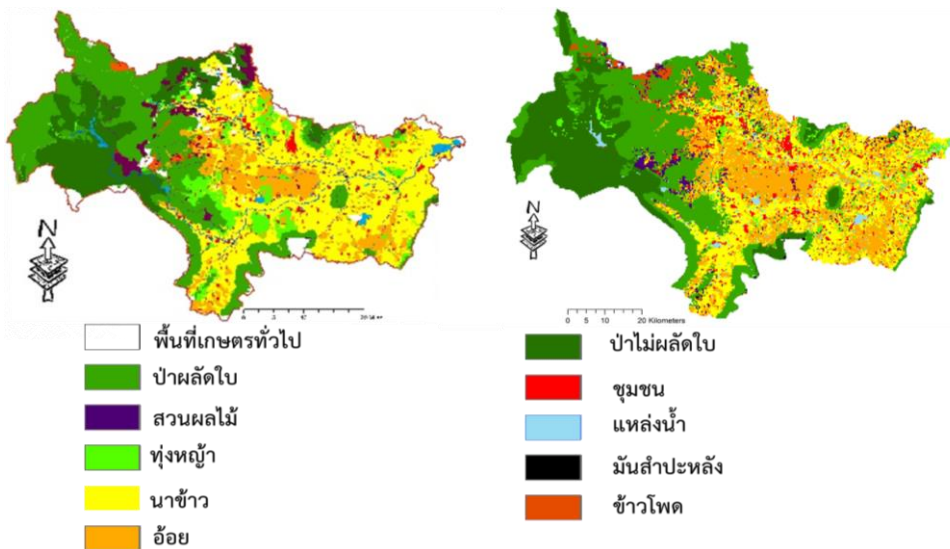


Figure 2 Land use spatial map of 2553 and 2558

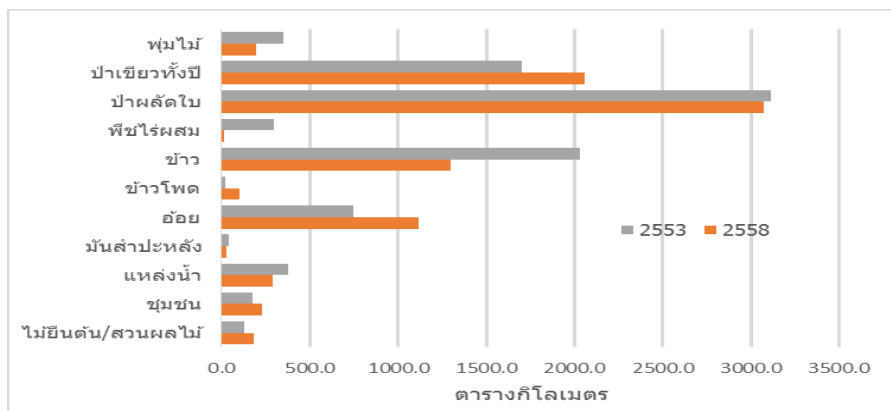


Figure 3 Comparison of quantities between land use 2553 and 2558

### ปริมาณน้ำท่าจาก SWAT และประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีช่วงที่ 1 (พ.ศ. 2550-2553) และช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2554-2559) ที่คำนวณจาก SWAT โดยใช้ชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2553 และ 2558 ก่อนการปรับแต่งพารามิเตอร์ความอ่อนไหวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,579.84 และ 888.59 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าสถานีตรวจวัดที่มีค่าเท่ากับ 562 และ 290 ล้านลูกบาศก์เมตรตามลำดับ เมื่อผ่านการปรับแต่งพารามิเตอร์ทั้ง 8 ตัวแปรดังแสดงใน Table 2 แล้วนั้น พบว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่าลดลงเท่ากับ 557 และ 314 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง 2 ช่วงเวลา พบว่าช่วงที่ 1 มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีสูงกว่าช่วงที่ 2 เท่ากับ 43.54% โดยมีสาเหตุจากปริมาณน้ำท่าในช่วงที่ 2 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 48.33% โดยสาเหตุนี้คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่น้ชาวมามากเป็นไร่อ้อยซึ่งการปลูกอ้อยจำเป็นต้องใช้ปริมาณน้ำมากกว่าข้าว (กรมชลประทาน, 2554) รวมถึงการที่มีปริมาณฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ยปกติ ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำท่าต่ำ โดยเฉพาะ พ.ศ. 2557-2559 (ศูนย์อู่ตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. 2560) สำหรับผลการประเมินความแม่นยำของแบบจำลองพบว่าค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.85-0.88 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ เมื่อพิจารณาค่า  $E_{ns}$  พบว่าอยู่ระหว่าง 0.98-0.99 ซึ่งอยู่ในอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากดังแสดงใน Table 3 และความเข้ากันได้ของข้อมูลสำหรับทั้ง 2 ช่วงเวลา ดังแสดงใน Figure 4 และ 5 ตามลำดับ

**Table 3** SWAT performance evaluation index Land use 2553 and 2558

Periods and land use	Verify range	Average annual runoff (MCM)		Index	
		Observed	Simulation	$R^2$	$E_{ns}$
Period 1 2550-2553	Calibration (50-52)	559.38	510.18	0.87	0.99
LU2553	Validation (53)	564.71	603.93	0.85	0.99
Period 2 2554-2559	Calibration (54-57)	371.89	397.33	0.88	0.99
LU2558	Validation (58-59)	210.06	231.57	0.87	0.98

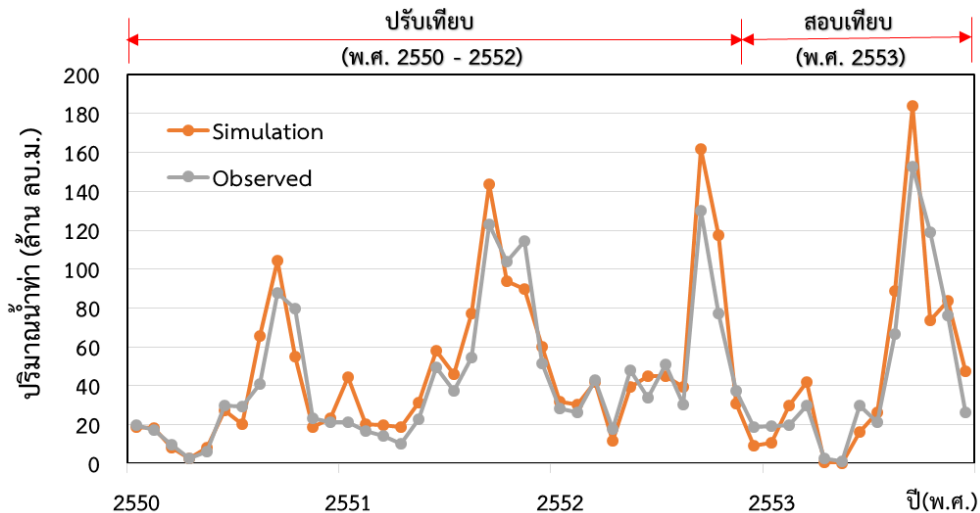


Figure 4 Runoff from observed and SWAT in period 1

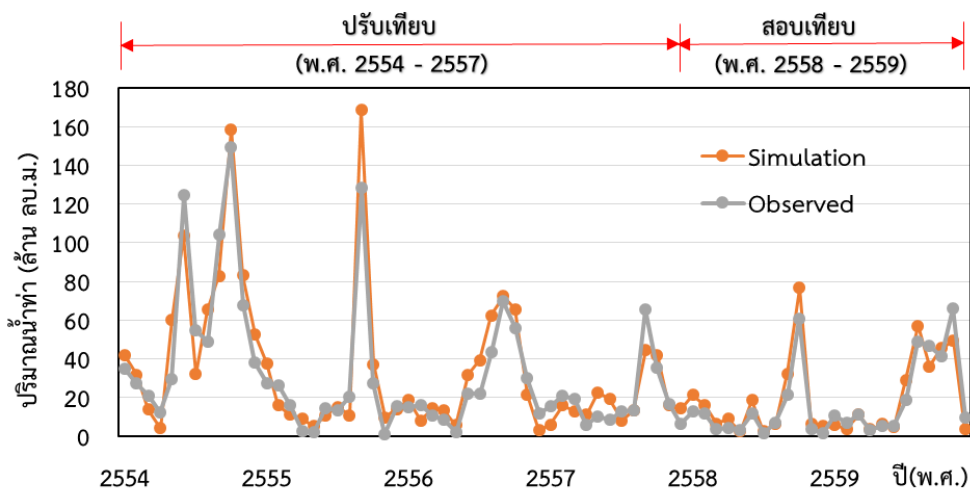


Figure 5 Runoff from observed and SWAT in period 2

### สรุป

การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำพรม-เชิญ ในสองช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงที่ 1 ระหว่าง พ.ศ. 2550-2553 และช่วงที่ 2 ระหว่าง พ.ศ. 2554-2559 และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดเขื่อนทดน้ำน้ำเชิญ ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่นาข้าว ป่าผลัดใบ แหล่งน้ำ มันสำปะหลัง และพืชไร่ผสมลดลง 24%-94% ใน

ขณะเดียวกัน พื้นที่ป่าเขียวทั้งปี อ้อย และชุมชน เพิ่มขึ้นระหว่าง 21%-447% ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่คำนวณจาก SWAT ในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 มีค่า 527 และ 277 ล้านลูกบาศก์เมตร. ตามลำดับ โดยคาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนจากข้าวเป็นอ้อย สำหรับผลการประเมินความแม่นยำของ SWAT ที่แสดงด้วยค่า  $R^2$  และ  $E_{ns}$  แสดงค่าอยู่ระหว่าง 0.85-0.88 และ 0.98-0.99 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และดีมาก ผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่าในระบบอุทกวิทยามีความแปรผันเนื่องจากได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรม รวมถึงปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

### เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2547 รายงานการศึกษาความเหมาะสม โครงการปรับปรุงฝายหลักตามลำน้ำพรมโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำพรม-เชิญ จังหวัดชัยภูมิและจังหวัดขอนแก่น กรมชลประทาน
- กรมชลประทาน. 2554. ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช. กลุ่มมาตรฐานการวางโครงการ สำนักบริหารโครงการ
- ศูนย์อุตุวิทยามิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. 2560. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน. กรมอุตุนิยมวิทยา.
- วิโรจน์ กิมาลา. 2557 การประเมินทรัพยากรน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำเซดอน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชลประทาน สาขาวิศวกรรมชลประทาน: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- หริส ประสารฉ่ำ และคณะ. 2559. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำระดับภูมิภาคด้วยเทคนิคประมาณค่าช่วงเชิงพื้นที่. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21 วันที่ 28-30 มิถุนายน 2559 จ.สงขลา . สงขลา.
- ปิยะวัฒน์ และคณะ 2556. การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยหลวงและผลกระทบต่อปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยหลวงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่ พ.ศ. 2556
- Arnold et al. 1998. SWAT: Model Use, Calibration, and Validation. American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 2151-0032 Transactions of the ASABE

การคาดการณ์ปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำระดับภูมิภาคด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ  
จากความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า

Prediction of Sedimentation in Regional Watershed Using Multi-regression  
Analysis of Rainfall and Runoff Relationship

หริส ประสารฉ่ำ\* จักรกริช จิตธรรม และ ไมตรี สุวรรณศรี

Haris Prasanchum\*, Chakkrit Chittham and Maitree Suwannasri

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

\* Corresponding author: haris.pr@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

ปริมาณตะกอนมีความสำคัญโดยตรงต่อศักยภาพของลำน้ำ การขาดแคลนข้อมูลปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กเนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณอาจส่งผลกระทบต่อวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำในเชิงปริมาณและคุณภาพ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการคาดการณ์ปริมาณตะกอนในลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสงคราม จังหวัดสกลนคร ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณตะกอน น้ำฝนและน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด 3 สถานี คือ Kh90 Kh91 และ Kh93 ระหว่าง พ.ศ. 2548-2559 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณตะกอนเฉลี่ยรายปีจาก 3 สถานีมีค่าประมาณ 10,660 ตันต่อปี ผลการคำนวณปริมาณตะกอนจากสมการที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยใช้ข้อมูลระหว่าง พ.ศ. 2548-2555 ได้แสดงผลการเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดระหว่างช่วงเวลาเดียวกันอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ในขณะที่การสอบเทียบผลกับข้อมูลตรวจวัดระหว่าง พ.ศ. 2556-2559 ได้แสดงผลอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงได้จากค่าดัชนีสถิติ ได้แก่  $R^2$  และ RE อยู่ระหว่าง 0.70-0.97, และ 7.5-34.9% ตามลำดับ นอกจากนี้ ปริมาณตะกอนได้แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ดีต่อปริมาณน้ำท่าสูงกว่าปริมาณฝน ระเบียบวิธีที่ได้การศึกษานี้จึงคาดว่าจะเป็แนวทางสำหรับการคาดการณ์ปริมาณตะกอนในลำน้ำสำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็กที่ขาดแคลนข้อมูลหรือมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพในอนาคต

**คำสำคัญ:** ปริมาณตะกอน น้ำฝน-น้ำท่า การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ลุ่มน้ำสงคราม



## Abstract

Sedimentation has a direct impact on the potential of the river. Shortage of sediment data in regional basin due to budget constraints may affect quantitative and qualitative water resource management planning. The objective of this study was to establish the equation for estimation of sediment volume in the Songkram Basin, Sakon Nakhon Province, by multi-regression analysis technique, which relies on sediment, rainfall and runoff data from the 3 observed stations include Kh90, Kh91 and Kh93 during 2005-2016. The results showed that the average annual sediment load in the 3 observed stations were about 10,660 tons per year, with increasing trend in the future. The results of sediment volume from the equation generated by the multi-regression analysis using the data from 1997-2012 compared with the observed data during the same period remained were good. Meanwhile, the validation results with observed data during 2013-2016 has shown great results in threshold, which indicates the index statistics included  $R^2$ , and RE were 0.70-0.97, and 7.5-34.9%, respectively. In addition, the sediment showed a better linear relationship to the runoff than the rainfall. The methodologies of this study was expected to be a guideline for the estimation of sediment volume in small river basins that lack data or physical characteristics close to the study area, which is beneficial for effective water resource management in the future.

**Keywords:** Sedimentation, Rainfall-runoff, Multi-regression analysis, Songkram Basin

## บทนำ

ปัญหาการเกิดตะกอนในแม่น้ำเกิดจากการชะล้างของหน้าดินที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ความรุนแรงของพายุ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Prasanchum and Kangrang, 2018) การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ การก่อสร้างสาธารณูปโภค ทำให้เกิดการชะล้างของหน้าดินในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ (Zhao et al., 2015) และพัดพาเอาตะกอนไหลลงสู่แม่น้ำและแหล่งน้ำ เป็นเหตุให้ลำน้ำตื้นเขิน แหล่งเก็บกักน้ำผิวดินมีความจุลดลงหรือคุณภาพน้ำดิบต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการนำไปใช้งาน ส่งผล

กระทบต่อการบริหารจัดการและวางแผนการใช้น้ำ ในปัจจุบันการตรวจวัดปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเฉพาะด้านซึ่งใช้งบประมาณจัดซื้อสูง (กลุ่มงานตะกอนและคุณภาพน้ำ, 2556) รวมถึงการพิจารณาตำแหน่งจุดตรวจวัดในลำน้ำที่คาดว่าจะมีประเด็นปัญหาด้านตะกอนโดยตรง เป็นเหตุทำให้ไม่สามารถกระจายตำแหน่งตรวจวัดปริมาณตะกอนได้ทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำเช่นเดียวกับสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่า ในกรณีที่ต้องการประเมินปริมาณตะกอนในลำน้ำที่ไม่มีเครื่องมือตรวจวัดใด ๆ นั้น จำเป็นต้องอาศัยสมการโค้งความสัมพันธ์รูปสมการถดถอยแบบยกกำลังจากสองตัวแปรระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยและปริมาณน้ำท่า (Sediment-Discharge rating curve) อย่างไรก็ตาม ด้วยสภาวะที่พื้นที่ลุ่มน้ำต่าง ๆ ล้วนได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะปริมาณฝนที่แปรผันอย่างรุนแรง ดังตัวอย่างเหตุการณ์น้ำท่วมฉับพลันในจังหวัดสกลนครช่วงกลางปี พ.ศ. 2560 จึงคาดว่าปริมาณฝนจะเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าและการเกิดตะกอน (Liu et al., 2015) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการประเมินปริมาณตะกอนในลำน้ำ โดยพิจารณาความสัมพันธ์จากข้อมูลปริมาณตะกอน ปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดโดยรอบพื้นที่ลุ่มน้ำอูน จังหวัดสกลนคร จำนวน 3 สถานี ได้แก่ Kh90 Kh91 และ Kh93 นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Kong et al., 2015) เพื่อสร้างสมการสำหรับคาดการณ์ปริมาณตะกอนในลำน้ำ รวมถึงการเปรียบเทียบและสอบเทียบผลการคำนวณปริมาณตะกอนจากสมการที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลตะกอนจากสถานีตรวจวัดจริง เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความแม่นยำของสมการ

### พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำอูน มีพื้นที่ประมาณ 3,560 ตร.กม. เป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำโขงส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในจังหวัดสกลนครและนครพนมบางส่วน มีแหล่งน้ำผิวดินขนาดใหญ่ที่สำคัญคืออ่างเก็บน้ำอูน สร้างปิดกั้นลำน้ำอูนซึ่งมีต้นน้ำจากเทือกเขาภูพาน ดังแสดงใน Figure 1 ปริมาณฝนเฉลี่ยแปรผันอยู่ระหว่าง 1,500-1,580 มม. ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี 768 ล้าน ลบ.ม. การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว เกษตรกรรมและป่าไม้ ปัญหาด้านแหล่งน้ำ ได้แก่ แหล่งน้ำตื้นเขินและไม่เพียงพอต่อการอุปโภค-บริโภค เกษตรกรรมในฤดูแล้ง ช่วงฤดูฝนเกิดปัญหาน้ำท่วมฉับพลันและน้ำป่าไหลหลาก พื้นที่ป่าต้นน้ำถูกบุกรุกเพื่อทำการเกษตร มีการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสมและมีปัญหาด้านมลภาวะทางน้ำ

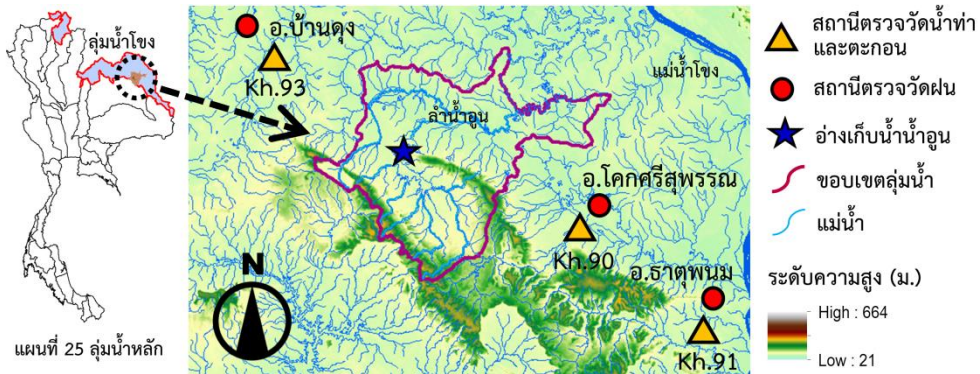


Figure 1 Location of the Nam-Oon Basin and the study area

### การสร้างสมการคาดการณ์ปริมาณตะกอนและการประเมินความแม่นยำ

การสร้างสมการคาดการณ์ปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำอูน เป็นการนำเอาข้อมูลสถิติปริมาณน้ำท่าและตะกอนรายเดือนระหว่าง พ.ศ. 2548-2558 จากสถานีตรวจวัดในลำน้ำโดยรอบพื้นที่จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานี Kh.90 Kh.91 และ Kh.93 รวมถึงข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนจากสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 3 สถานี ได้แก่ อำเภอบ้านดุง อำเภอโคกศรีสุพรรณ และอำเภอธาตุพนม ระหว่าง พ.ศ. 2548-2559 ตำแหน่งของสถานีตรวจวัดต่าง ๆ ได้แสดงไว้ใน Figure 1 ในขั้นตอนการพัฒนาสมการ ข้อมูลปริมาณตะกอน ปริมาณน้ำท่าและปริมาณฝนระหว่าง พ.ศ. 2548-2555 (8 ปี) จะถูกนำมาประเมินความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ชุดข้อมูล ได้แก่ 1) ปริมาณตะกอนและปริมาณฝนรายเดือนจำนวน 252 ชุดข้อมูล และ 2) ปริมาณตะกอนและน้ำท่ารายเดือนซึ่งมีจำนวน 278 ชุดข้อมูล โดยทั้งสองขั้นตอนนี้ได้ใช้เทคนิควิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแบบยกกำลัง จากนั้นข้อมูลทั้ง 3 ประเภทจะถูกนำไปสร้างสมการด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและคำนวณผลปริมาณตะกอนระหว่าง พ.ศ. 2548-2555 ในขณะที่ข้อมูลระหว่าง พ.ศ. 2556-2559 (4 ปี) จะใช้สำหรับการสอบเทียบ เพื่อทดสอบความแม่นยำของสมการที่พัฒนาขึ้น

สำหรับการประเมินความแม่นยำของสมการประเมินปริมาณตะกอน ทั้งในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลและการสอบเทียบผลการคำนวณกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัด ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้การประเมินจาก 2 ดัชนี ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of determination,  $R^2$ ) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative

Error, RE) (Khare et al., 2014) ซึ่ง  $R^2$  จะมีค่าระหว่าง 0-1 โดยค่ามากกว่า 0.5 นั้นแสดงถึงข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในระดับที่มีความน่าเชื่อถือ และ RE แสดงผลเป็นร้อยละ

### การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

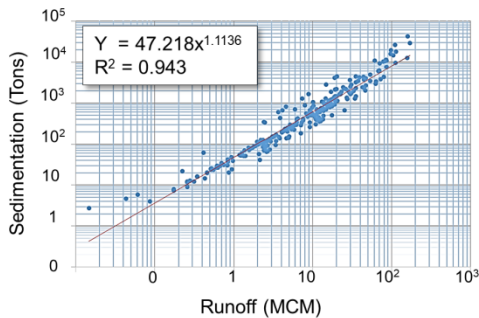
เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในรูปของการทำนายประกอบด้วยตัวแปร 2 ชนิดคือ X เป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) หรือตัวแปรทำนาย (Predictor variable) มี 1 ตัวหรือมากกว่า และ Y เป็นตัวแปรตาม (Dependent variable) หรือตัวแปรเกณฑ์ (Criterion variable) มี 1 ตัว อาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรมาใช้ในการทำนาย โดยเมื่อทราบค่าตัวแปรหนึ่งก็สามารถทำนายอีกตัวแปรหนึ่งได้ (Patel et al., 2016) รูปของสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณดังแสดงในสมการที่ (1)

$$Y = Constant + B1(X1) + B2(X2) + \dots BnXn \quad (1)$$

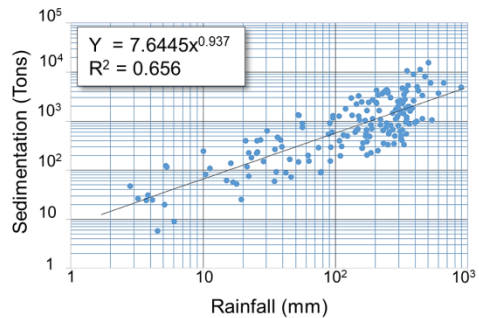
เมื่อกำหนดให้ Y คือปริมาณตะกอน และให้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวใด ๆ B1 คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ 1 B2 คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ 2 X1 คือปริมาณน้ำท่า และ X2 คือปริมาณฝน

### ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอน น้ำท่าและน้ำฝน

การประเมินความสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณตะกอน น้ำท่าและน้ำฝนของสถานีตรวจวัดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบยกกำลัง สามารถแสดงด้วยค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.94 และ 0.66 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากสำหรับปริมาณตะกอนกับน้ำท่า และมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับปริมาณตะกอนกับน้ำฝนตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 2 (a) และ (b) ผลการวิเคราะห์ได้ชี้ให้เห็นถึงข้อมูลปริมาณน้ำท่าและน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และเมื่อใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณเพื่อสร้างสมการแล้วนั้น สามารถแสดงรูปของสมการคำนวณปริมาณตะกอนดังแสดงในสมการที่ (2) โดยแสดงดัชนีวัดผลของสมการความสัมพันธ์แบบพหุคูณด้วยค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.71 สำหรับชุดข้อมูลระหว่าง พ.ศ. 2548-2555



(a) Sedimentation and runoff



(b) Sedimentation and rainfall

Figure 2 Relationship of sedimentation, runoff, and rainfall data from 3 stations

$$Q_{s-eq} = -401 + 85Q_w + 1.2P \quad (2)$$

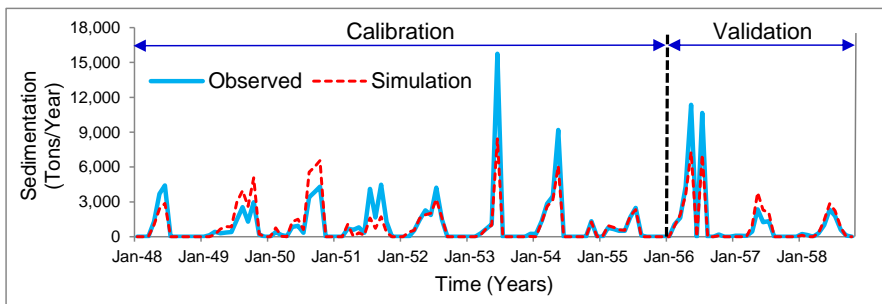
เมื่อ  $Q_{s-eq}$  คือปริมาณตะกอนจากสมการ (ตันต่อปี)  $Q_w$  คือปริมาณน้ำท่า (ล้าน ลบ.ม.) และ  $P$  คือปริมาณฝน (มม.)

### ปริมาณตะกอนคาดการณ์และการประเมินความแม่นยำของสมการ

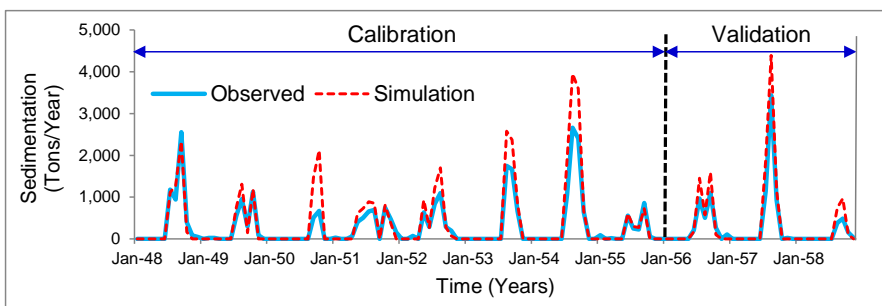
การประเมินปริมาณตะกอนสามารถทำได้โดยการแทนค่าปริมาณน้ำท่าและปริมาณฝนรายเดือน ณ ตำแหน่งสถานีตรวจวัดที่ใกล้เคียงกันนำมาจับคู่กันซึ่งได้แก่ 1) Kh90 กับโคกสีสุพรรณ 2) Kh91 กับธาตุพนม และ 3) Kh93 กับบ้านดุง แทนลงในสมการที่ (2) จากนั้นนำผลการคำนวณไปเปรียบเทียบกับค่าตะกอนจากสถานีตรวจวัดทั้ง 3 สถานี โดยพบว่าค่าที่คำนวณเมื่อรวมผลเป็นรายปีมีความใกล้เคียงกับค่าจากสถานีตรวจวัด โดยแสดงได้จากค่า RE อยู่ระหว่างร้อยละ 7.5-30 (พ.ศ. 2549-2555) และ 8.8-34.9 สำหรับช่วงการประเมินสมการ (พ.ศ. 2556-2559) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ เมื่อพิจารณาค่า  $R^2$  ช่วง พ.ศ. 2549-2555 พบว่าที่ Kh91 และ Kh93 แสดงผลอยู่ระหว่าง 0.90-0.95 ยกเว้น Kh90 ที่แสดงค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.70 ซึ่งมีสาเหตุจากผลของ พ.ศ. 2549-2550 มีค่าสูงกว่าค่าตรวจวัด ในขณะที่ พ.ศ. 2553-2554 มีค่าต่ำกว่า ผลการทดสอบความแม่นยำของสมการช่วง พ.ศ.2556-2559 ค่า  $R^2$  อยู่ระหว่าง 0.89-0.95 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สอดคล้องกับดัชนี RE ในช่วงเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ณ Kh91 ได้แสดงผลตะกอนสูงกว่าค่าตรวจวัดถึงร้อยละ 30-34 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสมการมีความแม่นยำร้อยละ 70 สำหรับบางตำแหน่ง โดยอาจมีสาเหตุจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและตะกอนไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากนัก ( $R^2 = 0.66$ ) ผลการเปรียบเทียบค่าตะกอนจากสมการและสถานีตรวจวัดได้แสดงไว้ใน Table 1 และ Figure 3 (a)-(c)

**Table 1** Comparison of observed data and simulation results

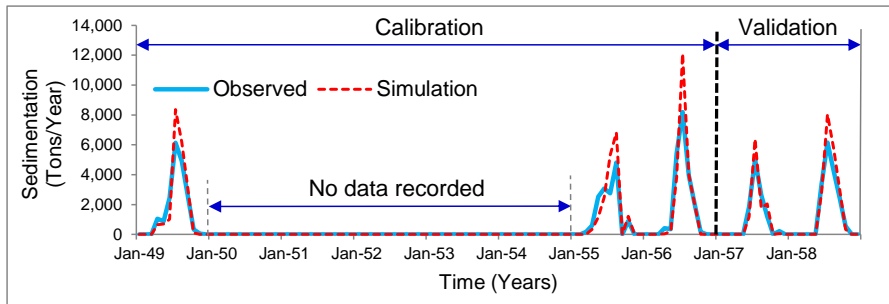
Stations	Periods (in B.E)	Sediment yield (Ton/years)		Evaluation index	
		Observed	Simulation	R <sup>2</sup>	RE
Kh90	2549-2555 (test)	12,860.5	11,899.6	0.70	-7.47
	2556-2559 (verify)	10,361.9	9,446.9	0.91	-8.83
Kh91	2549-2555 (test)	3,692.7	4,807.3	0.91	30.18
	2556-2559 (verify)	2,437.1	3,287.5	0.97	34.89
Kh93	2549-2555 (test)	17,066.7	18,857.6	0.88	10.49
	2556-2559 (verify)	13,870.8	15,682.6	0.92	13.06



(a) Station Kh90



(b) Station Kh91



(c) Station Kh93

Figure 3 Comparison of sedimentation between observed and simulation

### สรุป

การคาดการณ์ปริมาณตะกอนจากสมการที่พัฒนาขึ้นจากเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณตะกอน ฝนและน้ำท่า เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากสมการกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดแล้วนั้น พบว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียงกัน ดังแสดงได้จากดัชนีสำหรับประเมินความแม่นยำแสดงค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ในขณะที่การเปรียบเทียบผลการคำนวณในสถานีบางตำแหน่งมีค่าที่แตกต่างจากค่าตรวจวัดจริง ซึ่งคาดว่าจะมีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝนและตะกอนในบางช่วงเวลาอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ภาพรวมของผลการคำนวณปริมาณตะกอนจากสมการได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพระหว่างการทำไปใช้งาน ดังนั้น ระเบียบวิธีที่ได้แสดงไว้ใน การศึกษานี้ จึงคาดว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการคาดการณ์ปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำระดับภูมิภาคอื่น ๆ ที่มีข้อมูลทางอุทกวิทยาและลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษานี้ รวมถึงบางพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดปริมาณตะกอนในลำน้ำ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในอนาคตต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- Prasanchum, H and A. Kangrang. 2018. Optimal reservoir rule curves under climatic and land use changes for Lampao Dam using genetic algorithm. *KSCE J. Civ. Eng.* 22(1): 351-364.
- Zhao, G., A. Klik, F. Wang, P. Gao and W. Sun. 2015. Sediment yield estimation in a small watershed on the northern loess plateau, China. *Geomorphology.* 241: 343-352.

กลุ่มงานตะกอนและคุณภาพน้ำ. 2556. โครงการศึกษาปริมาณการสะสมตะกอนที่ส่งผล  
กระทบต่อปริมาณความจุของอ่างเก็บน้ำ กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำแม่กวังอุดมธารา ส่วน  
อุทกวิทยา. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ.กรมชลประทาน.

Liu, X., S. Qi, Y. Huang, Y. Chen and P. Du. 2015. Predictive modeling in  
sediment transportation across multiple spatial scales in the Jialing  
River Basin of China. *J. Sediment. Res.* 30: 250-255.

Kong, D., C. Miao, A.G.L. Borthwick, Q. Duan, H. Liu, Q. Sun, A. Ye, Z. Di and W.  
Gong. Evolution of the Yellow River Delta and its relationship with  
runoff and sediment load from 1983 to 2011. *J. Hydrol.* 520: 157-167.

Khare, D., R. Singh and R. Shukla. 2014. Hydrological modeling of Barinallah  
watershed using Arc-SWAT model. *Int. J. Geo., Earth & Environ. Sci.* 4(1):  
224-235.

Patel, S., M. K. Hardaha, M.K. Seetpal and K.K. Madankar. 2016. Multiple linear  
regression model for stream flow estimation of Wainganga River. *Am. J.*  
*Water. Sci. & Eng.* 2(1): 1-6.



การเพิ่มประสิทธิภาพการหีบสกัดอ้อย  
Enhancing Efficiency of Sugar Cane Crushing

ทวีศักดิ์ มโนสืบ\* จิรวัดน์ วรวิชัย ทศพร เงินเนตร พิบูลย์ เครือคำอ้าย  
ยุทธนา มั่นมาก และ วุฒิชัย หีบคำ

Thaweesak Manosueb, Chirawat Woorawichai, Tosapron Ngerenate,  
Piboon Kruekumary, Yuttana Manmak and Wuttichai Hebkham

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จังหวัดตาก

Rajamangala University of Technology Lanna Tak 63000, Tak

\*Corresponding author: Thaweesak\_tak@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการหีบสกัดอ้อย โดยการศึกษาสภาพปัญหาทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพ รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหีบสกัดอ้อย ได้แก่ ชุดลูกหีบ ปริมาณน้ำพรมและอุณหภูมิน้ำพรม พบว่า มีปัญหาที่ชุดแรงกดของลูกหีบแต่ละชุดไม่สม่ำเสมอและปริมาณน้ำพรมไม่สอดคล้องกับอุณหภูมิของน้ำพรม โดยมีวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการหีบสกัดอ้อยดังนี้

1) เพิ่มแรงกดของลูกหีบ จากแรงกดเฉลี่ย 1,730 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็น 1,810 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

2) เพิ่มปริมาณน้ำพรม จากปริมาณน้ำพรมเฉลี่ย 130 ตารางเมตร/วินาที เป็น 132 ตารางเมตร/วินาที

3) เพิ่มอุณหภูมิน้ำพรม จาก 88 องศาเซลเซียส เป็น 90 องศาเซลเซียส

ผลที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อแก้ไขสาเหตุของปัญหาในกระบวนการหีบสกัดอ้อย โดยประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติ และการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป พบว่า ประสิทธิภาพของการหีบสกัดอ้อยเพิ่มขึ้น โดย ค่าความหวานเฉลี่ยของน้ำตาลก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 10 C.C.S ภายหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 12 C.C.S และประสิทธิภาพของการหีบสกัดอ้อยเพิ่มขึ้นจากเดิม 96.46% เป็น 97.74 %

**คำสำคัญ:** การปรับปรุงประสิทธิภาพ หน่วยวัดคุณภาพความหวานน้ำอ้อย (C.C.S)

## Abstract

This research aim is to enhance efficiency of sugar cane crushing. By studying of some problems in both of before and after efficiency improvement. All factors including the extraction of sugar cane such as Roller press set, sprayed water volume and water temperature were also studied. It was found that there were some problems from a series of pressure in each Roller press, as it was irregular, and the water temperature did not comply with sprayed water volume. Here were how to the productivity extraction of sugar cane as shown.

1) Increase pressure of Roller press from an average pressure of 1730 lbs/square inch are 1810 lbs/square inch.

2) Increases average sprayed water volume from 130 square meters/second are 132 square meters/ second.

3) Increase the water temperature from 88 degree Celsius are 90 degree Celsius.

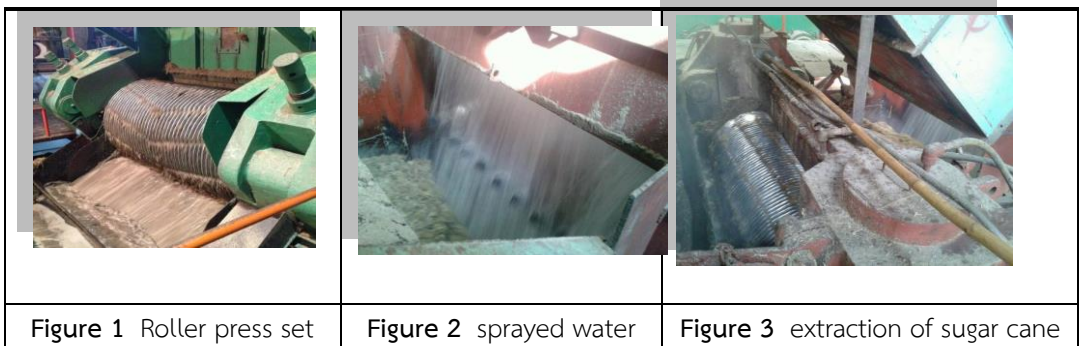
The results of the study and data were analyzed before and after efficiency improvement. To fix the root cause of the problems the extraction of sugar cane such. By applying the principles of statistical and Analysis of the results using the software package found to enhance the productivity extraction of sugar cane crushing increase. By the sweetness of the sugar before improvement is 10 C.C.S after improvement is increased 12 C.C.S and the productivity extraction of sugar cane crushing increased from 96.46% to 97.74%.

**Keywords:** Performance improvement, Commercial cane sugar (C.C.S)

## บทนำ

บริษัท น้ำตาลทรายกำแพงเพชร จำกัด เป็นโรงงานแห่งแรกในจังหวัดกำแพงเพชร ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการหีบสกัดอ้อยและผลิตน้ำตาลทรายมาเป็นเวลากว่า 40 ปี โดยในช่วงแรก ๆ ของการผลิตนั้นทางโรงงานมีกำลังในการผลิตในการหีบสกัดอ้อยสูงสุดอยู่ที่ 2,000 ตันต่อวัน ต่อมาเมื่อมีปริมาณอ้อยเพิ่มมากขึ้น ทางโรงงานจึงมีการเพิ่มกำลังการผลิตมาอย่าง

ต่อเนื่อง จนในปัจจุบันโรงงานสามารถหีบอ้อยได้สูงสุดที่ 15,000 ตันต่อวัน จะเห็นได้ว่าได้มีการพัฒนาและปรับปรุงกิจการมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับปริมาณวัตถุดิบของเกษตรกรชาวไร่อ้อยที่ป้อนเข้าสู่โรงงานที่เพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี และได้มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอ้อยมากขึ้น จึงทำให้วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันในการหีบสกัดอ้อยของโรงงานมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อปริมาณอ้อยที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการหีบสกัดอ้อย ให้มีความทันสมัยรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงต้องมีการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตในแผนกการหีบสกัดอ้อยประกอบไปด้วย ปริมาณน้ำพรม อุณหภูมิ น้ำพรม และแรงกดของลูกหีบ ของโรงงานน้ำตาลทรายกำแพงเพชรเพื่อมาวิเคราะห์ผลที่ทำให้กระบวนการหีบสกัดอ้อยไม่ได้ประสิทธิภาพตามที่โรงงานน้ำตาลทรายกำแพงเพชรกำหนด



เนื่องจากกระบวนการหีบสกัดน้ำอ้อยยังมีประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามที่โรงงานน้ำตาลทรายกำหนดไว้ตามแผนของโรงงาน น้ำอ้อยที่ได้ยังมีคุณภาพความหวานไม่เป็นไปตามเกณฑ์ข้อกำหนดและปริมาณน้ำอ้อยที่สกัดยังไม่เป็นไปตามแผนที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เกิดจากกระบวนการในการหีบสกัดน้ำอ้อยยังมีประสิทธิภาพไม่เต็มกำลัง ที่มาจากปัจจัยของ ปริมาณน้ำพรม อุณหภูมิ น้ำพรม ที่ยังไม่เหมาะสมกับการพรมสกัดความหวานที่ติดอยู่กับกากอ้อย และแรงกดของลูกหีบแต่ละชุดยังไม่เหมาะสมกับอ้อยที่เข้าสู่ชุดลูกหีบแต่ละชุด (ดังรูปที่1) จึงทำให้กระบวนการหีบสกัดน้ำอ้อยยังมีประสิทธิภาพไม่ได้ตามเกณฑ์ที่โรงงานกำหนด คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลเพื่อศึกษา และแก้ไขปัญหากระบวนการผลิตในส่วนของการหีบสกัดอ้อย เพื่อวิเคราะห์ แรงกด ปริมาณน้ำพรม (ดังรูปที่ 2) และอุณหภูมิ น้ำพรม ที่มีผลทำให้กระบวนการหีบสกัดอ้อย (ดังรูปที่ 3) ไม่ได้ประสิทธิภาพตามที่กำหนด วัตถุประสงค์ของงานวิจัย: การเพิ่มประสิทธิภาพการหีบสกัดอ้อย

### วิธีการศึกษา

การดำเนินงานวิจัย “การเพิ่มประสิทธิภาพการหีบสกัดอ้อย” นี้จะแสดงถึงขั้นตอนและรายละเอียด โดยเริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 17 ธันวาคม 2558 ถึง วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2559 รวมระยะเวลาทั้งหมด 56 วัน โดยมีรายละเอียด 7 ขั้นตอนดังต่อไปนี้  
**ขั้นตอนที่ 1** ประสานงานติดต่อบริษัท น้ำตาลทรายกำแพงเพชร จำกัด และเก็บข้อมูลเบื้องต้น



**Figure 4** Interviews for basic problems.



**Figure 5** Sugarcane raw material used in the plant. (Total Type)

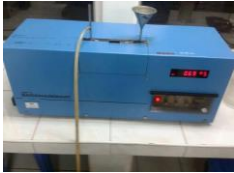
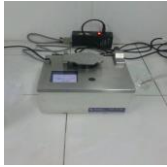






**Table 1** Sugarcane Genetic used in the plant 6 Type

Type	1	2	3	4	5	6
Sugar cane Genetic	92-11	99-72	95-2-156	ขอนแก่น 3	อุ้มทอง 12	K 366

**ขั้นตอนที่ 2** ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แก่ เครื่องมือการควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง (.7 QC TOOLS) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ และการหาค่าสหสัมพันธ์ใช้โปรแกรม SPSS.เวอร์ชัน 22

**ขั้นตอนที่ 3** เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งใช้ในการปรับและวัดปริมาณค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่

1. เครื่องวัดค่าบริกซ์รีแฟลคโตมิเตอร์เมตริก
2. เครื่องวัดค่าโพล Pol
3. เครื่องวัดปริมาณการพรมน้ำ
4. เครื่องวัดแรงกดไฮโดรลิก
5. เครื่องวัดความเร็วรอบ
6. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำร้อน
7. ชุดลูกหีบอ้อยจำนวน 6 ลูก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 นิ้ว ยาว 63 นิ้ว
8. เตอบากากอ้อย

			
Figure 6 Brix meter	Figure 7 Polarimeter	Figure 8 Spray water meter	Figure 9 Hydraulic press meter
			
Figure 10 Speed round meter	Figure 11 Hot water thermometer	Figure 12 Roller press set 6 rolls	Figure 13 Fiber oven

**ขั้นตอนที่ 4** ขั้นตอนการเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์งานวิจัย 1...เก็บข้อมูลแรงกดของลูกหีบแต่ละชุด ทั้งหมดจำนวน 6 ชุด 2. เก็บข้อมูลอุณหภูมิน้ำร้อนที่จะใช้พรม ทุกๆ 1 ชั่วโมง 3. เก็บข้อมูลปริมาณน้ำพรม บันทึกค่าทุกๆ 1 ชั่วโมง

**ขั้นตอนที่ 5** วิเคราะห์ข้อมูลและหาสาเหตุของปัญหา เครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์กระบวนการหีบสกัดอ้อยเพื่อ “การเพิ่มประสิทธิภาพการหีบสกัดอ้อย” มีดังต่อไปนี้

**เครื่องมือที่ 1.** 7 QC Tools อาทิ ใบเก็บรวบรวมข้อมูล พาเรโต แผนภูมิแกงปลา กราฟ สหสัมพันธ์ เป็นต้น **เครื่องมือที่ 2.** หาค่าแรงกดไฮดรอลิกทั้ง 6 ชุด ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงที่ความชื้น 95% **เครื่องมือที่ 3.** วิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของ Pearson โดยใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลและเครื่องมือที่ 4. หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลแรงกดไฮดรอลิก ปริมาณน้ำพรม อุณหภูมิน้ำพรม และค่าความหวาน ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

**ขั้นตอนที่ 6** เก็บผลการปรับปรุงและเปรียบเทียบผลก่อนปรับปรุงกับหลังการปรับปรุง

**ขั้นตอนที่ 7** สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

### ผลการศึกษา

ผลที่ได้จากการศึกษากระบวนการหีบสกัดอ้อยของบริษัทน้ำตาลทรายกำแพงเพชร จำกัด โดยเข้าไปศึกษาและเก็บข้อมูลแรงกดของลูกหีบ ปริมาณน้ำพรม และอุณหภูมิน้ำพรม โดยนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมของบริษัทน้ำตาลทรายกำแพงเพชร จำกัด พร้อมวิเคราะห์ผลการทดลอง จะใช้เวลาในการเก็บผลก่อนการทดลอง 28 วันและเก็บผลหลังการทดลอง 28 วัน\*เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและค่า C.C.S. ในกระบวนการหีบสกัดอ้อย

1. ตารางข้อมูลทางสถิติก่อนการปรับปรุงจำนวน 28 วัน และหลังการปรับปรุงจำนวน 28 วัน ข้อมูลที่ได้จากแรงกดของลูกหีบแต่ละชุด อุณหภูมิน้ำพรม ปริมาณน้ำพรม และค่าความหวาน แสดงดังตารางที่ 2

**Table 2** Statistical data before and after the update.

Data set	Statistical data before		Statistical data after	
	Mean	SD.	Mean	SD.
Roller press 1	1,985.714	44.84	2,075.00	51.81
Roller press 2	1,900.000	136.08	2,046.43	79.26
Roller press 3	1,825.000	233.53	1,928.57	118.18
Roller press 4	1,275.000	157.82	1,192.86	212.44
Roller press 5	1,457.143	128.89	1,500.00	112.21
Roller press 6	1,932.143	98.33	2,010.71	31.49
Water temp.(°C)	88.964	2.487	89.750	.518
C.C.S.	10.320	.823	12.153	.491
spray water volume	129.821	5.221	131.500	2.835

Commercial Cane Sugar (C.C.S.)

2. ตารางค่าความสัมพันธ์ก่อนการปรับปรุงโดยเลือก แรงกดชุดที่ 1 ชุดที่ 6 อุณหภูมิ น้ำพรม และค่าความหวาน เนื่องจากค่าความหวานในชุดที่ 1 จะออกมามากที่สุดและการวัด อุณหภูมิ น้ำพรมในชุดที่ 6 จึงนำข้อมูลแรงกดชุดที่ 1 ชุดที่ 6 อุณหภูมิ น้ำพรมและค่าความ หวาน มาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ของข้อมูล ดังตารางที่ 3

**Table 3** Relationship value between the Roller press Sprayed Water temp. and Commercial Cane Sugar ( before and after) N = 80

Data set		Roller press 1	Roller press 6	Water temp. (°C)	(C.C.S.)
Roller press 1 (before)	Pearson Correlation	1	.696**	.626**	.429*
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.023
Roller press 1 (after)	Pearson Correlation	1	.397*	.172	.496**
	Sig. (2-tailed)		.036	.380	.007
Roller press 6 (before)	Pearson Correlation	.696**	1	.580**	.671**
	Sig. (2-tailed)	.000		.001	.000
Roller press 6 (after)	Pearson Correlation	.397*	1	-.057	-.163
	Sig. (2-tailed)	.036		.774	.407
Water temp. (°C) (before)	Pearson Correlation	.626**	.580**	1	.641**
	Sig. (2-tailed)	.000	.001		.000
Water temp. (°C) (after)	Pearson Correlation	.172	-.057	1	.586**
	Sig. (2-tailed)	.380	.774		.001
Commercial Cane Sugar (C.C.S.)(before)	Pearson Correlation	.429*	.671**	.641**	1
	Sig. (2-tailed)	.023	.000	.000	
Commercial Cane Sugar (C.C.S.) (after)	Pearson Correlation	.496**	-.163	.586**	1
	Sig. (2-tailed)	.007	.407	.001	

\*Significant relationship at level 0.05 (2-tailed)

\*\*Significant relationship at level 0.01 (2-tailed)

3. แสดงค่าแรงกดของลูกหีบชุดที่ 1 และชุดที่ 6 ก่อนและหลัง อุณหภูมิน้ำพรม และความหวานก่อนและหลังการปรับปรุง จะได้ตารางเปรียบเทียบแบบจับคู่ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุง (T-test เปรียบเทียบแบบจับคู่สิ่งทดลอง) N = 80 รายละเอียดดังตารางที่ 4

**Table 4** Comparison table before and after statistics between the Roller press Sprayed Water temp. and Commercial Cane Sugar

	Data set	Mean	Day	Standard Dev.	Discrepancy
The couple 1	Roller press 1 (before)	1,985.71	28	44.840	8.474
	Roller press 1 (after)	2,075.00	28	51.819	9.793
The couple 2	Roller press 6 (before)	1,932.14	28	98.333	18.583
	Roller press 6 (after)	2,010.71	28	31.497	5.952
The couple 3	Water temp.(°C)(before)	88.96	28	2.487	0.470
	Water temp. (°C) (after)	89.75	28	0.518	0.098
The couple 4	C.C.S. (before)	10.32	28	0.823	0.156
	C.C.S. (after)	12.15	28	0.491	0.093

### วิจารณ์

1. จะเห็นได้ว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการหีบสกัดอ้อย (แรงกดของลูกหีบและอุณหภูมิน้ำพรม) สามารถทำให้ค่าความหวาน (C.C.S) ที่เพิ่มขึ้นได้แสดงผลการทดลองตามตารางที่ 5

**Table 5** experimental result

Statistical value	C.C.S.	Pressure of Roller. (PSI)		Water temp. (°C)
		Roller press 1	Roller press 6	
Process of sugarcane (before)	10	2,000	2,000	89
Process of sugarcane (after)	12	2,100	2,000	90

จากตารางที่ 5 สรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มแรงกดชุดที่ 1 จาก 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ก่อนการปรับปรุงปรับเป็น 2,100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ชุดที่ 6 เป็น 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิพรมก่อนปรับปรุง 89 องศาเซลเซียสปรับเป็น 90 องศาเซลเซียส ช่วยทำให้ค่า



ความหวานสามารถเพิ่มขึ้น จากก่อนการปรับปรุง 10 C.C.S. เป็น 12 C.C.S. ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะว่าตัวแปรพื้นฐานที่สำคัญของการหีบสกัดอ้อยคือ 1.แรงกดโดยเฉพาะแรงกดชุดที่ 1 และชุดสุดท้าย 2. อุณหภูมิน้ำพรมและปริมาณที่เหมาะสมซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณและความหวานของน้ำอ้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของสำนักงานกองทุนอ้อยและน้ำตาล.(2555) ได้จัดทำโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลในโรงงานที่ได้รายงานว่าการปรับปรุงค่าขึ้นอยู่กับการตั้งค่าลูกหีบ และการตั้งค่าน้ำพรม การตั้งค่าลูกหีบมีจุดประสงค์เพื่อให้ลูกหีบอยู่ในสภาพที่ดีที่สุด เหมาะสมต่อการทำงาน การเปรียบเทียบแรงกดที่ลูกหีบชุดที่ 1 และชุดสุดท้าย จะมีแรงกดมากที่สุดส่วนชุดที่ 2 และหน้าชุดสุดท้ายมีแรงกดปกติ แต่จะสม่ำเสมอทุกจุด โดยมีค่าเป็นน้ำหนัก/หน่วยตารางพื้นที่

2. แผนภูมิแสดงสรุปรายงานปริมาณอ้อยเข้าหีบเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำตาลทรายที่ได้ระหว่าง ประจำปี 2556/57 ถึง 2558/59 ของโรงงานน้ำตาลทรายกำแพงเพชร ดังรูปที่ 14 จากรูปที่ 14 สรุปได้ว่า เมื่อปรับตัวแปรคือการเพิ่มแรงกดชุดที่ 1 เป็น 2,100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ชุดที่ 6 เป็น 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอุณหภูมิน้ำพรมปรับเป็น 90 องศาเซลเซียส ช่วยทำให้ค่าความหวานสามารถเพิ่มขึ้น จากก่อนการปรับปรุง 10 C.C.S. เป็น 12 C.C.S.

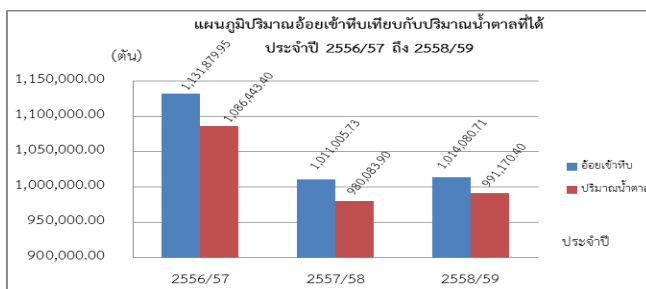


Figure 14 Comparison chart between input sugar cane and sugar content.  
Annual 2556/57 to 2558/59

ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าการเพิ่มปัจจัยแรงงานหรือปัจจัยทุนในสภาพการผลิตปัจจุบันไม่สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำตาลได้มากนัก เพราะการเพิ่มปริมาณน้ำตาลต้องปรับตัวแปรที่ส่งผล อาทิ แรงกดลูกหีบ ปริมาณและอุณหภูมิน้ำพรม รวมถึงเพิ่มปริมาณวัตถุดิบคืออ้อย จึงจะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตน้ำตาล มีปริมาณสูงขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรศักดิ์ ธรรมโม.(2549).

ที่ว่าปัจจัยที่กำหนดความมีประสิทธิภาพทางเทคนิคของการผลิตน้ำตาลในกลุ่มวังขนายคือ ค่าความหวานของน้ำตาลต่อตันอ้อย CCS (Commercial Cane Sugar) และ สัดส่วนของอ้อยไฟไหม้ที่เข้าหีบเทียบกับจำนวนอ้อยทั้งหมดที่เข้าหีบ ดังนั้นการนำระบบซื้อขายอ้อยตามคุณภาพ (CCS) มาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการซื้อขายอ้อย จึงมีส่วนให้ประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันถ้าลดสัดส่วนของอ้อยไฟไหม้ที่เข้าหีบเทียบกับจำนวนอ้อยทั้งหมดจะส่งผลให้ประสิทธิภาพทางเทคนิคในการผลิตน้ำตาลสูงขึ้น

3. แผนภูมิแสดงสรุปรายงานค่าเฉลี่ยความหวานประจำปี 2556/57 ถึง 2558/59 และก่อนการทดลองตั้งแต่วันที่ 17/12/59 ถึง 27/1/59 หลังการทดลองตั้งแต่วันที่ 28/1/59 ถึง 24/2/59 ของโรงงานน้ำตาลทรายกำแพงเพชร ดัง Figure 15

จาก Figure 15 แสดงสรุปรายงานค่าเฉลี่ยความหวาน ก่อนการทดลองตั้งแต่วันที่ 17/12/59 ถึง 27/1/59 และหลังการทดลองตั้งแต่วันที่ 28/1/59 ถึง 24/2/59 แสดงให้เห็นว่ามีผลการพัฒนาตามวัตถุประสงค์

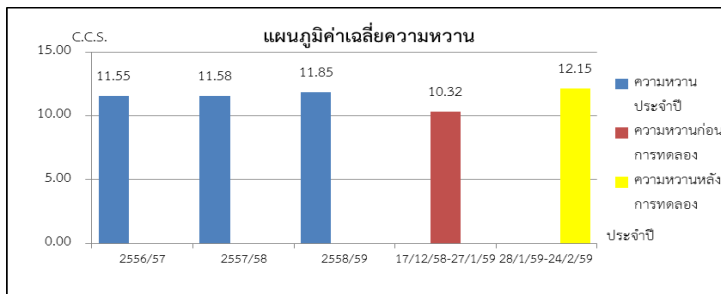


Figure 15 Chart showing summary report of C.C.S mean. Annual 2556/57 to 2558/59. Before the trial date 17/12/59 to 27/1/59 and after the trial date 28/1/59 to 24/2/59

ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า เราควรจะทบทวนข้อมูลในอดีตว่ามีข้อมูลเป็นอย่างไร อย่างเช่น จากกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความหวานในอดีตเฉลี่ย 3 ปีที่ผ่านมา มีค่าเฉลี่ยที่ 11.66 c.c.s. ก่อนทำการปรับปรุงมีค่าความหวานเฉลี่ย 10.32 c.c.s. และหลังการปรับปรุงมีค่าความหวานเฉลี่ย 12.15 c.c.s จะเห็นว่ามีผลการพัฒนาการ อย่างเป็นระบบและดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับงานวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.(2550). ที่ได้กล่าวถึงความต้องการการนำเข้าน้ำตาลของประเทศคู่ค้าต่างๆ ในตลาดโลก

มีการเปลี่ยนแปลง โดยเริ่มมีปัจจัยความต้องการของผู้บริโภคเข้ามามีส่วนกำหนดคุณภาพของน้ำตาลมากยิ่งขึ้น ทำให้ในอนาคตแนวโน้มการค้าน้ำตาลในตลาดโลกจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ความจำเป็นสำหรับโรงงานน้ำตาลในปัจจุบันที่ต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ความคุ้มค่าทางด้านพลังงาน และมูลค่าของผลพลอยได้และของเสียจากกระบวนการผลิตเป็นหลักเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุดลดต้นทุนในการผลิต

4. แผนภูมิแสดงประสิทธิภาพการหีบสกัดอ้อยประจำปี 2556/57 ถึง 2558/59 ของโรงงานน้ำตาลทรายกำแพงเพชร ดัง Figure 16

จาก Figure 16 แสดงประสิทธิภาพการหีบสกัดอ้อยประจำปี 2556/57 ถึง 2558/59 ของโรงงานน้ำตาลทรายจะเห็นได้ว่าการพัฒนาประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การดำเนินกิจการใดๆ จำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการก้าวหน้าทางองค์ความรู้ และเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง

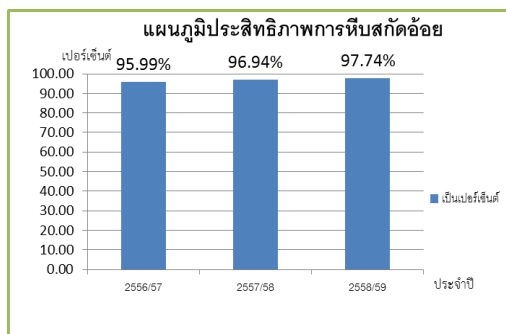


Figure 16 Chart showing the Production efficiency of sugarcane harvesting.  
Annual 2556/57 to 2558/59

จำเป็นต้องพัฒนาความรู้และทักษะให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. “โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลในโรงงาน” ที่ได้กล่าวว่าการเพิ่มประสิทธิภาพของโครงการ มีสองแนวทาง คือ ประการที่ 1 การประเมินผลการดำเนินงานของโรงงานโดยใช้ KPI เป็นตัวชี้วัดทำการติดตามประเมินผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานและประการที่ 2. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลของโรงงานด้วยการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานในบางขั้นตอน

### เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ พลอยพาณิชย์เจริญ. 2556. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร.
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2553. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย (SPSS). พิมพ์ครั้งที่ 11. บิซิเนสเซอร์แอนด์ตี, กรุงเทพมหานคร.
- ทวีศักดิ์ มโนสีบ. 2558. เอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมคุณภาพ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ตาก.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. 2551. การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมกับงานวิจัย พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- สุกศิริ ยอดสง่า. 2525. กรรมวิธีในการหีบอัด (sound recording). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, มหาสารคาม.
- สุรศักดิ์ ธรรมโม. 2549. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางเทคนิคของโรงงานน้ำตาลในประเทศไทย:กรณีศึกษากลุ่มวังขนาย.วิทยานิพนธ์หลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต.คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลในโรงงาน “การพัฒนาระบบการผลิตน้ำตาลทรายขาวชั้นตอนเดียว”. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด, สมบัติ ขอทวีวัฒนา, วิรัตน์ วาณิชศรีรัตน, ปฐมา จาตกานนท์. 2554. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลในโรงงาน. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. [online] <http://agebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2016/20160188/index.html#> สืบค้น 27 มีนาคม 2558
- สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร.โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลในโรงงาน.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [online] <http://www.ocsf.or.th/Research/rese%20-%207.doc> สืบค้น 15..ธันวาคม.. 2558
- สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพการสกัดน้ำตาลจากอ้อย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [online] <http://www.ocsf.or.th/Research/rese-30.doc> สืบค้น 30 ธันวาคม 2558

คุณสมบัติทางกลและการต้านทานความร้อนของอิฐบล็อกดินซีเมนต์  
ผสมเถ้าขานอ้อย และขานอ้อย

Mechanical Properties and Thermal Resistance of the Soil Cement Block  
Containing Bagasse Ash and Bagasse

ณัฐวุฒิ อินทบุตร\* และ ภิญโญ พัฒนวาสันต์พร

Nuttawut Intaboot\* and Pinyo Pattanawasanporn

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Suphanburi Campus

\* Corresponding author: nuttawut\_took@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลและความเป็นฉนวนกันความร้อนของอิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมจากวัสดุชีวมวลจำพวกเถ้าขานอ้อยและขานอ้อย โดยมีสัดส่วนทั้งสองของปูนซีเมนต์ต่อเถ้าขานอ้อย และดินลูกรังต่อขานอ้อย อยู่ที่ร้อยละ 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ผลการศึกษาจะพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านการใช้งานโดยใช้ปัจจัย ความแข็งแรง และคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนเป็นตัวชี้วัด จากการศึกษาพบว่าค่าการดูดซึมน้ำหลังจากการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 มีค่าเท่ากับ 22.7% - 32.54 % ตามลำดับ สำหรับกำลังรับแรงอัดอยู่ที่ 40-50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพชนิดไม่รับน้ำหนัก และเมื่อศึกษาความเป็นฉนวนกันความร้อนทำให้ทราบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าขานอ้อยและขานอ้อยทำให้การถ่ายโอนอุณหภูมิของอิฐบล็อกลดลง ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าสัดส่วนของปูนซีเมนต์ต่อเถ้าขานอ้อย และดินลูกรังต่อขานอ้อย อยู่ที่ร้อยละ 80:20 จะให้ค่ากำลังอัดสูงสุด ค่าการดูดกลืนน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และค่าการต้านทานความร้อนอยู่ในเกณฑ์ดี

**คำสำคัญ:** ฉนวนกันความร้อน อิฐบล็อกดินซีเมนต์ เถ้าขานอ้อยและขานอ้อย กำลังรับแรงอัด

Abstract

This research aimed to study the mechanical properties and thermal insulation of the soil cement blocks which mixing the biomass materials such as bagasse ash and bagasse. The ratio both of cement: bagasse ash and

lateritic soil: bagasse were 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, and 50:50, respectively. The strength and thermal insulation properties were considered in the indicator of this study. The result found that the water absorption after submerged for 24 hours follow TIS 109-2517 was 22.7% - 32.54% respectively. The compressive strength was 40-50 kg/cm<sup>2</sup> that classified as non-load bearing type. The insulation capacity found that the bagasse ash and bagasse increased, the temperature of the block decreased. For the result of this study found that the ratio both of cement: bagasse ash and lateritic soil: bagasse was 80:20, which effect of highest compressive strength, the water absorption in standard, and the thermal resistance is well.

**Keywords:** Insulation, Soil cement block, Bagasse ash and bagasse, Compressive strength

## บทนำ

ปัจจุบันวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างได้มีการพัฒนารูปแบบกันอย่างหลากหลายเพื่อรองรับกับความต้องการและเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคได้เลือกใช้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้มีนักวิจัยมากมายที่ทำการศึกษาค้นคว้าในการนำวัสดุที่เหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ เกิดวัสดุทางวิศวกรรมใหม่ๆ ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม หลังจากฤดูเก็บเกี่ยวก็จะเกิดเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากทางเกษตร ทั้งนี้การนำเศษวัสดุชีวภาพดังกล่าวเช่นขานอ้อยและเถ้าขานอ้อยมาผสมในวัสดุก่อสร้างจำพวกคอนกรีตบล็อก จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะทำให้ราคาวัสดุก่อสร้างลดลง เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรจำพวกขานอ้อยและเถ้าขานอ้อยอีกทางหนึ่ง

เถ้าขานอ้อย (Bagasse Ash) จากการศึกษาและวิจัยที่ผ่านมาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีประกอบไปด้วยซิลิกาออกไซด์ SiO<sub>2</sub> เป็นองค์ประกอบหลักมากกว่าร้อยละ 60 นอกจากนั้นยังมีปริมาณองค์ประกอบอื่นร่วมด้วย เช่น Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CaO Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> K<sub>2</sub>O MgO P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> และ Na<sub>2</sub>O ตามลำดับ (Vimuttasongviriya, 2017) และจากที่เถ้าขานอ้อยมีส่วนประกอบของซิลิกาออกไซด์มากกว่าร้อยละ 60 นั้นเถ้าขานอ้อยที่ผ่านการบดละเอียดจะมีคุณสมบัติเป็นวัสดุพอโซลานได้ ทำให้สามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วนได้ โดยยังคงความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดี หากมีการศึกษาและพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง จะเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลง นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุ

เหลือทิ้ง รวมทั้งช่วยลดพลังงานในการผลิตปูนซีเมนต์ด้วย (Sujjavanich, 2002) ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างรูปแบบต่าง ๆ ที่มีส่วนผสมเถ้าชานอ้อยร่วมกับซีเมนต์ (Somna, and Jaturapitakkul, 2012; Sujjavanich, and Duangchan, 2004) นอกจากนั้นยังมีการนำไปผสมกับดินซีเมนต์เพื่อนำไปผลิตเป็นบล็อกประสาน (Vimuttasongviriya, 2017) และนอกจากการนำเถ้าชานอ้อยมาผสมกับซีเมนต์เพื่อปรับปรุงคุณภาพคอนกรีตให้ดีขึ้นแล้วนั้น ได้มีการนำชานอ้อยมาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกผนังเพื่อใช้เป็นฉนวนกันความร้อนด้วย เพราะเนื่องจากวัสดุชีวภาพมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ (Ekasilp, and Boonthanomwong, 2014) และยังสามารถนำมาทำเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกแก้วก่อสร้างได้

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรจำพวกชานอ้อย และเถ้าชานอ้อยมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกดินซีเมนต์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์ของชานอ้อยและเถ้าชานอ้อย ลดของเสีย หรือลดภาระในการกำจัด และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าให้กับอุตสาหกรรมอ้อยได้อีกทางหนึ่งด้วย

## วิธีการศึกษา

### การเตรียมตัวอย่างและวัตถุดิบ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ ประกอบไปด้วย ทราย เถ้าชานอ้อย ชานอ้อย ดินลูกรัง และซีเมนต์ โดยเถ้าชานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการเผาไหม้ในการผลิตน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาล บริษัทอุตสาหกรรมน้ำตาลสุพรรณบุรีจำกัด อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ทำการปรับปรุงคุณสมบัติจากการบดละเอียดเพื่อให้มีคุณสมบัติเป็นปอซโซลาน เพราะเถ้าชานอ้อยที่ได้มาจากโรงงานโดยตรงมีขนาดอนุภาคใหญ่ทำให้ไม่ผ่านคุณสมบัติการเป็นปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTM C618 (Somna, and Jaturapitakkul, 2012) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำเถ้าชานอ้อยที่ได้มาทำการบดละเอียดเพื่อที่จะสามารถเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดี ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าชานอ้อยพบว่ามีซิลิกอนออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ ) และอลูมิเนียมออกไซด์ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) หรืออลูมิน่าเป็นองค์ประกอบในปริมาณร้อยละ 83.27 และ 2.67 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1 (Duangchan, 2006)

**Table 1** Chemical composition of Bagasse Ash and Portland Cement Type 1

Chemical Composition	Portland Cement Type 1 (%)	Bagasse Ash (%)
Silicon Dioxide (SiO <sub>2</sub> )	21.54	83.27
Aluminium Oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.960	2.67
Ferric Oxide (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.83	2.85
Calcium Oxide (CaO)	67.52	7.27
Sulfur Trioxide (SO <sub>3</sub> )	4.59	0.31

### อัตราส่วนผสมของคอนกรีต

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของอิฐบล็อกดินซีเมนต์ประกอบด้วย การดูดซึมน้ำ ความสามารถในการรับแรงอัด และการต้านทานความร้อน โดยในการทดลองจะใช้เก้าอี้ขานอ้อยและขานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 กับดินลูกรังในอัตราส่วนร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 50 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานตามความเหมาะสม มวลรวมละเอียดคงที่ ดังแสดงใน Table 2 ทั้งนี้ในการผลิตอิฐบล็อกดินซีเมนต์จะทำการผสมและขึ้นรูปจากเครื่องจักรในโรงงานผลิตอิฐบล็อกในชุมชน

**Table 2** Concrete block mix proportions

Mix	%	Sand	Cement	Bagasse Ash	Lateritic Soil	Bagasse
Con.	0 - 0	1,000	500	-	3,000	-
CBAB10	10 - 10	1,000	450	50	2,700	300
CBAB20	20 - 20	1,000	400	100	2,400	600
CBAB30	30 - 30	1,000	350	150	2,100	900
CBAB40	40 - 40	1,000	300	200	1,800	1,200
CBAB50	50 - 50	1,000	250	250	1,500	1,500

### การศึกษาสมบัติทางกลของอิฐ

1. การทดสอบปริมาณการดูดซึมน้ำนี้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน มอก.109-2517 โดยทำการทดสอบในแต่ละส่วนผสม ซึ่งจะใช้ตัวอย่างส่วนผสมละ 5 ก้อน จากนั้นนำตัวอย่างอบแห้งที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบันทึก



น้ำหนัก จากนั้นทำการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนัก คำนวณตามสมการที่ 1 บันทึกผล ทั้ง 5 ก้อนพร้อมหาค่าเฉลี่ย

$$A = \frac{W_{sat} - W_{dry}}{W_{dry}} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ A หมายถึงร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)

$W_{sat}$  หมายถึงน้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (กรัม)

$W_{dry}$  หมายถึงน้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (กรัม)

2. การทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของก้อนอิฐดินซีเมนต์ ตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มอก.109-2517เป็นการทดสอบวัสดุก้อนตัวอย่างที่อายุ 28 วัน จากเครื่องทดสอบกำลังอัดแท่งคอนกรีต คำนวณหาลำดับรับแรงอัดจากแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดของก้อนทดสอบในแต่ละส่วนผสม โดยจะใช้ตัวอย่างส่วนผสมละ 5 ก้อน บันทึกผลทั้ง 5 ก้อนพร้อมหาค่าเฉลี่ย

3. การทดสอบการต้านทานความร้อน เป็นการทดสอบการให้ความร้อนและวัดอุณหภูมิโดยการติดตั้งอุปกรณ์จำลองในการให้ความร้อน ประกอบไปด้วยการติดตั้งหลอดไฟส่องสว่างในกล่องควบคุมเพื่อเป็นการจำลองการให้ความร้อน อุปกรณ์วัดอุณหภูมิผิวด้านหน้าเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิด้านหลัง ในการทดลองจะทำการบันทึกผลอุณหภูมิของอิฐเมื่อให้ความร้อนในเวลา 30 กับ 60 นาที จากนั้นให้ก้อนตัวอย่างคลายความร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 90 120 และ 150 นาที ทำการทดลองทุกส่วนผสม ส่วนผสมละ 5 ก้อน บันทึกผลแล้วหาค่าเฉลี่ย

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### การทดสอบการดูดซึมน้ำ

จากการศึกษาการดูดซึมน้ำ พบว่าในแต่ละส่วนผสมมีค่าการดูดซึมน้ำไม่เท่ากัน เนื่องจากความหนาแน่นและปริมาณซันอ้อยในก้อนตัวอย่างไม่เท่ากัน โดยการดูดซึมน้ำในส่วนผสมที่ 1 ให้ผลการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดอยู่ที่ 22.77 % และส่วนผสมที่ 6 ให้ผลการดูดซึมน้ำสูงที่สุดอยู่ที่ 32.54 % ดังแสดงใน Figure 1 ทั้งนี้เพราะว่าการแทนที่ด้วยเถ้าซันอ้อยและซันอ้อยในการผลิตจะทำให้อิฐบล็อกดินซีเมนต์มีความพรุนมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของเถ้าซันอ้อยและซันอ้อย ซึ่งในการเพิ่มขึ้นของเถ้าซันอ้อยจะทำให้อนุภาคเถ้าซันอ้อยไปแทรก

ตัวตามช่องว่างของวัสดุ แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของขานอ้อยจะส่งผลให้วัสดุมีโพรงขนาดใหญ่เพราะขานอ้อยเป็นวัสดุจำพวกเส้นใยธรรมชาติ เมื่อมีส่วนผสมมากขึ้นก็ย่อมจะทำให้เกิดโพรง หรือวัสดุมีความพรุนสูงขึ้น ส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

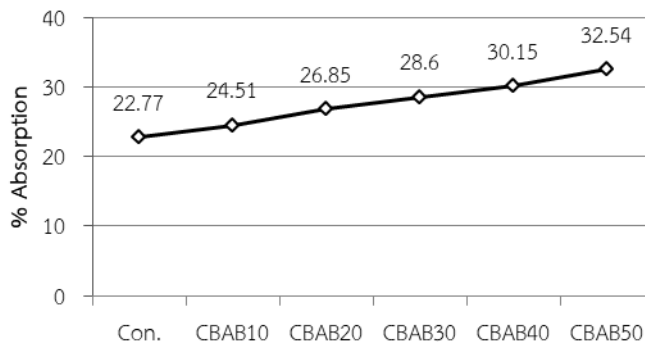


Figure 1 Water absorption of soil cement concrete block

### การทดสอบกำลังรับแรงอัด

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ดังแสดงใน Figure 2 โดยอิฐดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมเถ้าขานอ้อยและขานอ้อยที่ 20% (CBAB20) จะให้ค่ากำลังอัดที่ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Somna, and Jaturapitakkul, (2012) และ Chusilp, et al., (2009) เพราะเถ้าขานอ้อยที่บดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์จะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดี อีกทั้งเถ้าขานอ้อยมีพื้นผิวที่มีความพรุนสูง (Duangchan, 2006) ส่งผลให้เถ้าขานอ้อยมีการดูดซึมน้ำในอนุภาคเป็นจำนวนมาก เมื่อระยะเวลาผ่านไปน้ำในอนุภาคเถ้าขานอ้อยจะทำค่อยๆ ปฏิกิริยาไฮเดรชันกับปูนซีเมนต์อย่างสมบูรณ์ส่งผลให้อิฐตัวอย่างมีความสามารถในการรับแรงอัดเพิ่มขึ้น อีกทั้งความละเอียดของอนุภาคเถ้าขานอ้อยจะสามารถแทรกตัวเข้าไปอุดรูพรุนอยู่ในช่องว่างของอิฐดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของขานอ้อยส่งผลให้อิฐตัวอย่างนี้ความสามารถในการรับแรงอัดเพิ่มขึ้นด้วย

แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มเถ้าขานอ้อยมากขึ้นจะทำให้ปริมาณปูนซีเมนต์ลดลง ส่งผลให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญในการพัฒนากำลังรับแรงอัดลดลง ปฏิกิริยาปอซโซลานก็ลดลงตามไปด้วย จึงทำให้กำลังอัดที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลานไม่เพียงพอที่จะชดเชยกำลังอัดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ที่หายไป อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของ

ชานอ้อยจะส่งผลให้อิฐตัวอย่างมีความพรุนสูง มีความหนาแน่นต่ำ ทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดต่ำลงด้วย

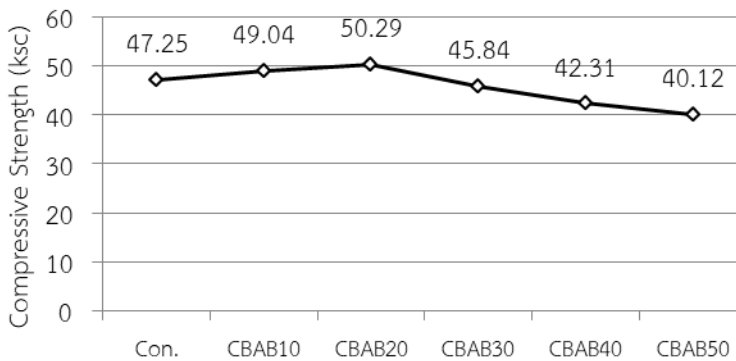


Figure 2 Compressive Strength of soil cement concrete block

### การทดสอบการต้านทานความร้อน

จากการทดสอบการต้านทานความร้อน และการคายความร้อนของอิฐบล็อกทั้ง 6 ส่วนผสม พบว่าส่วนผสม CBAB30 มีการนำความร้อนสูงที่สุดอยู่ที่ 56 องศาเซลเซียส และส่วนผสม Con. กับ CBAB50 มีการนำความร้อนต่ำที่สุดอยู่ที่ 49.4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เมื่อปล่อยให้อิฐมีการคายความร้อน พบว่าส่วนผสมที่ 1 มีการคายความร้อนได้เร็วที่สุดดังแสดงใน Figure 3 เนื่องจากอิฐดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของชานอ้อยในปริมาณมากส่งผลให้เกิดช่องว่างและโพรงจำนวนมาก และอีกทั้งวัสดุจำพวกเส้นใยธรรมชาติเป็นคุณสมบัติฉนวนกันความร้อนตามธรรมชาติ (Intaboot, 2017) ดังนั้นถ้ามีในปริมาณมากก็จะช่วยในการต้านทานความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้เป็นอย่างดี

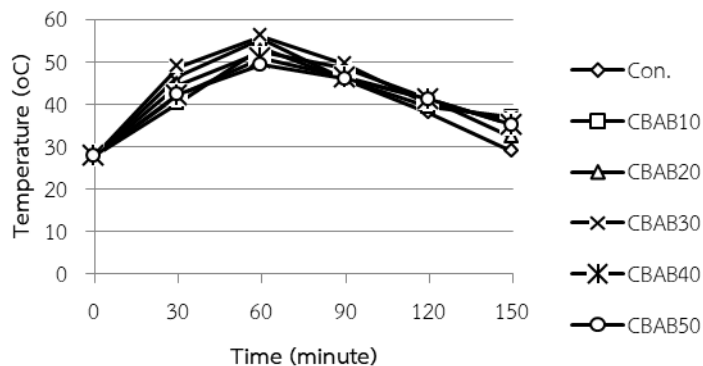


Figure 3 Thermal Conductivity of soil cement concrete block

### สรุป

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. อิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าชานอ้อยและชานอ้อยจะมีการดูดซึมน้ำสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าชานอ้อยและชานอ้อย
2. ความสามารถในการรับแรงอัดในอัตราส่วนผสมของเถ้าชานอ้อยและชานอ้อยที่ 20% (CBAB20) จะให้ค่ากำลังอัดที่ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราส่วนผสมมากขึ้นจะส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงอัดลดลง
3. อิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าชานอ้อยและชานอ้อยในปริมาณมากจะทำให้มีความสามารถในการต้านทานความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้ดี ซึ่งวัสดุจำพวกเส้นใยสามารถนำมาพัฒนาทำฉนวนกันความร้อนได้

### เอกสารอ้างอิง

- Chusilp, N., Jaturapitakkul, C., and Kiattikomol, K. 2009. Effects of LOI of ground bagasse ash on the compressive strength and sulfate resistance of mortars. *Construction and Building Materials*. Vol. 23(12), pp. 3523-3531.
- Duangchan, A. 2006. Development of Bagasse Ash Concrete Block for Construction. M.Eng. Thesis, Dept. Civil Engineering, Kasetsart University, Thailand.

- 
- Ekasilp, W., and Boonthanomwong, C. 2014. Thermal Insulator Performance of Water Hyacinth and Sawdust Hollow Concrete Block. Proceedings of the National Research Conference Rangsit University. Pathumth. pp. 179-186.
- Intaboot, N. 2017. Guidelines and possibilities for the application of biomass materials for Concrete block Production. Thailand Concrete Association Journal. 5(2): 1-11.
- Somna, R., and Jaturapitakkul, C. 2012. Use of Ground Bagasse Ash to Improve Compressive Strength, Water Permeability, and Chloride Resistance of Recycled Aggregate Concrete. KMUTT Research and Development Journal. 34(4): 369-381.
- Sujjavanich, S. 2002. Effect of bagasse ash in cementitious materials. Journal of engineering KU. 6(2): 18-28.
- Sujjavanich, S., and Duangchan, A. 2004. Pozzolanic Reactivity and Water Requirement of Bagasse Ash. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Concrete National Conference. Chiang Mai. Thailand. pp. 118-122.

การศึกษากระบวนการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากลำต้นปาล์มน้ำมัน  
The Study Production Process Medium Density Fiberoard  
from Palm Oil Trunk

ปัญญา แดงวิไลลักษณ์\* ชัยณรงค์ นิสภา สุขัมบดี พรหมมณี และ ทศนเทพ ศรีวิสัย  
Panya Daungvilaikux\*, Chainarong Nitsapa, Suchambode Prommanee  
and Thassanatthep Srivisai

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
Department of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Prince of Chumphon Campus

\* Corresponding author: panya.da@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากลำต้นปาล์มน้ำมันที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อน โดยนำต้นปาล์มน้ำมันอายุ 28 ปี มาแปรรูปเป็นแผ่นไม้บางจากไม้ปาล์มที่มีความชื้นเริ่มต้นที่  $140 \pm 2$  %db ปอกไม้ส่วนกลางและส่วนในสุดให้เป็นแผ่น นำไปย่อยด้วยเครื่องตีโย โดยมีวิธีการแปรรูปไม้ 2 วิธีดังนี้ 1. นำไม้ปาล์มที่ได้จากการตีเส้นใยไปต้มเพื่อแยกสารอาหารออกจากใยไม้ก่อนแล้วจึงนำมาแปรรูป และ 2. นำไม้ปาล์มที่ได้จากการตีโยมาแปรรูปโดยตรง โดยแต่ละวิธีการจะแบ่งไม้ออกเป็น 3 แบบ คือ 1. เส้นใยที่มีขนาด 1-1.6 mm 100% 2. เส้นใยขนาด 1-1.6 mm 50% เส้นใยขนาด 0.5 mm 50% และ 3. เส้นใยขนาด 1-1.6 mm 70% เส้นใยขนาด 0.5 mm 30% นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  หลังจากนั้นจึงนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง และผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เข้ากับไม้ปาล์มที่บด นำไม้ที่ผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เข้าอัดร้อนด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ที่อุณหภูมิ  $130^{\circ}\text{C}$  ที่ความหนา 5 mm จากความหนาเริ่มต้นที่ 30 mm ขนาดของแผ่นไม้ตัวอย่าง  $150 \times 150$  mm พบว่าการทดสอบความต้านทานแรงดึง ของแบบที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 50:50% ดีที่สุดโดยมีค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากับ 11.40 MPa ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 4.22 MPa ของแบบที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 100% ค่ามอดูลัสการแตกร้าวเท่ากับ 6.27 MPa ของแบบที่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 70:30% ค่าความต้านทานแรงเฉือนเท่ากับ 24.73 MPa ของแบบที่ผ่าน

กระบวนการต้มแบบ 70:30% ค่าความแข็งเท่ากับ 1235.25 MPa ของแบบที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 100% เปรูเซ็นต์การดูดซับน้ำในแบบที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มจะดีกว่า แต่ด้านการพองตัวของไม้แบบที่ผ่านกระบวนการต้มจะดีกว่า มีการพองตัวที่น้อยกว่า ดังนั้นแผ่นไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มมีความแข็งแรงมากกว่าแผ่นไม้ที่ผ่านกระบวนการต้ม จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานมากกว่า

**คำสำคัญ:** การอัดร้อน แผ่นไม้อัด ความหนาแน่นปานกลาง ลำต้นปาล์มน้ำมัน

### Abstract

This research studied, the hot air drying process for medium density fiberboard (MDF). The 28-years-old oil palm trees were processed into thin sheets of wood, with an initial moisture content of  $140\pm 2\%$ db. The central wood and the top part are sheets. With the machine hit the fiber. Two process methods were examined; 1. Boiling fiber for extraction nutrients before process and 2. The palm the fiber directly to the process. Drying with hot air oven at  $105^{\circ}\text{C}$  grinded by a grinder and mixed urea formaldehyde and with grinding. The wood mixing urea formaldehyde were heating compressed by using a hydraulic at  $130^{\circ}\text{C}$  for 5 min. At a thickness of 5 mm from a thickness of 30 mm. Size 150x150 mm. The was found that tensile strength tests The best 50:50% was obtained with a tensile strength of 11.40 MPa. The modulus of elasticity was 4.22 MPa for 100% non-boiling. The shear strength was equal to 24.73 MPa. The hardness was equal to 24.73 MPa. The hardness was 1235.25 MPa. The hardness was 1235.25 MPa. Percent Lahore absorb water in the brewing process, not better. But the swelling of the wood through the boiling process is better. There is less swelling. Therefore, the wood that is not through the boiling process is stronger than the wood that is boiled. It is appropriate to use it.

**Keywords:** Heating compressed, Plywood, Medium density, Oil Palm

## บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีถิ่นกำเนิดในพื้นที่เขตร้อนของแอฟริกาตะวันตก การขยายตัวที่ดีของพืชชนิดนี้ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาในหลาย ๆ ส่วนของโลก เช่น แอฟริกา อเมริกา และโดยเฉพาะในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินโดนีเซีย และมาเลเซีย ซึ่งเป็นผู้ผลิตหลักมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ของยอดการผลิตทั่วโลก 33.7 ล้านตัน [1]

ปาล์มน้ำมันได้รับการส่งเสริมในปี พ.ศ. 2518 ให้มีการเพาะปลูกในประเทศ โดยถือว่าการเริ่มต้นการพัฒนาการปลูกปาล์มน้ำมันในเชิงการค้าพาณิชย์ ปัจจุบันภาพรวมผลผลิตปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง รัฐบาลมียุทธศาสตร์อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ขึ้นในปี พ.ศ. 2547-2572 เพื่อมุ่งเน้นสู่การเป็นผู้ผลิตและส่งออกปาล์มน้ำมันเคียงคู่กับประเทศผู้นำอย่างอินโดนีเซียและมาเลเซีย รวมทั้งได้มีการกำหนดนโยบายให้ปาล์มน้ำมันเป็นพลังงานทดแทนของประเทศและมีการตั้งเป้าหมายขยายพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้ 10 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2572 [2]

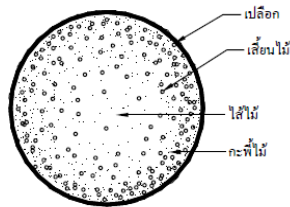
แต่ทั้งนี้ปาล์มน้ำมันมีอายุการเก็บเกี่ยว 25 ปี ถ้าหลังจากอายุนี้ปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตที่น้อย และประกอบกับการมีลำต้นที่สูงยากต่อการเก็บเกี่ยว จึงจำเป็นต้องทำการโค่นต้นทิ้ง ส่วนใบปาล์มน้ำมันนั้นสามารถนำไปหมักทำปุ๋ยหมักชีวภาพได้ แต่ลำต้นของปาล์มนั้นไม่นำมาใช้ประโยชน์แต่อย่างใด จึงต้องเผาทิ้งไปโดยป่าวประโยชน์ ซึ่งการเผาทำลายลำต้นปาล์มน้ำมันยังคงเป็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในปัจจุบัน

จากปัญหาข้างต้นที่ได้กล่าวมานั้น จึงเกิดความสนใจในการที่จะนำต้นปาล์มปาล์มน้ำมันมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำลำต้นปาล์มน้ำมันมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) โดยผ่านกระบวนการปกกให้เกิดแผ่นไม้บางจากไม้ปาล์มน้ำมัน ผ่านกระบวนการย่อยเพื่อให้เกิดเป็นเส้นใย การอบเพื่อลดความชื้น การผสมระหว่างไม้ปาล์มและกาวประสานชนิดยูเรียฟอर्मัลดีไฮด์ ก่อนนำไปแปรรูปเป็นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง จากนั้นทดสอบหาคุณสมบัติทางกล เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากเศษชีวมวลที่เหลือจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

## วิธีการศึกษา

ลักษณะโครงสร้างของไม้ประกอบด้วยเส้นใยไม้ขนาดเล็กหลาย ๆ อันประสานกัน โดยเส้นใยไม้จะมีความยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร ดังนั้นคุณสมบัติทางกลของไม้จึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาด แต่ขึ้นอยู่กับ การประสานกันของเส้นใย [3]





**รูปที่ 1** โครงสร้างและความหนาแน่นของลำต้นปาล์มน้ำมัน [3]

การอบแห้ง คือ การลดความชื้นให้กับวัสดุ โดยใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่มีความชื้นด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งเช่น การนำ การพา การแผ่รังสี เพื่อลดความชื้น ซึ่งจะเกิดขึ้นโดยการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังวัสดุ และจากวัสดุไปยังอากาศ โดยทั่วไปวัสดุทางการเกษตรส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูพรุน ทำให้มีการอบแห้งเกิดขึ้น 2 กระบวนการคือ กระบวนการที่ช่วงการอบแห้งคงที่ และการอบแห้งลดลง [4]

ความชื้น [5] คือปริมาณน้ำที่อยู่ภายในของวัสดุ สามารถแสดงได้ 2 แบบคือ

- ความชื้นมาตรฐานเปียก โดยทั่วไปปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุอบแห้งจะอยู่ในรูปแบบอัตราส่วนของน้ำต่อมวลทั้งหมดของวัสดุขึ้นเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียก

$$\% \text{ความชื้นมาตรฐานเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักวัสดุก่อนอบ} - \text{น้ำหนักวัสดุหลังอบ}}{\text{น้ำหนักวัสดุก่อนอบ}} \times 100 \quad (2.1)$$

- ความชื้นมาตรฐานแห้ง คือมวลความชื้นในวัสดุต่อหน่วยมวลของเนื้อวัสดุแห้งในกระบวนการอบแห้ง มวลของวัสดุขึ้นจะเปลี่ยนแปลงค่าตลอดเวลา ความชื้นในมาตรฐานแห้งสามารถมีค่าเกินร้อยเปอร์เซ็นต์ได้เนื่องจากนิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี

$$\% \text{ความชื้นมาตรฐานเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักวัสดุก่อนอบ} - \text{น้ำหนักวัสดุหลังอบ}}{\text{น้ำหนักวัสดุหลังอบ}} \times 100 \quad (2.2)$$

## กระบวนการในการผลิต

1. การเตรียมวัตถุดิบ
2. การแยกเส้นใย
3. การผสมกาวและสารปรับปรุงคุณภาพกับเส้น
4. การอบเส้นใย
5. การทำแผ่นเส้นใย
6. การอัดร้อน
7. การปรับสภาวะความชื้นและอุณหภูมิของแผ่น
8. การตัดผิว
9. การตัดขนาด



รูปที่ 2 ขั้นตอนการผลิตไม้อัดเอ็มดีเอฟ

กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นกาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง โดยเริ่มจากการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรียแล้วให้ความร้อนทำให้แข็งตัว สารช่วยให้แข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะไปทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีเชื่อมตัวกันขึ้น [6]

เชื้อราจะทำให้คุณสมบัติเกี่ยวกับสีของไม้เปลี่ยนไป สำหรับเชื้อราสามารถแยกออกเป็น 2 จำพวก ได้แก่

- เชื้อราขี้มดสี เชื้อราขี้มดสีเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องการความชื้นในการเจริญเติบโตค่อนข้างสูง สำหรับการเข้าทำลายในชั้นรุนแรงจะพบในไม้ชนิดที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 30 ขึ้นไป

- เชื้อราผิวไม้ หรือ ราขนมปัง ความสามารถในการทำลายของเชื้อราขนมปัง สังเกตได้จากการพบขุยละเอียดสีต่าง ๆ บนผิวไม้ สำหรับไม้ที่ถูกราขนมปังเข้าทำลายจะไม่สูญเสียความแข็งแรง [7]



รูปที่ 3 เชื้อราขี้มดสีและเชื้อราขนมปัง [7]

### การทดสอบคุณสมบัติทางกล

ในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของไม้อัดเอ็มดีเอฟ ได้จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลตามมาตรฐาน ASTM D1037-12 [8], ASTM D143-09 [9] และมาตรฐานการทดสอบไม้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ [10] โดยทำการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึง ค่าความต้านทานแรงดัด ค่าความต้านทานแรงเฉือน ค่าความต้านทานแรงกด ค่าการดูดซับน้ำ และการหนาบวมของไม้เอ็มดีเอฟ [11] โดยใช้เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกล HOUNSFIELD รุ่น H50KS

### ผลการศึกษา

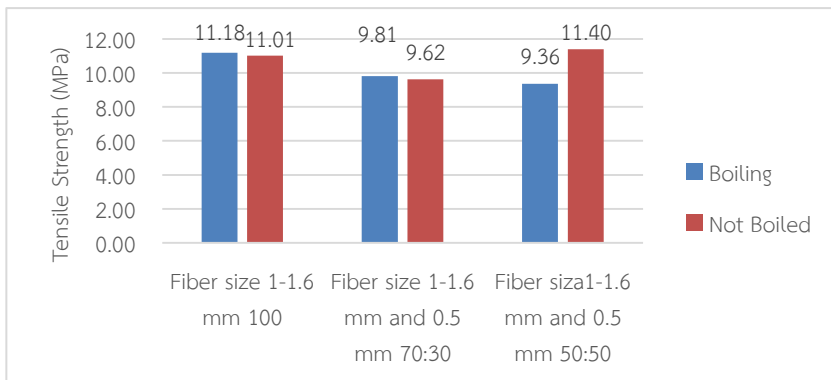
การทดลองการอัดขึ้นรูปไม้อัดเอ็มดีเอฟ โดยเครื่องอัดไฮดรอลิกแบบเพทลกดร้อนนั้น ส่งผลทำให้ได้รับ แผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ ที่ผลิตจากไม้ปาล์มน้ำมัน จากความหนาเริ่มต้นที่ 30 มิลลิเมตร โดยทำให้เหลือ 5 มิลลิเมตร ภายใต้วิธีการ 2 วิธีการ ได้แก่ 1. ไม้ปาล์มน้ำมันที่ได้รับการต้มเพื่อคัดแยกสารอาหารออกจากตัวของเนื้อไม้ 2. ไม้ปาล์มน้ำมันที่ไม่ได้รับการต้มคัดแยกสารอาหาร ซึ่งการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไม้ปาล์มน้ำมันภายใต้ 2 วิธีการนั้น แบ่งเป็น 3 แบบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไม้อัดเอ็มดีเอฟ ประกอบด้วย 1. แปรรูปโดยใช้เส้นใยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดตั้งแต่ 1-1.6 มิลลิเมตร ในอัตราส่วนการแปรรูป 100 เปอร์เซ็นต์ 2. แปรรูปโดยใช้เส้นใยที่มีขนาด 1-1.6 มิลลิเมตร และเส้นใยที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร ในอัตราส่วนการแปรรูป 70 เปอร์เซ็นต์ต่อ 30 เปอร์เซ็นต์ 3. แปรรูปโดยใช้เส้นใยที่มีขนาด 1-1.6 มิลลิเมตร และเส้นใยที่มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร ในอัตราส่วนการแปรรูป 50 เปอร์เซ็นต์ต่อ 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปทดสอบค่าความต้านทานแรงดึง ค่าความต้านทานแรงดัด ค่าความต้านทานแรงเฉือน และค่าความแข็ง เพื่อนำไปเปรียบเทียบมาตรฐานของไม้อัดเอ็มดีเอฟที่ได้ผ่านมาตรฐานหรือไม่



รูปที่ 4 เครื่องอัดไฮดรอลิกอัดขึ้นรูปไม้ปาล์มน้ำมันด้วยเพรทคร้อน

### การทดสอบแผ่นไม้อัดเพื่อหาค่าแรงดึงที่กระทำต่อแผ่นไม้อัด

จากการทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกลของไม้อัดเอ็มดีเอฟ จะได้ค่าแรงดึงสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟในแต่ละวิธีการ และนำค่าแรงดึงที่ได้ไปทำการหาค่าความต้านทานแรงดึงของไม้อัดเอ็มดีเอฟในแต่ละวิธีการ แสดงในรูปที่ 5



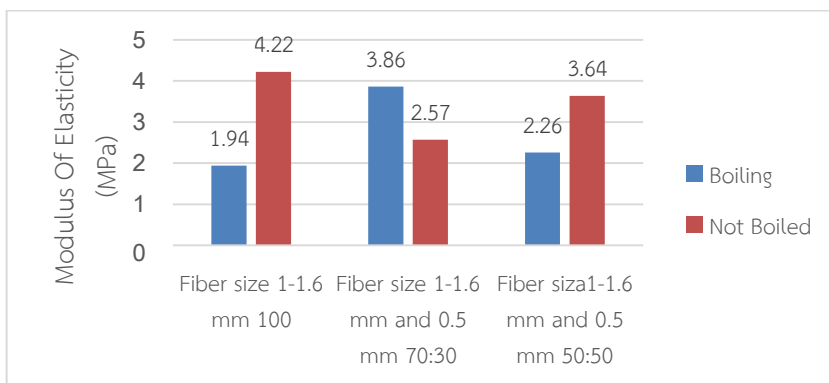
หมายเหตุ แต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 4 จะแสดงค่าความต้านทานแรงดึงของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 50:50 มีค่าความต้านทานแรงดึงที่ดีที่สุดเท่ากับ 11.40 MPa และจะมีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยจะพบว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้ม มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานมากกว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการต้ม

**การทดสอบแผ่นไม้อัดเพื่อหาค่าแรงดัดที่กระทำต่อแผ่นไม้อัด**

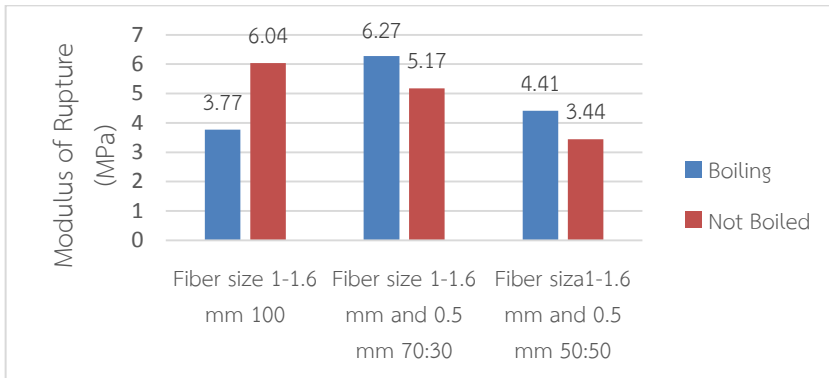
จากการทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกลของแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ จะได้ค่าแรงดัดสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นไม้อัดจนเกิดการทำให้แผ่นไม้อัดเกิดการโค้งงอและเสียรูปโดยการเกิดการแตกร้าวขึ้นที่พื้นผิวของแผ่นไม้อัด และนำค่าแรงกดที่ได้ไปคำนวณหาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น (MOE) และค่ามอดูลัสความแตกร้าว (MOR) แสดงในรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ



หมายเหตุ แต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละวิธีการทดลอง

**รูปที่ 6** กราฟแสดงค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 6 จะแสดงค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 100 มีค่าที่ดีที่สุดเท่ากับ 4.22 MPa และจะมีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยจะพบว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานในการที่มีการโค้งงอที่สูง



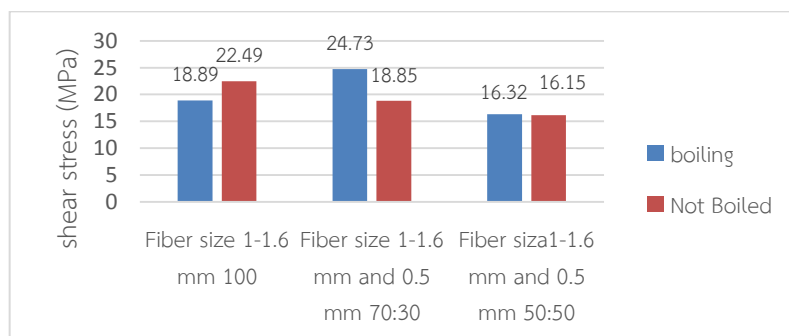
หมายเหตุ แต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 7 กราฟแสดงค่ามอดูลัสการแตกร้าวของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 7 จะแสดงค่ามอดูลัสการแตกร้าวของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 50:50 มีค่าที่ดีที่สุดเท่ากับ 6.27 MPa และจะมีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยจะพบว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการต้มมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานในการที่ต้องการความแข็งแรงที่สูง

**การทดสอบแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟเพื่อหาค่าแรงเฉือนที่กระทำต่อแผ่นไม้อัด**

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลของแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ จะได้ค่าแรงเฉือนที่กระทำต่อแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟจนเกิดการเสียรูปถาวรหรือเกิดการแตกหักออกจากกัน และนำไปคำนวณหาค่าความต้านทานแรงเฉือนหรือแรงตัดที่เกิดขึ้นในเนื้อไม้อัดเอ็มดีเอฟ แสดงในรูปที่ 8

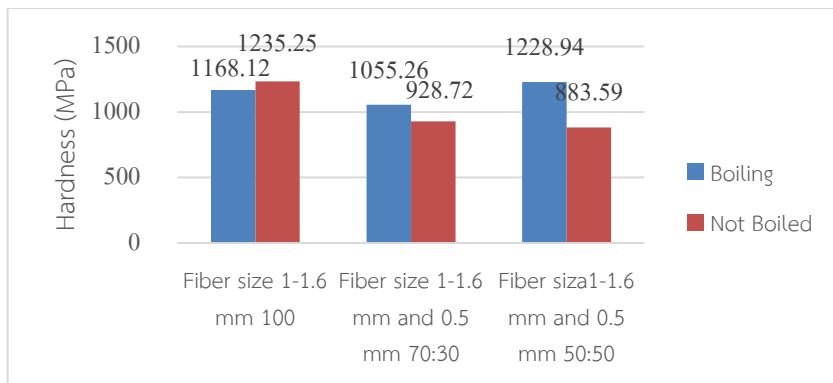


หมายเหตุ แต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงเฉือนของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 8 จะแสดงค่าความต้านทานแรงเฉือนของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 50:50 มีค่าที่ดีที่สุดเท่ากับ 24.73 MPa และจะมีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยจะพบว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการต้มมีความแข็งแรงมากกว่า การทดสอบแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟเพื่อหาค่าความแข็งที่กระทำต่อแผ่นไม้อัด

จากการทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกลของแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ จะได้ค่าแรงกดสูงสุดที่กระทำต่อแผ่นไม้อัดจนเกิดการทำให้แผ่นไม้อัดเกิดยุบตัวขึ้นที่พื้นผิวของแผ่นไม้อัด และนำไปหาค่าความแข็ง แสดงในรูปที่ 9

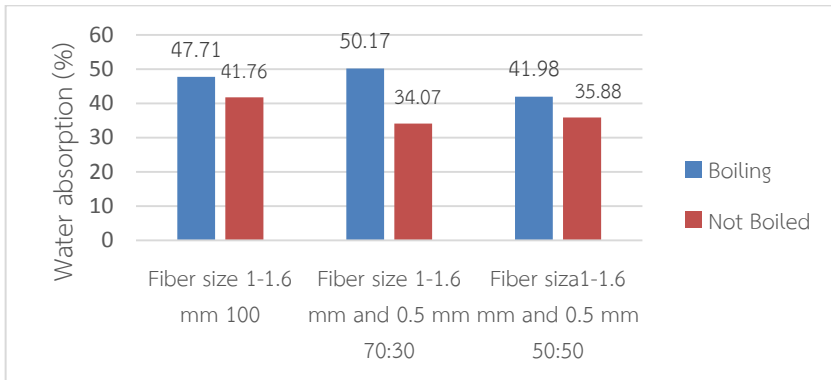


หมายเหตุ แต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละวิธีการทดลอง

### รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าความแข็งของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 9 จะแสดงค่าความแข็งของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 100 มีค่าที่ดีที่สุดเท่ากับ 1235.25 MPa และจะมีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยจะพบว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มมีความแข็งแรงที่มากกว่า การทดสอบแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟเพื่อหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพของไม้อัด

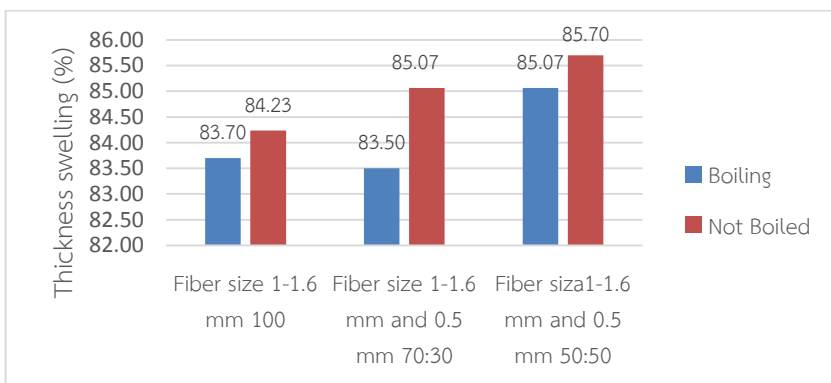
จากการทดลองหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ เพื่อหาค่าการดูดซับน้ำ และการพองตัวของแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ แสดงในรูปที่ 10 และรูปที่ 11 ตามลำดับ



หมายเหตุ แต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 10 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 10 จะแสดงเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 50:50 มีเปอร์เซ็นต์ที่ดีที่สุดเท่ากับ 34.07% และจะมีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 10 โดยจะพบว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำที่ต่ำกว่ามาก เนื่องจากที่ใช้ค่าที่มีเปอร์เซ็นต์น้อย สำหรับไม้ที่ยังมาเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำได้น้อยนั้นจะสามารถบอกได้กว่าไม้นั้นมีประสิทธิภาพที่ดี



หมายเหตุ แต่ละการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละวิธีการทดลอง

รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าการพองตัวของไม้เมื่อโดนน้ำในแต่ละวิธีการทดลอง



รูปที่ 11 จะแสดงเปอร์เซ็นต์ของการพองตัวของแผ่นไม้ในแต่ละวิธีการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่าไม้ที่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 50:50 มีเปอร์เซ็นต์ที่ดีที่สุดเท่ากับ 83.50 % และจะมีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 11. โดยจะพบว่าไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวที่ต่ำกว่ามาก เนื่องจากที่ใช้ค่าที่มีเปอร์เซ็นต์น้อย สำหรับไม้ที่ยังมาเปอร์เซ็นต์การพองตัวได้น้อยนั้นจะสามารถบอกได้กว่าไม้นั้นมีประสิทธิภาพที่ดี

### สรุป

จากการทดลองการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยวิธีการทดสอบคุณสมบัติทางกลที่มีคุณสมบัติของแผ่นไม้อัดที่แตกต่างกันพบว่า แผ่นไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 50:50 มีค่าความต้านทานแรงดึงที่ดีที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 11.40 MPa แผ่นไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้ม 100 มีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น และค่าความแข็งที่ดีที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 4.22 MPa และ 1,235.25 MPa ตามลำดับ แผ่นไม้ที่ผ่านกระบวนการต้มแบบ 70:30 มีค่ามอดูลัสการแตกกร้าว และความต้านทานแรงเฉือนที่ดีที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 6.27 MPa และ 24.73 MPa ตามลำดับ คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นไม้ แผ่นไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มมีความสามารถในการดูดซับน้ำที่ดีกว่า แต่ความสามารถในการพองตัวของแผ่นไม้ผ่านกระบวนการต้มจะดีกว่า ซึ่งแผ่นไม้ที่ไม่ผ่านกระบวนการต้มจะมีความยืดหยุ่น และมีความแข็งของเนื้อไม้ที่ดีกว่า แต่ไม้ที่ผ่านกระบวนการต้มจะมีความแข็งแรงและรับแรงได้มากกว่า

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Ewinsyah. **Improvement of oil plam wood Properties Using Bioresin.** Bogor. n.d. 2008.
- [2] **กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558.** กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558
- [3] จริญญา เจริญเนตรกุล “ผลิตภัณฑ์จากลำต้นปาล์มน้ำมัน Products from Oil Palm Trunk.” สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4. 2557.
- [4] สมชาติ โสภณธณฤทธิ์. “การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท โครงการส่งเสริมการสร้างตำรา” คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2540.
- [5] ทนงศักดิ์ วัฒนา. การเลือกเทคโนโลยีการอบแห้งในอุตสาหกรรมและเพื่อลดต้นทุน

- การผลิต 1. กรุงเทพฯ : ไทยแลนด์อินเตอร์. 2554.
- [6] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค). **โครงการพัฒนาการติดไม้**. [Online]. Available : <https://www.mtec.or.th/>. 2559.
- [7] **โครงการพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมกับประเทศเพื่อนบ้าน**. [Online] Available : [www.naturallywood.com](http://www.naturallywood.com). 2556.
- [8] ASTM. “Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.” **ASTM D1037 – 12**, 2012.
- [9] ASTM. “Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.” **ASTM D143 – 09**, 2552.
- [10] กระทรวงอุตสาหกรรม. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 178 – 2549. เล่มที่ 124**. 2550. หน้า 1 - 23
- [11] สำนักงานควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง. **มาตรฐานการทดสอบไม้ มยพ 1221 – 51 – มยพ 1227 – 51**. 2551.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกเห็ดกินได้และเห็ดพิษในประเทศไทยจากข้อมูล UCI เห็ด  
ระหว่างการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (MLP) กับการใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

Comparative Efficacy of the Classification of Poisons Mushrooms and  
Edible Mushrooms in Thailand from UCI Mushrooms Using Artificial Neural  
Networks and Support Vector Machine

กิตติ ทูลธรรม\* และ จารูวรรณ ทูลธรรม

Kitti Toontham\* and Jaruwan Toontham

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Rajamangala University of Technology ISAN khonkaen

\* Corresponding author: kitti\_kkc@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกเห็ดกินได้และเห็ดพิษในประเทศไทยจากข้อมูล UCI เห็ดระหว่างการใช้โครงข่ายประสาทเทียม(MLP) กับการใช้ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน(SVM) โดยข้อมูลของ UCI dataset ที่นำมาประมวลผลประกอบไปด้วย ลักษณะ โครงสร้างของเห็ดได้แก่ ส่วนหมวก ส่วนครีบ ส่วนวงแหวน ส่วนลำต้น และเยื่อหุ้มหรือเปลือก ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้างของเห็ดจำนวน 8124 ชนิด เพื่อป้อนเข้าสู่ส่วนของการประมวลผลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ มีโครงสร้างเป็น 22-22-1 โดยโครงข่ายประสาทเทียมนี้มีข้อมูลป้อนเข้า 22 ตัวแปร ส่วนชั้นซ่อน 22 ตัวแปรและมีผลลัพธ์ 1 ตัวแปร ส่วนของ SVM เลือกใช้ kernel แบบ RBF เพื่อจำแนกข้อมูล ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียม มีประสิทธิภาพในการจำแนกเห็ดกินได้ และเห็ดพิษในประเทศไทยจากข้อมูล UCI dataset มากกว่าการใช้ SVM แบบ RBF โดยมีค่าความถูกต้องของ MLP ที่ 97.686%

**คำสำคัญ:** โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ UCI dataset ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

Abstract

This research presents Comparative efficacy of the classification of edible mushrooms and poisonous mushrooms in Thailand from UCI fungicides using artificial neural networks (MLPs) and support for vector machine (SVM).

Nature Mushroom structures include the hats, the fins, the ring, the trunk and the membrane or shell. This is the structure of the 8124 mushrooms that feed into the processing part using the diffuse neural network. The structure is 22-22-1. This artificial neural network contains 22 input nodes, 22 hidden nodes, and 1 output. The RBF kernel is used to classify data. The results of this research found that artificial neural networks have effective in the classification of edible mushrooms and poisonous mushrooms in Thailand from the UCI dataset rather than the RBF SVM, with an accuracy of MLP of 97.686%.

**Keywords:** Artificial neural network, UCI data set, MLP, SVM

## บทนำ

Solomon P. Wasser (Weis A.L., Solomko E., Buchalo A.S., Wasser S.P. et al. (1999)). นำเสนอข้อมูลความหลากหลายชนิดเห็ด (Mushroom Species) ในวารสาร International Journal of Medicinal Mushrooms ปี 2007 พบว่ามีอยู่ประมาณ 140,000 ชนิด และมีจำนวนเพียง 10% ที่ได้จำแนกชนิดแล้ว ซึ่งประเทศไทยนับได้ว่ามีสภาพเหมาะสมและเอื้ออำนวยต่อการเพาะเห็ดอย่างมาก เนื่องจากมีวัสดุเหลือใช้และมีผลพลอยได้จากการผลิตทางการเกษตรจำนวนมากทั้งที่ได้จากพืชและสัตว์ รวมไปถึงวัชพืชบางชนิดที่มีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย เช่น ผักตบชวาและหญ้าคา เป็นต้น ส่วนวัสดุเหลือใช้และผลพลอยได้จากการเกษตรที่สามารถนำมาใช้ในการเพาะเห็ดได้ เช่น ฟางข้าว ต้นกล้วย ชานอ้อย ต้นข้าวโพด ชังข้าวโพด เปลือกถั่วเขียว กากน้ำตาล ปุ๋ยหมัก มูลไก่ มูลเป็ด มูลม้า และมูลโค เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้สามารถนำไปตัดแปลงและปรับปรุงใช้ในการเพาะเห็ดชนิดต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม นอกจากนั้นสภาพดินฟ้าอากาศของประเทศไทยยังเหมาะกับการเจริญเติบโตของเห็ดเศรษฐกิจเกือบทุกชนิด ทำให้เห็ดกลายเป็นผลผลิตทั้งในประเทศและส่งออกเป็นสินค้าออก ซึ่งเป็นผลให้ระบบเศรษฐกิจของชาติเจริญก้าวหน้าและพัฒนาขึ้นตามลำดับ แต่ขณะเดียวกันพบว่ามีผู้ที่ได้รับอันตรายจากเห็ดพิษ เนื่องจากการจำแนกชนิดของเห็ดผิดพลาดซึ่งบางรายถึงขั้นเสียชีวิต

เดช ธรรมศิริ และพยุง มีสัจ (2554) ทำการศึกษาและวิจัยเรื่องการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีแบบร่วมกันตัดสินใจจากพื้นฐานของเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนร่วมกับการเลือกตัวแทนที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มาประยุกต์ใช้การพยากรณ์ข้อมูลได้เป็นอย่างดี ภรณ์ยา อามฤรัตน์ (Pranaya

marukrat, Prayoung Mesaj (2010)) ทำการวิจัยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มข้อมูลของโครงข่ายประสาทเทียม โดยเลือกการจำแนกข้อมูลระหว่าง multi-layer perceptron และ support vector machine ผลปรากฏว่าการใช้วิธีการของ MLP ได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบจำลอง SVM

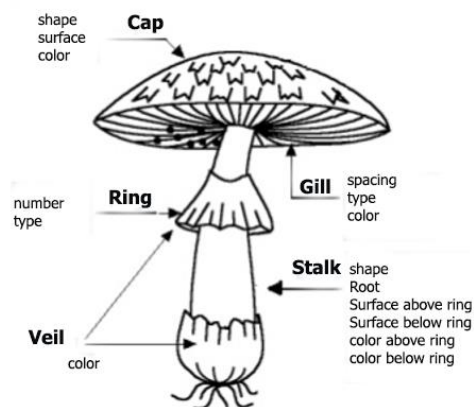
จากข้อมูลข้างต้นพบว่าประเทศไทยมีสภาพอากาศเหมาะกับการเจริญเติบโตของเห็ด แต่การจำแนกระหว่างเห็ดกินได้และเห็ดพิษที่พบเห็นอยู่ทั่วไปยังต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ หรือทักษะจากภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมารุ่นต่อรุ่น เช่นจากการดมเห็ดพิษกับช้อนเงิน ถ้าเห็ดมีพิษช้อนจะเป็นสีดำ จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นควรศึกษาหาวิธีการที่สามารถแยกแยะเห็ดกินได้และเห็ดพิษที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในระหว่าง วิธีการโครงข่ายประสาทเทียม และวิธีการของซอฟต์แวร์เวกเตอร์แมชชีน เมื่อได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมจึงเลือกวิธีการนั้นๆ มากทำการแยกแยะข้อมูลจากเห็ดที่กินได้และเห็ดพิษออกจากกัน

### วิธีการศึกษา

ศึกษาการใช้ SVM และ MLP มาใช้ในการคัดแยกเห็ดพิษ และเห็ดกินได้ในประเทศไทย โดยศึกษาดังนี้

#### การนำเข้าข้อมูลเห็ด (Mushroom)

การสังเกตจากตัวเอกลักษณ์ของเห็ด โดยมีลักษณะที่สำคัญดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยเอกลักษณ์หลัก 5 เอกลักษณ์ ได้แก่ หมวก เหวน เยื่อหุ้มหรือเปลือก ครีบและลำต้น โดยแต่ละเอกลักษณ์ มีลักษณะที่สำคัญที่สังเกตได้แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะของเห็ดทางกายภาพ

**ตารางที่ 1** ลักษณะที่สำคัญที่สังเกตได้ของเห็ด

	รายการ	ความหมาย	ลักษณะรูปร่าง/สี
cap	shape	ส่วนของหมวกเห็ด	bell , conical, convex, flat, knobbed, sunken
	surface	ผิวของหมวกเห็ด	fibrous, grooves, scaly และ smooth
	color	สีของหมวกเห็ด	brown, buff, cinnamon, gray, green, pink, purple, red, white และ yellow
Gills	Spacing	ส่วนของครีบ	closed, crowded และ distant
	Size	ลักษณะของเส้นครีบ	broad และ narrow
	Color	สีของครีบ	black, brown, buff, chocolate, gray, green, orange, pink, purple, red, white และ yellow
Ring	Number	ส่วนของวงแหวน	none ,one และ two
	Type	ชนิดของวงแหวน	cobwebby, evanescent, flaring, large, none, pendant, sheathing และ zone
Veil	color	สีของเยื่อหุ้มหรือเปลือก	brown, orange, white และ yellow
	shape	ส่วนของก้านเห็ด	enlarging และ taperin
root		ส่วนของราก	bulbous, club, cup, equal, missing, rhizomorphs และ rooted
	surface	ผิวของก้านที่อยู่เหนือวงแหวน	fibrous, scaly, silky และ smooth
	above ring		
surface		ผิวของก้านที่อยู่ใต้วงแหวน	fibrous, scaly, silky และ smooth
	below ring		
Stalk	color	สีของก้านที่อยู่เหนือวงแหวน	brown, buff, cinnamon, gray, orange, pink, red white และ yellow
	above ring		
color		สีของก้านที่อยู่ใต้วงแหวน	brown, buff, cinnamon, gray, orange, pink, red white และ yellow
	below ring		

จากตารางที่ 1 สามารถจำแนกลักษณะที่สำคัญของเห็ดจากเอกลักษณ์หลัก 5 เอกลักษณ์ได้ทั้งหมดจำนวน 85 ลักษณะ

### โครงข่ายประสาทเทียม

มีพื้นฐานมาจากการจำลองการทำงานของสมองมนุษย์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จุดมุ่งหมายของโครงข่ายประสาทเทียมคือต้องการให้คอมพิวเตอร์มีความชาญฉลาด โดยมีขั้นตอนดังสมการที่ 1-3

$$\Delta w = (j^T(w)j(w) + \mu I)^{-1} j^T(w) \cdot e \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\Delta b = (j^T(b)j(b) + \mu I)^{-1} j^T(b) \cdot e \quad \dots \dots \dots (2)$$

โดยที่  $j(w)$  คือ jacobian matrix ของ derivatives ของ error เทียบกับ weight  $j(b)$  คือ jacobian matrix ของ derivatives ของ error เทียบกับ bias  $e$  คือ matrix ของ errors ระหว่าง target data และ neural network output  $\mu$  คือ ค่าคงที่ ซึ่งค่าเริ่มต้นจะถูกเซ็ตค่าต่ำๆ

ค่าผิดพลาดเฉลี่ย (Mean Square Error) สามารถหาได้จากสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_i - X_i)^2}{n-1}} \quad \dots \quad \dots \dots (3)$$

การคำนวณค่าผิดพลาดรวมเฉลี่ย ในทุก ๆ แถวข้อมูลจากค่าประมาณ เมื่อ  $Y_i =$  ค่าประมาณ จากแบบจำลองค่าข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์  $X_i =$  ค่าที่แท้จริงค่าข้อมูลจริงที่ได้จากการคำนวณ  $n =$  จำนวนขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการประมาณแบบจำลอง โดยนำค่าผิดพลาดของแต่ละแถวของชุดข้อมูลมารวมกัน แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าผลลัพธ์ของทุกๆ ข้อมูลในแต่ละรอบนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ในทุกๆ แถวข้อมูลหรือไม่ โดยถ้าค่าความผิดพลาดยอมรับได้ให้จบการเรียนรู้ แต่ถ้าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ให้ตรวจสอบว่าได้ทำการเรียนรู้ครบตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าครบแล้วให้จบการเรียนรู้ แต่ถ้ายังไม่ครบให้กลับไปทำการเรียนรู้ใหม่

### ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

ตัวแบบของ SVM มีความคล้ายคลึงกับเพอร์เซพตรอนซึ่งเป็นข่ายงานประสาทเทียมแบบง่ายมีหน่วยเดียวที่จำลองลักษณะของเซลล์ประสาท ด้วยการใช้ kernel Function SVM เป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกรูปแบบหรือกลุ่มข้อมูลออกเป็นสองฝั่ง ดังสมการที่ 4-7

$$\phi(w, \xi) = \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^n \xi_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

จากสมการที่ 4 เป็นการแสดงเวกเตอร์ค่าน้ำหนักของ  $w$  โดยพยายามลดค่าในเทอมแรกของสมการที่ 4 ให้มีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่า  $C$  เป็นค่าคงที่ที่ใช้สำหรับกำหนดค่าความผิดพลาดในการแยกกลุ่มข้อมูลและค่า  $\xi_i$  หรือ slack variable ซึ่งเป็นการวัดค่าความผิดพลาดที่คลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่เหมาะสม

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i d_i K=0 \quad \dots(5)$$

จากสมการที่ 5 แสดงค่า decision surface โดย  $K(x, x_i)$  เป็น inner-Product Kernel และ  $\alpha_i$  คือค่า Lagrange multipliers และ  $d_i$  คือค่า target output สำหรับ kernel ของ SVM ที่นิยมใช้กันคือแบบ polynomial เป็นการคำนวณหาเส้นแบ่งโดยใช้สมการเชิงเส้นที่มี degree มากกว่าสองและแบบ RBF ซึ่งเป็นการคำนวณหาขอบเขตข้อมูลโดยอาศัยวิธีการแบบ Radial Basis เข้ามาช่วยในการคำนวณดังแสดงไว้ในสมการที่ 6 และ 7

$$K(x, x_i) = (x^T x_i + 1)^p \quad \dots(6)$$

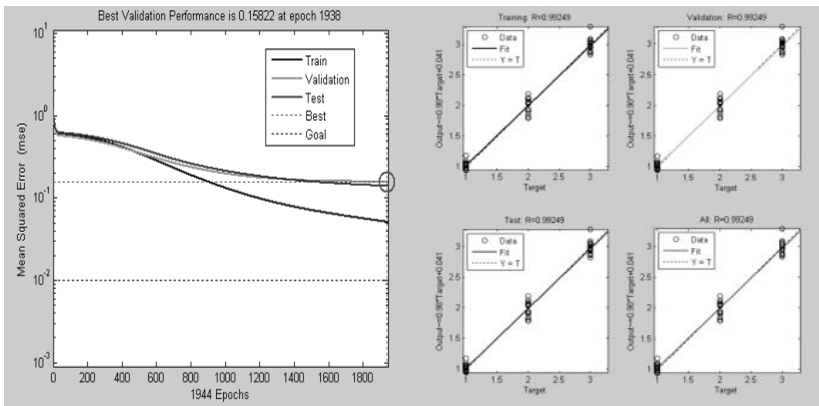
$$K(x, x_i) = \exp(-\gamma \|x - x_i\|^2) \quad \dots(7)$$

ทำการทดสอบรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ได้เครือข่ายที่ดีที่สุดโดยค่า gradient 0.00125 เพราะค่าที่ได้วิ่งเข้าสู่เป้าหมาย โดยค่า threshold คือ 0.0001 สำหรับ 22 อินพุต 22 ชั้นซ่อน และ 1 เอาท์พุท ซึ่งการทดสอบหารูปแบบที่ดีที่สุดของโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อเลือกรูปแบบนั้นๆ มาใช้ในการแยกข้อมูลแสดง ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 5



ตารางที่ 2 รูปแบบต่าง ๆ ที่จัดทำเพื่อหาเครือข่าย ที่ดีที่สุด

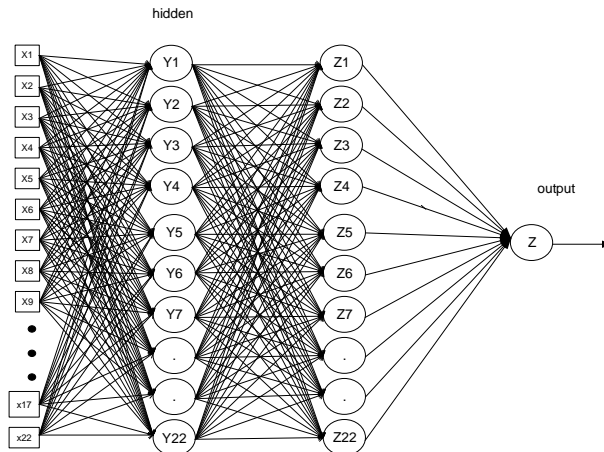
Format	Performance	gradient	Train
10-10-1	$4.58e^{-5}$	0.02	Levenberg- Marquardt backpropagation (trainlm)
12-10-1	0.000785	0.1	
22-22-1	$1.77e^{-5}$	0.00125	
181-10-10-	0	0.00523	Gradient descent backpropagation (traingd)
181-20-20-	0.001	0.00583	
181-30-30-	0.001	0.00655	
181-20-20-	0.001	0.00736	
181-30-30-	0.516	1.33	



(ก) Performance

(ข) Regression

รูปที่ 5 The performance and regression of BPNN



รูปที่ 6 การสร้างโครงข่ายเพื่อการเรียนรู้ระบบของ MLP

### ส่วนของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

การตรวจสอบไขว้กัน (cross validation) [6] เป็นวิธีการในการตรวจสอบค่าความผิดพลาดในการคาดการณ์ของโมเดล โดยพื้นฐานของวิธีการตรวจสอบไขว้กันคือ การสุ่มตัวอย่าง (resampling) โดยเริ่มจากการแบ่งชุดข้อมูล

ในกรณีการทำ k-fold cross-validation จะแบ่งข้อมูลออกเป็น k ส่วน และทำการคำนวณค่าความผิดพลาด k รอบ เพื่อลดการเกิด overfitting โดยแต่ละรอบการคำนวณข้อมูลชุดหนึ่งจากข้อมูล k ชุดจะถูกเลือกออกมาเพื่อเป็นข้อมูลทดสอบ และข้อมูลอีก k1 ชุดจะถูกใช้เป็นการเรียนรู้ k-fold Validation ใช้ k = 5 ชุดข้อมูลแสดงดังรูปที่ 7

---

*iteration 1: train on 2 3 4 5 test on 1*  
*iteration 2: train on 1 3 4 5 test on 2*  
*iteration 3: train on 1 2 4 5 test on 3*  
*iteration 4: train on 1 2 3 5 test on 4*  
*iteration 5: train on 1 2 3 4 test on 5*

---

รูปที่ 7 5-fold Cross Validation

### ผลการศึกษา

ผลของการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

#### ผลการทดสอบการจำแนกเห็นพิษและเห็นกินได้ด้วย MLP

ผลการทดสอบการจำแนกเห็นพิษและเห็นกินได้ โดยใช้รูปแบบ 22-22-1 performance  $1.77e^{-5}$  และ gradient 0.00125 โดยนำข้อมูลจากเอกลักษณ์ของเห็นจาก 85 ลักษณะ นำเข้าข้อมูล 22 ลักษณะ เข้ามาทำการทดสอบ 5 ครั้ง โดยที่ครั้งที่ 1 ได้ค่าความถูกต้องเป็น 99.30 และมีค่าผิดพลาด 0.7 ซึ่งเป็นค่าผิดพลาดที่น้อยที่สุด และรองลงมาคือ ค่าความถูกต้อง 98.66 มีค่าผิดพลาด 1.44 และค่าความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 95.21 ซึ่งได้ค่าผิดพลาดเป็น 5.79 โดยค่าเฉลี่ยของความถูกต้องจากการทดสอบ 5 ครั้งมีค่า 97.686 และมีค่าผิดพลาดเฉลี่ยคือ 2.754

ตารางที่ 3 : ผลการทดสอบโมเดล MLP

5-fold Cross	Correctly	Incorrect
1	99.30	0.7
2	95.21	5.79
3	96.60	4.40
4	98.66	1.44
5	98.66	1.44
Average	97.686	2.754

#### ผลจากการทดสอบการจำแนกเห็นพิษและเห็นกินได้ด้วย อัลกอริทึม SVM kernel แบบ RBF

ในส่วนนี้เป็นการนำเอาโครงสร้างของ SVM kernel แบบ RBF มาทดสอบ โดยทำการปรับ เปลี่ยนค่า C และค่า gamma เพื่อหาค่าที่เหมาะสมและประสิทธิภาพสูงสุด ผลการทดสอบการจำแนกเห็นพิษและเห็นกินได้ โดยนำข้อมูลจากเอกลักษณ์ของเห็นโดยค่าเฉลี่ยของความถูกต้องจากการทดสอบ 5 ครั้ง มีค่า 86.08 มีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 13.92 เข้ามาทำการทดสอบ 5 ครั้ง โดยที่ครั้งที่ 3 ได้ค่าความถูกต้องเป็น 97.20 และมีค่าผิดพลาด 2.8 ซึ่งเป็นค่าผิดพลาดที่น้อยที่สุด และรองลงมาคือ ค่าความถูกต้อง 89.45 มีค่าผิดพลาด 10.55 และค่าความถูกต้องน้อยที่สุดคือ 76.8 ซึ่งได้ค่าผิดพลาดเป็น 23.2

**ตารางที่ 4 : ผลการทดสอบโมเดล SVM**

5-fold Cross	Correctly	Incorrect
1	78.5	21.5
2	76.8	23.2
3	97.20	2.8
4	88.45	11.55
5	89.45	10.55
Average	86.08	13.92

ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง MLP และ SVM kernel แบบ RBF ในส่วนนี้เป็นการนำเอาโครงสร้างของ MLP และ SVM มาทำการเปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกเห็นพิษและเห็นกินได้ ได้ผลดังตารางที่ 5

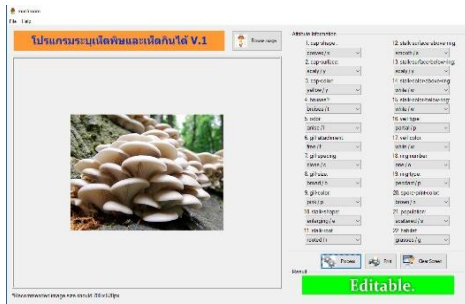
**ตารางที่ 5 : ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล MLP และ SVM**

Type	Correctly (%)	Incorrect (%)
MLP	97.686	2.754
SVM	86.08	13.92

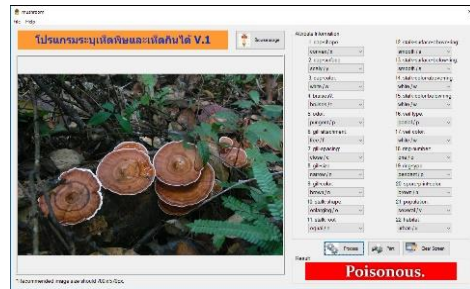
จากตารางที่ 5 พบว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคัดแยกเห็นพิษ และเห็นกินได้โดยใช้ MLP มีประสิทธิภาพ 97.686 เปอร์เซ็นต์ มีค่าผิดพลาด 2.754 ซึ่งสูงกว่าของ SVM ที่มีความถูกต้องที่ 86.08 และค่าผิดพลาด 13.92

**ผลจากการทดสอบแอปพลิเคชันเพื่อระบุเห็นกินได้และเห็นพิษ**

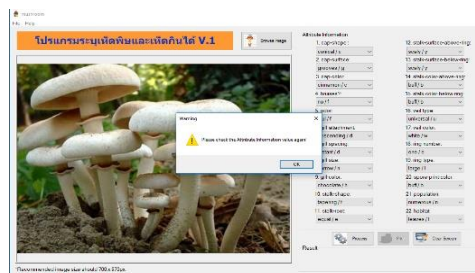
จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบุเห็นพิษและเห็นกินได้ระหว่างวิธีการ MLP และ SVM ดังตารางที่ 5 ผู้วิจัยเลือกวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า มาสร้างแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม VC++ เพื่อระบุเห็นพิษและเห็นกินได้โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม MLP โดยใช้ข้อมูลนำเข้าจากเอกลักษณ์ของเห็น 22 เอกลักษณ์ ทำการทดสอบประสิทธิภาพการระบุเห็นพิษและเห็นกินได้ในประเทศไทยจำนวน 20 ชนิด ดังภาพที่ 8 และตารางที่ 6 พบว่าแอปพลิเคชันสามารถระบุชนิดของเห็นกินได้ 12 ชนิด และเห็นพิษจำนวน 8 ชนิด ซึ่งสามารถระบุได้ถูกต้อง 100 %



(ก) การระบุเห็ดกินได้



(ข) การระบุเห็ดพิษ



(ค) ตรวจสอบไม่พบ

### รูปที่ 8 โปรแกรมระบุเห็ดกินได้ และเห็ดพิษ

#### สรุป

จากผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูล ของ UCI dataset ของเห็ด โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ MLP กับวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน SVM จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพของแต่ละวิธีจากการใช้ข้อมูลเดียวกันพบว่า การทดสอบแบบ MLP ให้ประสิทธิภาพดีกว่าแบบ SVM โดยมีค่าความถูกต้องแบบ MLP ที่ 97.0366 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของ SVM มีค่า 84.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากการวิจัยของ Yong-Chun ในการเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียมกับ SVM ในการพยากรณ์ข้อมูลอ้อย อาจเป็นผลมาจาก SVM จะมีประสิทธิภาพดีจะขึ้นอยู่กับการเลือกค่า C ที่เหมาะสม แต่สอดคล้องกับงานวิจัยของภรณ์ยา อำนวยครุรัตน์ และพยุง มีสัจ ได้จัดทำการศึกษาวิจัยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ การจำแนกข้อมูลของโรคลมร้อนด้วยวิธีการทางโครงข่ายประสาทเทียมกับ SVM ซึ่งผลงานวิจัยพบว่า การเลือกใช้รูปแบบของ MLP ในการจำแนกข้อมูลของโรคลมร้อนได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า SVM และยิ่งสอดคล้องกับผลของการนำวิธีโครงข่ายประสาทเทียมมาสร้างแอปพลิเคชันเพื่อจำแนกเห็ดพิษและเห็ดกินได้ในประเทศไทย ซึ่งการทดสอบพบว่า

สามารถจำแนกได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 แสดงผลการระบุเห็ดพิษและเห็ดกินได้ จาก 22 attribute โดยใช้ MLP

ชื่อเห็ด / attribute	Cap shape	Cap surface	Cap color	bruises	order	Gill	Gill space	Gill size	Gill color	Stalk shape	Stalk root	stalk surface	stalk surface	Stalk color	Stalk color	Veil tve	veil color	Rime	Rime tve	Spore print	population	habitat	เห็ดกินได้	เห็ดพิษ
เห็ดหอยนางรม	b	s	y	t	a	f	c	b	k	e	c	s	s	w	w	p	w	o	p	n	s	m	✓	
เห็ดเป่าหื้อ	f	f	n	f	n	f	c	n	k	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	k	v	n		✓
เห็ดหอม	x	y	y	t	a	f	c	b	k	e	c	s	s	w	w	p	w	o	p	k	n	g		✓
เห็ดขานหมาก	f	Y	N	t	a	f	c	b	w	e	r	s	y	w	w	p	w	o	p	k	y	p		✓
เห็ดบัว	b	s	y	t	l	f	c	b	w	e	c	s	s	w	w	p	w	o	p	n	n	g		✓
เห็ดกระดอง	b	y	y	t	l	f	c	b	g	e	c	s	s	w	w	p	w	o	p	k	n	m		✓
เห็ดผึ้ง	x	y	y	t	l	f	c	b	w	e	r	s	y	w	w	p	w	o	p	k	y	g		✓
เห็ดระโงกเหลือง	x	s	y	t	a	f	c	b	k	e	c	s	s	w	w	p	w	o	p	n	n	g		✓
เห็ดเผาะ	x	y	y	t	a	f	c	b	n	e	c	s	s	w	w	p	w	o	p	n	n	m		✓
เห็ดกระเปาะ	x	s	w	t	l	f	c	b	k	e	c	s	s	w	w	p	w	o	p	k	s	g		✓
เห็ดฟองหนู	x	f	y	t	a	f	w	n	p	t	b	s	s	w	w	p	w	o	p	n	v	d		✓
เห็ดข่า	b	s	w	t	a	f	c	b	w	e	c	s	s	w	w	p	w	o	p	n	n	g		✓
เห็ดระโงกหินก้านลาย	x	y	w	t	p	f	c	n	n	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	k	s	u		✓
เห็ดระงากขาว	x	s	n	t	p	f	c	n	p	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	n	v	g		✓
เห็ดเกล็ดดาว	f	y	n	t	p	f	c	n	p	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	k	v	g		✓
เห็ดหมวกจีน	x	s	w	t	p	f	c	n	k	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	k	v	u		✓
เห็ดผึ้งทองรุ	x	y	n	t	p	f	c	n	k	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	n	v	u		✓
เห็ดน้ำหมาก	x	y	w	t	p	f	c	n	p	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	k	v	g		✓
เห็ดขี้ควาย	x	s	n	t	p	f	c	n	p	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	n	n	g		✓
เห็ดหัวกรวดครีบเขียว	x	s	w	t	p	f	c	n	k	e	e	s	s	w	w	p	w	o	p	k	v	u		✓

**ข้อเสนอแนะ** การดำเนินงานวิจัยนี้ นำข้อมูล UCI เห็ดจากแหล่งข้อมูล <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/mushroom> ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลเห็ดจำนวน 8124 ชนิด โดยแบ่งข้อมูลเป็นเห็ดพิษ 3916 ชนิดและเห็ดกินได้ 4208 ชนิด ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลจากชนิดของเห็ดที่มีอยู่ในประเทศไทย จึงควรเพิ่มข้อมูลชนิดของเห็ดและเอกลักษณ์ของเห็ดที่มีอยู่ในประเทศไทยให้ครอบคลุม เข้าไปในข้อมูลนำเข้า เพื่อให้ผลการจำแนกมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- Dech Thamasiri and Phayung Meesad(2011). “Ensemble Data Classification Based on Decision Tree, Artificial Neural network and support Vector Machine Optimized by Genetic Algorithm”. The journal of KMUTNB., Vol. 21 No. 2 may-Aug 2011 pp 293-303.
- Hussain, Z., K. Javed, S.M.I. Hussain, and G.S. Kiyani. 2006. Reproductive performance of Nili-Ravi buffaloes in Azad Kashmir, Pakistan. J. Anim. Pl. 16(1-2): 15-19.
- Weis A.L., Solomko E., Buchalo A.S., Wasser S.P. (1999). Cultural study and illudinS production of medicinal mushroom *Omphalotus olearius* (DC.:Fr.) Fay. (Agaricales s.l.) from Israel. International Journal of Medicinal Mushrooms, Vol. 1. pp 93-103.
- Royal Academy. 1996. Edible mushrooms and poisonous mushrooms in Thailand. The Royal Academy. Bangkok. (in Thai)
- Xu, Y.-C, Shen, S-Q. and Chen Z.(2010) Comparative Study of Sugarcane Average Unit Yield Prediction with Genetic BP Neural network Algorithm. China: Department of Computer Science, Guangdong Polytechnic Institute Guangzhou College of Engineering, South China Agricultural University.
- Pranaya marukrat, Prayoung Mesaj (2010). Comparison of data collection efficiency of hot air by artificial neural network method, The 6th National Conference on Computing and Information Technology, pp. 131-138. (in Thai)
- Kohavi (1995) “A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection,” Proceeding of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Interigence, 2(12), pp 1137-1143.

การประเมินประสิทธิภาพโพรโทคอลอาร์พีแอล  
สำหรับการจัดกลุ่มการสื่อสารในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย  
Performance Evaluation of RPL Protocol for Classifying the  
Communication Group of Wireless Sensor Network.

ชาญวิธ สุวรรณพงศ์<sup>1\*</sup> อภิวัตร บุญกอง<sup>1</sup> และ ชานนท์ จังกาจิตต์<sup>2</sup>  
Chanwit Suwannapong<sup>1\*</sup>, Apiwat Boonkong<sup>1</sup> and Chanon Jangkajit<sup>2</sup>

<sup>1</sup>มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม

<sup>2</sup>มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

<sup>1</sup>Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom

<sup>2</sup>Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani

\* Corresponding author: schanwit@npu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการประเมินประสิทธิภาพโพรโทคอลอาร์พีแอล ซึ่งเป็นโพรโทคอล สำหรับการใช้งานในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ที่ถูกออกแบบมาสำหรับให้มีแบนด์วิดท์และมีการใช้พลังงานต่ำ เหมาะกับการประยุกต์ใช้งานในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่มีจำนวนโหนดไม่มากและมีการเชื่อมต่อภายในเครือข่ายที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป ด้วยวิธีการสร้างการจำลองเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจบนตัวสร้างการจำลอง Cooja simulator โดยมุ่งเน้นไปที่การประเมินประสิทธิภาพของการสื่อสารของเซ็นเซอร์โหนดที่ถูกจัดกลุ่มไว้ ยกตัวอย่างเช่น การจัดกลุ่มเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์โหนดหลายตัวเพื่อนำเอาข้อมูลไปตรวจสอบก่อนนำไปประมวลผล หรือการจัดหมวดหมู่ของเซ็นเซอร์โหนดเพื่อแบ่งกลุ่มการทำงานในแอปพลิเคชันต่าง ๆ กัน เป็นต้น เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยการหน่วง และค่าอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล ในการประเมินประสิทธิภาพนั้น เมื่อทำการกำหนดค่าหน่วงเวลา ในการส่งข้อมูลของแต่ละโหนดไปยังเกตเวย์เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งในทุกกลุ่มการสื่อสาร พบว่า เมื่อกลุ่มการสื่อสารของเซ็นเซอร์โหนดมีขนาดใหญ่ขึ้น จะมีผลให้ค่าเฉลี่ยการหน่วงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่อัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลที่มีรูปแบบเป็นกลุ่มของการสื่อสารจะมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นของโหนดและจำนวนฮอปในการสื่อสารมีจำนวนมากขึ้น อีกทั้งยังพบว่า เมื่อกำหนดช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กให้กับโหนดที่มีการส่งข้อมูลไปยังเกตเวย์ เท่ากับ 15 วินาที จะ



มีอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เท่ากับร้อยละ 100 ในทุกกลุ่มของการสื่อสารที่ทำการทดลอง

**คำสำคัญ:** การประเมินประสิทธิภาพ โพรโทคอลอาร์พีแอล กลุ่มการสื่อสาร เครือข่ายไร้สาย เฉพาะกิจ

### Abstract

This research is a performance evaluation of RPL protocol by using the simulation of Ad hoc Network on Cooja Simulator. The protocol was administered for the usage of wireless network. The protocol was designed to include bandwidth and low power consumption which was suitable to be applied to the wireless network that had a few amounts of nodes and uncomplex connection. The focus of the evaluation was on the evaluation of grouped sensor nodes such as nodes grouping for gathering data from sensor nodes to monitor the data before processing the data or, nodes grouping for dividing works in applications, etc. This is to find the average of End-to-End Delay and Delivery Ratio. In the process of the performance evaluation, when the speed rate of data transmission from each node to a gateway was a constant, it was found that the increase in communication groups of the sensor nodes caused the increase in the average of End-to-End Delay. However, the Delivery Ratio of communication groups of the sensor nodes decreased due to the density of the nodes and the increase in the number of hops. In addition, it was found that the success rate of data transmission was 100 percent in every communication group when the Time interval of nodes that transferred data to the gateway was set to 15 seconds.

**Keywords:** Performance evaluation, RPL protocol, Communication groups, Ad Hoc Networks

## บทนำ

ปัจจุบันการที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากมายถูกเชื่อมโยงเข้าสู่โลก ความต้องการหมายเลขไอพีแอดเดรสเพื่อกำหนดให้อุปกรณ์ต่าง ๆ จึงมีความต้องการสูงขึ้น อีกทั้งยังได้มีการคาดการณ์ว่าอุปกรณ์สมองกลฝังตัวและอุปกรณ์อัจฉริยะรูปแบบต่าง ๆ จะถูกใช้งานจำนวนมากกว่าหนึ่งล้านล้านชิ้น และจะเพิ่มจำนวนขึ้นไปเรื่อย ๆ ในอนาคต จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี Machine to Machine (M2M) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Internet of Things (IoT) เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว (Kovatsch et al., 2014). โพรโตคอลอาร์พีแอล (RPL : Routing protocol for low-power and Lossy networks) เป็นโพรโตคอลหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานในเทคโนโลยีดังกล่าวและเป็น Distance vector routing protocol สำหรับ Low power and Lossy networks (Internet Engineering Task Force, 2012) สำหรับการใช้งานกับการค้นหาเส้นทางในการรับ-ส่งข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ที่มีการลดขนาดของข้อมูล มีแบนด์วิดท์และการใช้พลังงานต่ำ ซึ่งเหมาะกับการประยุกต์ใช้งานในเครือข่ายที่มีมีการเชื่อมต่อภายในเครือข่ายที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป (Suwannapong, 2017).

โดยปกติแล้วการประยุกต์การใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายบน IoT นั้น โดยส่วนใหญ่แล้ว ในการใช้งานเครือข่ายนั้น จะเป็นทำงานในรูปแบบการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์โหนดที่ทำการวัดข้อมูล แล้วทำการส่งข้อมูลไปยัง Base station ปลายทาง (Jadhao and Solapure, 2014) ซึ่งไม่ได้มีการจัดกลุ่มหรือจัดหมวดหมู่ของการทำงาน จึงทำให้การจัดการเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจนั้นมีใช้งาน การเข้าถึงและจัดการได้ยาก การสื่อสารในรูปแบบกลุ่มของการสื่อสาร (Ishaq et al., 2013) จึงเข้ามามีความสำคัญสำหรับการใช้งานเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจหรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ บน IoT ซึ่งการสื่อสารแบบกลุ่มของโพรโตคอลอาร์พีแอลในบทความนี้ เป็นการสื่อสารในรูปแบบกลุ่มยูนิคาสต์ (Unicast group communication) ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานการสื่อสารข้อมูล โดยอาศัยแนวคิดของกลุ่มการสื่อสาร (Group Concept) เข้ามาเป็นองค์ประกอบสำคัญในการรับส่งข้อมูล

สำหรับงานวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลของการสื่อสารแบบกลุ่มยูนิคาสต์ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Ishaq et al., 2014) จึงได้นำอาร์พีแอลที่ถูกออกแบบมาสำหรับการค้นหาเส้นทางในการรับ-ส่งข้อมูล ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมาใช้ในการทดลอง โดยใช้วิธีการจำลองการทำงาน (Simulation) จากโปรแกรม Cooja simulator รวมไปถึงทำการวัดประสิทธิภาพของโพรโตคอลค้นหาเส้นทาง

อาร์พีแอล เพื่อสะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลและทราบถึงข้อจำกัดของการใช้งานของโปรโตคอลชนิดนี้

### วิธีการศึกษา

วัตถุประสงค์ของบทความนี้คือ เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพโปรโตคอลอาร์พีแอลสำหรับการส่งข้อมูลของการสื่อสารแบบกลุ่มยูนิคาสต์ เมื่อทำงานบนสถานะเครือข่ายปกติโดยมีรูปแบบของเครือข่ายคือ 1) มี Border Router 1 โหนดเพื่อทำหน้าที่เป็นโหนดจัดกลุ่ม 1 โหนด 2) มีจำนวนของโหนด Client ตามขนาดของกลุ่มสื่อสาร (หากขนาดของกลุ่มสื่อสารเท่ากับ 5 จะมี Client 5 โหนด)

ในการจำลองการทำงานนั้น จะกำหนดให้มีขนาดกลุ่มของการสื่อสาร (Group size) จำนวน 5 10 และ 20 โหนด รวมไปถึงมีการกำหนดตำแหน่งของโหนดและการส่งข้อมูลของโหนดในแต่ละช่วงเวลา เพื่อนำไปจำลองการทำงานในโปรแกรม Cooja simulator ซึ่งมีการทดลองในแต่ละกลุ่มของการสื่อสาร โดยพารามิเตอร์สำหรับการจำลองการทำงานสามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** พารามิเตอร์สำหรับจำลองการทำงาน

Parameter	Value
Number of nodes	5 to 15 nodes
Group size	5, 10, 15
Time interval (s)	3, 5, 10, 15
Tx Power (dBm)	4.5 (0xF5)
Communication range	5m
Mote Type	Tmote Sky
Chanel (CH)	15(0x0F)

เมื่อการทดลองในแต่ละรอบสิ้นสุดลง จะทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากโหนดส่งข้อมูลและโหนดปลายทางที่รับข้อมูลในแต่ละการทดสอบ เพื่อทำการประเมินการส่งข้อมูลและวัดประสิทธิภาพ ในเทอมของตัวชี้วัดจำนวนฮอปของการสื่อสาร (Hop Count : จำนวนของเราเตอร์ที่แพ็กเก็ตต้องผ่านเพื่อที่จะไปยังเครือข่ายปลายทาง) และการสูญหายของแพ็กเก็ต

(Packet loss : ความล้มเหลวของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ไม่สามารถส่งไปถึงปลายทางได้) แล้วนำผลที่ได้มาแสดงผลเปรียบเทียบในรูปแบบตารางและแผนภูมิภาพ (กราฟ)

### ผลการศึกษา

ผลการทดลองจากการประเมินประสิทธิภาพของโพรโทคอลอาร์พีแอลสำหรับการส่งข้อมูลของการสื่อสารแบบกลุ่มยูนิคาสต์ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งจะแสดงข้อมูลของขนาดของกลุ่มของการสื่อสาร ระยะเวลาการส่งแต่ละแพ็กเก็ต จำนวนฮอปของการสื่อสาร และการสูญหายของแพ็กเก็ต เมื่อพิจารณาผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ในทุกขนาดของกลุ่มสื่อสาร เมื่อช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตและจำนวนฮอปของการสื่อสารเพิ่มมากขึ้น จะเป็นผลให้ ค่าการสูญหายของแพ็กเก็ตเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเมื่อขนาดของกลุ่มสื่อสารมีค่าเท่ากับ 5 10 และ 15 โหนด ช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตที่น้อยที่สุด ที่ไม่ทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของการสูญหายของแพ็กเก็ต เท่ากับ 5 10 และ 15 วินาทีตามลำดับ

**ตารางที่ 2** ผลการทดลองจากการประเมินประสิทธิภาพของโพรโทคอลอาร์พีแอล

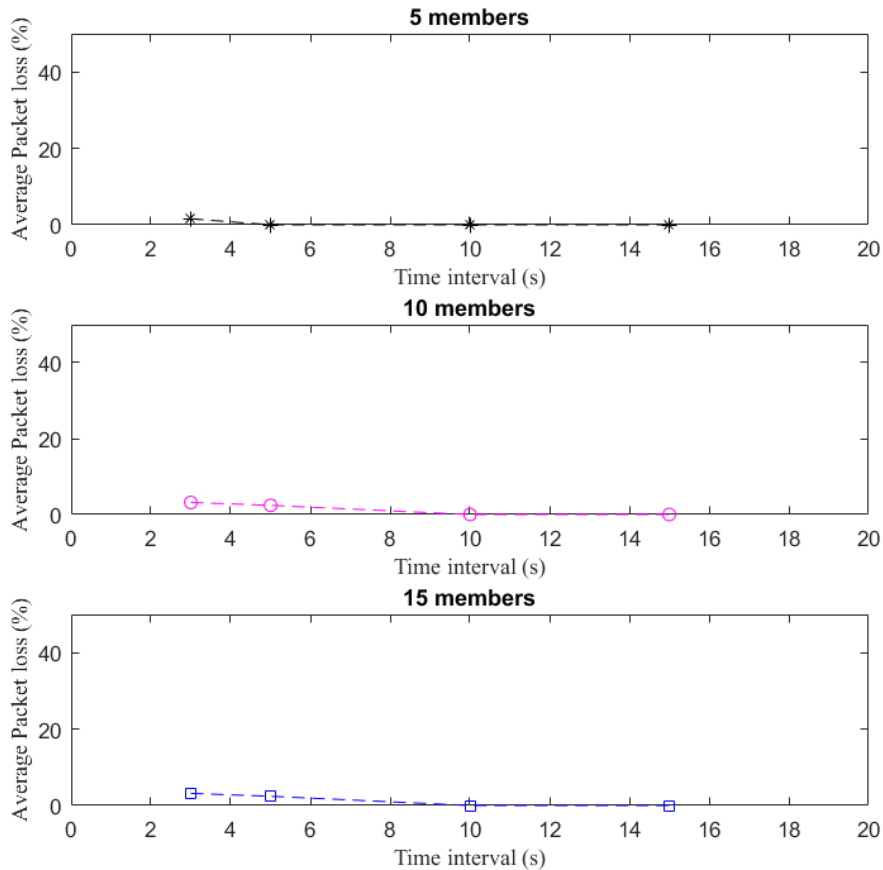
Group Size	Time (s)	Hop count (h)			Packet loss (%)		
		Min.	Average	Max.	Min.	Average	Max.
5	3	1	1.00	1	0.9	1.56	2.4
5	5	1	1.00	1	0	0	0
5	10	1	1.00	1	0	0	0
5	15	1	1.00	1	0	0	0
10	3	1	1.20	2	2.5	3.17	3.6
10	5	1	1.20	2	1.9	2.41	3.1
10	10	1	1.20	2	0	0	0
10	15	1	1.20	2	0	0	0
15	3	1	1.73	3	6.2	7.52	9.1
15	5	1	1.73	3	2.4	2.71	3.3
15	10	1	1.73	3	0.7	1.12	1.4
15	15	1	1.73	3	0	0	0

## วิจารณ์

ผลการเปรียบเทียบค่าการสูญหายของแพ็กเก็ตกับช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ต ดังรูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็กเก็ตในสถานการณ์ที่ขนาดของกลุ่มการสื่อสารมีค่าเท่ากับ 5 โหนด ที่ระยะเวลาการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ต 3 วินาที มีค่าประมาณ 1.56 และค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็กเก็ต จะมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตมีค่าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งรวมไปถึงสถานการณ์ที่ขนาดของกลุ่มการสื่อสาร มีค่าเท่ากับ 10 และ 15 ฮอป จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็กเก็ตจะมีค่าลดลง และการลดลงของค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็กเก็ต จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ต เพิ่มจาก 5 เป็น 10 วินาที เนื่องจากเมื่อช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตมีค่ามากขึ้น จะเป็นการลดอัตราเร็วในการส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่เครือข่าย ข้อมูลที่อยู่ในเครือข่าย และการชนกันของข้อมูลจึงลดลง เป็นผลให้ค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็กเก็ตมีค่าน้อยลงไปด้วย

## สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอ การประเมินประสิทธิภาพโพรโทคอลอาร์พีแอล สำหรับการส่งข้อมูลของการสื่อสารแบบกลุ่มยูนิคาสต์ โดยใช้วิธีจำลองสถานการณ์ของเครือข่ายให้เป็นไปตามลักษณะต่าง ๆ ในเงื่อนไขที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในการทดลอง ด้วยโปรแกรม Cooja simulator เพื่อทำการวิเคราะห์ ศึกษาผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งจากการทดลองนั้นสามารถสรุปได้ว่า ช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตในแต่ละกลุ่มของการสื่อสาร มีผลต่อความล้มเหลวของแพ็กเก็ตข้อมูลที่ไม่สามารถส่งไปถึงปลายทางได้ โดยเมื่อกำหนดช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตเวลาเท่ากับ 15 วินาที ในทุกกลุ่มของการสื่อสารที่ทำการทดลอง จะทำให้ค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็กเก็ตเท่ากับ 0 หรืออีกความหมายหนึ่งคือ จะมีอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูล เท่ากับร้อยละ 100 ซึ่งจากผลการทดลองในบทความนี้ อาจจะเป็นแนวทางในการนำเอาช่วงเวลาระหว่างการส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเก็ตดังกล่าว ไปประยุกต์ใช้สำหรับเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ และนำไปใช้กับแอปพลิเคชันอื่น ๆ ที่มีรูปแบบของการสื่อสารแบบกลุ่มต่อไป



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยการสูญหายของแพ็กเก็ตกับช่วงเวลาการส่งแพ็กเก็ตข้อมูล

### เอกสารอ้างอิง

Internet Engineering Task Force (IETF). 2012. RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks. <https://tools.ietf.org/pdf/rfc6550.pdf> (9 March 2018)

Ishaq, I., J. Hoebeke, F. Van, den Abeele, and J. Rossey. 2014. Flexible Unicast-Based Group Communication for CoAP-Enabled Devices. *Sensors*. 14(6) : 9833-9877.

Ishaq, I., J. Hoebeke, F. Van, den Abeele, I. Moerman, and P. Demeester. 2013. Group communication in constrained environments using CoAP-based entities. p. 345-350. In: *Proceeding of 2013 IEEE International*

---

Conference on Distributed Computing in Sensor Systems. 20-23 May, 2013. Cambridge, MA, USA.

Jadhao A. R., and S. S. Solapure. 2017. Analysis of routing protocol for Low Power and Lossy Networks (RPL) using Cooja simulator. p. 2364-2368. In: Proceeding of 2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET). 22-24 March, 2017. Chennai, India.

Kovatsch, M., S. Duquennoy, and A. Dunkels,. 2011. A Low-Power CoAP for Contiki. p. 855-860. In: Proceeding of IEEE Eighth International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems. 17-22 October, 2011. Valencia, Spain.

Suwannapong, S. 2017. Performance Evaluation of Data Transmission in RPL Protocol of Wireless Sensor Network under Real Environment. RMUTP Research Journal. 11(1) : 151-164.

ระบบควบคุมอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์  
Smart Controlling System of Centralized Drying Room

ปรานต์ เมฆอากาศ<sup>1</sup> ชวโรจน์ ใจสิน<sup>1\*</sup> นัฐพร ไชยญาติ<sup>1</sup> และ จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล<sup>2</sup>  
Pran Makarkard<sup>1</sup>, Chawaraj Jaisin<sup>1\*</sup>, Nattaporn Chaiyat<sup>1</sup> and Chakkarphan Thawongngamyingsakul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

<sup>1</sup>School of Renewable Energy, Maejo University

<sup>2</sup> Faculty of engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

\* Corresponding author: njaisin@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ โดยการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์เป็นตัวประมวลผลคุณสมบัติอากาศชื้น และอัตราการถ่ายเทความร้อนภายในห้องอบแห้ง หรือที่เรียกว่า ไซโครล็อกเกอร์ ซึ่งระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบแห้งใช้หลักการเปิด/ปิดปล่อยระบายอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการอบแห้ง จากผลการศึกษาพบว่า ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ก่อนการปรับปรุง เมื่อทำการทดสอบอบแห้งจะทำการปิดปล่อยระบายอากาศประมาณ 50 min/h และเปิดปล่อยระบายอากาศ 10 min/h เพื่อระบายอากาศชื้นออกจากห้องอบแห้ง จากการทดสอบก่อนปรับปรุงความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบแห้งมีปริมาณมากกว่า 90% เป็นระยะเวลาประมาณ 40 min/h ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการอบแห้งค่อนข้างต่ำ และหลังการปรับปรุงได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ โดยการตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90% ให้ทำการเปิดปล่อยระบายอากาศ และเมื่อความชื้นดังกล่าวลดลงเหลือ 60% ให้ทำการปิดปล่อยระบายอากาศ จากการทดสอบระบบหลังการปรับปรุงสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90% ได้ระยะเวลาไม่เกิน 5 min/h นอกจากนี้ไซโครล็อกเกอร์สามารถวิเคราะห์และแสดงผลคุณสมบัติอากาศชื้น ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน รวมถึงประสิทธิภาพของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ได้แบบเรียลไทม์

**คำสำคัญ:** ความชื้นสัมพัทธ์ ไซโครล็อกเกอร์ ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ ระบบควบคุมอัจฉริยะ

Abstract

This research studies a smart relative humidity controller (RHC) of a centralized drying room by developed an AVR microcontroller of microprocessors a moist air property and heat transfer rate in the drying room, which is named as Psycho Logger. The RHC is set algorithm for controlling a released air window as on/off to performance efficiency of the drying room. From the study results, it could be found that the normal centralized drying room is normally set the operating time for on and off the released air window as 50 min/h and 10 min/h, respectively. In addition, the testing results show relative humidity of the moist air at higher than 90% around 40 min/h. Which the efficiency of the drying room was lows. While the developed drying room could be controlled relative humidity of the moist air at higher than 90% less 5 min/h, by relative humidity setted at 90% higher and 60% lower. Moreover, the new smart controller could be shown a real time data of moist air properties, heat transfer rate of and drying room efficiency.



**Keywords:** Centralized Drying Room, Psychro Logger, Relative Humidity, Smart Controller System

### บทนำ

การอบแห้งเป็นกระบวนการนำความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการป้อนพลังงานความร้อนเข้าไปเพื่อให้ น้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมา และวิธีการระบายความชื้นภายในพื้นที่อบแห้งที่หลากหลาย เช่น Conrad et al. (1997) ได้ทำการทดลองอบผลไม้โดยการใช้อุปกรณ์ที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในห้องอบแห้งผ่านพัดลม โดยความชื้นภายในผลิตภัณฑ์เดิมอยู่ที่ 66.5% เมื่อผ่านกระบวนการความชื้นภายในผลิตภัณฑ์เหลือ 15% และระบายความชื้นโดยวิธีการเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Adonis and Eliseo (2014) ที่ใช้การกลั่นตัวของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศภายในห้องอบแห้งโดยการนำอากาศที่มีความชื้นสูงผ่านเครื่องระเหยของปั๊มความร้อนที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิจุดกลั่นตัว ทำให้ไอน้ำในอากาศควบแน่นออกนอกพื้นที่อบแห้ง และงานวิจัยของ Chaiyat et al. (2014) ได้ทำการศึกษาที่ศึกษาสภาพและเทคโนโลยีด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ 97 แห่งของประเทศไทยพบว่า น้ำพุร้อนศักยภาพปานกลางที่มีอุณหภูมิระหว่าง 60-80 °C และน้ำพุร้อนศักยภาพปานกลางที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 60 °C สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งความร้อนให้แก่ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์เพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้ วิธีการระบายความชื้นของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ จะทำการเปิด/ปิดปล่อยระบายความชื้นของห้องอบแห้ง [นัฐพร, 2560]

จากบทความที่ได้กล่าวมาข้างต้นยังไม่มีระบบการควบคุมความชื้นของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยระบบควบคุมอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ เพื่อพัฒนาโปรแกรมไซโครล็อกเกอร์ (Psychro Logger) และสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติร่วมกับห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ สร้างระบบวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนภายในห้องอบแห้ง

### 1) ทฤษฎี

ระบบควบคุมอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ใช้ทฤษฎีหลักในการออกแบบและพัฒนา คือ ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1.1) ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ (นัฐพร, 2560)

ห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์เป็นการใช้ประโยชน์จากความร้อนทั้งในรูปแบบของเหลวและก๊าซ โดยมีหลักการทำงาน คือ การป้อนความร้อนเข้าไปยังแผงแลกเปลี่ยนความร้อนในจุดที่ 1 ทำให้อากาศบริเวณรอบ ๆ แผงแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น และพัดลมในจุดที่ 3 จะทำหน้าที่พัดอากาศให้วนในห้องอบแห้งทำให้อากาศภายในห้องอบแห้งมีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ในจุดที่ 5 เมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนน้ำในผลิตภัณฑ์จะระเหยออกจากผลิตภัณฑ์กลายเป็นไอน้ำทำให้อากาศภายในห้องอบแห้งมีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น และทำการเปิดปล่อยถ่ายเทอากาศด้านล่างในจุดที่ 6 เพื่อนำอากาศภายนอกเข้ามาแทนที่ อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงจะถูกระบายออกปล่อยถ่ายเทอากาศด้านบนในจุดที่ 7 ดังแสดงใน Figure 1

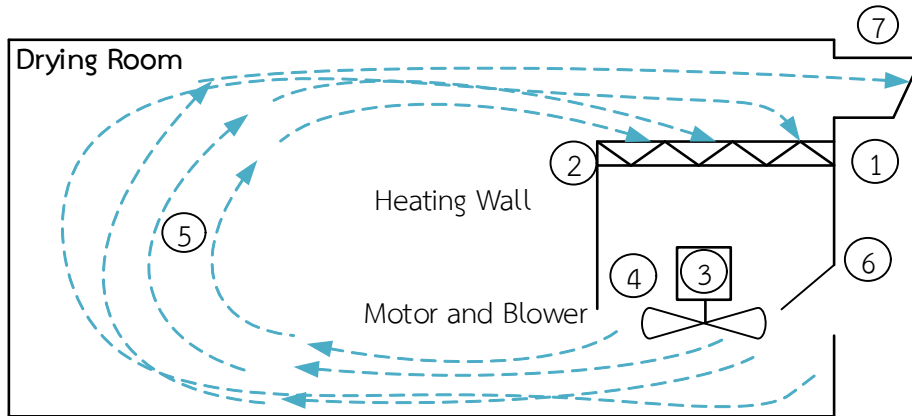


Figure 1 แผนภาพอุปกรณ์ทำงานห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์

การวิเคราะห์การอบแห้งผลิตภัณฑ์สามารถวิเคราะห์จากการถ่ายเทความร้อนของอากาศขึ้นในกระบวนการอบแห้ง น้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ และพลังงานความร้อนที่เข้าไปยังผลิตภัณฑ์ และการคำนวณหาประสิทธิภาพของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ สามารถหาได้จากอัตราการถ่ายเทความร้อนของแผงแลกเปลี่ยนความร้อนเข้าสู่ระบบลดด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ส่วนด้วยพลังงานที่ป้อนให้แก่ระบบดังนี้

$$Q_{\text{Drying}} = \dot{m}_a[(h_{a,o} - h_{a,i}) + (\rho_{a,o} - \rho_{a,i})h_f] \quad (1)$$

$$Q_{\text{HW}} = \dot{m}_{\text{HW}}C_{p\text{HW,bulk}}(T_{\text{HW,i}} - T_{\text{HW,o}}) \quad (2)$$

$$\rho_{\text{Drying}} = Q_{\text{Drying}} / (Q_{\text{HW}} + W_{\text{fan}}) \quad (3)$$

### 1.2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายโดยผ่านการออกแบบวงจร และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขาอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output) เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วย หน่วยประมวลผล (Micro Processor) หน่วยความจำชั่วคราว (RAM) หน่วยความจำถาวร (ROM) และสัญญาณไฟฟ้าขาเข้าและขาออก (I/O Pins) ซึ่งในยุคปัจจุบันนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้ ดังนั้นการสั่งงานจึงไม่ใช่เพียงหน้าแผงวงจรแต่ยังสามารถสั่งงานในระยะไกลผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้

### อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ระบบควบคุมอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์มีขั้นตอนวิธีการดำเนินการศึกษาดังนี้

#### 1) อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์

ระบบควบคุมความชื้นของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์รับรู้ภายในห้องอบแห้ง โดยอุปกรณ์รับรู้ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะติดตั้งภายในห้องอบแห้ง (DHT1-DHT5) อุปกรณ์รับรู้อุณหภูมิน้ำร้อนไหลเข้า/ออกแผงแลกเปลี่ยนความร้อนของห้องอบแห้ง (DS18B20) อุปกรณ์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่พัดลม (Watt Meter) ดังแสดงตัวอย่างดัง Figure 2 และตำแหน่งอุปกรณ์รับรู้ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องอบแห้งประกอบด้วย ด้านบนของผนังแจกลม (DHT<sub>1</sub>) ด้านในผนังแจกลม (DHT<sub>2</sub>) ด้านล่างผนังแจกลม (DHT<sub>3</sub>) เพดานห้องอบแห้ง (DHT<sub>4</sub>) ด้านหน้าของห้องอบแห้ง (DHT<sub>5</sub>) และด้านนอกห้องอบแห้ง (DHT<sub>6</sub>)

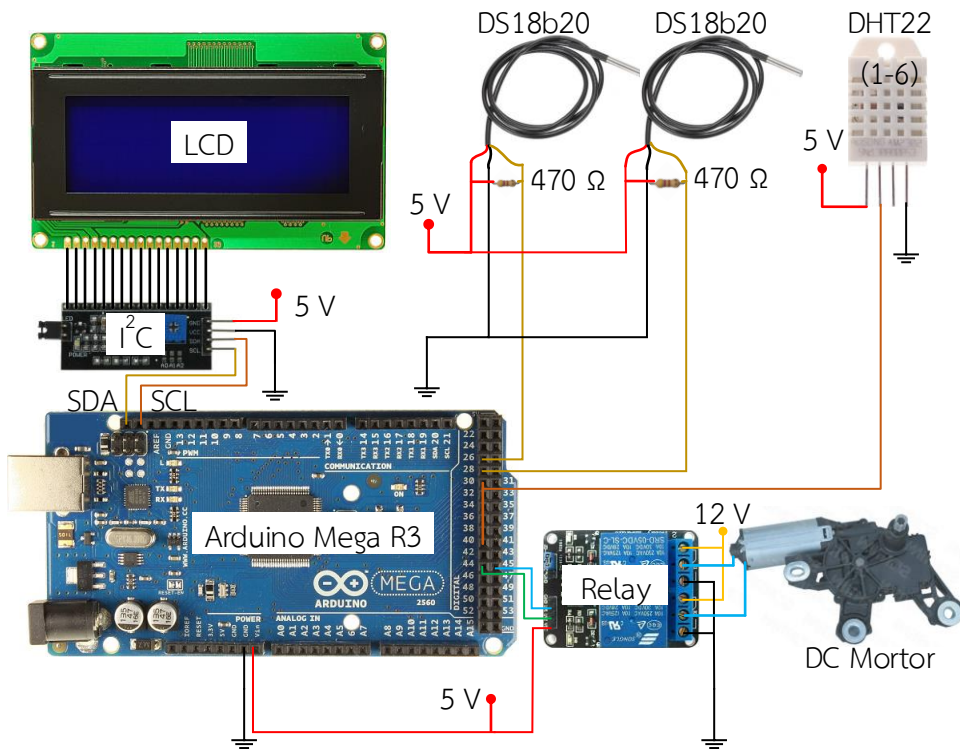


Figure 2 แผนภาพวงจรระบบควบคุมอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์

2) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์

โดยห้องอบแห้งมีขนาดกว้าง 3.6 m ยาว 6 m สูง 3 m ทำการติดตั้งจุดวัดเพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมไซโครล็อกเกอร์ในขั้นตอนต่อไป

3) พัฒนาโปรแกรมไซโครล็อกเกอร์

เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติอากาศชื้น โดยการนำสมการที่ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์หาคุณสมบัติของอากาศชื้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งจะมีรายละเอียดขั้นตอนการคำนวณดังแสดงใน Figure 3 และทำการเปรียบเทียบกับแผนภูมิไซโครเมตริกเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณของไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง

4) ทดสอบความชื้นภายในห้องอบแห้งก่อนปรับปรุง

โดยการใช้หม้อต้มน้ำร้อนไฟฟ้าต้มน้ำในการสร้างความชื้นภายในห้องอบแห้ง บันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้ง

5) ทดสอบความชื้นภายในห้องอบแห้งหลังการปรับปรุง

โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบแห้ง ในระบบควบคุมความชื้นภายในห้องอบแห้งจะกำหนดการเปิดปล่อยถ่ายเทอากาศด้านล่างตามค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ 90% และกำหนดการปิดปล่อยถ่ายเทอากาศด้านล่างตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดที่ 60% บันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้ง

6) ทดสอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์

ขั้นตอนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติอากาศชื้นด้วยโปรแกรมไซโครล็อกเกอร์ เพื่อวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของอากาศชื้นในห้องอบแห้ง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของห้องอบแห้งระหว่างระบบควบคุมความชื้นก่อนปรับปรุงและระบบควบคุมความชื้นหลังปรับปรุงดังแสดงใน Figure 3

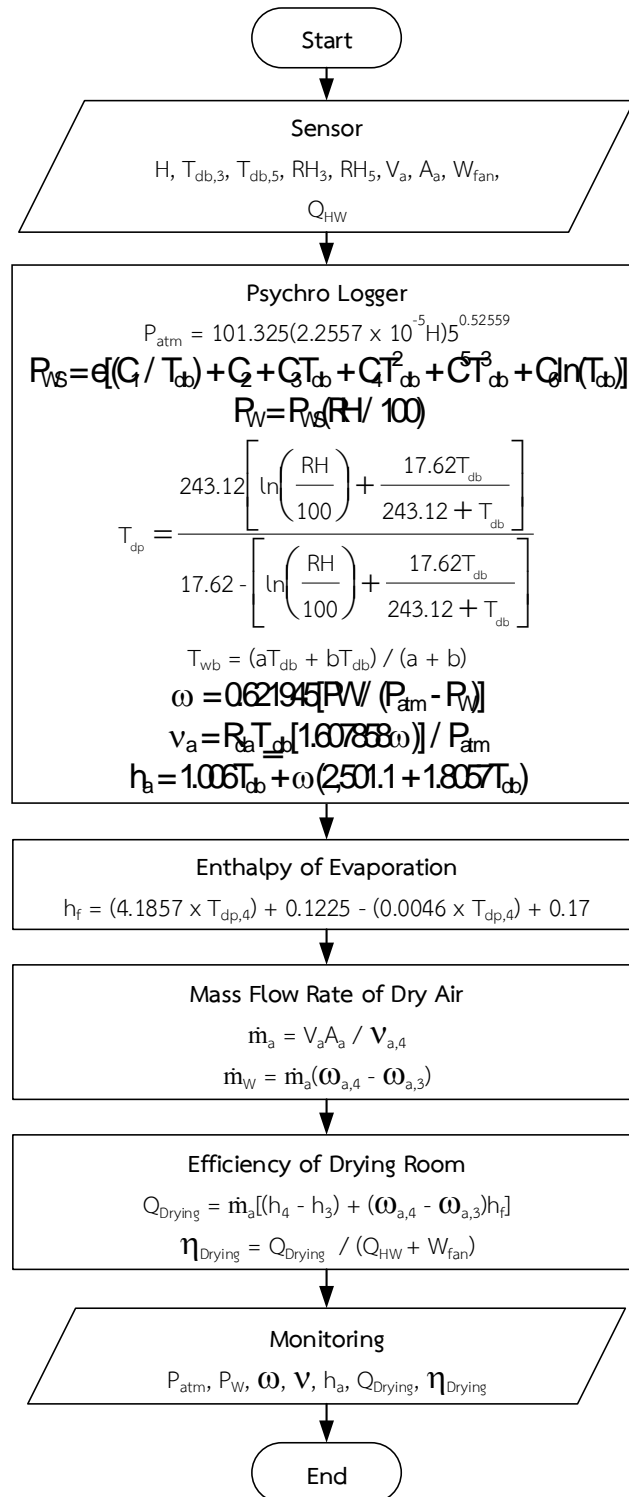


Figure 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์

ผลและการอภิปรายผล

1) โปรแกรมไซโครล็อกเกอร์

ผลการศึกษาพบว่า ไซโครล็อกเกอร์สามารถคำนวณค่าของคุณสมบัติอากาศชื้นประกอบด้วย ความดันชั้นบรรยากาศ ( $P_{atm}$ ) ความดันย่อยของไอน้ำ ( $P_w$ ) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ( $T_{dp}$ ) อัตราส่วนความชื้น ( $\square_a$ ) ปริมาตรจำเพาะ ( $\square_a$ ) และเอนทัลปี ( $h_a$ ) โดยมีรายละเอียดและค่าความคลาดเคลื่อนดังแสดงใน Table 1

Table 1 การทดสอบการคำนวณค่าของไซโครล็อกเกอร์เปรียบเทียบกับแผนภูมิไซโครเมตริก

Sensor Input			
High of Sea	0 m		
Dry Bulb Temperature ( $T_{db}$ )	26.5 °C		
Relative Humidity (RH)	83.1%		
Moist Air Property	Psychro Logger	Psychrometric Chart	Error 5%
Barometric Pressure ( $P_{atm}$ )	101.32 kPa	101.32 kPa	0%
Partial Pressure of Water Vapor ( $P_w$ )	2.85 kPa	2.90 kPa	1.71%
Dew Point Temperature ( $T_{dp}$ )	23.39 °C	23.6 °C	0.89%
Humidity Ratio ( $\square_a$ )	18 g <sub>w</sub> /kg <sub>da</sub>	18.5 g <sub>w</sub> /kg <sub>da</sub>	2.7%
Specific Volume ( $\square_a$ )	0.870 m <sup>3</sup> /kg	0.874 m <sup>3</sup> /kg	0.47%
Enthalpy of Moist Air ( $h_a$ )	72.54 kJ/kg	73.5 kJ/kg	1.31%

2) ระบบควบคุมความชื้นภายในห้องอบแห้งก่อนปรับปรุง

ผลการทดสอบพบว่า กระบวนการอบแห้งของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์จะทำการปิดปล่อยระบายความชื้น 50 min/h และจะทำการเปิดปล่อยระบายความชื้น 10 min/h ทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบแห้ง ( $RH_{DR}$ ) มีค่ามากกว่า 90% เป็นระยะเวลาที่มากกว่า 40 min/h และใช้กำลังไฟฟ้าให้แก่พัดลม ( $W_{fan}$ ) ที่ 287 W ดังแสดงใน Figure 4

3) ระบบควบคุมความชื้นภายในห้องอบแห้งหลังปรับปรุง

ผลการทดสอบพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ภายในห้องอบแห้งสามารถกำหนดให้อยู่ในช่วง 60-90% ได้โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้ง ( $RH_{DR}$ ) มีค่ามากกว่า 90% ไม่เกิน 5 min ใช้ระยะเวลาในช่วงเปิดปล่อยระบายความชื้นประมาณ 6 min/h ใช้พลังงานไฟฟ้าในการควบคุมการเปิด/ปิดปล่อยระบายอากาศด้านล่างของห้องอบแห้ง 18-24 W ดังแสดงใน Figure 5

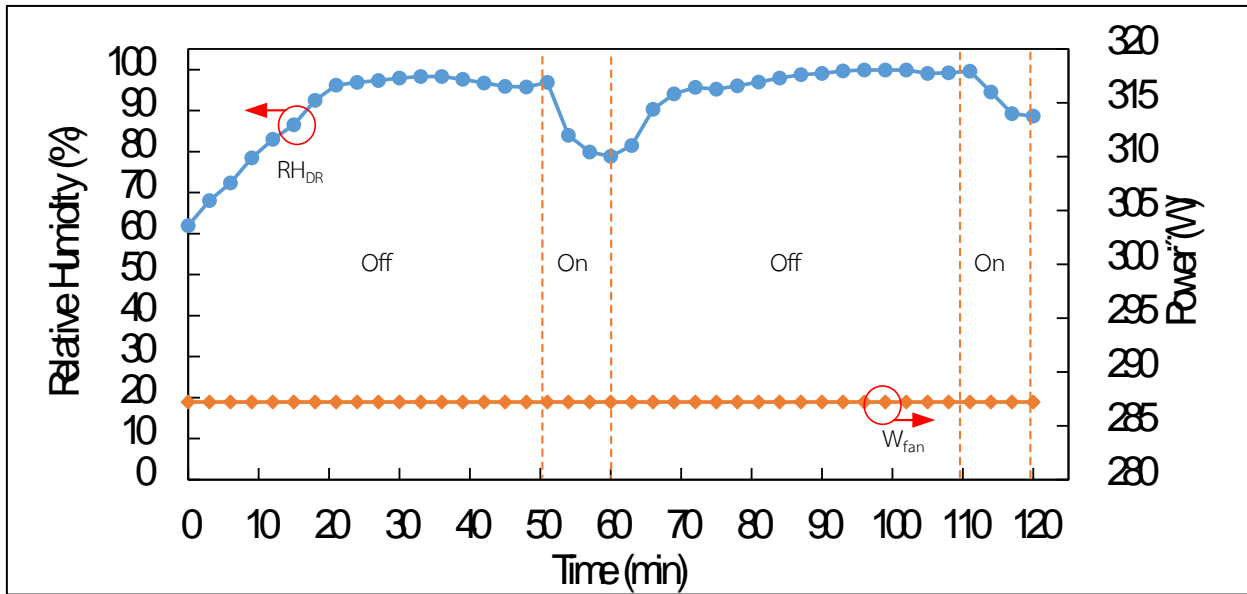


Figure 4 ผลการทดลองระบบควบคุมความชื้นก่อนปรับปรุง

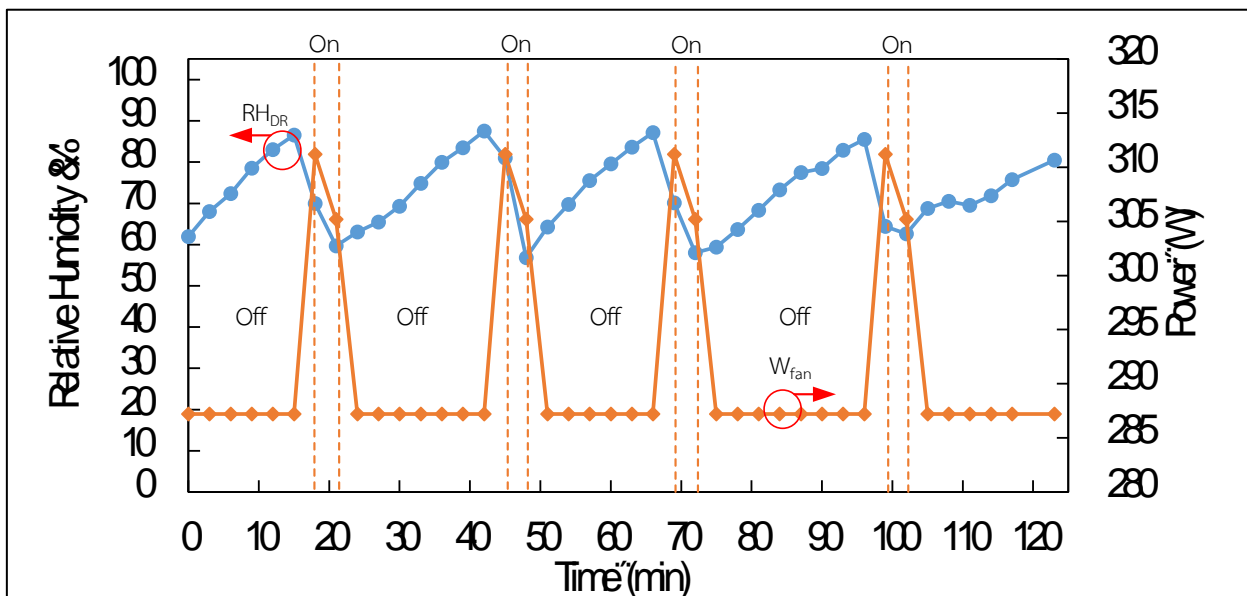


Figure 5 ผลการทดลองระบบควบคุมความชื้นหลังปรับปรุง

4) วิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนและประสิทธิภาพของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์

จากการทดสอบไซโครล็อกเกอร์ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติอากาศชื้นในจุดที่ 3 (DHT<sub>3</sub>) และ 4 (DHT<sub>4</sub>) จากนั้นวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนภายในห้องอบแห้งพบว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนของแผงแลกเปลี่ยนความร้อน (Q<sub>HW</sub>) มีค่าประมาณ 40 kW และอัตราการถ่ายเทความร้อนของห้องอบแห้ง (Q<sub>Drying</sub>) ที่ 17.16-37.85 kW เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ (T<sub>3</sub> และ T<sub>4</sub>) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH<sub>3</sub> และ RH<sub>4</sub>) ดังแสดงใน Figures 6 และ 7 ตามลำดับ

และเมื่อนำค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของห้องอบแห้งมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพ แบ่งตามระบบควบคุมความชื้นก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้ดังนี้

4.1) ประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นก่อนปรับปรุง

ผลการทดสอบพบว่า ในช่วงเริ่มต้นค่าความชื้นสัมพัทธ์ในจุดที่ 3 (RH<sub>3</sub>) และจุดที่ 4 (RH<sub>4</sub>) เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ในจุดที่ 3 เพิ่มมากกว่า 80% ในช่วงเวลา 10-50 min และ 70-110 min ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนภายในกระบวนการอบแห้งลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง ( $\square_{Drying}$ ) ลดลง และการระบายความชื้นภายในห้องอบแห้งไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งในระบบควบคุมความชื้นก่อนปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.54% ดังแสดงใน Figure 8

4.2) ประสิทธิภาพของระบบควบคุมความชื้นหลังปรับปรุง

ผลการทดสอบพบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในจุดที่ 4 (RH<sub>4</sub>) และจุดที่ 3 (RH<sub>3</sub>) ถูกระบายความชื้นให้อยู่ในช่วง 60-90% ทำให้ไอน้ำในอากาศไม่ถึงจุดอิ่มตัว ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพของห้องอบแห้ง ( $\square_{Drying}$ ) มีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 66.2% ดังแสดงใน Figure 9

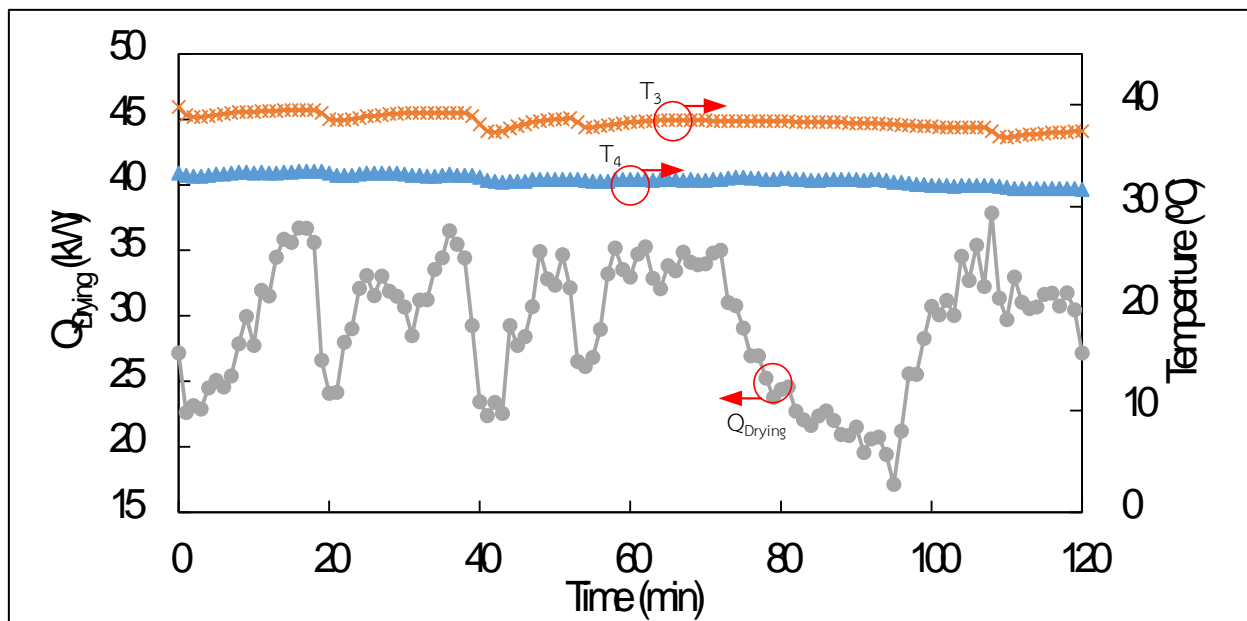


Figure 6 ผลการวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนจุดที่ 3 และ 4 เทียบกับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง

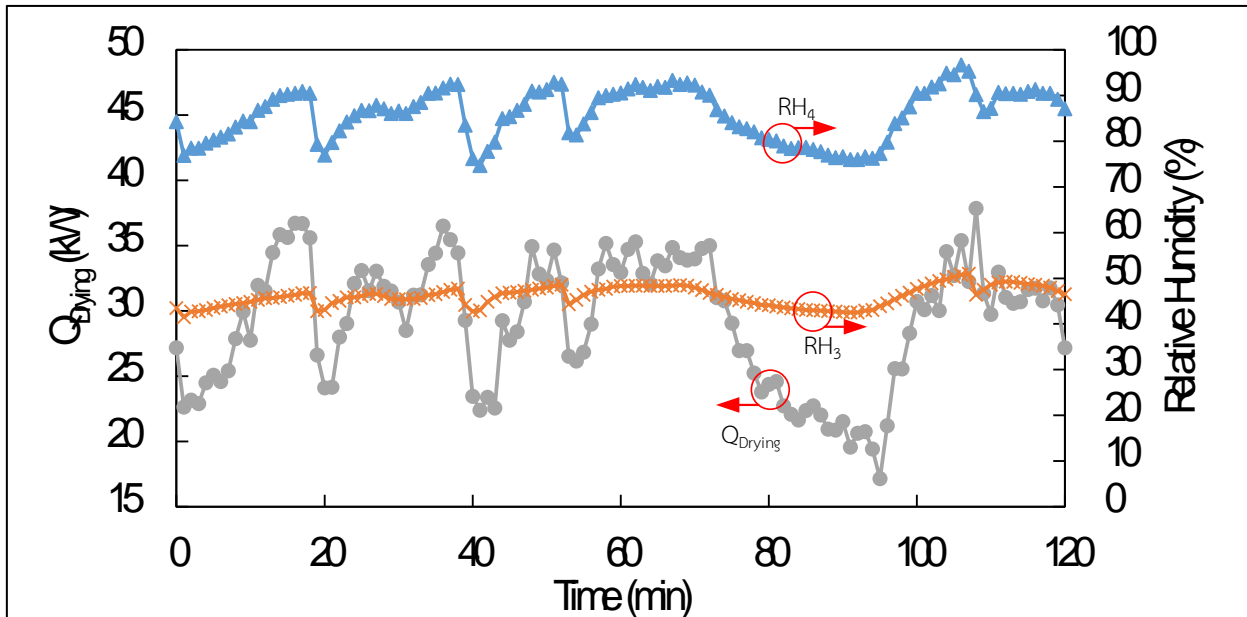


Figure 7 ผลการวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนจุดที่ 3 และ 4 เทียบกับความชื้นสัมพัทธ์

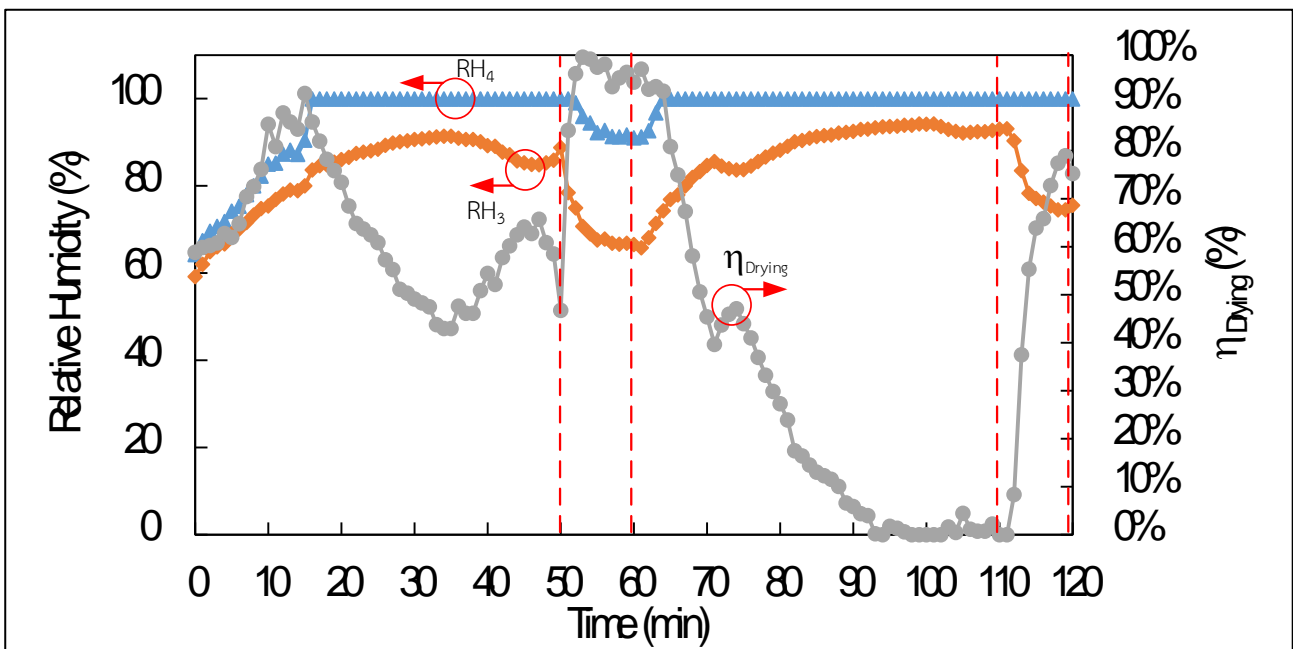


Figure 8 ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งก่อนปรับปรุงเปรียบเทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในจุดที่ 3 และจุดที่ 4



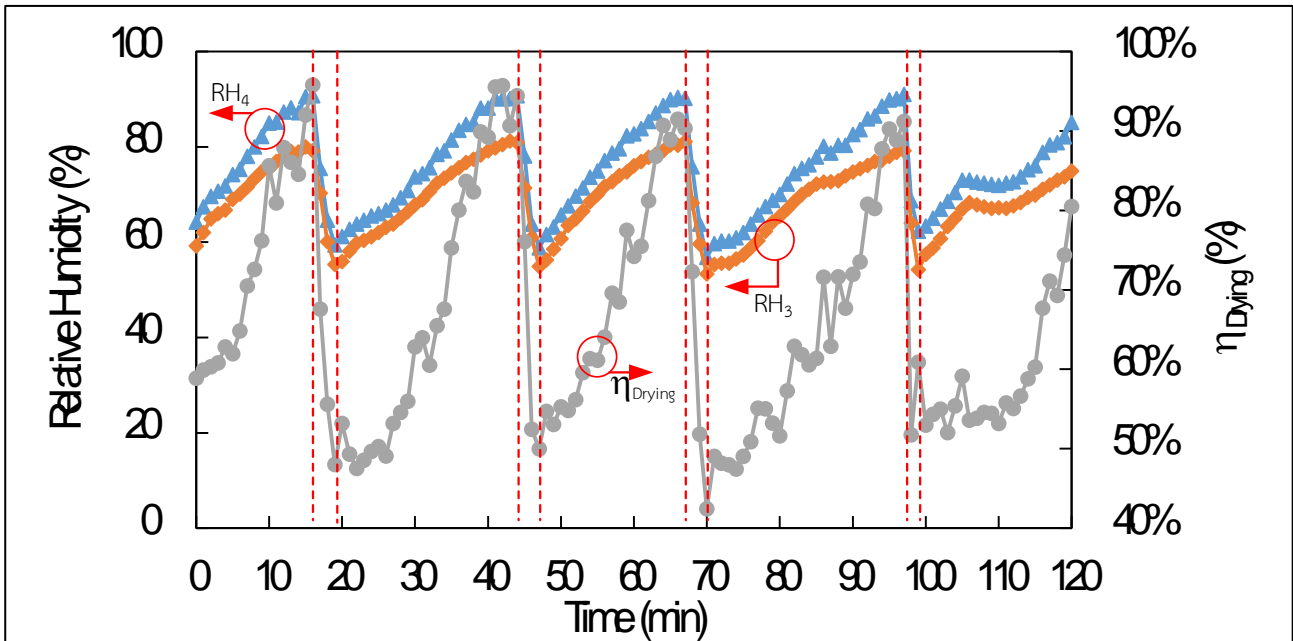


Figure 9 ประสิทธิภาพของห้องอบแห้งหลังปรับปรุงเปรียบเทียบกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในจุดที่ 3 และจุดที่ 4

#### สรุปผล

จากการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมความชื้นอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์ผลที่ได้ คือ

- 1) โปรแกรมไซโครล็อกเกอร์สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติอากาศชื้นประกอบด้วย ความดันบรรยากาศ ความดันไอน้ำอิ่มตัว ความดันย่อยของไอน้ำ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง อัตราส่วนความชื้น ปริมาตรจำเพาะ และเอนทัลปี โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.26%
- 2) ระบบควบคุมความชื้นอัจฉริยะของห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์สามารถควบคุมความชื้นภายในห้องอบแห้งให้อยู่ในช่วง 60-90%
- 3) ประสิทธิภาพกระบวนการอบแห้งของระบบควบคุมความชื้นก่อนปรับปรุงเฉลี่ย 49.54% ระบบควบคุมความชื้นหลังปรับปรุงเฉลี่ย 66.2% สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการอบแห้งเฉลี่ย 34.13%

#### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาภายใต้โครงการ “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา” และขอขอบคุณ “โครงการผลิตไฟฟ้าร่วมกับการทำความเย็นและความร้อน” ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงาน

#### เอกสารอ้างอิง

- นัฐพร ไชยญาติ. 2560. การนำความร้อนทิ้งกลับคืน (Waste Heat Recovery), วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. พิมพ์ครั้งที่ 6 , 457 หน้า
- Adonis C. and Eliseo V. 2014. An Experimental Investigation of the Fruit Drying Performance of a Heat Pump Dryer. Biology and Environmental Sciences. 14: 25-29.

- Chaiyat N., Chaicha C., and Singharajwarapan F. 2014. Geothermal Energy Potentials and Technologies in Thailand. Fundamental of Renewable Energy and Applications. 1-9.
- Conrad O., Perera R. and Shafiur R. 1997. Heat pump dehumidifier drying of food. Trends in Food Science & Technology. 8: 75-79.
- Dae K.L., Byoung H.A. and Ji H.J. 2018. Method to Control an Air Conditioner by Directly Measuring the Relative Humidity of Indoor Air to Improve the Comfort and Energy Efficiency. Applied Energy. 215: 290-299.
- Hamid G., Alireza K., Mortaza A. and Shahin R. 2016. Improving Exergetic Performance Parameters of a Rotating-Tray Air Dryer via a Simple Heat Exchanger. Applied Thermal Engineering. 94: 13-23.
- Merlin S., Andre Z., Romian R. and Yann R. 2018. Mathematical Modelling and Numerical Simulation of a Simple Solar Dryer for Tropical Wood Using a Collector. Applied Thermal Engineering. 131:356-369.
- Prashant S.C., Anil K., Chayut N. and Jan B. . Thermal Modeling and Drying Kinetics of Bitter Gourd Flakes Drying in Modified Greenhouse Dryer. Renewable Energy. 118: 799-813.
- Tchamye B., Helene D., Jean-Michel M., Claude M., Yaovi A. and Kossi N. 2014. Inventory and Comparative Characteristics of Dryer Used in the Sub-Saharan Zone: Criteria Influencing Dryer Choice. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 40: 1240-1259.
- Yin L., KunZheng Z., Man J. and Yan Z., 2017. Design and Drying Technology Research of Heat Pump Lentinula edodes Drying Room. Procedia Engineering. Pp. 983-988.

### รายการสัญลักษณ์

#### สัญลักษณ์

A	Area, (m <sup>2</sup> )
C <sub>p</sub>	Heat Capacity, (kJ/kg•K)
h	Enthalpy, (kJ/kg)
M	Mass, (kg)
P	Pressure, (kPa)
Q	Heat Rate, (kW)
T	Temperature, (°C)
V	Velocity, (m/s)

#### ตัวกรีก

ε	Effectiveness, (%)
ṁ	Mass Flow Rate, (kg/s)
η	Efficiency, (%)
v	Specific Volume, (m <sup>3</sup> /kg)
ω	Humidity Ratio, (g <sub>w</sub> /kg <sub>da</sub> )

อักษรย่อ

a	Air
da	Dry Air
db	Dry Bulb
dp	Dew point
DR	Drying Room
f	Fluid
HW	Hot Water
i	Inlet
o	Outlet
w	Water

## การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อดักเก็บขยะที่ถูกพัดพามากับคลื่นบริเวณชายหาด Development of an Invention for Waste Trap on the Beach

พงศ์พันธุ์ กาญจนการณ \* ศราวุฒิ อุตมะแก้ว และ อมรเทพ สูงศักดิ์

Pongpan Kanjanakaroon\*, Saravoot Audtamakaew and Amorntep Sungsak

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai

\* Corresponding author: pongpank@gmail.com

### บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการพัฒนาต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ในการดักเก็บขยะที่ถูกคลื่นพัดพามากับบริเวณชายหาดตลอดจนผลการใช้งานเครื่องต้นแบบจำลอง

ต้นแบบสิ่งประดิษฐ์ออกแบบภายใต้หลักการจัดทำได้ง่าย ราคาถูก และมีประสิทธิภาพ โดยมีต้นแบบสิ่งประดิษฐ์ที่พัฒนาขึ้นมา 4 ชนิดที่แตกต่างกัน ได้แก่

- 1) เครื่องดักขยะผิวดินรับขยะ 2 ทาง
- 2) เครื่องดักขยะลอยน้ำ
- 3) เครื่องดักขยะพลิกตามคลื่น และ
- 4) เครื่องดักขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทาง

ในแต่ละต้นแบบจะถูกทดสอบเพื่อหาปริมาณขยะที่ดักได้จากขยะที่ถูกพัดพามากับคลื่นภายในอ่างกำเนิดคลื่น ใช้ซีลี่้อยขนาดระหว่าง 2.38-4.75 มม. ปริมาณ 0.3 กก. ต่อการทดลองเป็นตัวแทนขยะทะเลขนาดเล็ก ผลการทดลองพบว่าเครื่องดักเก็บขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทาง สามารถเก็บขยะที่ถูกพัดพามากับคลื่นได้มากที่สุดถึงร้อยละ 29.33 เนื่องจากขยะขนาดเล็กส่วนใหญ่มีการพัดพามากับผิวน้ำทะเลและมีการพัดพากลับในช่วงถอยกลับทำให้ขยะสามารถเข้าสู่แบบจำลองได้ 2 ทาง แบบจำลองดังกล่าวจะถูกนำไปสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบในสถานที่จริงต่อไป

**คำสำคัญ:** การดักขยะทะเล การจำลองคลื่น ขยะชายหาด ต้นแบบสิ่งประดิษฐ์

---

### Abstract

The purpose of this paper is to report the development of an invention prototype for entrapping waste which is washed up on to beaches by the action of ocean waves. Results of testing of the prototype model are presented as well.

Prototypes were designed under the principles of being cheap to construct, easy to build and efficient in use. There were four different prototypes developed and these were:

- 1) a 2-way waste trap positioned on the beach,
- 2) a floating waste trap,
- 3) an automatic waste trap for incoming waves and
- 4) a floating waste trap model with 2 way access.

Each prototype was tested for the quantity of waste that could be efficiently trapped in the wave generation tank. For the purpose of the experiment, 0.3 kg of coarse sawdust was used to represent floating waste. The size of the particles ranged between 2.38 to 4.75 mm. The result of this study revealed that the floating waste trap model with 2 way access can collect up to 29.33 percent of the waste carried by the wave action. The reason being that most waste floating on the ocean surface can move back to the waste trap when the wave drains from the beach. It is planned to use this model to make a large prototype and test it at a beach in the future.

**Keywords:** Ocean waste trap, Wave modeling, Beach waste, Invention prototype

### บทนำ

ปัญหาขยะทางทะเล นับวันจะทวีความรุนแรงเกิดขึ้นมากตามความเจริญก้าวหน้าของประเทศ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเกิดสภาพเสื่อมโทรมลงต่อระบบนิเวศบริเวณชายฝั่งอย่างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูมรสุม จะมีขยะถูกพัดพาจากทะเลขึ้นมาเกยบนฝั่งเป็นจำนวนมาก โดยจะพัดพาเข้ามาในช่วงน้ำขึ้นตอนช่วงเช้ามีดและช่วงเย็น เมื่อน้ำลงขยะจะกองอยู่บริเวณชายหาดเป็นจำนวนมาก ขยะที่ถูกคลื่นซัดเข้ามามีทั้ง เศษไม้ ลูกมะพร้าว ขวดแก้ว ขวดพลาสติก โฟม วัสดุขนาดเล็กจนถึงใหญ่ และขยะที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ รวมทั้งพืชทะเลและซากสัตว์ รูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างขยะที่ถูกพัดพามาฝั่งบริเวณชายหาดฝั่งทะเลอันดามัน จังหวัดภูเก็ต ถึงแม้ว่าบริเวณดังกล่าวจะเป็นทะเลเปิดทำให้เกิดขยะตามแนวชายฝั่งได้น้อย แต่ปัญหาดังกล่าวก็ยังคงปรากฏให้เห็น



**รูปที่ 1** ตัวอย่างของขยะที่ตกค้างอยู่บนหาดในหาน จังหวัดภูเก็ต

การพัฒนาเครื่องดักขยะทางทะเลมีจำนวนมาก โดยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพประกอบไปด้วย ถังขยะทะเล (Seabin) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Andrew Turton และ Pete Ceglinski (Gartry, L., 2015) เครื่องดักขยะบันดาลอง (Bandalong litter trap) เชื่อนลอยน้ำ (Floating dam) ที่พัฒนาขึ้นโดย Boyan Slat ในปี ค.ศ.2016 (Woollaston, V., 2015)

เครื่องมือต่างๆ เหล่านี้เน้นที่การดักเก็บขยะที่ลอยอยู่ในทะเลเป็นหลัก แต่ในความเป็นจริง ปริมาณขยะยังอาจสามารถหลุดรอดมาฝั่งบริเวณชายหาดได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะที่มีขนาดเล็กและเบา ส่งผลให้ต้องมีการทำความสะอาดเป็นประจำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดใน

การแก้ปัญหาของขยะขนาดเล็กที่ถูกพัดพามากมายบริเวณชายหาดโดยกำหนดให้อุปกรณ์ดักขยะ  
ที่พัฒนาอยู่ภายใต้หลักการออกแบบที่ทำได้ง่าย ราคาถูก และมีประสิทธิภาพ

## วิธีการศึกษา

### 1. การออกแบบเครื่องดักขยะ

ปัจจัยหลักที่ผู้วิจัยได้คำนึงถึงในการออกแบบเครื่องดักขยะประกอบไปด้วย

#### ทิศทางของกระแสน้ำ

เนื่องด้วยการเคลื่อนที่ของคลื่นที่กระทบเข้าสู่ฝั่ง ความเร็วของน้ำที่อยู่บริเวณผิวน้ำ  
และด้านล่างของน้ำทะเลมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เท่ากัน ส่วนบนของผิวน้ำเคลื่อนที่ด้วย  
ความเร็วมากกว่าเนื่องจากรับแรงเสียดทานที่น้อย ในขณะที่ท้องคลื่นมีแรงเสียดทานจาก  
พื้นผิวและรับแรงเสียดทานมากกว่า ส่งผลให้เกิดการบีบอัดของน้ำ ทำให้คลื่นยกตัวสูงขึ้นและ  
ม้วนตัว ตลอดจนถึงถ้าไปข้างหน้า เกิดการฟาดตัวกับชายฝั่ง กลายเป็นคลื่นแตกฟอง  
หรือ “คลื่นหัวแตก” (Breaker หรือ Surf) โดยคลื่นที่ซัดเข้าหาฝั่งบนสภาพที่มีความลาดชัน  
น้อย จะเรียกว่า “การเข้าหาฝั่งของน้ำทะเล” (Swash) เมื่อคลื่นซัดกระทบหาดแล้วสลายตัว  
และเคลื่อนที่ไปในทะเลตื้นเดิม จะเรียกว่าสภาวะนี้ว่า “การถอยกลับของน้ำทะเล”  
(Backwash) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าทิศทางของคลื่นที่กระทบหาดประกอบด้วยทิศทางการเคลื่อน  
กระทบชายหาดและทิศทางการถอยกลับจากชายหาดดังแสดงในรูปที่ 2

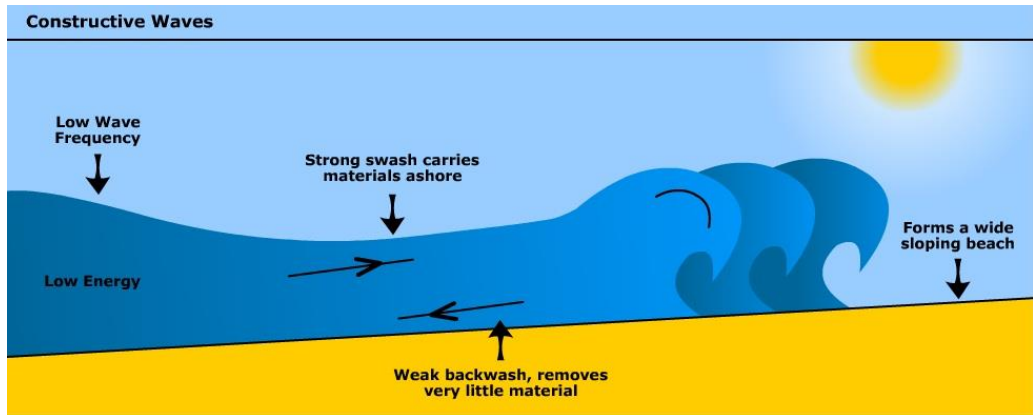
#### ลักษณะการตกค้างของขยะบนชายหาด

โดยปกติขยะทั่วไปจะตกค้างอยู่บนชายหาดได้ 2 รูปแบบตามการพัดพามากของคลื่น  
ได้แก่ การตกค้างบนชายหาดแบบกระจัดกระจาย และการตกค้างบนชายหาดแบบเป็นแนว  
รูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการตกค้างของขยะบริเวณชายหาด โดยปัจจัยหลักที่ทำให้เกิด  
รูปแบบการตกค้างจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของน้ำขึ้นน้ำลง ความแรงของกระแสน้ำ และชนิด  
ของขยะ

#### รูปแบบเครื่องดักขยะในงานทดสอบ

จากปัจจัยข้างต้นจึงสามารถออกแบบอุปกรณ์ดักเก็บขยะภายใต้หลักการดังนี้

1. อุปกรณ์ดักเก็บขยะที่สามารถรับขยะที่ถูกพัดพามากับคลื่นและสามารถรับขยะเมื่อ  
เกิดการถอยกลับของคลื่นบริเวณชายหาด
2. อุปกรณ์ดักเก็บขยะที่สามารถพลิกตามจังหวะคลื่นโดยใช้แรงที่พัดพามากับคลื่น  
เพื่อรับขยะทางด้านที่มากับลูกคลื่นและด้านการถอยกลับของคลื่นบริเวณชายหาด
3. อุปกรณ์ดักเก็บขยะที่สามารถลอยบนผิวน้ำและรับขยะที่ลอยบนลูกคลื่นได้



รูปที่ 2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นกระทบชายหาด  
ที่มา: <http://www.thegeographeronline.net/coasts.html>



ก) การตกค้างบนชายหาดแบบเป็นแนว ข) การตกค้างบนชายหาดแบบกระจัดกระจาย

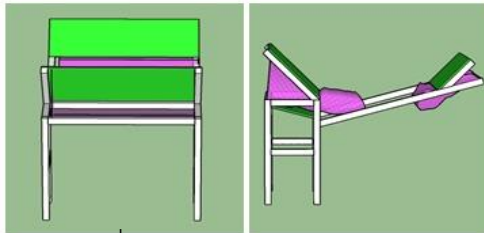
รูปที่ 3 ลักษณะการตกค้างของขยะตามขนาดของขยะ

ที่มา: ค่ายพระรามหก จังหวัด เพชรบุรี และ <https://greennews.agency/?p=13506>

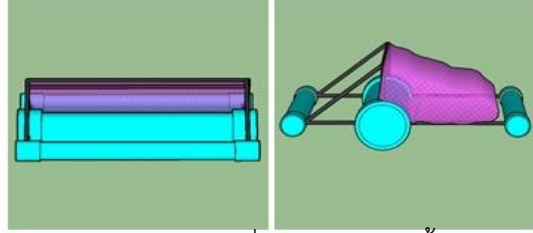
4. กำหนดให้ความสูงหน้าตัดรับขยะสูงไม่เกิน 1:2 ของความสูงคลื่นที่ทดสอบแบบจำลอง

รูปแบบของเครื่องดักขยะแสดงได้ดังรูปที่ 4 ประกอบไปด้วย เครื่องดักขยะผิวดินรับขยะ 2 ทาง เครื่องดักขยะลอยน้ำ เครื่องดักขยะพลิกตามคลื่น และเครื่องดักขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทาง

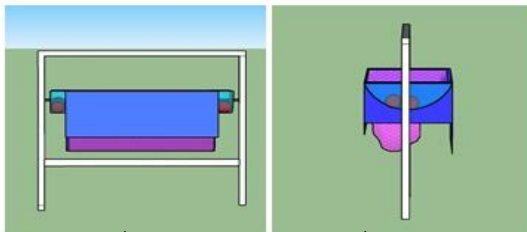




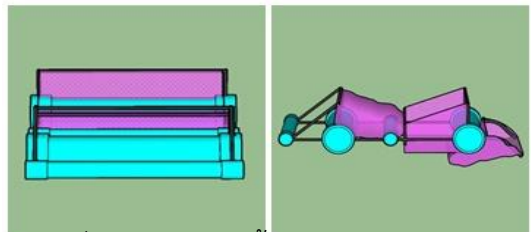
ก) เครื่องดักขยะฝังดินรับขยะ 2 ทาง



ข) เครื่องดักขยะลอยน้ำ



ค) เครื่องดักขยะพลิกตามคลื่น



ง) เครื่องดักขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทาง

รูปที่ 4 รูปแบบของเครื่องดักขยะ

## 2. แบบจำลองชายหาด

### รูปแบบของชายหาด

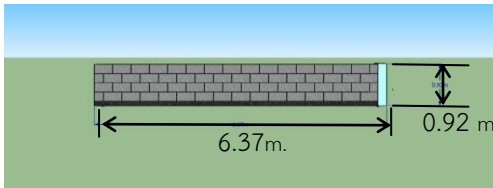
ทำการสร้างชายหาดจำลองในรางน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กตั้งแสดงในรูปที่ 5 โดยมีขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 1.3x6.35x0.90 ลบ.ม. พร้อมใส่ปริมาณน้ำที่ระดับ 29 เซนติเมตร ความลาดชันของชายหาดอยู่ที่ 9.46°

### ทราย

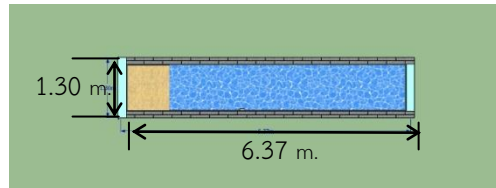
ทรายที่ใช้ในการทดลองเป็นทรายละเอียด จำแนกขนาดตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 422-63 จะได้ตั้งรูปที่ 6 ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียดของเม็ดทราย (Fineness Modulus, F.M.) อยู่ที่ 2.1 สอดคล้องกับทรายละเอียดปกติซึ่งจะมีค่า F.M. 1.5 – 2.5

### การสร้างคลื่น

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างของการสร้างคลื่นและความสูงคลื่นที่เกิดขึ้น ทำการสร้างคลื่นในแต่ละครั้งด้วยวิธีการกระแทกโดยการกดถังน้ำลงไปแทนที่น้ำในอ่างจำลองทำให้เกิดแรงกระแทกด้านข้างเกิดเป็นคลื่นออกไป ใช้เวลา 5 วินาทีต่อการกำเนิดคลื่น 1 ลูก และในการทดสอบ 1 ครั้งจะทำการสร้างคลื่นจำนวน 60 คลื่น ความสูงคลื่นที่เกิดขึ้นมีขนาดเฉลี่ย 15 ซม.



ก) ภาพด้านข้าง

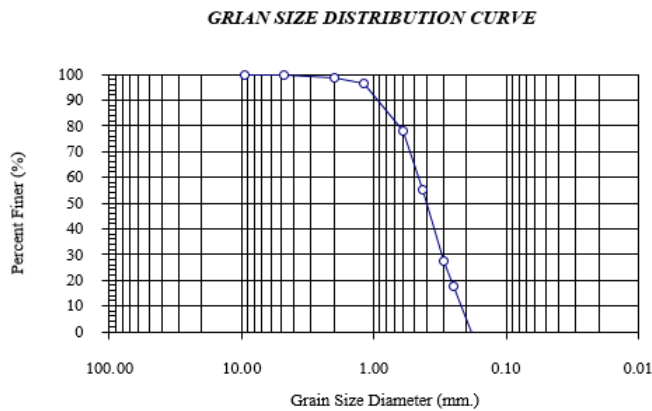


ข) ภาพด้านบน



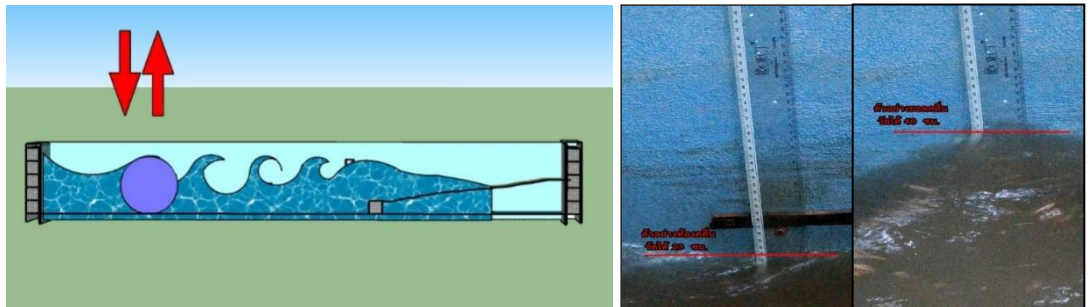
ค) ภาพตัด

รูปที่ 5 แบบจำลองชายหาดที่ใช้ในการทดลอง



Sieve No.	น้ำหนักที่ค้าง	เปอร์เซ็นต์ที่ค้าง	เปอร์เซ็นต์ที่ค้างสะสม
3/8"	0	0.0	0.0
No. 4	0	0.0	0.0
No. 10	11.4	1.1	1.1
No. 16	25.5	2.6	3.7
No. 30	181	18.1	21.8
No. 40	229.9	23.0	44.8
No. 50	279.6	28.0	72.7
No. 60	96.89	9.7	82.4
No. 100	147.3	14.7	111.6
No. 200	25.9	2.6	114.2
Pan	2.9	100.3	214.5
รวม	1000.39	F.M. =	2.1

รูปที่ 6 ผลการทดสอบหาขนาดมวลคละของทราย



ภาพที่ 7 การสร้างคลื่นในการทดลองและความสูงคลื่นที่เกิดขึ้น

### 3. การเลือกตัวแทนขยะ

เลือกใช้ซีลี้อยเป็นตัวแทนขยะลอยน้ำขนาดเล็ก ซึ่งซีลี้อยที่ใช้สามารถเคลื่อนที่เข้าไปสู่ชายฝั่งได้เป็นอย่างดีภายใต้แรงกระทำของคลื่นจากแบบจำลอง นอกจากนี้ ซีลี้อยยังสามารถยึดติดกับทรายบริเวณชายหาดและให้สภาพการเกิดขยะเป็นแนวบนหาดทรายตามแนวคลื่นกระทบได้อย่างคล้ายคลึงอีกด้วย

ก่อนการทดสอบ จะนำซีลี้อยไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 24 ชม. โดยนำซีลี้อยมาชั่งน้ำหนักตรวจสอบความแห้งที่เวลา 12 ชม. และ 24 ชม. ทั้งนี้ น้ำหนักของซีลี้อยที่นำมาชั่งหลังอบแต่ละช่วงจะต้องเท่ากัน หากน้ำหนักยังคงเปลี่ยนแปลงจะทำการอบต่อเนื้อและตรวจสอบน้ำหนักทุกชั่วโมงจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นทำการหาความถ่วงจำเพาะของซีลี้อยตามทฤษฎีอาร์คิมิดีส ได้เท่ากับ  $= 0.377$

### 4. การทดสอบประสิทธิภาพการดักขยะ

การหาประสิทธิภาพในการดักขยะของเครื่องดักขยะแต่ละชนิด แสดงได้ดังรูปที่ 8 และมีขั้นตอนดังนี้

4.1) ทำการติดตั้งเครื่องดักขยะที่ต้องการทดสอบไว้บริเวณกึ่งกลางของชายหาดในแบบจำลองคลื่น

4.2) ทดสอบความมั่นคงของเครื่องมือโดยการสร้างคลื่นจำลอง ปรับแก้ตำแหน่งและความมั่นคงของการติดตั้งให้เหมาะสม

4.3) เริ่มการทดสอบโดยเริ่มต้นทำการสร้างคลื่นต่อเนื่องเพื่อปรับเสถียรภาพเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำซีลี้อยมา 300 กรัมมาใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง โดยทำการโปรยซีลี้อยใน

การทดลองแต่ละครั้งที่จำนวนเท่าๆกัน คือ 10 กรัม จาก 300 กรัม ทุกๆ 10 วินาที โดยเฉลี่ย ให้เต็มหน้าตัดของอ่างจำลองที่ทำไว้

4.4) ทำการทดสอบต่อเนื่องหลังจากซีลื้อยถูกโปรยจนหมดเป็นเวลา 5 นาที ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้งต่อเครื่องดักขยะที่ออกแบบไว้

4.5) เก็บตัวอย่างซีลื้อยที่อุปกรณ์เก็บได้และค้ำงบนหาดทรายไปอบในอุณหภูมิที่  $110 \pm 5$  องศา จนกว่าน้ำหนักจะคงที่



ก) การสร้างคลื่น



ข) การโปรยขยะ



ค) เก็บขยะจากผลทดสอบ

รูปที่ 8 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องดักขยะ

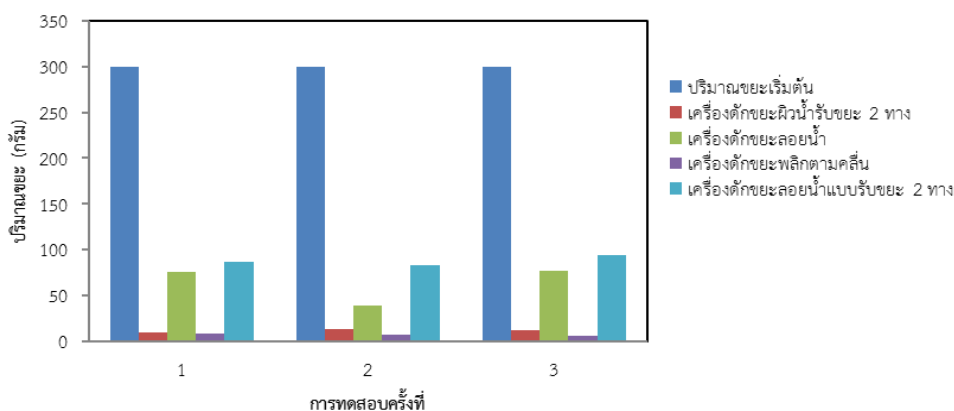
### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดักขยะของเครื่องดักขยะทั้ง 4 รูปแบบแสดงได้ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 9 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องดักขยะผิวตินรับขยะ 2 ทาง เครื่องดักขยะลอยน้ำ เครื่องดักขยะพลิกตามคลื่น และเครื่องดักขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทาง สามารถรับขยะได้ร้อยละ 3.81 25.35 2.21 และ 29.33 ตามลำดับ โดยเครื่องดักขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทางสามารถรับขยะได้มากที่สุด

**ตารางที่ 1 แสดงผลปริมาณขยะที่ทดสอบของแต่ละอุปกรณ์**

ชนิดอุปกรณ์	การทดสอบ	น้ำหนักที่เหลือ ( กรัม )				ร้อยละการตกค้างในเครื่องดักขยะ	
		ก่อนทดสอบ	ตกค้างในเครื่องดักขยะ	ตกค้างบนหาดทราย	ตกค้างในน้ำ	ปริมาณ	เฉลี่ย
เครื่องดักขยะผิวดินรับขยะ 2 ทาง	ครั้งที่ 1	300	9.8	219.70	70.50	3.27	3.81
	ครั้งที่ 2	300	13.10	212.30	74.60	4.37	
	ครั้งที่ 3	300	11.60	195.50	92.90	3.8	
เครื่องดักขยะลอยน้ำ	ครั้งที่ 1	300	75	179.80	45.20	25	25.35
	ครั้งที่ 2*	300	38.60	145.5	115.90	12.87	
	ครั้งที่ 3	300	77.10	166.20	56.70	25.70	
เครื่องดักขยะพลิกตามคลื่น	ครั้งที่ 1	300	7.8	198.00	94.20	2.60	2.21
	ครั้งที่ 2	300	6.5	222.30	71.20	2.17	
	ครั้งที่ 3	300	5.6	187.60	106.80	1.87	
เครื่องดักขยะลอยน้ำแบบปรับขยะ 2 ทาง	ครั้งที่ 1	300	86.6	157.90	55.50	28.87	29.33
	ครั้งที่ 2	300	83.2	169.60	47.20	27.73	
	ครั้งที่ 3	300	94.2	177.60	28.20	31.40	

หมายเหตุ \* ไม่นำค่าการทดสอบครั้งที่ 2 มาพิจารณาเนื่องจากให้ค่าที่ต่ำเกินไป



**รูปที่ 9** เปรียบเทียบปริมาณขยะที่ตกค้างในเครื่องดักขยะแต่ละประเภท

สาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพการดักขยะของเครื่องดักขยะทั้ง 4 รูปแบบแตกต่างกันสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) เครื่องดักขยะลอยน้ำ และเครื่องดักขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทาง สามารถรับขยะได้ดี โดยเครื่องดักขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทางสามารถรับขยะได้เพิ่มขึ้นในขณะที่คลื่นลอยกลับ ส่งผลให้ดักขยะได้มากที่สุด

2) เครื่องดักขยะผิวตินรับขยะ 2 ทาง มีประสิทธิภาพในการดักขยะที่ต่ำเนื่องจากเครื่องดักขยะผิวตินไม่สามารถกักขยะไว้ในอุปกรณ์ดักขยะได้ ส่งผลให้เมื่อคลื่นมีความรุนแรงขยะจะลอยออกไปจากเครื่องดัก

3) เครื่องดักขยะพลิกตามคลื่น มีประสิทธิภาพในการดักจับขยะที่ต่ำเนื่องจากประสบปัญหาในเรื่องของแรงกระทำของคลื่นซึ่งไม่เป็นไปทิศทางเดียวกันตลอดเวลา ทำให้ทางเข้าไม่หันไปรับขยะที่พัดพามาได้

### สรุป

จากการทดสอบอุปกรณ์ดักเก็บขยะทะเลขนาดเล็ก โดยใช้วัสดุขี้เลื่อยที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 2.36 มิลลิเมตร จำนวน 300 กรัม เป็นตัวแทนขยะลอยน้ำในการทดสอบแต่ละครั้ง ทดสอบภายใต้ความถี่คลื่น 12 รอบต่อนาที ความสูงคลื่น 15 เซนติเมตร พบว่า เครื่องดักขยะลอยน้ำแบบรับขยะ 2 ทาง สามารถรับปริมาณขยะได้มากที่สุดที่ 88 กรัม หรือคิดเป็น 29.33% ของปริมาณขยะทั้งหมด โดยเครื่องดักขยะลอยน้ำ เครื่องดักขยะผิวตินรับขยะ 2 ทาง และเครื่องดักขยะพลิกตามคลื่น สามารถรับปริมาณขยะได้ลดลงไปตามลำดับอยู่ที่ร้อยละ 25.35, 3.81 และ 2.21 ของปริมาณขยะทั้งหมด

### เอกสารอ้างอิง

- ASTM D422-63(2007), Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007
- Hussain, Z., K. Javed, S.M.I. Hussain, and G.S. Kiyani. 2006. Reproductive performance of Nili-Ravi buffaloes in Azad Kashmir, Pakistan. J. Anim. Pl. 16(1-2): 15-19.
- Khan, S., M.S. Qureshi, N. Ahmad, M. Amjed, F.R. Durrani, and M. Younas. 2008. Effect of pregnancy on lactation milk value in dairy buffaloes. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 21(4): 523-531.
- Gartry, L.(2015, December 21). 'Seabin' designed by Australian surfers to clean up marinas, reduce ocean pollution. Retrieved March 28, 2018, from

---

<http://www.abc.net.au/news/2015-12-20/seabin-designed-by-australian-surfers-to-start-cleaning-up-ocean/7044174>.

Woollaston, V., (2015, December 31). Giant floating dam that promises to rid the oceans of plastic gets its first trial on open water: Revolutionary 328ft barrier will be installed in the North Sea next year. Retrieved March 28, 2018, from <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3379865/Giant-floating-dam-traps-plastic-waste-oceans-tested-year-Trial-328ft-barrier-place-North-Sea.html>

การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างของชั้นไอโอโนสเฟียร์ในช่วงที่มี  
ผลกระทบของสุริยะมากที่สุดของวัฏจักรสุริยะที่ 24 สำหรับระบบดาวเทียมนำทางสากล  
Variations of Bottomside Thickness Parameter of Ionosphere During the  
Solar Maximum of 24<sup>th</sup> Solar Cycle for Global Navigation Satellite Systems

สัพพัญญู สารพันธ์ ศรีญ ดวงสุวรรณ อุดมสิทธิ์ ตั้งตระกูลไพศาล และ ปุณยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์\*  
Sappanyoo Sarapan, Sarun Duangsuwan, Udomsit Tangtrakunphaisan, and  
Punyawi Jamjareegulgarn\*

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

\* Corresponding author: chjamjar@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

บทความศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างของชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ในช่วงที่มีผลกระทบของสุริยะมากที่สุดของวัฏจักรสุริยะที่ 24 (ปี 2013-2014) สำหรับระบบดาวเทียมนำทางสากล โดยค่าข้อมูลที่ได้จริงจากสถานีสังเกตการณ์ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์จำนวน 12 สถานี ในฐานะข้อมูล GIRO ถูกนำมาศึกษาและละติจูดถูกแบ่งออกเป็น 4 โซน ได้แก่ 0°-20°, 20°-40°, 40°-60° และสูงกว่า 60° นอกจากนี้ ค่าข้อมูลจะถูกจัดกลุ่มเป็น 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูอิควินอกซ์, ฤดูร้อนและฤดูหนาว ในที่นี้ค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างของแต่ละโซนจะถูกหาค่าจากสมการที่นำเสนอ แล้วค่าการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างในแต่ละวันและในแต่ละฤดูกาลของทั้ง 12 สถานีจะถูกเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากเครื่องดิจิจิตอล ผลจากการศึกษา พบว่าค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่คำนวณได้จากสมการที่นำเสนอมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนและมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่สังเกตได้ ผลต่างสัมบูรณ์ของค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างในฤดูร้อนมีค่า 0.09-25.11 กิโลเมตร ส่วนผลต่างสัมบูรณ์ในฤดูอิควินอกซ์และฤดูหนาวมีค่า 0.03-16.46 กิโลเมตร และ 0.02-22.49 กิโลเมตร ตามลำดับ ค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่นำเสนอนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการหาค่า TEC และค่าเวลาประวิงของสัญญาณจีพีเอสโดยประมาณสำหรับการระบุตำแหน่งของเครื่องรับ GNSS และการทำนายภัยพิบัติได้

**คำสำคัญ:** ฐานข้อมูลกิโล พารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่าง ระบบดาวเทียมนำทางสากล



## Abstract

This paper studies the variations of bottomside thickness parameter of ionosphere during the solar maximum of 24<sup>th</sup> solar cycle (year 2013 – 2014) for global navigation satellite systems. The data observed from twelve ionospheric monitoring stations in GIRO (Global Ionospheric Radio Observatory) database are studied and the geographic latitudes are divided into four zones such as 0°–20°, 20°–40°, 40°–60°, and higher than 60°. The retrieved data are grouped into three seasons (herein, season consideration regarding to the north hemisphere), i.e., equinox, summer, and winter. Here, the bottomside thickness parameters of each zone are computed using the proposed equations. Afterwards, the diurnal and seasonal variations of the bottomside thickness parameters of all twelve stations are compared with those obtained from Digisonde. The studied results show that the bottomside thickness parameters computed using the proposed equation (B2botP) have similar trends as well as nearby values with the observed ones (B0\_obs). The absolute differences of all stations in summer season range from 0.09–25.11 km. Meanwhile, the absolute differences in equinox and winter seasons cover from 0.03–16.46 km and 0.02 – 22.49 km, respectively. The bottomside thickness parameter proposed in this research is an alternative method to compute approximately both the TEC and the GPS propagation delay for GNSS receiver positioning and disaster prediction.

**Keywords:** GIRO database, Bottomside thickness parameter, Global navigation satellite systems

## บทนำ

ระบบดาวเทียมนำทางสากล (GNSS) เป็นระบบที่สำคัญสำหรับการลงจอดของเครื่องบิน การระบุพิกัดตำแหน่งบนโลก ฯลฯ การระบุตำแหน่งเครื่องรับ GNSS ที่แม่นยำเป็นหัวข้อที่สำคัญมากซึ่งยังคงมีการศึกษาและได้รับการปรับปรุงโดยใช้เทคนิคหลายวิธี เวลาประวิงในชั้นไอโอโนสเฟียร์เป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญต่อการระบุตำแหน่งที่แม่นยำ ในที่นี้ค่าปริมาณอิเล็กทรอนิกส์ (TEC) ในชั้นไอโอโนสเฟียร์ถูกนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าเวลา

ประวิงในชั้นไอโอโนสเฟียร์ ดังนั้น แบบจำลองค่า TEC ที่แม่นยำและการวัดค่า TEC ที่เชื่อถือได้จึงเป็นหัวข้อที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการปรับแก้ค่าเวลาประวิงในชั้นไอโอโนสเฟียร์ โดยค่า TEC จะแปรผันตรงกับค่าเวลาประวิงในชั้นไอโอโนสเฟียร์ของสัญญาณ GPS (Ma and Maruyama, 2003) การวัด TEC ส่วนใหญ่ในทางปฏิบัติสามารถทำได้จากเครื่องมือวัดจำพวก TOPEX surface reflection, incoherent scatter radar และเครื่องรับ GPS แบบสองความถี่ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีแบบจำลองในชั้นไอโอโนสเฟียร์จำนวนมากที่มีการนำเสนอค่า TEC อาทิเช่น แบบจำลอง IRI และแบบจำลอง NeQuick ฯลฯ ในอดีตที่ผ่านมา Zhang et al. (1991) ได้เสนอสมการที่ใช้ในการประมาณค่า TEC กับค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างของแบบจำลอง NeQuick (B2bot) ซึ่งจะอธิบายต่อไปในหัวข้อที่ 3 โดยสมการนี้เป็นสมการที่น่าสนใจมาก เนื่องจากเราสามารถที่จะใช้สมการดังกล่าวนี้คำนวณหาค่า TEC โดยที่ไม่ต้องประมวลผลด้วยโปรแกรม RINEX ดังนั้น เทคนิคนี้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับสถานีดิจิทัลที่ที่ไม่มีการติดตั้งเครื่องรับ GPS ไว้ใช้งาน

นอกจากนี้ Jamjareegulgarn et al. (2017) ได้นำเสนอค่าปรับแก้ (correction factor) สำหรับพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่ Kwajalein มหาสมุทรแปซิฟิก เพื่อที่จะลดค่าผลต่างที่เกิดขึ้นระหว่างพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่คำนวณได้จากสมการที่นำเสนอกับค่าที่วัดได้จาก Digisonde (B0\_obs) ผลจากการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 ค่ามีค่าที่ใกล้เคียงกันมากขึ้นอย่างชัดเจนและมีการปรับปรุงมากขึ้นประมาณ 65-83% เมื่อเทียบกับค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่ไม่มีค่าปรับแก้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวใช้เพียงแค่ 1 วันในแต่ละฤดูกาลในปี 2008 ช่วงวัฏจักรสุริยะที่ต่ำเท่านั้น นอกจากนี้ ผลงานวิจัยจำนวนมากก่อนหน้านี้ก็ยังสามารถแสดงให้เห็นถึงผลต่างที่มากระหว่างค่าที่วัดได้จาก Digisonde กับค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่ทำนายได้จากแบบจำลอง IRI (B0) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณละติจูดต่ำและใกล้เส้นศูนย์สูตร ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันและตามฤดูกาลของพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่มีค่าปรับแก้ของสถานี Digisonde จำนวน 12 สถานีในช่วงที่มีผลกระทบของสุริยะมากที่สุดของวัฏจักรสุริยะที่ 24 (ปี 2013 - 2014) สำหรับระบบดาวเทียมนำทางสากลจะถูกศึกษาในงานวิจัยนี้ แล้วค่า TEC ที่คำนวณได้โดยใช้สมการที่นำเสนอเพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงการคำนวณหาค่า TEC โดยประมาณที่ง่ายขึ้น แทนที่จะมีการประมวลผลหาค่า TEC โดยใช้โปรแกรม RINEX โดยค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่นำเสนอนี้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการคำนวณหาทั้งค่า TEC และค่าเวลาประวิงของสัญญาณจีพีเอสโดยประมาณ

### ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นค่ามัธยฐานรายชั่วโมงของค่า  $foF2$ ,  $hmF2$ , ค่า TEC, ค่า  $m(3000)F2$  และค่า B0 ที่วัดได้จากเครื่องดิจิสอนด์ของสถานีวัดทั่วโลกจำนวน 12 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 1 ในที่นี้ ค่าข้อมูลที่วัดได้ในช่วงที่มีผลกระทบของสุริยะมากที่สุดของวัฏจักรสุริยะที่ 24 (ปี 2013 - 2014) ของสถานีดิจิสอนด์ 12 สถานีทั้งหมดจะนำมาจากเว็บไซต์ของ DIDBASE ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลนั้น ค่าข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์), ฤดูอควินอกซ์ (มีนาคม, เมษายน, กันยายน และตุลาคม), และ ฤดูร้อน (พฤษภาคม – สิงหาคม) และค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดดับบนดวงอาทิตย์ที่คิดตลอดระยะเวลา 1 ปี ( $Rz12$ ) ก็นำมาจากเว็บไซต์ IRI-2012

ตารางที่ 1 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของเครื่อง Digisonde ในสถานีวัดทั่วโลกจำนวน 12 สถานี

Twelve Digisonde Stations	Geographic Latitudes	Latitude	Longitude
Ramey		18.50	292.90
Ascension Island	0°-20°	-7.95	345.60
Jicamarca	(group 1)	-12.00	283.20
Wuhan		30.50	114.40
El Arenosillo	20°-40°	37.10	353.30
Louisvale	(group 2)	-28.50	21.20
Idaho National Laboratory		43.81	247.32
Chilton	40°-60°	51.50	359.40
Port Stanley	(group 3)	-51.60	302.10
Yakutsk		62.00	129.60
Tromso	> 60°	69.60	19.20
Qaanaaq	(group 4)	77.50	290.80

### การคำนวณค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่าง ( $B2_{bot}$ )

#### 1. การคำนวณค่า $B2_{bot}$ ที่ไม่มีค่าปรับแก้ ( $B2_{botP\_old}$ )

แบบจำลอง NeQuick 2 เป็นแบบจำลองที่แสดงค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนในชั้นไอโอโนสเฟียร์อันหนึ่งซึ่งแสดงค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนและค่า TEC ที่ตำแหน่ง วันและ

เวลาที่ต้องการ โดยแบบจำลอง NeQuick 2 นี้จะถูกอธิบายด้วยฟังก์ชันเอพสไตน์ (Epstein) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชั้นไอโอโนสเฟียร์ด้านล่างกับชั้นไอโอโนสเฟียร์ด้านบน Zhang et al. (1991) ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่าง (B2bot), ค่า  $k$  (พารามิเตอร์รูปร่างด้านบน), ค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอนพีคชั้น F2 (NmF2) และค่า TEC ของแบบจำลอง NeQuick 2 ด้วยสมการที่ 2

$$TEC = 2(1 + k)NmF2 \times B2bot \quad (2)$$

ในที่นี้ ค่า  $k$  หาค่าได้จากสมการที่ 3

$$k = 3.22 - 0.0538foF2 - 0.00664hmF2 + 0.113 \frac{hmF2}{B2bot} + 0.00257Rz12 \quad (3)$$

หลังจากนั้น แทนค่า  $k$  จากสมการที่ 3 ลงไปในสมการที่ 2 แล้วทำการจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปของ B2bot เราจะได้สมการ B2bot ที่ได้รับการจัดรูปใหม่ดังแสดงในสมการที่ 4

$$B2botP_{old} = \frac{\tau/2 - 0.113hmF2}{S} \quad (4)$$

$$S = 4.22 - 0.0538foF2 - 0.00664hmF2 + 0.00257Rz12 \quad (5)$$

$$\tau = \frac{TEC}{NmF2} \quad (6)$$

## 2. การคำนวณค่า B2bot ที่มีค่าปรับแก้ (B2botP\_new)

เนื่องจากมีค่าผลต่างที่เกิดขึ้นระหว่างพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่คำนวณได้จากสมการที่นำเสนอกับค่าที่วัดได้จาก Digisonde (B0\_obs) ในทางปฏิบัติ ดังนั้นค่าปรับแก้ (correction factor) สำหรับค่า B2botP\_old ควรที่จะได้รับการหาค่าเพิ่มเติม ในงานวิจัยนี้เราจึงเลือก “อัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างที่คำนวณได้จากสมการที่นำเสนอกับค่าที่วัดได้จาก Digisonde (B0\_obs) กับค่า  $\tau$  มาใช้เป็นค่าปรับแก้ (c)” ให้กับค่า B2botP\_old นอกจากนี้ ท่ามกลางพารามิเตอร์ในชั้นไอโอโนสเฟียร์ที่ศึกษาที่ใช้การคำนวณหาค่า B2botP\_old นั้น พารามิเตอร์ทั้งหมดเป็นค่าข้อมูลที่ได้จากการวัดและค่าข้อมูลที่ได้จากสมการเชิงการทดลอง ยกเว้นค่า  $\tau$  เนื่องจากค่า  $\tau$  เป็นอัตราส่วน

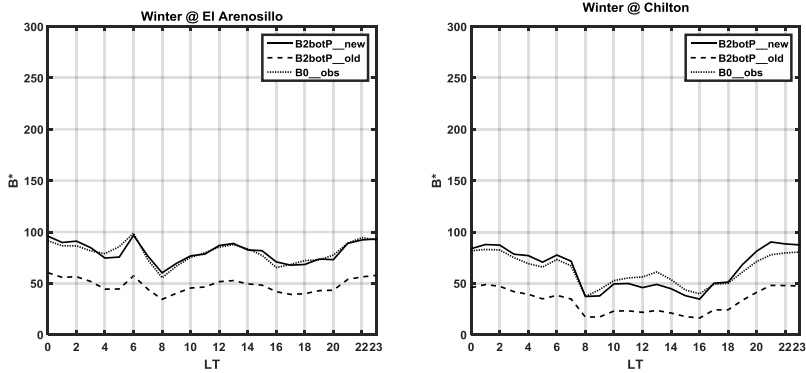
ระหว่างค่า TEC กับค่า NmF2 จึงมีความแตกต่างระหว่างค่า TEC ที่ได้จากดิจิซอนด์และค่า TEC ที่วัดได้จากเครื่องมือวัดประเภทอื่นๆ ดังนั้น สมการที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างที่มีค่าปรับแก้ (B2botP\_new) ก็จะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7 ดังนี้

$$\text{B2botP\_new} = \text{B2botP\_old} + c \times \tau. \quad (7)$$

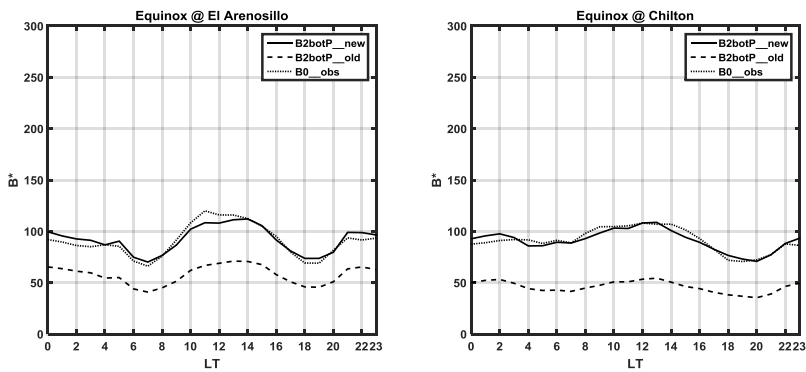
### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ในหัวข้อนี้ ค่า B2botP\_new จะถูกคำนวณหาค่าออกมาโดยใช้สมการที่ 8 และทำการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จาก Digisonde (B0\_obs) และค่า B2botP\_old ที่นำเสนอใน Jamjareegulgarn et al. (2016) โดยในที่นี้ จะขอแสดงค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างที่สถานี El Arenosillo (Spain) และสถานี Chilton (England) เท่านั้น เนื่องจากเป็นผลการศึกษาที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดของค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างและค่าเฉลี่ยของค่าปรับแก้ที่คำนวณได้ในแต่ละโซนของทั้ง 12 สถานีที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ผลการศึกษามีดังนี้

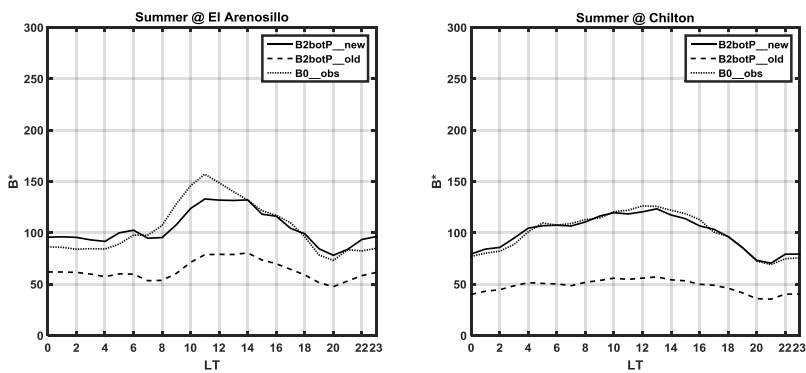
การเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างในฤดูหนาวฤดูอควินอกซ์และฤดูร้อนที่เมือง El Arenosillo และ เมือง Chilton ในปี ค.ศ. 2014 มีแสดงไว้ในรูปที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ จากผลการศึกษาจะเห็นได้ชัดว่า ค่า B2botP\_new ที่นำเสนอมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนและมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่สังเกตได้จากเครื่องดิจิซอนด์ (B0\_obs) โดยค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างในตอนกลางวันจะสูงกว่าค่าในตอนกลางคืน ยกเว้นฤดูหนาว นอกจากนี้ คุณลักษณะที่เด่นชัดอีก 2 ประการที่พบก็คือ มีการยกตัว (เพิ่มขึ้น) ของความหนาแน่นอิเล็กตรอนอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเวลาก่อนพระอาทิตย์ขึ้นที่เมือง El Arenosillo และในตอนกลางวัน ค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างที่เมือง El Arenosillo จะสูงกว่าค่าที่เมือง Chilton นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบว่า ค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างที่เมือง El Arenosillo จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกับค่าที่วัดได้ที่เมือง Chung Li ประเทศไต้หวัน (Chuo, 2012) โดยผลต่างสัมบูรณ์ของค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างในฤดูหนาวและฤดูอควินอกซ์มีค่าประมาณ 10 กิโลเมตร ส่วนผลต่างสัมบูรณ์ของค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างในฤดูร้อนมีค่าประมาณ 25 กิโลเมตร โดยผลต่างที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่เวลา 11.00 น. ที่เมือง El Arenosillo นอกจากนี้ ผลต่างสัมบูรณ์ของค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นล่างในฤดูร้อนมีค่า 0.09 - 25.11 กิโลเมตร ส่วนผลต่างสัมบูรณ์ในฤดูอควินอกซ์และฤดูหนาวมีค่า 0.03 - 16.46 กิโลเมตร และ 0.02 - 22.49 กิโลเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของค่า B\* ในฤดูหนาว ปี ค.ศ. 2014



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของค่า B\* ในฤดูหนาว ปี ค.ศ. 2014



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันของค่า B\* ในฤดูหนาว ปี ค.ศ. 2014

### สรุป

พารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างของสถานีดิจิจิซอนด์ 12 สถานี ได้ถูกศึกษาในงานวิจัยนี้ โดยเลือกช่วงเวลาในการศึกษาที่ได้รับผลกระทบของดวงอาทิตย์มากที่สุดของวัฏจักรสุริยะที่ 24 พบว่า ค่า B2botP\_new ที่นำเสนอมีการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกับค่าที่สังเกตได้จาก เครื่องดิจิจิซอนด์ โดยค่าในตอนกลางวันมีค่าสูงกว่าค่าในตอนกลางคืน ความหนาแน่น อิเล็กตรอนมีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเวลาก่อนพระอาทิตย์ขึ้นที่ El Arenosillo และ ค่าพารามิเตอร์ความหนาแน่นด้านล่างในตอนกลางวันที่ El Arenosillo มีค่าที่สูงกว่าค่าที่ Chilton

### คำขอบคุณ

นักวิจัยขอขอบคุณหน่วยงาน NICT ประเทศญี่ปุ่น, เว็บไซต์กิโกล (GIRO) สำหรับ ข้อมูลดิจิจิซอนด์ และ ศาสตราจารย์ ดร. พรชัย ทรัพย์นิธิ บทความวิจัยนี้เป็นผลผลิตของ โครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายจากงบประมาณแผ่นดิน (วช.) ประจำปี 2561

### เอกสารอ้างอิง

- Chuo, Y.J. 2012. Variations of ionospheric profile parameters during solar maximum and comparison with IRI-2007 over Chung-Li, Taiwan. *Ann. Geophys.* 30, 1249-1257.
- Jamjareegulgarn, P., P. Supnithi, K. Watthanasangmechai, T. Yokoyama, T. Tsugawa, M. Ishii. 2016. A new expression for computing the bottomside thickness parameter and comparisons with the NeQuick and IRI-2012 models during declining phase of solar cycle 23 at equatorial latitude station, Chumphon, Thailand. *Adv. Space Res.* doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2016.11.003>.
- Jamjareegulgarn, P., P. Supnithi, K. Hozumi, T. Tsugawa. 2017. A correction factor of Bottomside Thickness Parameter for Computing TEC in Global Navigation Satellite Systems. *iEECON 2017*, 8-10 March, 2017, Thailand.
- Ma, G. and T. Maruyama. 2003. Derivation of TEC and estimation of instrumental biases from GEONET in Japan. *Ann. Geophys.* 21, 2083-2093.
- Zhang, M.L., S.M. Radicella, P. Spalla. 1991. The use of simultaneous observations of TEC and ground vertical ionospheric soundings to improve the modeling of the ionosphere, IRI Workshop, Athens, Greece.

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พลังงานและเอ็กเซอร์จีของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับ  
ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Energy and Exergy Costings of an Organic Rankine Cycle Combined with  
an Absorption Chiller by Mathematical Model

บุญคำข่ง นวงไข<sup>1</sup> นัฐพร ไชยญาติ<sup>1\*</sup> ชวโรจน์ ใจสิน<sup>1</sup> และ จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล<sup>2</sup>  
Bounkhamxiong Navongxay<sup>1</sup>, Nattaporn chaiyat<sup>1\*</sup>, Chawaroj Jaisin<sup>1</sup>  
and Chakkrapan Thawongamyingsakul<sup>2</sup>

<sup>1</sup> วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup> คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

<sup>1</sup>School of Renewable Energy, Maejo University

<sup>2</sup>Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

\*Corresponding author: benz178tii@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยระบบการทำงานร่วมดังกล่าวประกอบด้วย 3 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 ใช้ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนมาระบายความร้อนแทนเครื่องควบแน่นในวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ รูปแบบที่ 2 ใช้ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนมาลดอุณหภูมิสารทำงานบริเวณทางออกของกังหัน และรูปแบบที่ 3 ใช้ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนมาลดอุณหภูมิสารทำงานก่อนเข้าเครื่องควบแน่น และใช้น้ำเย็นระบายความร้อนร่วมกับหอระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น ซึ่งสารทำงานที่ใช้ในวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ คือ R-245fa และคู่สารทำงานที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน คือ สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการทำงานร่วมที่เหมาะสมที่สุด คือ รูปแบบที่ 1 โดยมีค่าต้นทุนการผลิตพลังงานต่อหน่วยและเอ็กเซอร์จีเท่ากับ 3.48 16.08 Bath/kWh ตามลำดับ ในขณะที่รูปแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 4.06 18.55 Bath/kWh ตามลำดับ และรูปแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 4.93 22.09 Bath/kWh ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ต้นทุนการผลิตพลังงานต่อหน่วยและเอ็กเซอร์จีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Abstract

In this study, energy and exergy costings of an organic Rankine cycle (ORC) combined with an absorption chiller are presented. The combined units have been presented 3 models to compare the thermal performance. The first model presents the absorption system as the ORC condenser, the second model represents technique for reducing working fluid temperature leaving the ORC expander and the third model shows the absorption system combined with the cooling tower to reducing temperature working fluid at the ORC condenser. R-245fa is selected as working fluid of the ORC system, while the absorption system uses an ammonia-water (NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O) solution. From the study results, the optimal combined system was model number 1. Levelized energy and



exergy costs of the model 1 were 3.48 and 16.08 Bath/kWh, while the model 2 were 4.06 and 18.55 Bath/kWh in addition to the model 3 illustrated 4.93 and 22.09 Bath/kWh, respectively.

**Keywords:** Organic Rankine cycle, Absorption chiller, Energy costing, Exergy costing, Mathematical model

## บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม ดังนั้นจึงได้หาแนวทางแก้ไขเพื่อให้การใช้พลังงานมีความยั่งยืนมากขึ้น โดยระบบการทำงานร่วมของพลังงานความร้อน ความเย็น และการผลิตไฟฟ้า (Combined cooling heating and power generation, CCHP) เป็นระบบที่มีความน่าสนใจของตลาดพลังงานในปัจจุบัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง และการลงทุนเริ่มต้นค่อนข้างถูก ซึ่งวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (Organic Rankine cycle, ORC) และระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption chiller) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้พลังงานทดแทนมาผลิตไฟฟ้าและความเย็น โดยแหล่งความร้อนที่มีศักยภาพและเหมาะสมให้แก่ระบบ อาทิเช่น ความร้อนเหลือทิ้ง พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล และเชื้อเพลิงขยะ เป็นต้น

โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตพลังงานร่วม อาทิเช่น Hamdullahpur et al. (2011); F.A.Al-Sulaiman et al. (2012) นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี (Exergy) ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ โดยลดอุณหภูมิสารทำงานบริเวณทางออกของกังหันก่อนเข้าสู่เครื่องควบแน่น ด้วยระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ผลที่ได้พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีได้ประมาณ 28% ในขณะที่ Dincer et al. (2012) ประเมินสมรรถนะของระบบทำความเย็น ความร้อน และไฟฟ้าร่วมกับตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก (Solar parabolic) ผลที่ได้พบว่า ประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของระบบรวมเท่ากับ 46% และ 88% ตามลำดับ Chaiyat and Kiatsirirot (2015) นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xangpheuak and Nattaporn (2016) เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ซึ่งทั้ง 2 งานวิจัยดังกล่าว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ได้ประมาณ 50% Bicer and Dincer (2016) วิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของระบบการผลิตร่วมแบบหลากหลาย (Multi-generation) โดยใช้ความร้อนจากพลังงานใต้พิภพและพลังงานแสงอาทิตย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bellos and Tzivanidis (2017) นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ร่วมกับการทำความเย็นและความร้อน (Tri-generation) โดยใช้สารทำงาน 8 ชนิด ในการทดสอบหาจุดการทำงานร่วมที่เหมาะสม Mohammadi et al. (2017) นำเสนอการวิเคราะห์สมรรถนะระบบทำความเย็น ความร้อน และไฟฟ้าร่วมกับกังหันลมและระบบทำความเย็นแบบอัดไอ Bounkhamxiong et al. (2017) วิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน Chaiyat et al. (2017) นำเสนอรูปแบบการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ด้วยระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยการลดอุณหภูมิสารทำงานของเครื่องควบแน่น ผลที่ได้พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ได้ประมาณ 7.22% และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยเท่ากับ 0.1088 USD/kWh

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้น พบว่า ยังไม่มีงานวิจัยใดนำเสนอการหารูปแบบการทำงานที่เหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์พลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยสาร

ทำงานที่ใช้ในวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ คือ R-245fa และระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน คือ คู่สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ (Ammonia-water solution, NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O)

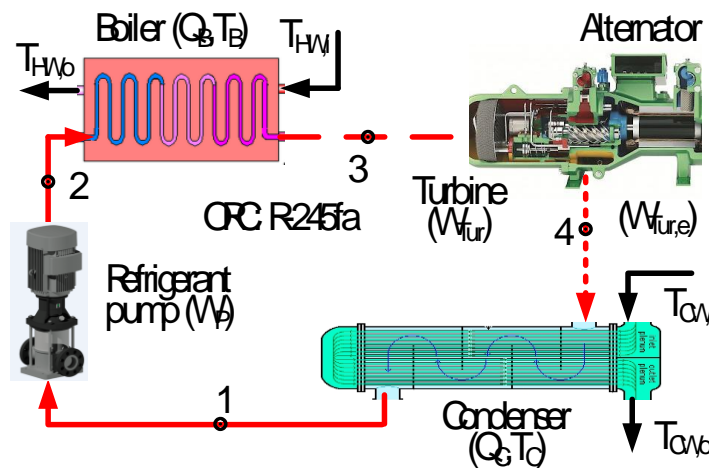
### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 1. วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์

วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ประกอบไปด้วย 5 อุปกรณ์หลัก คือ ปั๊มสารทำงาน (Refrigerant pump) ทำหน้าที่หมุนเวียนสารทำงานและเพิ่มความดันให้แก่ระบบ หม้อต้ม (Boiler) ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนให้แก่สารทำงานในระบบ กังหัน (Turbine) ทำหน้าที่ขับเคลื่อนที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้า และเครื่องควบแน่น (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกสู่สภาวะภายนอก ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จิชของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ดังแสดงในสมการที่ 1 และ สมการที่ 2

$$\eta = \frac{W_{Turb} - W_P}{Q_B} \quad (1)$$

$$\psi = \frac{\dot{E}_{Turb} - \dot{E}_P}{\dot{E}_B} \quad (2)$$

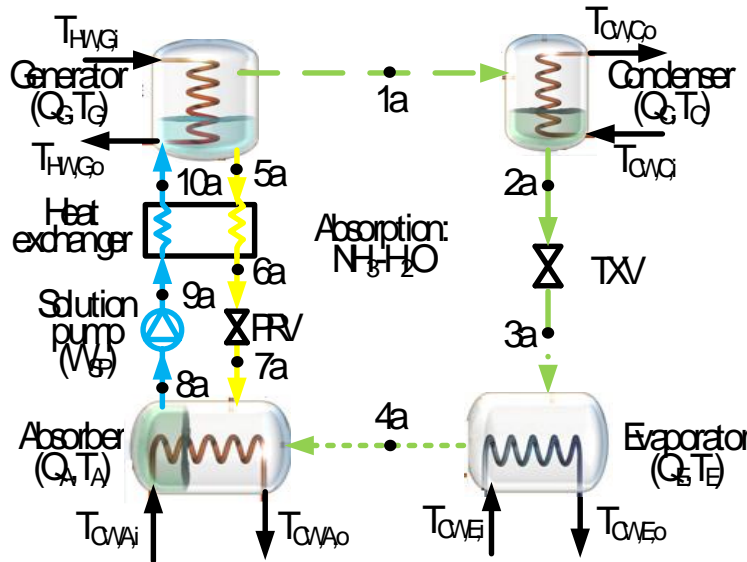


รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์

#### 2. ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนประกอบไปด้วย 7 อุปกรณ์หลัก คือ เจนเนอเรเตอร์ (Generator) ทำหน้าที่รับความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนและถ่ายเทความร้อนที่ได้รับเข้าสู่ระบบ เครื่องควบแน่น (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกสู่สภาวะภายนอก วาล์วลดความดัน (Expansion valve) ทำหน้าที่ลดระดับความดันของสารทำงานให้แก่ระบบ เครื่องระเหย (Evaporator) ทำหน้าที่รับความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ระบบ แอบซอร์เบอร์ (Absorber) ทำหน้าที่ดูดกลืนสารทำงานในสถานะไอที่ไหลออกมาจากเครื่องระเหยได้ กลายเป็นของเหลวในรูปของสารละลาย ปั๊มสารละลาย (Solution pump) ทำหน้าที่หมุนเวียนสารทำงานและเพิ่มความดันให้แก่ระบบ และ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากของไหลอุณหภูมิสูงไปยังของไหลอุณหภูมิต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์สมรรถนะด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ดังแสดงในสมการที่ 3 และสมการที่ 4



รูปที่ 2 แผนภาพการทำงานระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

$$COP_{AB} = \frac{Q_E}{Q_G + W_{SP}} \quad (3)$$

$$COP_{E*AB} = \frac{E_E}{E_G + E_{SP}} \quad (4)$$

### 3. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงาน (Levelized energy cost; LEC) และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านเอ็กเซอร์จี (Levelized exergy cost; LExC) สามารถประเมินได้จากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ค่าอัตราส่วนลด ค่าดอกเบี้ยของธนาคาร ค่าเงินเฟ้อ และค่าเสียโอกาส เป็นต้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยดังแสดงสมการที่ 5 และสมการที่ 6 ต่อไปนี้

$$LEC = \frac{Inv + \sum_{t=1}^n \frac{PEC}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{(W_{OR,system} + Q_{ECW,OP})t}{(1+r)^t}} \quad (5)$$

$$LExC = \frac{\sum_{t=1}^n Inv \left[ \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} \right] + \sum_{t=1}^n PEC \left[ \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} \right]}{\sum_{t=1}^n W_{OR,system} t \left[ \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} \right] + \sum_{t=1}^n Q_{ECW,OP} t \left[ \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} \right]} \quad (6)$$

### วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ โดยเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

- 1) สารทำงาน คือ R-245fa
- 2) ปริมาณความร้อนที่หม้อต้ม ( $Q_B$ ) เท่ากับ 180 kW
- 3) อุณหภูมิน้ำร้อนที่ป้อนเข้าวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ( $T_{HW,i}$ ) เท่ากับ 80-120 °C
- 4) อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าเครื่องควบแน่น ( $T_{CW,i}$ ) เท่ากับ 32 °C
- 5) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $T_{Amb}$ ) เท่ากับ 28 °C
- 6) ชั่วโมงการทำงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ต่อปี ( $t_{OP}$ ) เท่ากับ 8,400 h/y (Chaiyat et al., 2017)
- 7) สมบัติของสารทำงานที่สภาวะต่าง ๆ อ้างอิงจากโปรแกรม Refprop (NIST, 2018)

2. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

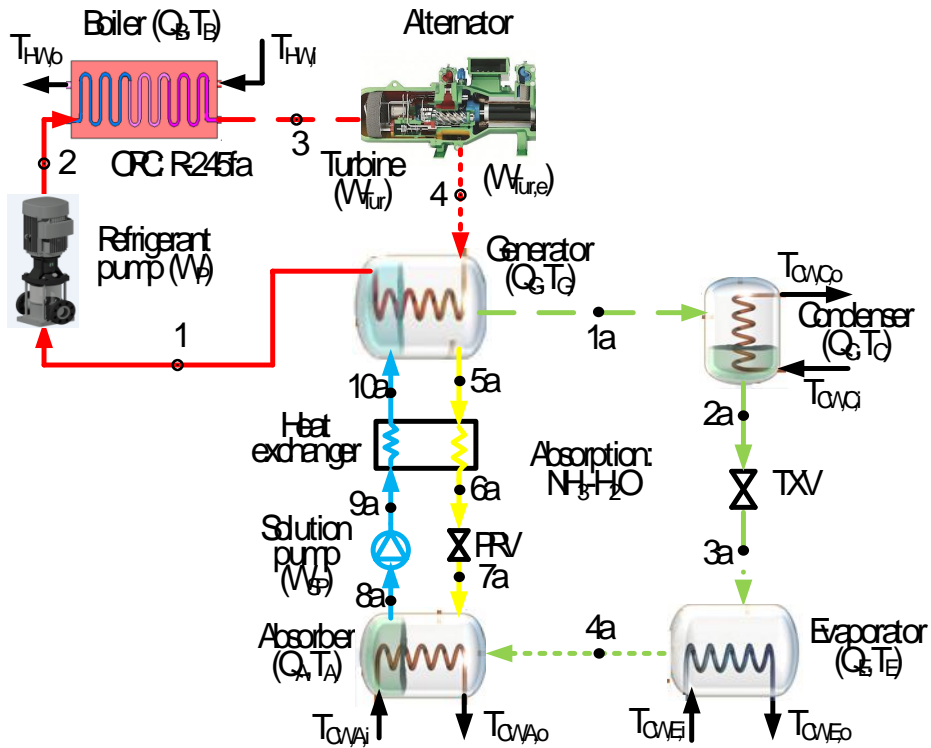
- คู่สารทำงาน คือ สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ
- ชั่วโมงการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนต่อปี เท่ากับ 8,400 h/y (Chaiyat et al. 2017)
- อัตราส่วนการไหล (Flow ratio, FR) ไม่เกิน 20 (Chaiyat and Kiatsiriroat. 2011)

3. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3

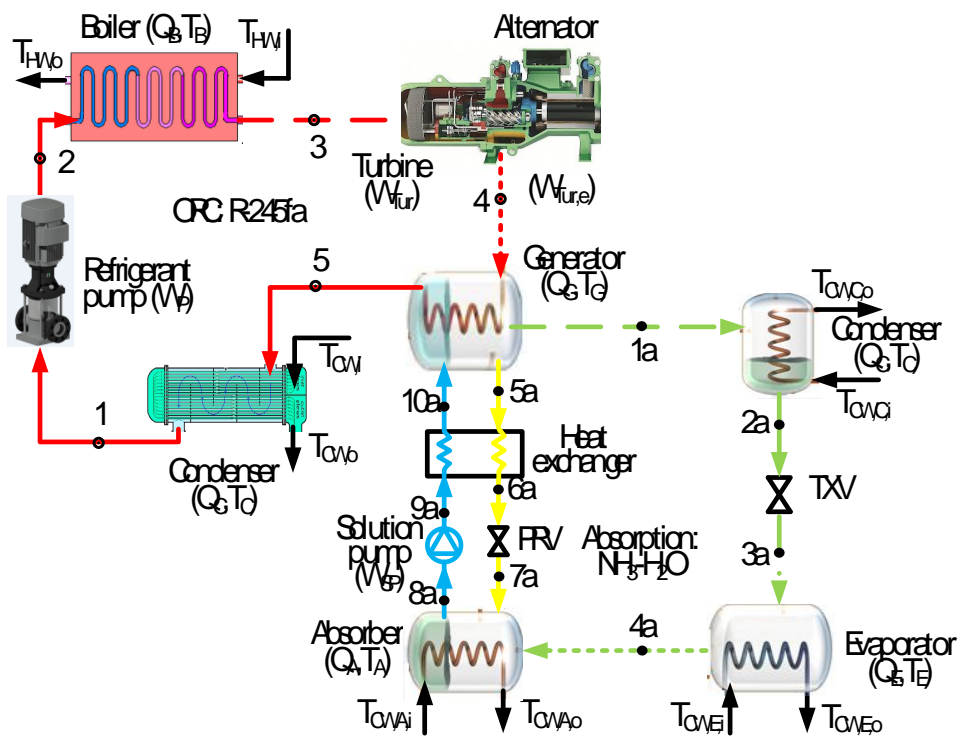
4. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4

5. วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 5

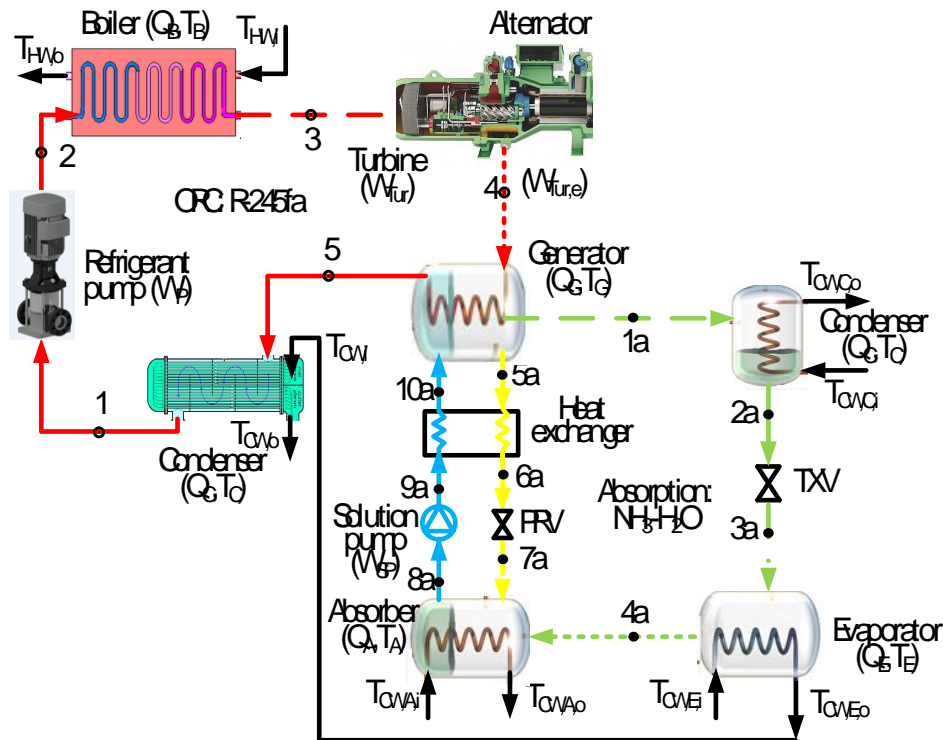
6. เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนของแต่ละรูปแบบ เพื่อนำมาพิจารณาหารูปแบบการทำงานงานร่วมที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 3 แผนภาพการทำงานของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบที่ 1



รูปที่ 4 แผนภาพการทำงานของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบที่ 2

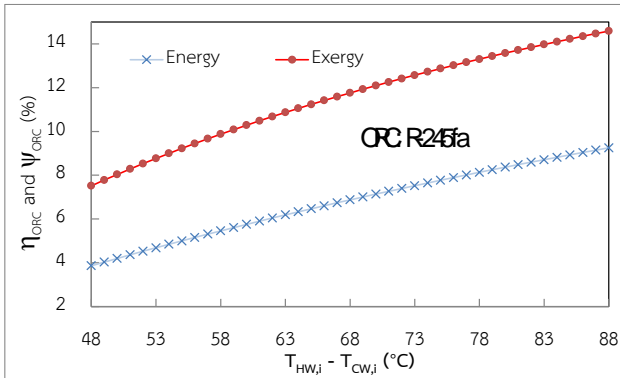


รูปที่ 5 แผนภาพการทำงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบที่ 3

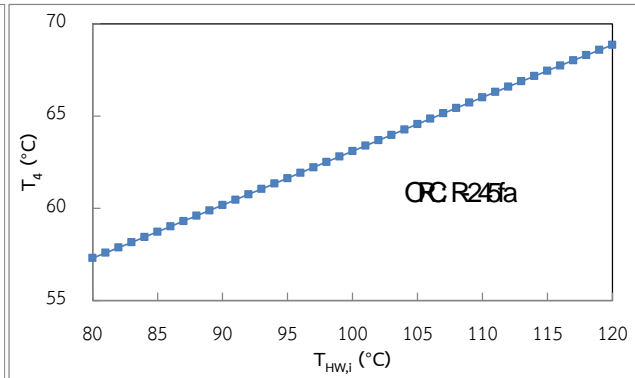
### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### ผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์

รูปที่ 6 (a) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิน้ำร้อนเข้าหม้อต้ม และน้ำระบายความร้อนเข้าเครื่องควบแน่นกับประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ โดยผลการจำลองพบว่าเมื่อผลต่างของอุณหภูมิน้ำร้อนมีค่าเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของระบบเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากอุณหภูมิสารทำงานก่อนเข้ากังหันสูงมีผลทำให้ค่าเอนทัลปีทางเข้ากังหันสูงสูงกว่าเอนทัลปีทางออก ซึ่งทำให้งานที่ผลิตได้จากกังหันเพิ่มขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ จึงมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีมีค่าสูงสุดเท่ากับ 9.25 และ 14.58% ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับจะเห็นว่าประสิทธิภาพเอ็กเซอร์จีมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพด้านพลังงานประมาณ 57% ในทุกเงื่อนไขการคำนวณ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของงานวิจัย Chaiyat and Kiatsirirot (2015) โดยประสิทธิภาพเท่ากับ 8.73% และอุณหภูมิสารทำงานบริเวณทางออกของกังหัน ( $T_d$ ) มีค่าอยู่ในช่วง 57-69°C เมื่อป้อนอุณหภูมิน้ำร้อนให้แก่ระบบอยู่ในช่วง 80-120°C ดังแสดงในรูปที่ 6 (b) โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้อุณหภูมิสารทำงานดังกล่าวเป็นแหล่งความร้อนที่ป้อนให้แก่ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน



(a) ประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์



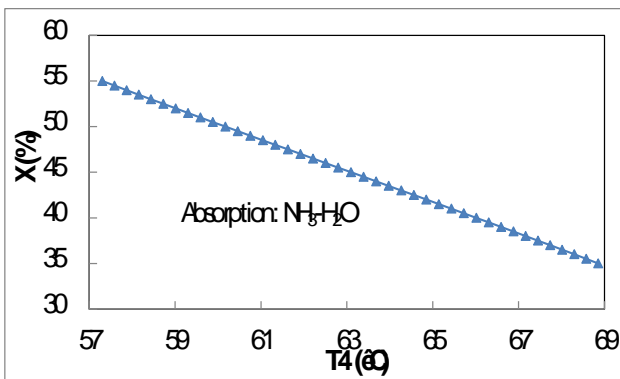
(b) อุณหภูมิสารทำงานบริเวณทางออกของกังหัน

**รูปที่ 6 ผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์**

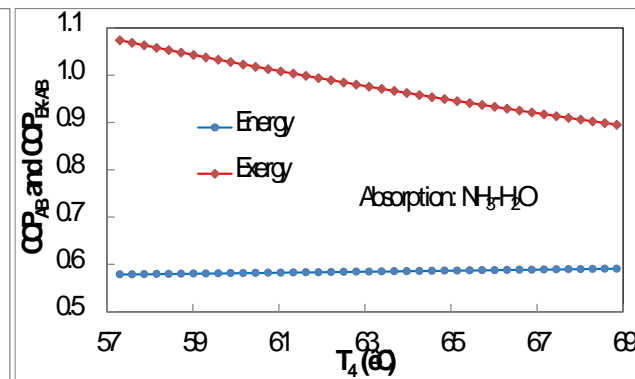
**ผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน**

เมื่อนำอุณหภูมิสารทำงานบริเวณทางออกของกังหันดังแสดงในรูปที่ 6 (b) มาทำการวิเคราะห์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมกับแหล่งความร้อนดังกล่าว จากผลการจำลองพบว่า ค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายแอมโมเนีย-น้ำที่เจนเนอเรเตอร์  $X_G = X_5$  อยู่ในช่วง 35-55 %NH<sub>3</sub> ดังแสดงในรูปที่ 7 (a) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่าความเข้มข้นสูงที่สุดเท่ากับ 55 %NH<sub>3</sub> เพื่อให้ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนสามารถเริ่มต้นทำงานได้ในแหล่งความร้อนต่ำที่ป้อนให้แก่ระบบ

รูปที่ 7 (b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสารทำงานบริเวณทางออกของกังหันอยู่ในช่วง 57-69 °C กับสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยมีค่าความเข้มข้นสารละลายแอมโมเนีย-น้ำที่เจนเนอเรเตอร์  $X_G = X_5 = 55$  %NH<sub>3</sub> และอัตราส่วนการไหลน้อยกว่า 20 จากผลการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิสารทำงานมีผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน เมื่ออุณหภูมิสารทำงานเพิ่มขึ้นมีผลทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะด้านพลังงานมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ในทางตรงกันข้ามด้านเอ็กเซอร์จีมีค่าลดลง เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์หลักในระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนค่อนข้างสูง จึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะด้านพลังงานเพิ่มขึ้นและเอ็กเซอร์จีลดลง



(a) ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนีย-น้ำ



(b) สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

**รูปที่ 7 ผลการจำลองทางจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน**

### ผลการเปรียบเทียบระบบการทำงานรวมทั้ง 3 รูปแบบ

รูปที่ 8 (a) แสดงผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิสารทำงานบริเวณทางออกของเครื่องควบแน่น หรือ อุณหภูมิจุดที่ 1 ( $T_1$ ) ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนทั้ง 3 รูปแบบ โดยอุณหภูมิน้ำร้อนที่ป้อนให้แก่ระบบอยู่ในช่วง 80-120°C ผลที่ได้พบว่า ทั้ง 3 รูปแบบมีอุณหภูมิสารทำงานเริ่มต้นที่ 35°C เท่ากัน เมื่ออุณหภูมิ น้ำร้อนที่ป้อนให้แก่ระบบเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิสารทำงานของรูปแบบที่ 1 และ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วยมี ค่าสูงสุดประมาณ 45.66°C และ 46.14°C ตามลำดับ แต่ในทางกลับกันอุณหภูมิสารทำงานของรูปแบบที่ 3 ลดลง เนื่องจากใช้น้ำเย็นที่ผลิตได้จากระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนมาช่วยในการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นของวัฏ จักรแรงคินสารอินทรีย์ จึงมีผลทำให้อุณหภูมิสารทำงานของรูปแบบที่ 3 ลดลงโดยมีค่าต่ำสุดประมาณ 30.96°C

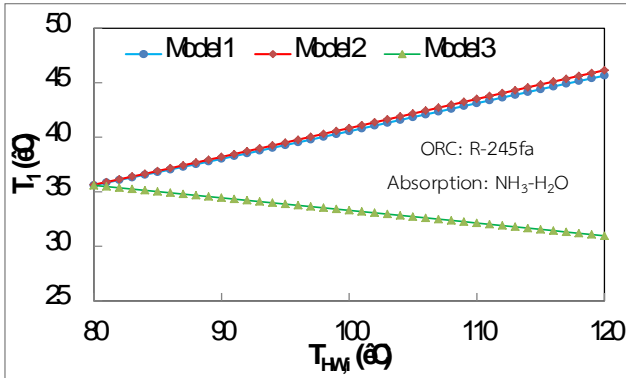
รูปที่ 8 (b) แสดงผลการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ร่วมกับระบบ ทำความเย็นแบบดูดกลืนทั้ง 3 รูปแบบ ผลที่ได้พบว่า เมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนที่ป้อนให้แก่ระบบเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าเอนทัลปีทางเข้ากังหันสูงกว่าเอนทัลปีทางออกและอุณหภูมิน้ำเย็นที่ป้อนให้แก่เครื่องควบแน่นมีค่าต่ำ จึงทำให้งานที่ได้จาก ระบบมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย แต่กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ปั๊มมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำระบายความร้อนมีค่าต่ำทำให้อุณหภูมิสารทำงานและความดันที่ออกจากเครื่องควบแน่นลดลง ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ปั๊มมีค่ามากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8 (c) เพื่อเพิ่มความดันจากความดันต่ำให้เพิ่มขึ้นเท่ากับความดันในหม้อต้มของระบบ

รูปที่ 8 (d) แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ผลที่ได้พบว่า รูปแบบที่ 3 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์ จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10.46% และ 18.01% ตามลำดับ ในขณะที่รูปแบบที่ 2 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 9.38% และ 16.17% ตามลำดับ และรูปแบบที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 9.52% และ 16.41% ตามลำดับ และยังพบว่า รูปแบบที่ 1 และ 2 เป็นระบบการทำงานร่วมแบบการผลิตไฟฟ้าและความเย็น (Combined cooling and power, CCP) ดังแสดงในรูปที่ 8 (e) เมื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าร่วมความเย็น พบว่า รูปแบบที่ 1 มีประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีเพิ่มขึ้นเป็น 25.84% และ 50.45% ตามลำดับ ในขณะที่รูปแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 19.76% และ 42.60% ตามลำดับ

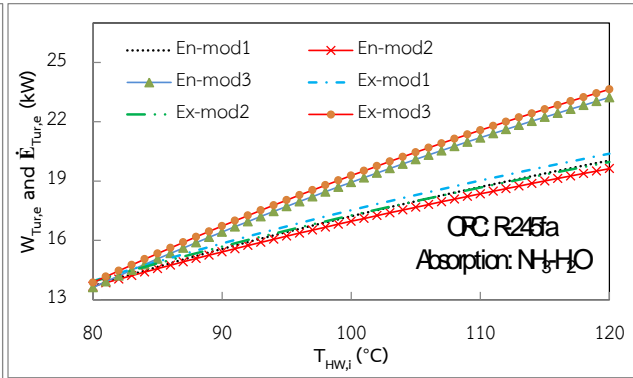
### ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับ ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยรายละเอียดของแต่ละรูปแบบดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 10 แสดง ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับ ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน พบว่า รูปแบบการทำงานร่วมที่เหมาะสมที่สุด คือ รูปแบบที่ 1 โดยมีค่าต้นทุนการ ผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีเท่ากับ 3.48 และ 16.08 Bath/kWh ตามลำดับ ในขณะที่รูปแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 4.06 และ 18.55 Bath/kWh ตามลำดับ และรูปแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 4.93 และ 22.09 Bath/kWh ตามลำดับ

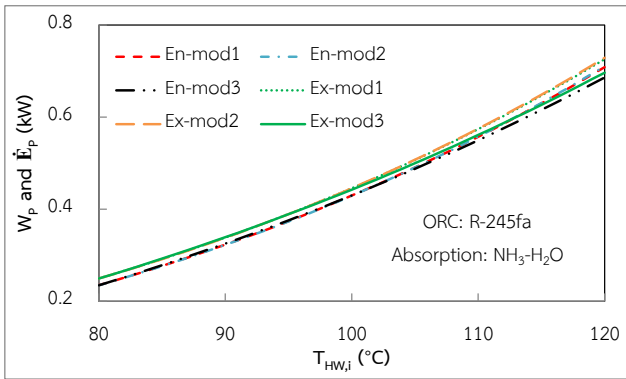




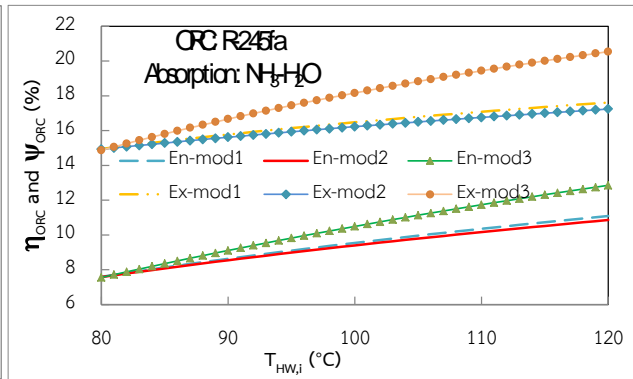
(a) อุณหภูมิสารทำงานบริเวณทางออกของกังหัน



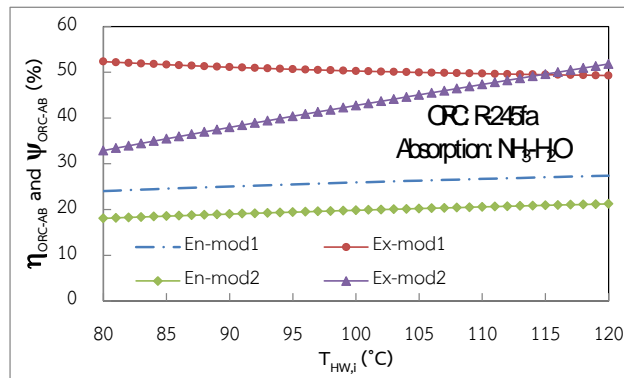
(b) กำลังไฟฟ้าจากกังหันของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์



(c) กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ปั๊มสารทำงาน



(d) ประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์



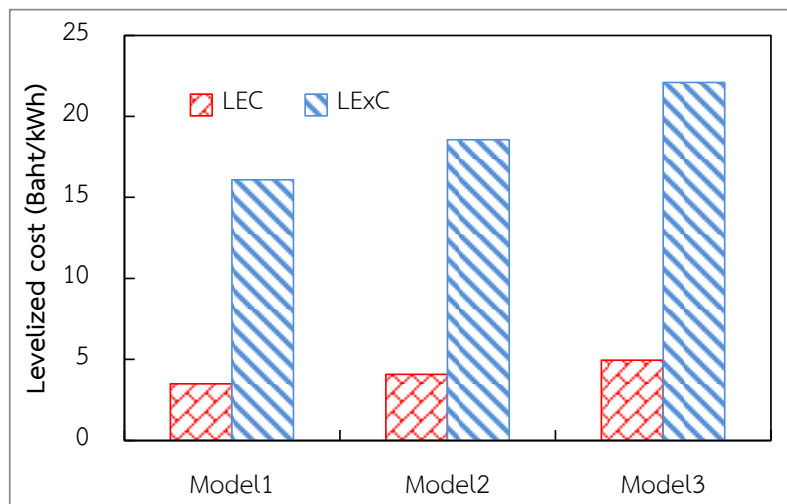
(e) ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าร่วมความเย็น

รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบการทำงานร่วมของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์กับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

ตารางที่ 1 แสดงผลรายละเอียดด้านต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของแต่ละรูปแบบ

Descriptions	Model 1	Model 2	Model 3
Power production ( $W_{ORC,system} + Q_{E,CW}$ ) [kW]	41.01	32.05	18.75
Power production [kWh/y]	344,484	269,220	157,500
Cost of the ORC unit <sup>1</sup> [Baht]	1,712,686	1,705,609	1,765,109
Cost of the absorption system <sup>2</sup> [Baht]	504,954	453,524	200,000
Operating time ( $t_{OP}$ ) <sup>3</sup> [h/y]	8,400	8,400	8,400
Cost of piping and housing [Baht]	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Operating and maintenance cost <sup>4</sup> [Baht/y]	85,634	85,280	88,256
Discount rate <sup>5</sup> (r) [%]	7.12	7.12	7.12
Life time (n) [y]	20	20	20

Remark : <sup>1</sup> Referred cost of the ORC from Nattaporn, (2560), <sup>2</sup> Referred cost of the Absorption chiller from Chaiyat et al. (2017)  
<sup>3</sup> Referred the operating time from Chaiyat et al. (2017), <sup>4</sup> Calculated at 5% of the ORC cost,  
<sup>5</sup> Referred the discount rate from Krungthai Bank online (accessed 05 March 2018)



รูปที่ 10 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของผลิตพลังงานร่วม

### สรุป

จากผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงคินสาร์อินทรีย์ที่ใช้สารทำงาน คือ R-245fa ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนที่ใช้คู่สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ สามารถสรุปได้ว่า

- 1) ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสาร์อินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนรูปแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.48 และ 16.08 Bath/kWh ตามลำดับ
- 2) ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสาร์อินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนรูปแบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 4.06 และ 18.55 Bath/kWh ตามลำดับ
- 3) ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จี ของวัฏจักรแรงคินสาร์อินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนรูปแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 4.93 และ 22.09 Bath/kWh ตามลำดับ

- 4) รูปแบบการทำงานร่วมที่เหมาะสมที่สุด คือ รูปแบบที่ 1 โดยมีค่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีต่ำที่สุด

#### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้ “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา” และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภายใต้ “แผนงานพลังงานทดแทนภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่างไทย-จีน 2561” ที่สนับสนุนงบประมาณงานวิจัยในครั้งนี้

#### เอกสารอ้างอิง

- นัฐพร ไชยญาติ. การนำความร้อนทิ้งกลับคืน (Waste heat recovery). วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิมพ์ครั้งที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2560.
- นัฐพร ไชยญาติ. เทคโนโลยีพลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy technology). วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้, พิมพ์ครั้งที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2560.
- ธนาคารกรุงไทย. อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ. ออนไลน์ [http://www.ktb.co.th/Download/rateFee/RateFeeDownload\\_4161loan\\_16\\_05\\_60.pdf](http://www.ktb.co.th/Download/rateFee/RateFeeDownload_4161loan_16_05_60.pdf), เข้าถึงเมื่อ : 05 มีนาคม 2561.
- Bounkhamxiong Navongxay, นัฐพร ไชยญาติ จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล และ ชวโรจน์ ใจสิน. 2018. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้านพลังงานและเอ็กเซอร์จีของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน, เรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ (ครั้งที่ 17), 76-83.
- Xangpheuak Inthavideth และนัฐพร ไชยญาติ. 2016. การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน, เรื่องการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ (ครั้งที่ 15), 88-93.
- Al-Sulaiman, F.A., Hamdullahpur, F. and Dincer, I. 2011. Greenhouse gas emission and exergy assessments of an integrated organic Rankine cycle with a biomass combustor for combined cooling, heating and power production. J. Appl Therm Eng. 31: 439-446.
- Al-Sulaiman, F.A., Hamdullahpur, F. and Dincer, I. 2012. Energy and exergy analyses of a biomass trigeneration system using an organic Rankine cycle. J. Energy. 45: 975-985.
- Al-Sulaiman, F.A., Hamdullahpur, F. and Dincer, I. 2012. Performance assessment of a novel system using parabolic trough solar collectors for combined cooling, heating, and power production. J. Renew energy 48: 161-172.
- Bicer, Y. and Dincer, I. 2016. Analysis and performance evaluation of a renewable energy based multigeneration system. J. Energy. 94: 623-632.
- Chaiyat, N. and Kiatsiriroat, T. 2014. Upgrading of solar heat by an absorption heat transformer assisting with a vapor compression heat pump. J. Research grate. 21: 10-20.
- Chaiyat, N. and Kiatsiriroat, T. 2015. Analysis of combined cooling heating and power generation from organic Rankine cycle and absorption system. J. Energy. 91:363-370.

- Chaiyat, N., Wakaiyang, Y. and Inthavideth, X. 2017. Enhancement efficiency of organic Rankine cycle by using sorption system. J. Appl Therm Eng. 122: 368-379.
- Mohammadi, A., Ahmadi, M.H, Bidi, M., Joda, F., Valero, A. and Uson, S. 2017. Exergy analysis of a Combined Cooling, Heating and Power system integrated with wind turbine and compressed air energy storage system. J. Energy convers manage. 131: 69-78.
- NIST (National institute of standards and technology), Inc. (Refprop version 10: Customer number 40754). Thermodynamic properties of refrigerants and refrigerant mixtures software, America. 2018.
- Shukla, A., Mishra, A., Shukla D. and Chauhan, K. 2015. COP derivation and thermodynamic calculation of ammonia-water vapor absorption refrigeration system. IJMET. 6: 72-81.
- Sun, W., Yue, X. and Wang, Y. 2017. Exergy efficiency analysis of ORC (Organic Rankine Cycle) and ORC based combined cycles driven by low-temperature waste heat. J. Energy convers manage. 135: 63-73.
- Taboas, F., Bourouis, M. and Valles, M. 2014. Analysis of ammonia-water and ammonia-salt mixture absorption cycles for refrigeration purposes in fishing ships. J. Appl. Therm. Eng. 66: 603-611.

### รายการสัญลักษณ์

#### สัญลักษณ์

$\dot{E}$	อัตราความร้อนด้านเอ็กเซอร์จี (kW)
Inv	ค่าใช้จ่ายการลงทุนของโครงการ (Baht)
LEC	ราคาต้นทุนการผลิตพลังงานต่อหน่วย (Baht/kWh)
LExC	ราคาต้นทุนการผลิตเอ็กเซอร์จีต่อหน่วย (Baht/kWh)
n	อายุการใช้งานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (y)
PEC	ค่าใช้จ่ายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อปี (Baht/y)
Q	อัตราความร้อนด้านพลังงาน (kW)
r	อัตราส่วนลด (%)
t	เวลาการทำงานต่อปี (h/y)
T	อุณหภูมิ (°C)
W	กำลังงาน (kW)
X	ความเข้มข้น (% Ammonia)
y	ปี

#### ตัวกรีก

$\eta$	ประสิทธิภาพด้านพลังงาน (%)
$\Psi$	ประสิทธิภาพเอ็กเซอร์จี (%)

ตัวห้อย

A	Absorber
AB	Absorption
Amb	Ambien
B	Boiler
C	Condenser
CW	Cooling water
EX	Exergy
E	Evaporator
Tur	Turbine
e	Electric
G	Generator
HW	Hot water
HX	Heat exchanger
H	Hight
i	Inlet
L	Low
o	Outlet
OP	Operating time
ORC	Organic Rankine cycle
P	Pump
ref	Refrigerant
SP	Solution pump

การวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ด้วยเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อ

ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา: โรงพยาบาลลำปาง

Energy Costing of Organic Rankine Cycle Using Medical Waste  
from Mathematical Model a Case Study: Lampang Hospital

ศรศักดิ์ เสงนาวงศ์<sup>1</sup> นัฐพร ไชยญาติ<sup>1\*</sup> ชวโรจน์ ใจสิน<sup>1</sup> และ จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล<sup>2</sup>

Sonesack Sengnavong<sup>1</sup>, Nattaporn Chaayat<sup>1\*</sup>, Chawaroj Jaisin<sup>1</sup> and Chakkraphan Thawongmyigsakul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

<sup>1</sup>School of Renewable Energy, Meajo University

<sup>2</sup>Faculty of engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

\* Corresponding author: benz178tii@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้า ด้วยวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ และการวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อ ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลปริมาณขยะของโรงพยาบาลลำปาง ในการศึกษาได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม Refprop สำหรับการประเมินศักยภาพด้านพลังงานและเศรษฐศาสตร์ จากผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า เมื่อนำขยะติดเชื้อปริมาณ 750 kg/day ของโรงพยาบาลลำปางมาทำการอบแห้งโดยโรงเรือนพลาสติก เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 h เชื้อเพลิงขยะติดเชื้อหลังการอบแห้งจะมีค่าความชื้นอยู่ที่ 5.65% โดยมีค่าความร้อนต่ำ 26.29 MJ/kg และเมื่อป้อนเชื้อเพลิงขยะในอัตรา 39.47 kg/h ให้แก่ระบบผลิตไฟฟ้า พบว่า วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ขนาด 13 kW<sub>e</sub> ที่ใช้สารทำงาน R-245fa มีประสิทธิภาพด้านผลิตไฟฟ้า 8.97% ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ พบว่า ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงขยะอบแห้งมีค่าเท่ากับ 3.185 Baht/kg<sub>Medical waste</sub> และต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 4.668 Baht/kWh

**คำสำคัญ:** เชื้อเพลิงขยะติดเชื้อ วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ พลังงานทดแทน

Abstract

This research studies leveled of electricity cost (LOEC) of organic Rankine cycle (ORC) and medical waste fuel, which refers the medical waste data of Lampang hospital. The mathematical model is developed in this study by using Refprop program for evaluating energy and economic potentials. From the simulation results, it could be found that when medical waste of Lampang hospital at around 750 kg/day was heated by solar greenhouse drying room as 12 h, the dried medical waste shown moisture as 5.65% and low heating value at 26.29 MJ/kg. Moreover, when the waste fuel of 39.47 kg/h was supplied to electricity machine, the 13 kW<sub>e</sub> ORC unit with using R-245fa as refrigerant revealed energy efficiency of 8.97%. In economic results, it could be found that leveled cost (LC) of the dried medical waste fuel was 3.185 Baht/kg<sub>Medical waste</sub> and the LOEC was 4.668 Baht/kWh.

**Keywords:** Medical waste fuel, Organic Rankine cycle, Renewable energy.

## บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์ในประเทศไทยมีปริมาณของเสียทั้งที่เป็นขยะมูลฝอยทั่วไป และขยะมูลฝอยติดเชื้อ ในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก โดยองค์ประกอบทางกายภาพของขยะติดเชื้อประกอบด้วยพลาสติก สาลี ฝ้าย กอ ฝ้าย ฝ้าย กระดาษชำระ เข็มฉีดยา และมีดผ่าตัด เป็นต้น ซึ่งขยะมูลฝอยจากสถานพยาบาลจัดเป็นของเสียอันตราย เนื่องจากสามารถแพร่เชื้อโรคได้ และส่วนใหญ่ยังไม่มีการจัดการเก็บรวบรวมหรือกำจัดอย่างถูกวิธี โดยสถานการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยติดเชื้อในปี พ.ศ. 2560 เพิ่มขึ้นจากปี 2558 จำนวน 1,778 ton หรือคิดเป็น 3.3% และในการกำจัดขยะโดยทั่วไปมักจะใช้วิธีการกำจัดด้วยความร้อน อาทิเช่น การเผาแบบเผาไหม้ตรงที่อุณหภูมิสูง การใช้ไอน้ำในการบำบัดขยะติดเชื้อ และการฝังกลบ เป็นต้น ซึ่งปกติแล้วกระบวนการกำจัดขยะติดเชื้อทางการแพทย์ด้วยเตาเผาขยะพิษ หรือขยะอันตรายต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 1,200 °C ขึ้นไป และกำจัดสารพิษประเภทโลหะหนัก ตะกั่ว พรอท โดยมีตัวกรองไอเสีย (Flue gas cleaning) เป็นส่วนประกอบสำคัญในการกำจัดแก๊สพิษ จากข้อมูลดังกล่าวเห็นว่า ขยะติดเชื้อที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ จึงเกิดแนวคิดในการนำขยะติดเชื้อมาผลิตเป็นพลังงาน (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561) เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาขยะติดเชื้อของสถานพยาบาลต่าง ๆ ในประเทศไทย

ในการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ อาทิเช่น Bujak (2015) ได้ทำการศึกษานำขยะติดเชื้อมาทำการเผาไหม้ด้วยการหมุนแบบโรตารีคัย (Rotary kiln) เพื่อผลิตน้ำร้อนป้อนให้แก่ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ผลการศึกษาพบว่า มีประสิทธิภาพอยู่ที่ประมาณ 79% ปรีชญา และสมรัฐ (2556) ได้นำขยะจากหลุมฝังกลบมาใช้ผลิตพลังงานในรูปของแก๊ส โดยเครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบไหลลง ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) ในระดับเครื่องต้นแบบขนาด 50 kg/h และนำแก๊สเชื้อเพลิงใช้ร่วมกับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อผลิตไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่า สามารถทดแทนการใช้ น้ำมันดีเซลในการผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 73.33% และแก๊สที่ได้มีค่าความร้อนสูงสุด 3.99 MJ/Nm<sup>3</sup> ณรรชดา (2555) ได้ทำการศึกษานำขยะในประเทศญี่ปุ่น โดยเน้นที่ผลประโยชน์ของการผลิตไฟฟ้าจากขยะ ผลการศึกษาพบว่า ประเทศญี่ปุ่นมีโรงงานผลิตไฟฟ้าจากขยะในประเทศมากถึง 306 แห่ง หรือคิดเป็น 25.1% จากปริมาณโรงงานเผาขยะทั้งหมดและมีกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด 1,700 MW Shen et al. (2017) ได้ทำการศึกษา การนำเศษไม้และขยะติดเชื้อมาย่อยสลายด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนไนเซชัน (Hydrothermal carbonization) ผลการศึกษาพบว่า จากขบวนการดังกล่าวเศษไม้และขยะติดเชื้อถูกแปรสภาพให้กลายเป็นถ่านโดยมีค่าความร้อนสูงอยู่ที่ 24.18 MJ/kg

จากงานวิจัยที่กล่าวมาในข้างต้น พบว่า ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ได้ทำการศึกษาด้านทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อ ดังนั้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ด้วยเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลลำปาง

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (Organic Rankine cycle, ORC)

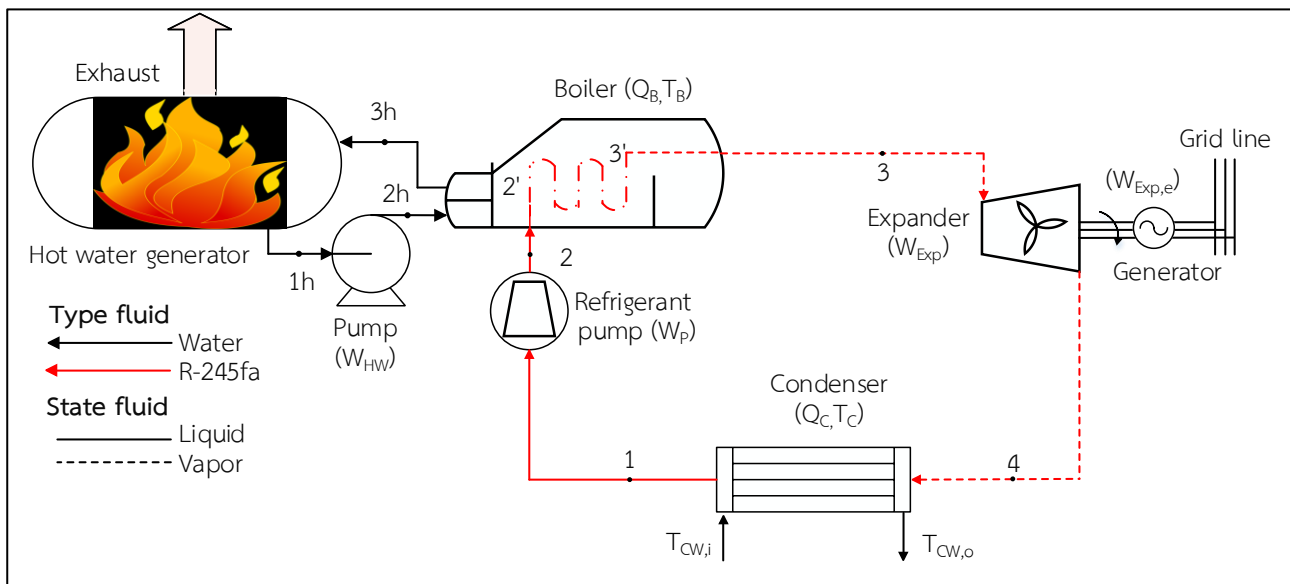
ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ มีหลักการทำงานดังแสดงรูปที่ 1 โดยเริ่มจากการนำเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อไปป้อนให้แก่เตาเผาเพื่อผลิตน้ำร้อน สำหรับใช้เป็นแหล่งความร้อนในวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เมื่อสารทำงานได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนดังกล่าวที่หม้อต้ม (Boiler) จะระเหยกลายเป็นไอเข้าสู่เครื่องขยายตัว (Expander) ขับหมุนเพลลาที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตไฟฟ้า หลังจากนั้นอุณหภูมิและความดันของสารจะลดลงเข้าสู่เครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อควบแน่นสารทำงานให้กลายเป็นของเหลว และถูกปั๊มเข้าสู่หม้อต้มเพื่อเริ่มต้นกระบวนการใหม่อีกครั้ง

ประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ( $\eta_{ORC}$ ) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$\eta_{\text{ORC}} = (W_{\text{Exp,e}} - W_p) / Q_B \quad (1)$$

อัตราความร้อนที่หาได้จากการเผาไหม้โดยตรงจากขยะติดเชื้อดังแสดงในสมการที่ 2

$$\begin{aligned} Q_{\text{MCW}} &= \dot{m}_{\text{MCW}} \text{LHV}_{\text{MCW}} \\ Q_{\text{HW}} &= \epsilon_{\text{Incinerator}} Q_{\text{MCW}} \\ Q_B &= \epsilon_B Q_{\text{HW}} \end{aligned} \quad (2)$$



รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ร่วมกับเตาเผาขยะ

### ต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้า (Levelized of electricity cost, LOEC)

การวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ โดยใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ขยะติดเชื้อดังแสดงในสมการที่ 3 (Chaiyat, 2015)

$$\text{LOEC} = \frac{\text{Inv} + \sum_{t=1}^n \frac{\text{PEC}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{W_{\text{net top}}}{(1+r)^t}} \quad (3)$$

### วิธีการศึกษา

ในการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ จากเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อทางการแพทย์ของโรงพยาบาลลำปาง มีวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้



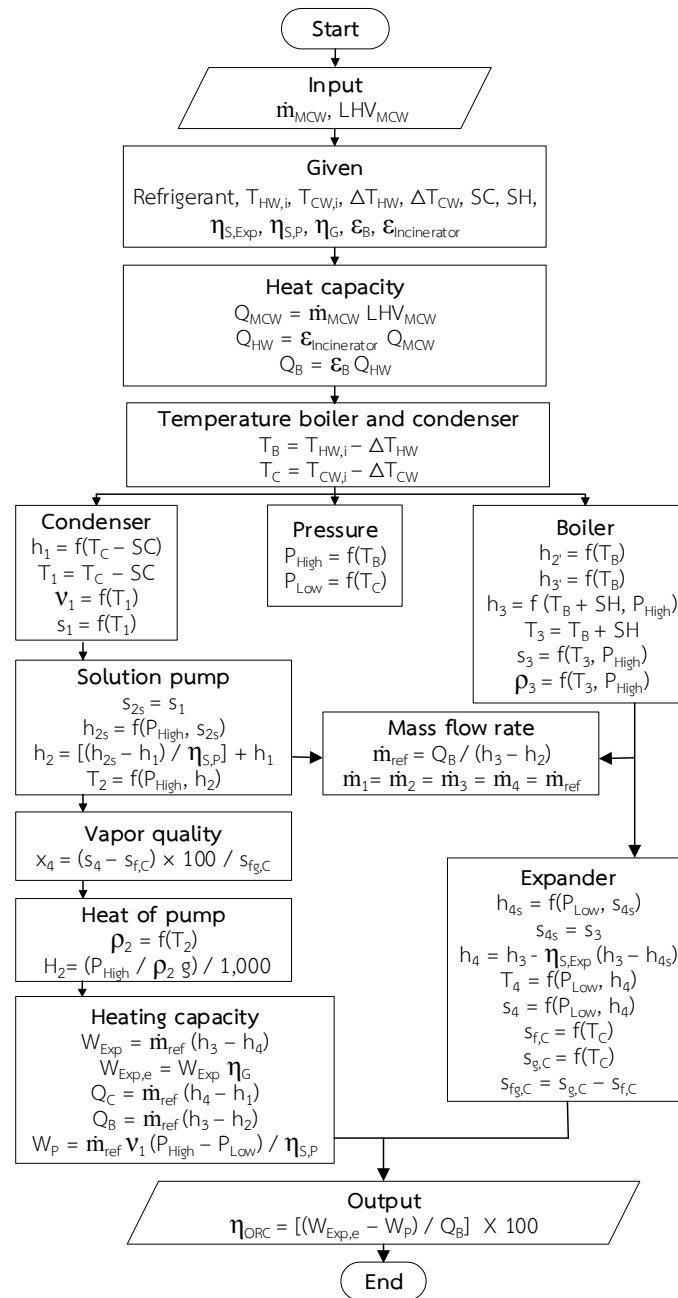
1. การสำรวจและเก็บข้อมูลของกระบวนการบำบัดขยะติดเชื้อ ปริมาณขยะติดเชื้อทางการแพทย์ และการประเมินต้นทุนต่อหน่วยการบำบัดขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลลำปาง โดยมีเงื่อนไขในการคำนวณดังต่อไปนี้
  - 1.1. มูลค่าการลงทุนโครงการ (Inv) = ราคาโรงเรือนบำบัดขยะติดเชื้อ ( $Z_{\text{Building}}$ ) + ราคาเครื่องบำบัดขยะติดเชื้อ ( $Z_{\text{ECODUS}}$ )
  - 1.2. ระยะเวลาการทำงาน ( $t_{\text{op}}$ ) เท่ากับ 19 h/day ทำงาน 365 day/year
  - 1.3. อายุการใช้งานของระบบบำบัดขยะติดเชื้อ (n) คิดที่ 20 year
  - 1.4. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ( $Z_{\text{op}}$ ) คิดที่คนละ 15,000 Baht/moth จำนวน 2 person
  - 1.5. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคาร (r) โดยคิดที่ 7.12% (ธนาคารกรุงไทย, 2561)
2. การอบแห้งขยะติดเชื้อทางการแพทย์ที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยโรงเรือนพลาสติกขนาดการผลิต 2,000 kg ที่มีขนาดกว้าง 3 m ยาว 6 m และสูง 2 m โดยใช้เวลาในการอบแห้ง 12 h ที่ทำการชั่งน้ำหนักทุก ๆ 1 h
3. การวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อทางการแพทย์ที่ผ่านการอบแห้ง โดยวิธีการวิเคราะห์หาโครงสร้างองค์ประกอบของเชื้อเพลิง (Proximate analysis) และการวิเคราะห์สัดส่วนของธาตุ (Ultimate analysis)
4. การประเมินศักยภาพทางพลังงานด้วยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ที่ใช้แหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อ โดยโปรแกรมเรฟโปรป (Refprop) (NIST, 2018) ดังแสดงในภาพที่ 2 มีเงื่อนไขในการคำนวณดังต่อไปนี้
  - 4.1. สารทำงานที่ใช้ในวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ คือ R-245fa
  - 4.2. ของไหลที่เข้าวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์เป็นน้ำร้อนอุณหภูมิ ( $T_{\text{HW},i}$ ) เท่ากับ 105°C
  - 4.3. อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าเครื่องควบแน่น ( $T_{\text{CW},i}$ ) เท่ากับ 32°C
  - 4.4. ประสิทธิภาพไอเซนทรอปิกของปั๊ม ( $\eta_{\text{s,p}}$ ) และเครื่องขยายตัว ( $\eta_{\text{s,Exp}}$ ) เท่ากับ 80%
  - 4.5. ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ( $\eta_{\text{G}}$ ) เท่ากับ 80%
  - 4.6. ประสิทธิภาพของหม้อต้ม ( $\epsilon_{\text{B}}$ ) และเตาเผาขยะ ( $\epsilon_{\text{Incinerator}}$ ) เท่ากับ 80%
  - 4.7. ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อ (Lower heating value) อ้างอิงผลการวิเคราะห์ในข้อที่ 3
5. การวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ โดยใช้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงขยะติดเชื้อทางการแพทย์ โดยมีเงื่อนไขในการคำนวณดังต่อไปนี้
  - 5.1. ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ( $W_{\text{ORC}}$ ) อ้างอิงผลการวิเคราะห์ในข้อที่ 4
  - 5.2. ราคาของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ( $Z_{\text{ORC, Unit}}$ ) อ้างอิงราคาของระบบที่ผลิตเองในประเทศของ นัฐพร (2560) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ราคาการผลิตไฟฟ้าของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (นัฐพร, 2560)

ORC capacity (kW <sub>e</sub> )	ORC cost (Baht)
Waste heat machine: ORC-10	1,500,000
Waste heat machine: ORC-20	1,800,000

- 5.3. ราคาที่ดิน ( $Z_{\text{Land}}$ ) คิดที่ 625 Baht/m<sup>2</sup> โดยใช้พื้นที่ทั้งหมด 300 m<sup>2</sup> (Chiangmai provincial land office, 2018)
- 5.4. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ( $Z_{\text{OM}}$ ) คิดที่ 5% ของราคาวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์
- 5.5. ราคาของโรงเรือนพลาสติก ( $Z_{\text{Solar greenhouse}}$ ) เท่ากับ 200,000 Baht/Unit

- 5.6. ราคาเครื่องเรือน ( $Z_{\text{Building}}$ ) ค่าเตาเผาขยะ ( $Z_{\text{Incinerator}}$ ) และค่าท่อน้ำร้อน ( $Z_{\text{Piping}}$ ) คิดที่ 50% ของราคาวิศวกรแรงคินสารอินทรีย์
- 5.7. อายุการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (n) คิดที่ 20 year
- 5.8. ระยะเวลาการทำงาน ( $t_{\text{Op}}$ ) เท่ากับ 19 h/day ทำงาน 365 day/year
- 5.9. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ( $Z_{\text{Op}}$ ) คิดที่ 15,000 Baht/month จำนวน 1 person
- 5.10. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคาร (r) โดยคิดที่ 7.12% (ธนาคารกรุงไทย, 2561)



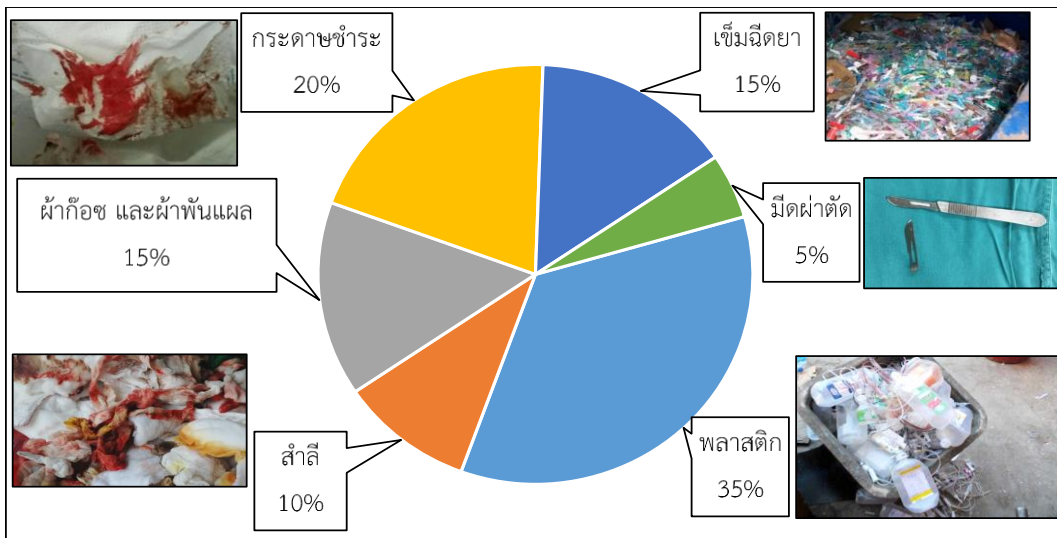
รูปที่ 2 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ ด้วยเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลลำปาง แสดงดังต่อไปนี้

1. ผลการสำรวจและเก็บข้อมูลขยะติดเชื้อทางการแพทย์ของโรงพยาบาลลำปาง

จากการสำรวจและเก็บข้อมูล พบว่า ขยะติดเชื้อจะถูกแบ่งออก 2 ส่วน คือ ส่วนที่สามารถบำบัดได้ทันที และส่วนที่ไม่สามารถบำบัดได้ประกอบไปด้วยโลหะ อาทิเช่น เข็มฉีดยา มีดผ่าตัด เป็นต้น โดยมีปริมาณขยะติดเชื้อทางการแพทย์ที่สามารถบำบัดได้ประมาณ 750 kg/day โดยทำการบำบัดด้วยเครื่อง ECODAS รุ่น T300 ด้วยวิธีการบดย่อย และฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิประมาณ 135-140 °C อันประกอบไปด้วย พลาสติก สำลี และผ้ากอซ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3 ปริมาณขยะติดเชื้อทางการแพทย์ของโรงพยาบาลลำปาง



รูปที่ 4 การคัดแยกและกระบวนการบำบัดขยะติดเชื้อ

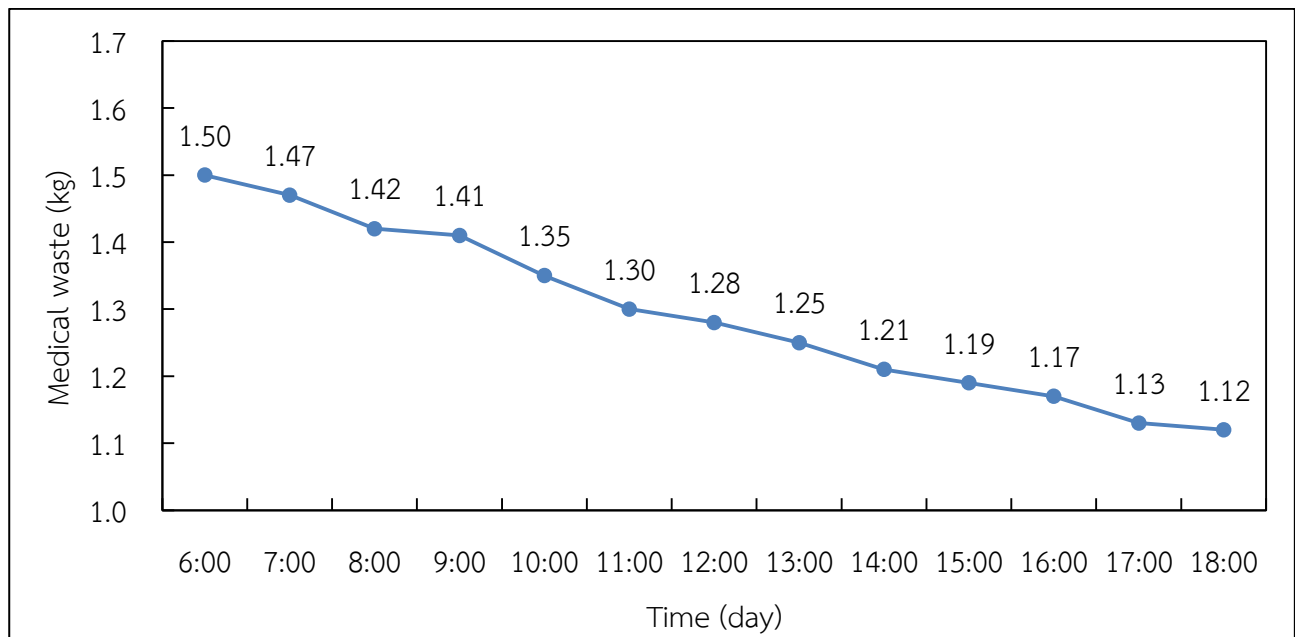
การประเมินต้นทุนต่อหน่วยของการบำบัดขยะติดเชื้อทางการแพทย์ของโรงพยาบาลลำปาง พบว่า การบำบัดขยะติดเชื้อ 1 kg<sub>Medical waste</sub> มีต้นทุนต่อหน่วยของการบำบัดขยะติดเชื้อเท่ากับ 3.185 Baht/kg<sub>Medical waste</sub> มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินต้นทุนต่อหน่วยของการบำบัดขยะติดเชื้อทางการแพทย์ (Sonesack et al. 2017)

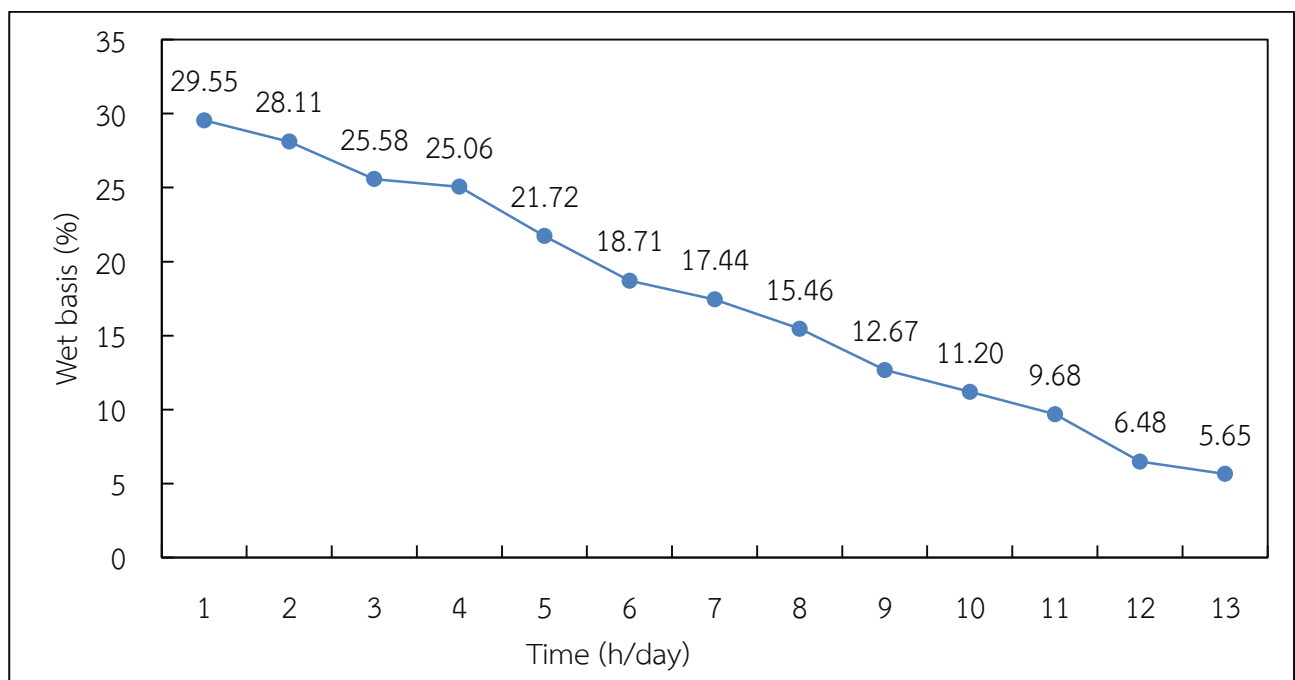
Description	Data	Unit
Cost of ECODUS model T300 ( $Z_{ECODUS}$ )	12,000,000	Baht
Cost of building ( $Z_{Building}$ )	975,000	Baht
Investment cost (Inv)	12,975,000	Baht
Cost of electricity ( $PC_{Electricity}$ )	61,477	Baht/year
Cost of water ( $PC_{Water}$ )	3,753	Baht/year
Operating cost ( $PC_{OP}$ )	360,000	Baht/year
Cost of maintenance ( $Z_{OM}$ )	425,230	Baht/year
Mass of medical waste ( $M_{Medical\ waste}$ )	750	kg <sub>Medical waste</sub> /day
Operating time ( $t_{OP}$ )	365	day/year
Life time (n)	20	year
Levelized cost (LC)	3.185	Baht/kg <sub>Medical waste</sub>

## 2. ผลการอบแห้งของขยะติดเชื้อทางการแพทย์

จากการนำตัวอย่างของขยะติดเชื้อที่ผ่านการบำบัดมาทำการอบแห้งในโรงเรือนพลาสติก ที่น้ำหนักเริ่มต้น 1.5 kg ตั้งแต่เวลา 06:00-18:00 น. เป็นเวลาทั้งหมด 12 h และมีการชั่งน้ำหนักทุก ๆ 1 h จากผลการศึกษาพบว่า การอบแห้งขยะติดเชื้อมีอัตราการลดลงของน้ำหนักประมาณ 0.016 kg/h น้ำหนักสุดท้ายหลังการอบแห้งเหลือ 1.12 kg และนำไปประเมินค่าความชื้นฐานเปียกของเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อมีค่าอยู่ที่ 5.65% ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ โดยสภาพอากาศในวันที่ทำการอบแห้งมีอุณหภูมิแวดล้อมโดยเฉลี่ยประมาณ 28.44 °C อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งโดยเฉลี่ยประมาณ 45.07 °C และจากการตรวจวัดค่ารังสีอาทิตย์ในแนวระนาบมีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 590 W/m<sup>2</sup>



รูปที่ 5 น้ำหนักขยะติดเชื้อแต่ละชั่วโมงในโรงเรือนพลาสติก



รูปที่ 6 ค่าความชื้นฐานเปียกของเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อที่ผ่านการอบแห้งโดยโรงเรือนพลาสติกในแต่ละชั่วโมง

3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อที่ผ่านการอบแห้ง

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างองค์ประกอบของเชื้อเพลิงและการวิเคราะห์สัดส่วนของธาตุ พบว่า มีค่าความร้อนต่ำ 26.29 MJ/kg ซึ่งจะถูกนำมาประเมินการผลิตไฟฟ้าในหัวข้อถัดไป ดังแสดงในตารางที่ 3 (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2560)

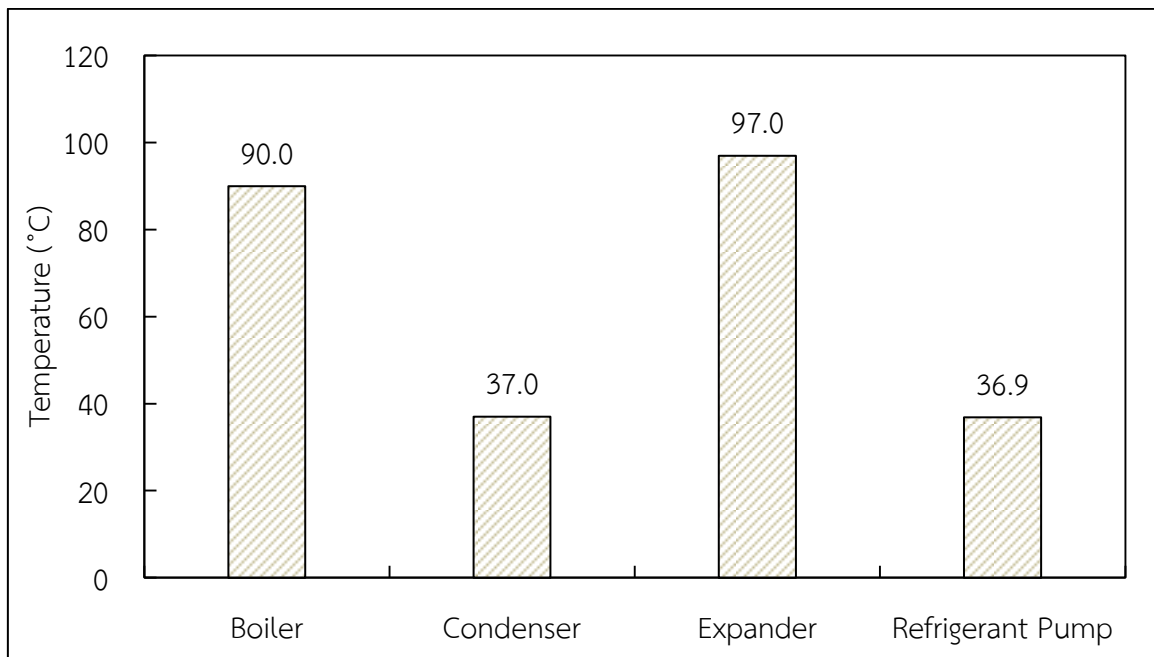
**ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อที่ผ่านการอบแห้ง**

Parameter	Testing standard	Result	Unit
<b>Proximate analysis</b>			
Moisture	ASTM D 7582	5.65	%
Fix carbon	ASTM D 7582	5.70	%
Volatile matter	ASTM D 7582	82.20	%
Ash	ASTM D 7582	6.45	%
<b>Ultimate analysis</b>			
Higher heating value	ASTM D 5865	28.38	MJ/kg
Lower heating value	ASTM D 5865	26.29	MJ/kg
Carbon	ASTM D 5373	58.00	%
Hydrogen	ASTM D 5373	9.33	%
Nitrogen	ASTM D 5373	0.73	%
Oxygen	ASTM D 5373	25.35	%
Sulfur	ASTM D 4239	0.14	%

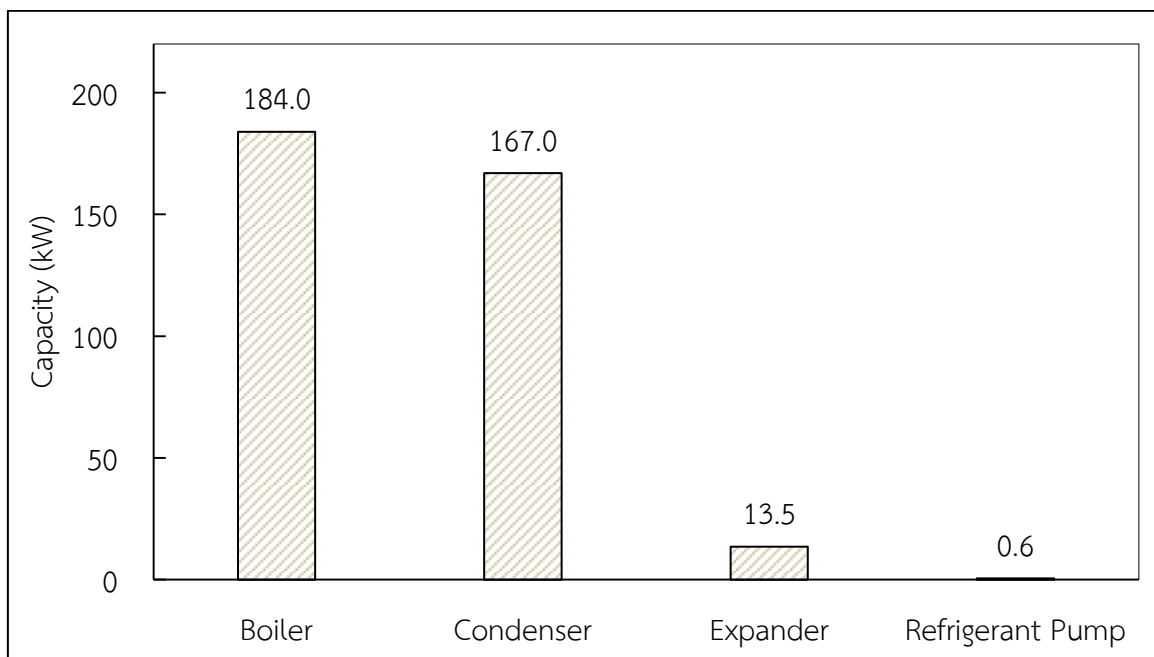
**4. ผลการประเมินศักยภาพทางพลังงาน**

ผลการประเมินศักยภาพทางพลังงานด้วยการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของวัฏจักรแรงจลนศาสตร์อินทรีย์ ที่ใช้สารทำงาน R-245fa มีอุณหภูมิน้ำร้อนที่ป้อนให้แก่หม้อต้มอยู่ที่ประมาณ 105 °C โดยใช้เชื้อเพลิงขยะติดเชื้อที่ผ่านการอบแห้งเป็นแหล่งความร้อนที่ป้อนให้แก่ระบบ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เครื่องควบแน่นประมาณ 32 °C และขนาดของวัฏจักรแรงจลนศาสตร์อินทรีย์ ที่มีความเหมาะสมกับแหล่งความร้อนดังกล่าว คือ ขนาดการผลิตไฟฟ้า 13 kW<sub>e</sub> อัตราการป้อนเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อที่ผ่านการอบแห้งอยู่ที่ 39.47 kg/h

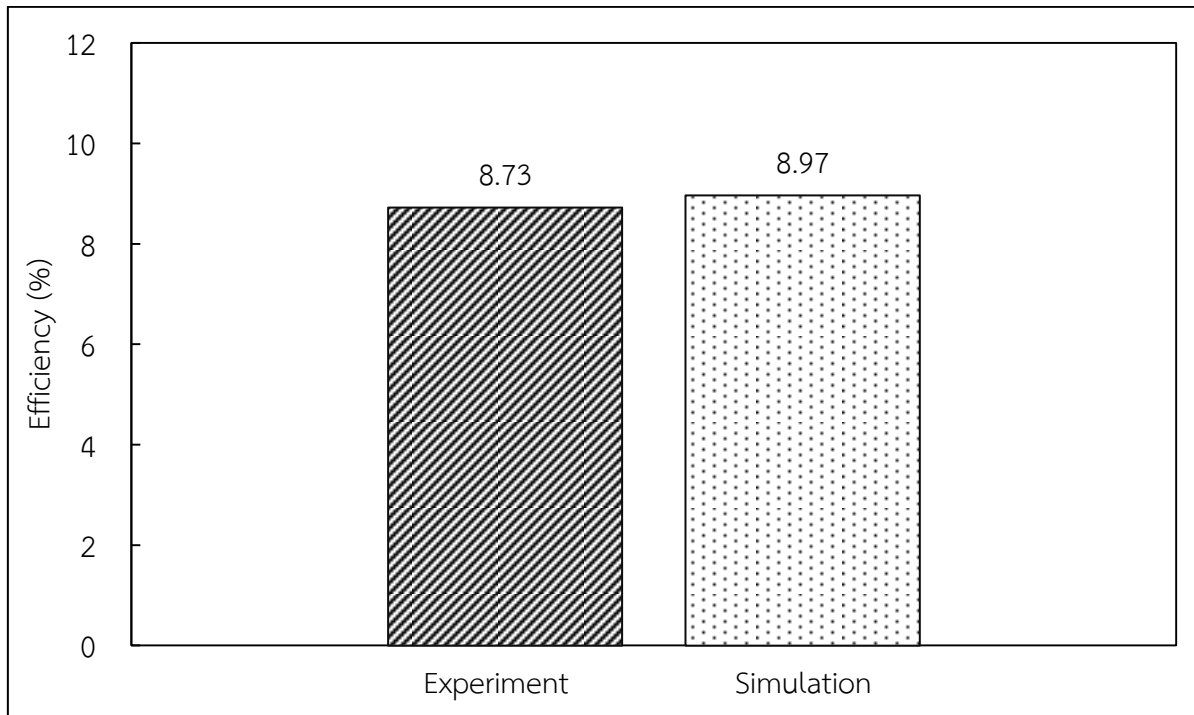
จากผลการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรแรงจลนศาสตร์อินทรีย์ สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ของวัฏจักรแรงจลนศาสตร์อินทรีย์ และอุณหภูมิสารทำงานที่อยู่ในหม้อต้ม เครื่องควบแน่น เครื่องขยายตัว และปั๊มสารทำงานดังแสดงในรูปที่ 7 ในขณะที่เดียวกันยังมีอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำงานในแต่ละอุปกรณ์ ซึ่งมีผลต่อการทำงานของวัฏจักรแรงจลนศาสตร์อินทรีย์ดังแสดงในรูปที่ 8 และเมื่อนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับ การทดสอบของ Chaiyat and Kaitsiriroat (2015) พบว่าประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงจลนศาสตร์อินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความถูกต้อง และสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 7 อุณหภูมิการทำงานในแต่ละอุปกรณ์ของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 8 อัตราการถ่ายเทความร้อนและกำลังของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์จากการทดสอบ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

5. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้า

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ จากเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อทางการแพทย์ดังแสดงในตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ พบว่า ราคาต้นทุนของขยะติดเชื้อหลังการบำบัดแล้วมีค่าอยู่ที่ 3.185 Baht/kg<sub>Medical waste</sub> และเงินลงทุนโครงการอยู่ที่ 2,772,500 Baht โดยคิดเป็นต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 4.668 Baht/kWh

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้า

Description	Data	Unit
Capacity of ORC ( $W_{ORC,e}$ )	13	kW <sub>e</sub>
Heat capacity of boiler ( $Q_B$ )	184	kW
Heat capacity of hot water ( $Q_{HW}$ )	230	kW
Heat capacity of medical waste ( $Q_{Medical\ waste}$ )	288	kW
Cost of ORC ( $Z_{ORC, Unit}$ )	1,590,000	Baht
Cost of land for 300 m <sup>2</sup> ( $Z_{Land}$ )	187,500	Baht
Cost of maintenance 5% of ORC price ( $Z_{OM}$ )	79,500	Baht/year
Cost of medical waste fuel ( $Z_{Medical\ waste}$ )	871,893	Baht/year
Cost of solar greenhouse drying room ( $Z_{Solar\ greenhouse}$ )	200,000	Baht
Cost of building ( $Z_{Building}$ ), incinerator ( $Z_{Incinerator}$ ) and piping ( $Z_{Piping}$ ) 50% of ORC price	795,000	Baht



Description	Data	Unit
Operating time is 19 h/day ( $t_{OP}$ )	6,935	h/year
Electrical product generation ( $PW_{ORC}$ )	95,031	kWh/year
Operating cost ( $Z_{OP}$ )	180,000	Baht/year
Discount rate ( $r$ )	7.12	%
Life time of ORC ( $n$ )	20	year
Investment cost ( $Inv = Z_{ORC, Unit} + [Z_{Building} + Z_{Incinerator} + Z_{Pipping} Z_{Solar greenhouse} + Z_{Land}]$ )	2,772,500	Baht
Production electricity cost ( $PEC = Z_{Medical waste} + Z_{OP} + Z_{OM}$ )	1,131,393	Baht/year
Levelized of electricity cost (LOEC)	4.668	Baht/kWh

### สรุป

- 1) การสำรวจและเก็บข้อมูลขยะติดเชื้อทางการแพทย์ของโรงพยาบาลลำปาง รวมทั้งสิ้น 750 kg/day
- 2) การอบแห้งของขยะติดเชื้อทางการแพทย์มีอัตราการลดลงของน้ำหนัก 0.016 kg/h
- 3) เชื้อเพลิงขยะติดเชื้ออบแห้งมีค่าความร้อนสูงอยู่ที่ 28.38 MJ/kg และค่าความร้อนต่ำอยู่ที่ 26.29 MJ/kg
- 4) วัฏจักรแรงคินสาร์อินทรีย์ที่เหมาะสม คือ ขนาดการผลิตไฟฟ้า 13 kW<sub>e</sub> มีประสิทธิภาพ 8.97% และมีอัตราการป้อนเชื้อเพลิงอยู่ที่ 39.47 kg/h
- 5) ราคาต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 4.668 Baht/kWh

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โครงการ “ผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา” และขอขอบคุณโรงพยาบาลลำปาง และ บริษัท นำวิวัฒน์การช่าง (1992) จำกัด ที่สนับสนุนด้านสถานที่ในการศึกษาวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม “ขยะมูลฝอยของประเทศไทย”. 2560. <http://www.pcd.go.th> (28 มีนาคม 2561).
- ณรรชดา มะโนคำ. 2555. การเผาขยะในประเทศญี่ปุ่น: ปัจจัยการเกิดและผลประโยชน์ของการผลิตไฟฟ้าจากขยะในประเทศญี่ปุ่นกรณีศึกษาโรงงานเผาขยะ ซินโกโต้. ปรินทูนีพอร์สาวิชาภาษาญี่ปุ่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- นัฐพร ไชยญาติ. 2560. การออกแบบระบบพลังงานทดแทน (Renewable energy system design). พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- นัฐพร ไชยญาติ. 2560. เทคโนโลยีความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy technology). พิมพ์ครั้งที่ 6, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- ปรัชญา กรีส และสมรัฐ เกิดสุวรรณ. 2556. การทดสอบระบบผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยโดยเทคโนโลยีก๊าซซิฟเคชั่นแบบต่อเนื่อง 200 ชั่วโมง. น. 246-253. ใน: การจัดประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 32. 3-4 พฤศจิกายน 2557. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม.  
2560. (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, TISTR, 2018).
- สำนักงานที่ดินจังหวัดเชียงใหม่ “ราคาที่ดินจังหวัดเชียงใหม่” <http://property.treasury.go.th/pvmwebsite/>  
(25 มีนาคม 2561).
- ธนาคารกรุงไทย “อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ”. 2561. <https://www.ktb.co.th> (20 มีนาคม 2561).
- Sonesack Sengnavong, Nattaporn Chaiyat, Chawaroj Jaisin, Wassamol Lerdjaturanon, Chakkraphan Thawongamyigsakul. 2018. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการบำบัดขยะติดเชื้อทางการแพทย์ กรณีศึกษา: โรงพยาบาลลำปาง, น. 84-89. ใน: การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 17. 15-16 กุมภาพันธ์ 2561. ลำปาง.
- Bujak, J. 2015. Production of waste energy and heat in hospital facilities. Energy. 91: P. 350-362.
- Chaiyat, N. 2015 Assessment alternative energy for organic Rankine cycle power plant in Thailand. International Journal of engineering and technology 7: P 0975-4024.
- ECODAS. Online: [www.contact@ecodas.com](http://www.contact@ecodas.com), Accessed: 9 December 2017.
- NIST (National Institute of Standards and Technology), Inc. (Refprop Version 10: Customer Number 40754). Thermodynamic Properties of Refrigerants and Refrigerant Mixtures Software, America. 2018.
- Shen, Y., Yu, S., Ge, S., Chen, X., Ge, X. and Chen, M. Hydrothermal carbonization of medical wastes and lignocellulosic biomass for solid fuel production from lab-scale to pilot-scale. Energy 2017; 118: P. 312-323.

#### อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Inv	มูลค่าการลงทุน	Baht
LOEC	ค่าต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า	Baht/kWh
LHV	ค่าความร้อนต่ำ	MJ/kg
N	จำนวน	Unit
n	จำนวนปีและอายุการใช้งาน	year
ORC	วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์	kW
P	ความดัน	kPa
PB	ระยะเวลาในการคืนทุน	year
PW	กำลังการผลิตไฟฟ้า	kW
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน	kW, kJ
r	อัตราส่วนลด	%
T	อุณหภูมิ	°C
t	เวลา	h
W	กำลังไฟฟ้า	kW
Z	รายจ่าย	Baht

ตัวกรีก	ความหมาย	หน่วย
$\eta$	ประสิทธิภาพ	%
$\epsilon$	ประสิทธิผล	%
$\dot{m}$	อัตราการไหล	kg/s
$\rho$	ความหนาแน่น	kg/m <sup>3</sup>
$v$	ปริมาตรจำเพาะ	m <sup>3</sup> /kg

ตัวห้อย	ความหมาย
B	Boiler
CW	Cooling water
e	Electricity
Exp	Expander
G	Generator
HW	Hot water
i	Inlet
MCW	Medical waste
o	Outlet
OM	Operating maintenance
OP	Operating
P	Pump
W	Water

---

การศึกษาลักษณะการพังทลายของคันดินจากการรั่วซึมระหว่างรอยต่อท่อใต้คันดิน  
The study of embankment breach behavior due to pipe leaking

พงศ์พันธุ์ กาญจนการณ\*

Pongpan Kanjanakaroon\*

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่เชียงราย จังหวัดเชียงราย

Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai

\*Corresponding author: pongpank@gmail.com

---

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพังทลายของคันดินเนื่องจากน้ำรั่วซึมระหว่างรอยต่อของท่อ ทำการจำลองการรั่วซึมโดยใช้แบบจำลองกายภาพของคันดินที่มีความเชื่อมแน่น โดยใช้ความหนาแน่นแห้งในการบดอัดคันดิน 1.51 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความลาดชันคันดินแนวดิ่งต่อแนวนราบ 1:2 ทำการวางท่อลอดขนาด 2.54 เซนติเมตร ผ่านใต้คันดินซึ่งกว้าง 95 เซนติเมตร โดยวางแนวท่อเป็นแนวนราบติดกับพื้นทางน้ำและวางไว้ติดกับกำแพงใสเพื่อสังเกตลักษณะการกัดเซาะที่เกิดขึ้นได้ การกัดเซาะภายในเกิดขึ้นเมื่อน้ำไหลผ่านช่องเปิดของรอยรั่วซึมท่อภายในคันดิน การทดลองสิ้นสุดลงเมื่อน้ำกัดเซาะคันดินจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะใช้เวลาในการทดลองประมาณ 15 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์หารูปแบบของการถูกกัดเซาะและลักษณะของคันดินที่เปลี่ยนไป ผลการทดลองพบว่าเมื่อน้ำเกิดการรั่วซึมระหว่างท่อลอด การกัดเซาะแบบหมุนวนจะเกิดขึ้นภายในคันดิน ทำให้เกิดโพรงขนาดใหญ่ภายในคันดิน และเมื่อโพรงดังกล่าวเต็มไปด้วยน้ำ จะเกิดการรั่วซึมไปทางด้านท้ายคันดินและทำให้คันดินแตกเป็นรูโพรงขนาดใหญ่ และมีอัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้นทันที ทำการตรวจวัดปริมาตรดินที่ถูกกัดเซาะได้ถึงร้อยละ 40 ของปริมาตรดินเดิม และการกัดเซาะภายในที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นมากในดิ่งมากกว่าแนวด้านราบ

**คำสำคัญ:** แบบจำลองกายภาพ การไหลซึม การพังทลายของคันดิน การรั่วซึมของท่อ การกัดเซาะภายใน

## Abstract

The aim of this research was to analyze the behavior of embankment breaches caused by leaking drainage pipes. This research used a physical model to analyze the breaching of a homogeneous embankment with a compacted dry soil density of  $1.51 \text{ g/cm}^3$ . The embankment slope was 1:2 representing the rise over the horizontal. A 2.54 cm diameter pipe culvert was constructed, in segments, through embankment which measured 95 cm at the base. The pipe was positioned close to the transparent observation wall to enable the behavior of the breach to be filmed for analysis. Internal erosion occurred when water flowed through an opening of pipe, leaking into the embankment. The experiment was deemed to be completed when erosion no longer occurred in the embankment. The embankment breach was then evaluated and its shape of was recorded and analyzed. The results show that vortex erosion occurred inside the embankment when water leaked from the pipe joint. The erosion formed a large hole in the embankment near the joint. The water then seeped, from the hole, downstream to the outer slope at the base of the embankment. The volume of soil that was eroded was more than 40 percent of the volume of the embankment. It was observed that the internal erosion occurred at a faster rate than the lateral expansion of the internal erosion.

**Keywords:** Physical model, Seepage, Embankment breach, Pipe leaking, Internal erosion

## บทนำ

ปัญหาการพังทลายของคันดินส่งผลให้คันดินเสียหายและไม่สามารถใช้เพื่อเก็บกักน้ำหรือต้านทานการไหลได้ ปัญหาดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากในช่วงที่เกิดอุทกภัย Foster และคณะ (2000) ได้สรุปสถิติการพิบัติของเขื่อนดินขนาดใหญ่ ถึงปี คศ. 1986 โดยแบ่งออกเป็น การพังทลายจากน้ำไหลล้น การพังทลายจากการไหลซึมลอด และการพังทลายจากการเลื่อนไถล มีขนาดร้อยละ 47 48.7 และ 4.3 ตามลำดับ ซึ่งการเกิดพิบัติภัยของคันดินจากการไหลล้น (Piping failure) มีโอกาสการเกิดที่สูงมากเป็นอันดับหนึ่งของสาเหตุการพังทลาย

ของคันดินทั้งหมดในอดีต ดังนั้นผู้วิจัยได้มุ่งประเด็นในการศึกษาไปที่การพังทลายที่เกิดจากการไหลลอดผ่านคันดิน

สุทธิศักดิ์ และคณะ (2550) ได้สรุปสาเหตุหลักของการพังทลายของน้ำไหลซึมลอดเขื่อนอันประกอบไปด้วย การรั่วซึมของฐานรากและตัวเขื่อน การเกิดรอยแยกในตัวเขื่อนจากการทรุดตัวต่างกัน และการพิบัติเสียหายเนื่องจากแผ่นดินไหว ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาไปถึงคันดินซึ่งในบางครั้งบริเวณสันคันดินจะถูกใช้เป็นถนน และมีการให้น้ำไหลผ่านคันดินทางท่อลอดที่วางไว้ตัดผ่านถนน เมื่อดินบริเวณท่อลอดมีการทรุดตัวที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้บริเวณรอยต่อของท่อลอดเกิดการแตกออกและน้ำไหลซึมออกทางช่องแตกได้ หากสภาวะดังกล่าวเกิดในช่วงสั้นๆ การไหลซึมออกทางรอยแตกจะมีผลกระทบเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นในภาวะอุทกภัยหรือน้ำท่วมซึ่งรอการระบายเป็นเวลานาน การรั่วซึมออกทางช่องแตกจะทำให้เกิดการพังทลายของคันดินได้

ถึงแม้จะมีการศึกษาการไหลซึมผ่านคันดินจากช่องแตกมามากมาย ดังตัวอย่างเช่น ผลการศึกษาของ Richards et al. (2008) เกี่ยวกับโอกาสในการเกิดการรั่วซึมขึ้น การสูญเสียทางชลศาสตร์บริเวณทางออกของท่อจะเป็นปัจจัยสำคัญ หรือผลการศึกษาการไหลผ่านช่องแตกที่อยู่ติดกำแพงของ Sharif (2013) พบว่า ปัจจัยที่ทำให้คันดินสามารถคงสภาพได้นานเมื่อน้ำไหลผ่านช่องใต้คันดินขึ้นอยู่กับการบดอัดดินเป็นหลัก และหากดินมีการบดอัดแน่นจะสามารถทำให้ทนต่อการกัดเซาะได้นานยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ขนาดของช่องแตกที่เกิดขึ้นจะมีความกว้างช่องแตกเฉลี่ยเท่ากับความสูงของช่องแตก แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยต่างๆ ที่มีมาเป็นการไหลผ่านของน้ำผ่านช่องแตกซึ่งไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบเมื่อน้ำไหลซึมผ่านทางรอยแตกของท่อ

Maynard (2016) ได้นำผลการศึกษาของ Federal Emergency Management Agency (2005) มาทำการวิเคราะห์และพบว่า สาเหตุการพิบัติของคันดินจากการกัดเซาะภายในมักเกิดขึ้นเมื่อน้ำมีการไหลลอดคันดิน (Piping) ซึ่งจะเกิดการกัดเซาะที่ผิวคันดินด้านท้ายน้ำและเหนือน้ำจนทำให้คันดินเกิดรูโพรงขึ้นมา ในบางครั้งระดับคันดินเดิมอาจทรุดตัวลงจากการยุบตัวลงไปทับที่โพรงหรือรูที่ไหลผ่านไปได้ ผลเสียหายหลักที่เกิดจากการไหลลอดผ่านของคันดินจะทำให้คันดินมีการแตกเป็นรูโพรงติดกับบริเวณฐานคันดินหรือมีการแตกเป็นช่องทำให้น้ำไหลผ่านได้อย่างอิสระ แม้ว่าเมื่อระดับน้ำลดลงแต่รูโพรงที่เกิดขึ้นก็ทำให้คันดินไม่สามารถป้องกันน้ำท่วมได้อีก เพื่อที่จะศึกษาการวิบัติของคันดินจากสาเหตุต่างๆ เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาสภาพการกัดเซาะของคันดินที่เกิดการรั่วซึมจากรอยแตกของท่อเป็นสำคัญ

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการจำลองคันดินด้วยแบบจำลองกายภาพ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลตลอดผ่านคันดินแบบรูพรอง คุณสมบัติต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการไหลตลอดผ่านคันดิน และการเปลี่ยนแปลงของกราฟน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากการไหลตลอดผ่านคันดิน นอกจากนี้ยังทำการศึกษาที่ตำแหน่งของการเกิดช่องโพรงสองตำแหน่ง ได้แก่ ช่องโพรงที่เกิดติดกับโครงสร้างแข็งที่น้ำไม่สามารถกัดเซาะได้ และตำแหน่งกึ่งกลางของคันดินซึ่งช่องโพรงสามารถแตกขยายออกไปได้ทั้งสองด้าน ผลการทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการป้องกันหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการไหลตลอดคันดินต่อไปในอนาคต

### วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาประกอบด้วยการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่ใช้ทดสอบ การจัดทำคันดินและติดตั้งท่อลอด การทดสอบการไหลผ่านท่อลอด และการเก็บข้อมูลสภาพคันดินที่เปลี่ยนแปลงไป โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. การวิเคราะห์คุณสมบัติดินที่ใช้ทดสอบ

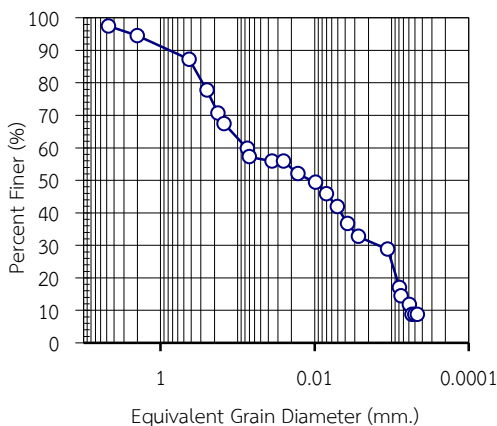
เลือกใช้ดินที่ในการทดลองเป็นดินที่มีความแน่น โดยนำมาตากให้แห้ง จากนั้นทำการทุบให้กระจายตัวเพื่อไม่ให้ดินจับตัวเป็นก้อนใหญ่ ทำการตรวจวัดความชื้นในดินก่อนบดอัดเพื่อวิเคราะห์หาสัดส่วนน้ำที่จะใช้ในการผสมเพื่อบดอัดคันดินให้ได้ความชื้นในดิน 20% Figure 1 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของดินที่ใช้ในการสร้างคันดิน ซึ่งจะทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมโดยการนำตัวอย่างดินไปจำแนกประเภทตามระบบ USCS ซึ่งต้องทำการทดสอบด้วยวิธีร่อนผ่านตะแกรง การทำไฮโดรมิเตอร์ การหาขีดจำกัดเหลวและขีดจำกัดพลาสติก คุณสมบัติดินที่ใช้ของคันดินทั้งหมด สรุปลงได้ดังตารางที่ 1 และกราฟขนาดเม็ดดินแสดงได้ดัง Figure 2



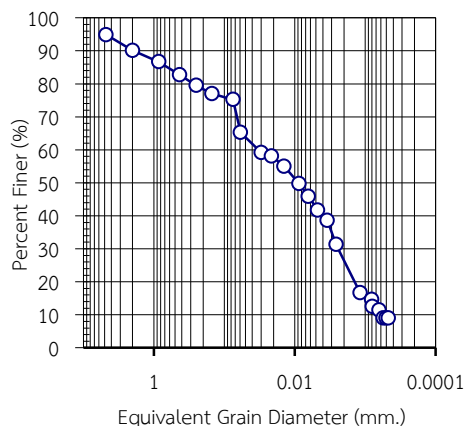
Figure 1 Soil sampling

**Table 1** Soil properties

ตำแหน่งของท่อ ลอด	ความหนาแน่น ของคันดิน		ขีดจำกัดของดิน			ชนิดของดิน
	$\gamma_w$	$\gamma_d$	LL	PL	PI	
คันดิน 1:2	1.914	1.529	42	17	25	ML
คันดิน 1:2	1.832	1.51	36	13	23	CL



a) Location of pipe: near solid wall



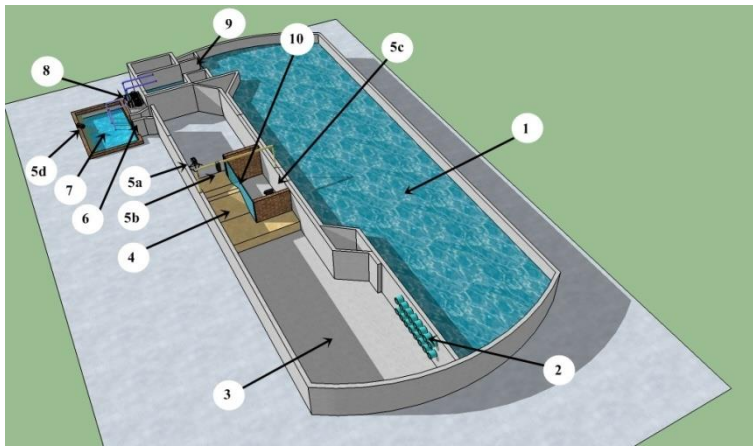
b) Location of pipe: center of embankment

**Figure 2** Grain size distribution curve

## 2. การจัดทำคันดินและติดตั้งท่อลอด

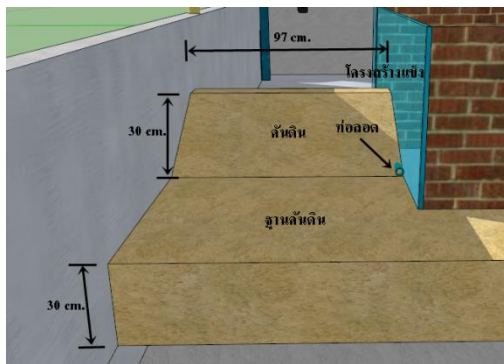
คันดินที่ใช้ในการทดสอบเป็นคันดินหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งจะติดตั้งในรางการไหลแบบหมุนวน แสดงได้ดัง Figure 3 มีความลาดชันแนวราบต่อแนวตั้งของคันดินด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำเท่ากับ 2:1 คันดินมีความสูง 30 เซนติเมตร ตั้งอยู่บนฐานคันดินสูง 30 เซนติเมตร ทำการสร้างคันดินเพื่อใช้ในการทดสอบ 2 อย่าง ได้แก่ การทดสอบการแตกเมื่อท่อลอดอยู่ที่ตำแหน่งใกล้กับกำแพงและการทดสอบเมื่อท่อลอดอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของคันดิน มิติของคันดินที่ใช้ในการทดลองและตำแหน่งของท่อลอดที่ติดตั้งไว้แสดงได้ดัง Figure 4



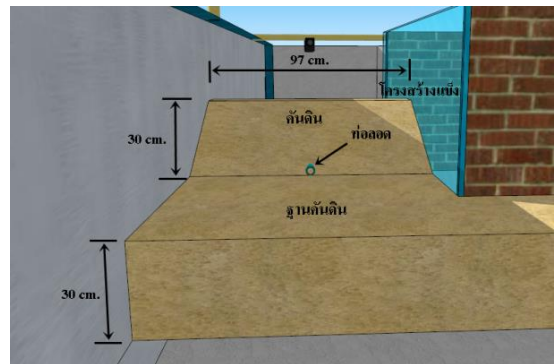


1. อ่างเก็บน้ำ
2. ท่อควบคุม
3. ทางน้ำทดสอบ
4. คันดินจำลอง
5. จุดตั้งกล้องวีดีโอ
6. รางพาร์แชล
7. บ่อพักน้ำ
8. บั้มทอยโข่งและวาล์วปรับอัตราการไหล
9. ฝายสันคม
10. แผ่นอะคริลิกหรือโครงสร้างแข็ง

Figure 3 Circulation channel



a) Pipe culvert near solid wall



b) Pipe culvert at the center of the embankment

Figure 4 Dimension of Embankment and location of pipe culvert

### 3. การทดสอบการไหลผ่านท่อลอด

เมื่อดำเนินการจัดทำคันดินและติดตั้งท่อลอดแล้วเสร็จ จะทำการปิดน้ำที่บริเวณทางเข้าของท่อลอดเพื่อมิให้น้ำไหลลอดผ่าน จากนั้นทำการปรับสภาพคันดินให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวโดยทำการปล่อยน้ำขังไว้ในคันดินเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 12 ชั่วโมง Figure 5 แสดงตัวอย่าง

คันดินที่จัดทำแล้วเสร็จและทำการแช่น้ำเมื่อตำแหน่งท่อลอดอยู่กึ่งกลางคันดิน โดยมีการตีเส้นตารางเพื่อสะดวกในการอ่านค่าระยะของการแตกคันดิน

ทำการติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูล โดยอุปกรณ์บันทึกข้อมูลในระหว่างทดสอบดังแสดงใน Figure 3 ประกอบด้วย กล้องวิดีโอ Sony handy cam 1 ตัว ติดตั้งไว้ด้านท้ายคันดิน (ตำแหน่ง 5a) และกล้องวงจรปิด 3 ตัว ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งเหนือคันดิน 1 ตัว (5b), ด้านข้างคันดิน 1 ตัว (5c) และบริเวณรางพาร์แชล 1 ตัว (6) และ เมื่อครบเวลาของการทำให้คันดินอิ่มตัว จะเริ่มการปล่อยน้ำเพื่อทำการทดลอง คอยตรวจระดับน้ำเหนือคันดินให้ใกล้เคียงสันคันดินอยู่เสมอ



Figure 5 The embankment when the pipe culvert at the center

#### 4. การเก็บข้อมูลสภาพคันดินที่เปลี่ยนแปลงไป

ข้อมูลคันดินที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถเก็บได้จากกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งไว้ และเมื่อหยุดการทดสอบ จะทำการเก็บขนาดของคันดินที่เสียสภาพโดยใช้เครื่องวัดระยะแบบเลเซอร์ อย่างไรก็ตาม บริเวณการแตกของคันดินเมื่อท่อลอดอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของคันดิน ไม่สามารถ

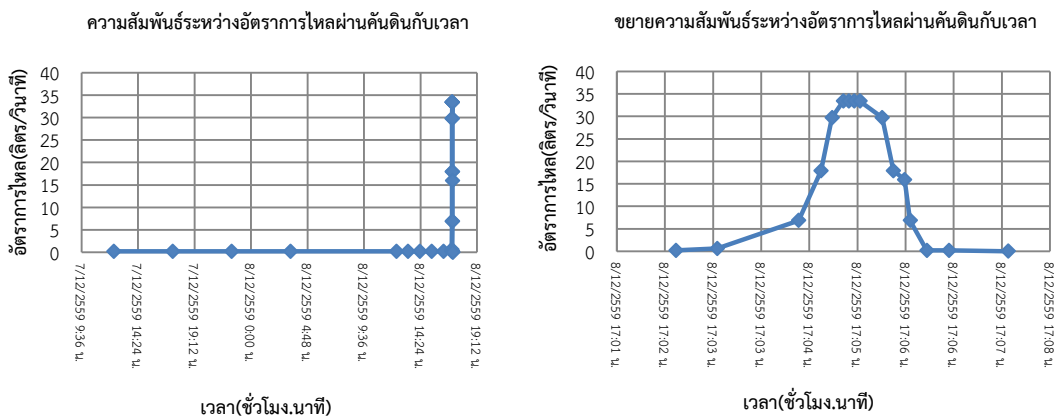
ดูการเปลี่ยนแปลงด้านนี้ได้ จึงต้องประเมินจากสภาพการแตกที่เกิดขึ้นเทียบกับการแตกของท่อลอดที่ตำแหน่งใกล้เคียงกับกำแพงอีกครั้ง

### ผลการศึกษา

ผลการศึกษาจำแนกได้ดังนี้

#### 1. กราฟน้ำท่าของการไหลผ่านท่อลอด

Figure 6 แสดงกราฟน้ำท่าของการทดลองทั้งสองตำแหน่งของท่อลอด



#### a) ตำแหน่งของท่อลอดอยู่กึ่งกลางคันดิน

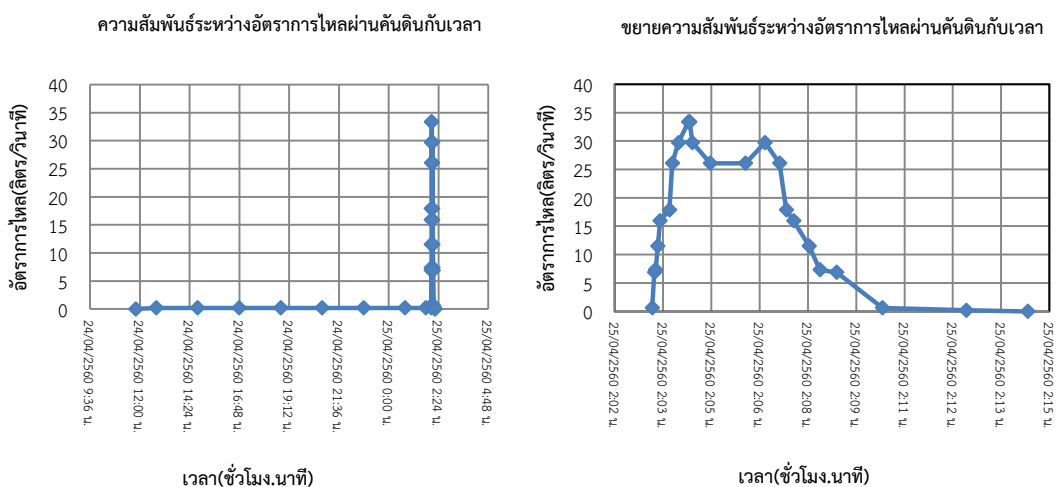


Figure 6 Hydrograph of the experiments

โดยที่ตำแหน่งการแตกกิ่งกลางคันดินนั้นจะใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดประมาณ 30 ชั่วโมง คันดินจะมีการเริ่มแตกออกอย่างมากที่เวลาช่วงท้ายของการทดลอง เกิดขึ้นเป็นเวลา 4.21 นาที ลักษณะของกราฟน้ำท่าในช่วงการแตกดังกล่าวนั้นแสดงให้เห็นว่าช่วงการแตกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากและคันดินจะเกิดการแตกเพิ่มขึ้นๆจนถึงขนาดของช่องการแตกที่คงที่และได้อัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ 33.38 ลิตร/วินาที แล้วมีการไหลสูงสุดนาน 6 วินาที ก่อนที่อัตราการไหลจะลดลงจนถึงค่าอัตราการไหลที่ต่ำสุดและสิ้นสุดการทดลอง สำหรับการแตกของคันดินเมื่อตำแหน่งท่อลอดติดกับโครงสร้างแข็งใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดประมาณ 15 ชั่วโมง และเริ่มการแตกที่ช่วงท้ายของการทดลองใช้เวลาในการแตกทั้งสิ้น 11.12 นาที ซึ่งลักษณะของกราฟน้ำท่าดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงช่วงการแตกจะมีเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันเช่นเดียวกับอีกการทดลอง และได้อัตราการไหลสูงสุดที่ 33.38 ลิตร/วินาที และการไหลสูงสุดนาน 3 วินาทีก่อนที่อัตราการไหลจะลดลงมาที่ 26.08 ลิตร/วินาที แต่เพื่อที่จะตรวจสอบคันดินว่าสามารถเกิดการกัดเซาะได้มากขึ้นเพียงใดเมื่อมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้น จึงทำการเติมน้ำเข้ามาในระบบทดสอบส่งผลให้กราฟน้ำท่าดังกล่าวสูงขึ้น และเมื่อสังเกตเห็นว่าการกัดเซาะคันดินไม่เพิ่มขึ้นและอัตราการไหลไม่สามารถไปถึงค่าสูงสุดได้ จึงทำการหยุดการเติมน้ำและปล่อยให้คันดินเกิดการกัดเซาะตามปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในทางน้ำทดสอบจนสิ้นสุดการทดลอง

## 2. รูปแบบของการกัดเซาะคันดิน

เนื่องด้วยการวางท่อลอดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของคันดิน ไม่สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้านในคันดินได้ จึงต้องประเมินจากสภาพการกัดเซาะที่เกิดขึ้นเมื่อท่อลอดวางติดกับกำแพงใส ภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงภาพด้านข้างของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆ ของคันดิน โดยคันดินเริ่มมีการกัดเซาะท้ายคันดินก่อนเล็กน้อยและเริ่มมีการขยายการกัดเซาะบริเวณด้านท้ายคันดินโดยที่อัตราการไหลต่ำเนื่องจากยังไม่มีมีการกัดเซาะออกไปทางด้านท้ายน้ำ และเมื่อน้ำเกิดการร่วออกบริเวณรอบท่อทดสอบทำให้น้ำดันท่อทดสอบให้หลุดจากกันจนเกิดรอยแยกของท่อทำให้น้ำไหลวนกัดเซาะคันดินเพิ่มขึ้นทำให้น้ำที่อิมตัวเกิดการกัดเซาะภายในและหลุดตัวลงมาที่ละไม่มากและคันดินได้เกิดการกัดเซาะต่อที่บริเวณหน้าคันดินด้านเหนือน้ำและมีอัตราการไหลที่ยังคงที่ที่ต่ำและพอน้ำได้กัดเซาะท่อที่ใช้ทดสอบและดันท่อออกจนหมดและทำให้ค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นและคันดินเกิดการกัดเซาะหน้าคันดินด้านเหนือน้ำและก็มีมีการหลุดตัวลงมาอย่างฉับพลันและทำให้เกิดการกัดเซาะคันดินสูงที่สุดด้วยอัตราการไหลสูงที่สุด

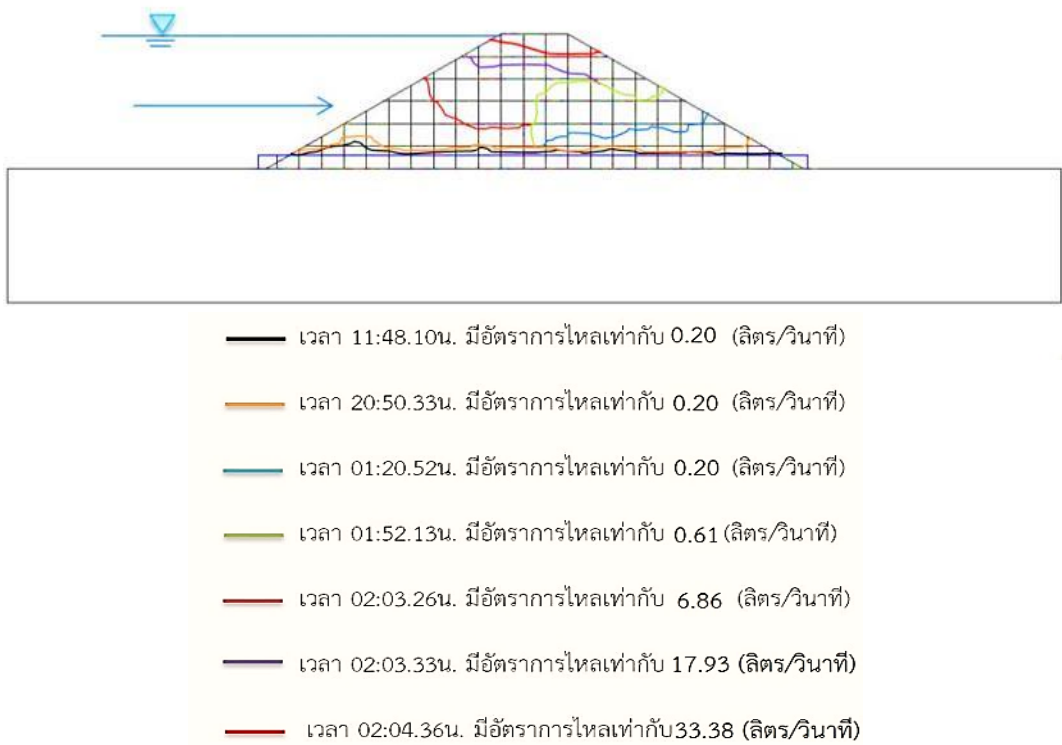
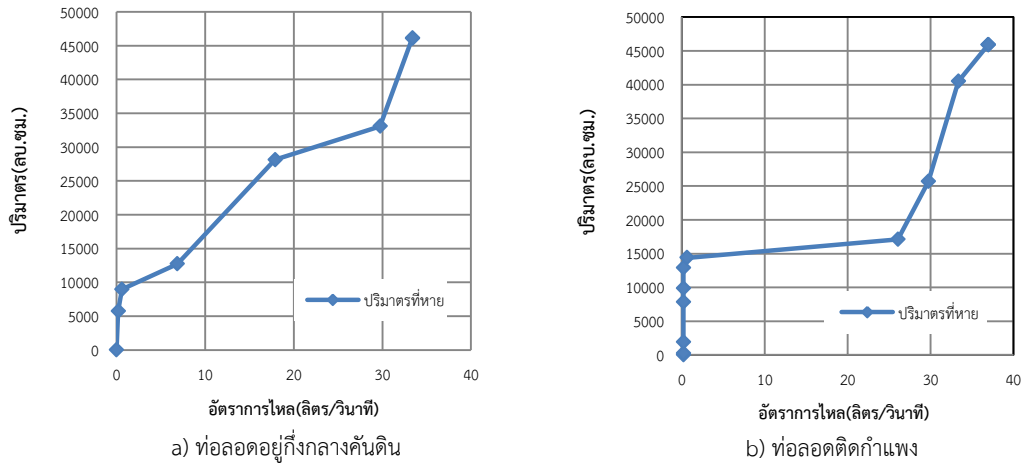


Figure 7 Profile of embankment breach when pipe culvert near solid wall

### 3. ปริมาตรคันดินที่ถูกกัดเซาะ

ความสัมพันธ์ของปริมาตรคันดินที่ถูกกัดเซาะกับอัตราการไหลเมื่อท่อลอดอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคันดินและอยู่ติดกับกำแพงแสดงได้ดัง Figure 8 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาตรของคันดินเมื่อทำการทดสอบเบื้องต้นจะสูญเสียสูงขึ้นทันที เนื่องจากน้ำที่ไหลออกมาจากท่อไปกัดเซาะดินที่อยู่ปริมาณรอบท่อทั้งด้านทางเข้าและทางออก ส่งผลให้เส้นกราฟพุ่งสูงขึ้นทันที เมื่อเวลาผ่านไป ปริมาตรดินที่ถูกกัดเซาะของท่อลอดที่กึ่งกลางคันดิน (Figure 8a) จะหายไปอย่างสม่ำเสมออย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ปริมาตรดินของท่อลอดที่ติดกำแพง (Figure 8b) จะไม่ค่อยมีการสูญเสียมากนักกระทั่งคันดินเกิดการพังทลายและให้อัตราการไหลที่สูงขึ้นทันที ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟที่โค้งสูงขึ้นที่ปริมาณการไหลสูง



**Figure 8** Relationship between volumes of soil losses and discharges through embankment breach

เมื่อพิจารณาการกัดเซาะภายในของคันดินเมื่อท่อลอดอยู่ที่ตำแหน่งติดกำแพง ดังแสดงใน Figure 9 จะพบว่า น้ำที่ผ่านออกมาจากรอยแตกของท่อจะเข้าไปกัดเซาะคันดินทำให้คันดินเกิดเป็นโพรงใหญ่ภายในคันดิน และเมื่อโพรงมีขนาดใหญ่ขึ้นส่งผลให้ดินที่อยู่รอบนอกไม่สามารถต้านทานแรงดันน้ำได้จึงเกิดการกัดเซาะหน้าคันดินเพิ่มเติม อีกทั้งการกัดเซาะด้านเหนือน้ำทำให้น้ำไหลเข้ามาสมทบมากขึ้นจึงทำให้คันดินพังทลายถึงจุดสูงสุด



Figure 9 Internal erosion of embankment when pipe culvert near solid wall

### วิจารณ์

จากผลการศึกษาพบว่าการรั่วซึมของน้ำผ่านท่อลอดที่วางใกล้กับกำแพง น้ำที่ไหลออกจากรอยต่อของท่อจะใช้เวลานานในการกัดเซาะคันดิน แต่เมื่อคันดินเกิดการพังทลายเป็นรูโพรงข้างในจะทำให้มีน้ำขังอยู่ในคันดินและไหลออกไปตามแนวรอยต่อ ส่งผลให้เกิดรูโพรงในคันดินขยายขนาดใหญ่ขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว และเมื่อเกิดการพังทลายจะใช้เวลาไม่นานในการทำให้คันดินเสียหายอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่การวางท่อไว้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคันดิน การแตกจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและขนาดของช่องแตกมองเห็นได้ชัดเจนกว่า

เมื่อพิจารณาที่ปริมาตรของดินที่หายไปเมื่อการทดลองสิ้นสุดลง ที่ตำแหน่งท่อลอดอยู่กึ่งกลางคันดินมีการสูญเสียร้อยละ 11 เมื่อเทียบกับปริมาตรคันดินเดิม ในขณะที่ตำแหน่งท่อลอดอยู่ใกล้กำแพงมีการสูญเสียร้อยละ 40 ของปริมาตรคันดินเดิม ซึ่งการทดลองทั้งสองนี้มีค่า

อัตราการไหลสูงสุดที่ 33.38 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าการสูญเสียนี้แสดงให้เห็นว่า การแตกของคันดินเมื่อท่อลอดอยู่ติดกับกำแพงจะอันตรายมากกว่า

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการกัดเซาะภายในช่องโพรงของคันดิน พบว่า การกัดเซาะจะเกิดขึ้นในแนวตั้งสำหรับตำแหน่งของท่อลอดที่อยู่ติดกับกำแพง ซึ่งลักษณะการกัดเซาะดังกล่าวทำให้คันดินเกิดการสูญเสียอย่างมากเมื่อท่อลอดหลุดออกจากคันดินไป

### สรุป

การศึกษาการพังทลายของคันดินเนื่องจากน้ำรั่วซึมระหว่างรอยต่อของท่อ ทำการจำลองการรั่วซึมโดยใช้แบบจำลองกายภาพของคันดินที่มีความเชื่อมแน่น โดยใช้ความหนาแน่นแห้งในการบดอัดคันดิน 1.51 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความลาดชันคันดินแนวตั้งต่อแนวนราบ 1:2 ทำการวางท่อลอดผ่านใต้คันดิน โดยวางแนวท่อเป็นแนวนราบติดกับพื้นทางน้ำ และวางไว้ติดกับกำแพงใส่เพื่อสังเกตลักษณะการกัดเซาะที่เกิดขึ้นได้ การกัดเซาะภายในเกิดขึ้นเมื่อน้ำไหลผ่านช่องเปิดของรอยรั่วซึมท่อภายในคันดิน การทดลองสิ้นสุดลงเมื่อน้ำกัดเซาะคันดินจนไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นทำการวิเคราะห์หารูปแบบของการถูกกัดเซาะและลักษณะของคันดินที่เปลี่ยนไป

ผลการทดลองพบว่าเมื่อน้ำเกิดการรั่วซึมระหว่างท่อลอด การกัดเซาะแบบหมุนวนจะเกิดขึ้นภายในคันดิน ทำให้เกิดโพรงขนาดใหญ่ภายในคันดิน และเมื่อโพรงดังกล่าวเต็มไปด้วยน้ำ จะเกิดการรั่วซึมไปทางด้านท้ายคันดินและทำให้คันดินแตกเป็นรูโพรงขนาดใหญ่ และมีอัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้นทันที ทำการตรวจวัดปริมาตรดินที่ถูกกัดเซาะได้ถึงร้อยละ 40 ของปริมาตรดินเดิม และการกัดเซาะภายในที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นมากในดิ่งมากกว่าแนวด้านราบ

### เอกสารอ้างอิง

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์ และ วรากร ไม้เรียง. 2550. โครงการอบรม ความปลอดภัยเขื่อนในสภาวะปกติและสภาวะอันตราย. วันที่ 20-21 กันยายน 2550 ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ คอนเวนชั่น, กรุงเทพฯ.

Federal Emergency Management Agency FEMA. 2005. Conduits through Embankment Dams. Best Practices for Design, Construction, Problem Identification and Evaluation, Inspection, Maintenance, Renovation, and Repair.



- 
- Foster, M., Fell, R., and Spannagle, M. 2000. “The statistics of embankment dam failures and accidents.” *Can. Geotech. J.*, 37(5), 1000–1024.
- Don Frikken, P.E. 2009. *Piping Failures – Causes and Prevention (MC117) A Practical. Case Study-based Training Program Led.*
- Maynard, E.G. 2016. *Embankment Failures – Local Experiences.* [cited 2018 Feb 3] Available from: <https://www.geosolve.co.nz/assets/publication-articles/Maynard-E-FINAL-11YGPC.pdf>
- Richards, S., K. and Reddy, K. 2008. *Experimental Investigation of Piping Potential in Earthen Structures. Geotechnical Special Publication.* 178. 367-376.
- Sharif, Y., A. 2013. *Experimental Study on Piping Failure of Earthen Levee and Dams., Ph.D. Thesis, Science Bangladesh University of Engineering.*

## การศึกษาแบบจำลองการเสริมกำลังของเสาไฟฟ้าด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย CFRP The Study of Models Strengthening of Electric Poles with Carbon Fiber Reinforce Polymer CFRP

พีรพล อันน้อยนนท์\* และ อาทิตย์ เพชรศศิธร

Peerapon Annoinon\* and Arthit Petchsasithon

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

\* Corresponding author: p-v\_belove@hotmail.com

### บทคัดย่อ

จากรายงานสถิติอุบัติเหตุในปัจจุบัน หลายครั้งพบว่าเสาไฟฟ้าคอนกรีตอัดแรงที่ผลิตตามมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เกิดการโค่นล้มแบบต่อเนื่องจำนวนหลายต้นจากอุบัติเหตุต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของคอนกรีตนั้นมีจุดด้อยคือเป็นวัสดุแข็งเปราะ มีความสามารถในการรับแรงดึงต่ำและทนทานต่อแรงกระทำที่จำกัด น้ำหนักของเสาไฟฟ้าเหนือบริเวณที่หักโค่นจะทำให้เกิดแรงดึงกระทำในเสาไฟฟ้าในต้นข้างเคียง ทำให้เกิดการโค่นล้มแบบต่อเนื่อง ดังนั้นการลดน้ำหนักของเสาไฟฟ้าเหนือบริเวณที่หักโค่น จะทำให้แรงดึงกระทำที่เกิดขึ้นในเสาไฟฟ้าต้นข้างเคียงลดลง และสามารถลดการหักโค่นแบบต่อเนื่องของเสาไฟฟ้าต้นข้างเคียงได้ การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการเปลี่ยนตำแหน่งการหักโค่นของเสาไฟฟ้าจากตำแหน่งใกล้ฐานเสาให้สูงขึ้นไปเพื่อทำให้น้ำหนักของเสาไฟฟ้าเหนือบริเวณที่หักโค่นลดลง โดยการนำวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใยไฟเบอร์ (CFRP) ในการเสริมกำลังให้กับเสาไฟฟ้าคอนกรีตอัดแรงในตำแหน่งของแรงเค้นสูงสุด โดยการวิเคราะห์จะใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อหาความหนาของการพัน CFRP ที่จะสามารถรับแรงเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ และบังคับให้เสาไฟฟ้าหักในตำแหน่งที่ต้องการ โดยผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเค้นที่เกิดไม่เกินกำลังรับแรงดึงในวัสดุ CFRP ในขณะที่ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย (Safety Factor) ที่วิเคราะห์ในด้านกำลังอัดของคอนกรีตเพื่อวิเคราะห์ตำแหน่งการหักโค่นของเสาไฟฟ้า มีค่าที่สูงมากกว่า 1 ที่ตำแหน่งใกล้ฐานและลดต่ำกว่า 1 เหนือระยะการพันวัสดุ CFRP ซึ่งแสดงถึงตำแหน่งการหักโค่นของเสาไฟฟ้าที่เคลื่อนตัวอยู่ในตำแหน่งที่คาดการณ์ โดยผลการวิจัยนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการป้องกันเสาไฟฟ้าคอนกรีตอัดแรงที่ทำการปักเสาพาดสายแล้ว เพื่อลดจำนวนเสาไฟฟ้าที่หักโค่นแบบต่อเนื่องของเสาไฟฟ้าข้างเคียงจากแรงกระทำดังกล่าวต่อไป

**คำสำคัญ:** แรงกระแทก คาร์บอนไฟเบอร์ ความเปราะ ไฟไนต์เอลิเมนต์

### Abstract

Based on the statistically accidental reports, many cases of prestressed concrete electric poles which are manufactured following the Metropolitan Electricity Authority (MEA) standards were found to collapse continuously from the several accidents. This is due to the poor properties of concrete as a brittle material and low tensile strength which limit the impact resistance. The weight of concrete pole beyond the failure will cause the tensile force to the adjacent poles, to minimize the weight of these failure poles are therefore considered to decrease these impact forces to the adjacent poles and can prevent the consecutive damage consequently. This research will emphasize on the reposition of failure area from the pole base to the position beyond by the application of CFRP to strengthen where the maximum stress is expected. The finite element analysis will be introduced to analyze the amount numbers of wrapping in order to control the desired point of failure. The result of stress analysis showed the occurred stress value within the tensile strength of CFRP material while the result of safety factor which was analyze at the compression zones of concrete showed the value higher than 1 at the ground level as expected and lower than 1 beyond the position of CFRP wrapping. The study results will be introduced as a guideline to prevent the consecutive damage for the existing prestressed concrete electric poles respectively.

**Keywords:** Impact Force, CFRP, Brittle, Finite Element

### บทนำ

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) นั้นจะมีข้อกำหนดมาตรฐานของการผลิตเสาไฟฟ้าคอนกรีตทั้งแบบเสาไฟฟ้าคอนกรีตอัดแรง (Pre-stressed Process) และเสาคอนกรีตแรงเหวี่ยง (Spun Process) โดยมีขนาด และการแบ่งประเภทของเสาตามลักษณะการใช้งาน โดยทั่วไปการผลิตเสาไฟฟ้าตามมาตรฐานอุตสาหกรรมมีการใช้คอนกรีตเป็นวัสดุหลัก ด้วยเหตุผลที่ว่า คอนกรีตเป็นวัสดุที่สามารถหล่อให้มีรูปร่างลักษณะและขนาดตามต้องการได้ง่าย

และไม่ถูกจำกัดเหมือนวัสดุอื่น แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติและแรงดัดเองของคอนกรีตมีจุดด้อยตรงที่เป็นวัสดุเปราะ มีความสามารถในการรับแรงดึงต่ำและทนต่อการกระแทกที่จำกัด ดังเห็นได้จากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา กปน. ประสบปัญหาจากเสาไฟฟ้าหักโค่นหรือล้มเป็นจำนวนมากในแต่ละเหตุการณ์ โดยพบว่าปัจจัยที่มาก่อส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากปัจจัยภายนอก เช่น อุบัติเหตุรถชนเสาไฟฟ้า รถเกี่ยวสายไฟฟ้าหรือสายสื่อสาร ต้นไม้ล้มทับเสาหรือสายไฟฟ้า เป็นต้น ส่งผลกระทบให้เสาไฟฟ้าเกิดการหักโค่นหรือล้มในต้นที่ถูกแรงกระทำโดยตรง และส่งผลให้เสาไฟฟ้าต้นข้างเคียงหักโค่นต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากสายไฟฟ้าขาด ซึ่งในแต่ละเหตุการณ์ ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าของ กปน. ได้รับความเดือดร้อนไม่มีไฟฟ้าใช้ และเกิดอันตรายต่อประชาชนทั่วไปจากเสาไฟฟ้าที่หักโค่นเกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน จากเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นนี้ แสดงให้เห็นว่ากำลังของคอนกรีตไม่เพียงพอต่อการต้านทานการพังของเสาไฟฟ้า จึงเป็นที่มาของการศึกษาการเสริมกำลังเสาไฟฟ้า ด้วยการเพิ่มคุณสมบัติความเหนียวให้กับคอนกรีต เพื่อลดปัญหาต่างๆ ดังที่กล่าวมา

การหักหรือโค่นล้มของเสาไฟฟ้าข้างเคียงแบบต่อเนื่องจำนวนมากนี้ ส่วนใหญ่เกิดจากการหักโค่นของเสาในตำแหน่งใกล้ฐานที่เกิดโมเมนต์สูงสุดจากแรงกระแทก ทำให้น้ำหนักของเสาไฟฟ้าที่หักโค่นแต่ละต้นเพิ่มแรงกระทำในสายเคเบิลไฟฟ้า โดยแรงกระทำนี้มีทิศทางลงในแนวตั้งและจะแปรผันตรงกับจำนวน ตำแหน่งที่หักโค่นและน้ำหนักของเสาไฟฟ้า การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นเป้าหมายไปที่การลดจำนวนเสาไฟฟ้าที่จะหักโค่นหรือล้มต่อเนื่อง จากแรงกระทำดังกล่าว โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเรื่องการใช้วัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใยไฟเบอร์ (Fiber-reinforced Polymer) ชนิด Carbon หรือ CFRP ประเภทกำลังสูง (High Strength Type II) ในการเสริมกำลังให้กับเสาไฟฟ้า เนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีอัตราส่วนของกำลังต่อน้ำหนักที่สูง มีความต้านทานการผุกร่อนสูง มีน้ำหนักเบา และมีความสามารถในการดูดซับพลังงานสูง ซึ่งเหมาะแก่การนำมาใช้เสริมกำลังเสาไฟฟ้าคอนกรีต

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาพฤติกรรม Post-cracking และการเสริมกำลังให้เสาไฟฟ้าด้วย CFRP แบบแผ่น (Strip) และแบบผ้า (Fabric) เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ FEM เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งการหักโค่นจากใกล้ฐานให้อยู่สูงขึ้นไป เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเสริมกำลังของเสาไฟฟ้าคอนกรีตต้นที่ตั้งอยู่ เพื่อลดจำนวนการหักโค่นหรือล้มต่อเนื่อง ของต้นที่ตั้งอยู่ข้างเคียงจากอุบัติเหตุรถชนเสาไฟฟ้า รถเกี่ยวสายไฟฟ้าหรือสายสื่อสาร และต้นไม้ล้มทับเสาหรือสายไฟฟ้า ในเสาไฟฟ้าต้นหลัก เป็นต้น

## วิธีการศึกษา

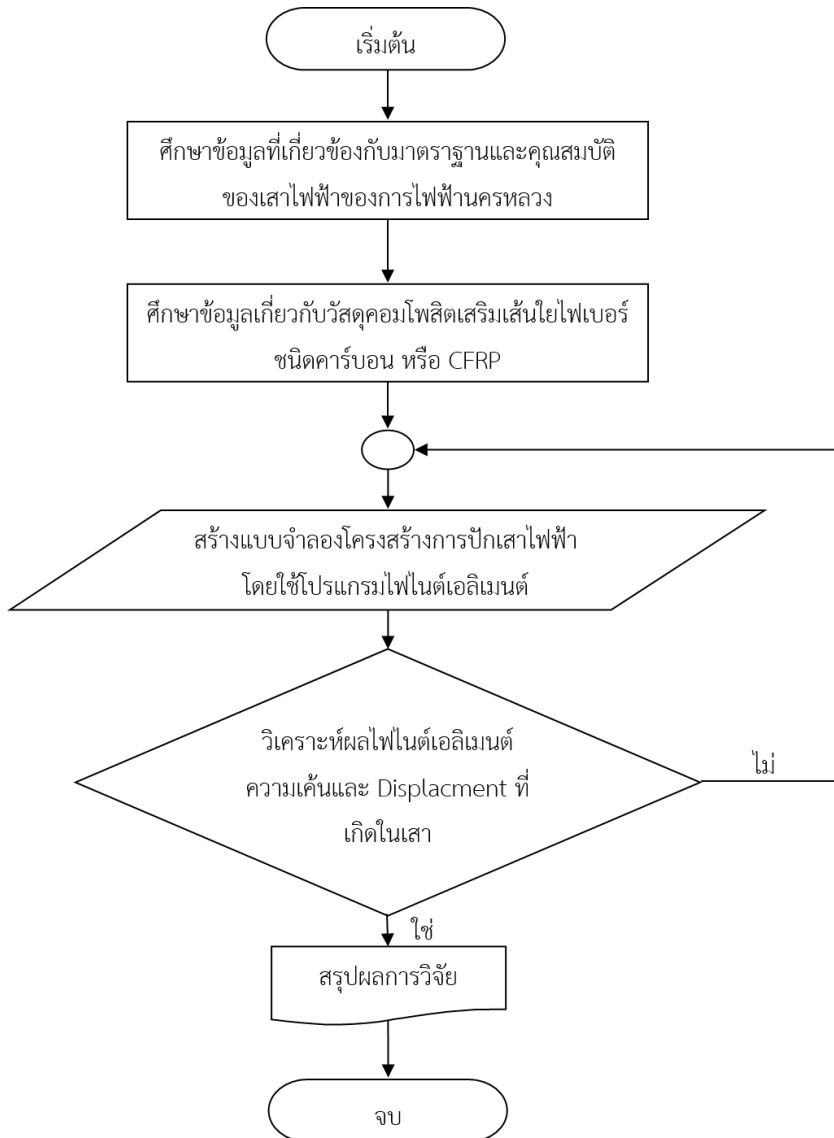
การศึกษาการเสริมกำลังด้วยการใช้วัสดุ CFRP ในเสาไฟฟ้า เพื่อลดการหักโค่นต่อเนื่องของเสาไฟฟ้าต้นข้างเคียงนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 1 ที่ประกอบด้วยการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกฎเกณฑ์ มาตรฐานและข้อกำหนด ลักษณะของเสาไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้ารวมถึงอุปกรณ์ที่จะติดตั้งอื่นๆ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใยไฟเบอร์ ชนิดคาร์บอน หรือ CFRP สร้างแบบจำลองเสาไฟฟ้าโดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้รูปแบบการปักเสาพาดสายจริง และใช้เสาขนาดความยาว 22 เมตร เป็นตัวอย่างในการทำแบบจำลองและวิเคราะห์โดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อหาตำแหน่งของความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้น โดยกำหนดให้ส่วนโครงสร้างที่ฝังอยู่ในดินมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการหักโค่นหรือล้ม และกำหนดให้แรงที่กระทำที่ปลายของเสาไฟฟ้ามีค่าเป็น 2 เท่าของความสามารถรับแรงของเสาไฟฟ้า การวิเคราะห์หาค่าความเค้นที่เกิดขึ้นจะพิจารณาเฉพาะที่เกิดจากแรงกระแทกในเสาไฟฟ้าคอนกรีตเท่านั้น ไม่รวมถึงแรงลม น้ำหนักบรรทุกจากการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆบนเสาไฟฟ้า เช่น การติดตั้งหม้อแปลงชนิดแขวนบนเสาไฟฟ้า หรือการติดตั้งคอนสายด้านเดียวของสายป้อนและสายส่ง โดยผลที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณสมบัติของเสาไฟฟ้าคอนกรีตอัดแรงเพื่อลดจำนวนเสาไฟฟ้าที่จะหักโค่นล้มแบบต่อเนื่องของเสาไฟฟ้าต้นข้างเคียง

การติดตั้งวัสดุ CFRP ตามมาตรฐาน มยผ. 1508-51 [2551] การเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นการใช้กาว Epoxy พิเศษ ที่ผลิตขึ้นเฉพาะของผู้ผลิตและจำหน่ายวัสดุ CFRP โดยหลักการของค่าการติดยึดของกาว Epoxy กับวัสดุ CFRP ที่มีค่ามากกว่ากำลังการรับแรงดึงของวัสดุคอนกรีต เพื่อให้วัสดุ CFRP เป็นเสมือนส่วนหนึ่งของเสาไฟฟ้า โดยการสร้างแบบจำลองของการพันวัสดุ CFRP ในโปรแกรมเป็นการจำลองการพันวัสดุ CFRP ในเสาให้ทิศทางของเส้นใยในการพันขนานไปกับความสูงของเสาไฟฟ้า เนื่องจากพฤติกรรมของแรงที่เกิดขึ้นต่อเสาเป็นไปในลักษณะของแรงอัดและแรงดัดในเสา ดังนั้นเพื่อให้เส้นใยสามารถรับแรงดัดในด้านที่เกิด เส้นใยจึงต้องขนานไปกับแกนของเสาไฟฟ้า

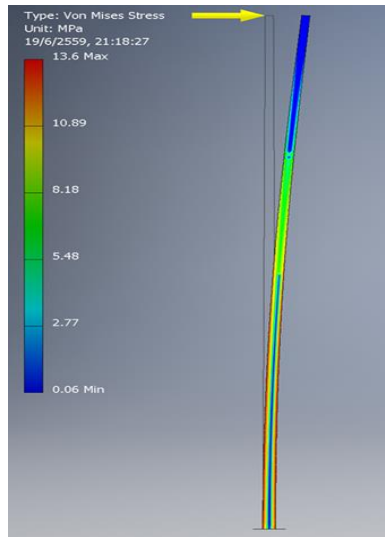
## แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### แนวคิดของงานวิจัย

แรงกระแทกในทางกลศาสตร์ คือ แรงที่มีขนาดสูงในระยะเวลานั้นๆ ผลของแรงขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุหรือขนาดของแรงและความเร็วสัมพัทธ์ วัสดุที่เปราะกว่าก็จะเกิดการแตกหัก ตามผลของแรงที่เกิดขึ้น



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 2 แสดงความเค้นที่เกิดจากแรงกระทำที่ปลายเสาไฟฟ้า

การต้านทานแรงกระทำเพิ่มขึ้นอยู่กับโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ ซึ่งหมายความว่าวัสดุที่แข็งแรงจะทนต่อแรงกระทำได้น้อย วัสดุยืดหยุ่นจะทนต่อแรงกระทำได้ดี การวิบัติหรือแตกร้าวก็จะเกิดในตำแหน่งที่ถูกรวมแรงกระทำมาก ในเสาไฟฟ้าคอนกรีต หากเกิดแรงกระทำจากอุบัติเหตุรถชน พฤติกรรมของเสาจะเกิดความเค้นในตำแหน่งที่เกิดแรงกระทำ และถ่ายเทแรงไปสู่ด้านตรงข้ามของเสา ในขณะที่เสาไฟฟ้าต้นตอเนื่อง จะถูกส่งถ่ายแรงมาจากเสาไฟฟ้าต้นที่หักโค่นผ่านสายไฟฟ้าที่พาดเสาแต่ละต้น ในตำแหน่งต่างๆ ของการปักเสาพาดสาย ตามมาตรฐานของ กฟน. ในลักษณะของแรงที่เกิดขึ้น จะทำให้เกิดโมเมนต์ในตำแหน่งฐาน

### ชนิดของเสาไฟฟ้า การติดตั้งและข้อมูลของเสาไฟฟ้า

เสาไฟฟ้า (Pole) ที่ใช้ในการติดตั้งมีอยู่ 2 ชนิด คือ เสาไม้ (Wood Pole) และเสาคอนกรีต (Concrete Pole) เสาไม้ปัจจุบันได้เลิกใช้ไปแล้วเนื่องจากไม้หายาก ส่วนเสาคอนกรีต (Concrete Pole) มีข้อกำหนดมาตรฐานของการผลิตเสาไฟฟ้าคอนกรีตทั้งแบบเสาไฟฟ้าคอนกรีตอัดแรง (Pre-stressed Process) และเสาคอนกรีตแรงเหวี่ยง (Spun Process) มีการผลิตในขนาดที่ใช้ 6 8.50 10 10.50 12 12.35 14 16 18 18.50 20 และ 22 เมตร

## ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเสาไฟฟ้า

เสาไฟฟ้า อัดแรง (ม.)	ความสูงเสา จากพื้นดิน (ม.)	ระยะปีก เสาในดิน (ม.)	ขนาดเสา		น้ำหนัก (กก.)	โมเมนต์ ที่รับได้ (ตัน-ม.)
			ฐาน	ปลาย		
			กว้าง (ซม.)	กว้าง (ซม.)		
8.5	7.20	1.30	20.00	15.00	585	2.0
8.5	7.20	1.30	28.00	21.62	1,200	4.5
12	10.25	1.75	25.27	16.18	1,280	3.5
12	10.25	1.75	25.27	16.18	1,357	5.0
12.35	10.25	2.10	35.63	22.40	2,319	6.5
14	12.00	2.00	28.00	17.50	3,975	10.0
22	20.00	2.00	43.60	25.60	5,850	18.0
22	20.00	2.00	57.25	27.00	8,410	25.0

## คุณสมบัติของวัสดุ

## คอนกรีต

คุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีตที่มีผลต่อการศึกษา ได้แก่ โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ( $E_c$ ) ซึ่งเป็นตัวแสดงถึงความต้านทานต่อการเสียรูปของคอนกรีตเมื่อมีน้ำหนักกระทำ โดยจะมีค่าแปรผันตามกำลังและหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ACI 318M-05 ได้กำหนดความสัมพันธ์เพื่อหาโมดูลัสของคอนกรีตโดย มีสมการดังนี้

$$E_c = \omega_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'c} \quad (\text{MPa}) \quad (1)$$

สำหรับคอนกรีตมวลธรรมดา โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \quad (\text{MPa}) \quad (2)$$

## เหล็กลวด Pre-stress

ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง หมายถึง ลวดที่ทำขึ้นโดยวิธีดึงเย็นเหล็กลวดคาร์บอนสูง ลวดดึงเย็น คือลวดลักษณะตัน ทำจากเหล็กลวดโดยการดึงเย็นผ่านด้ายหรือลูกกลิ้ง



### ผลของโมเมนต์ดัดเนื่องจากรวมแรงดึงของสายไฟฟ้า

ความสามารถในการรับแรงดัด (Bending Moment : B.M.) ของเสาคอนกรีตอัดแรงที่มีการติดตั้งสายไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่างๆ บนเสาไฟฟ้า ซึ่งความหมายของ B.M. จะหมายถึงเมื่อมีแรงลมกระทำต่อวัสดุที่ยึดอยู่กับที่ในลักษณะที่แรงนั้นพยายามทำให้วัตถุนั้นหมุนไปตามทิศทางของแรงที่มากระทำ ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างแรงที่กระทำกับระยะทางในแนวตั้งฉากจากแนวแรงไปยังจุดหมุน เป็นไปตามสมการที่ (3)

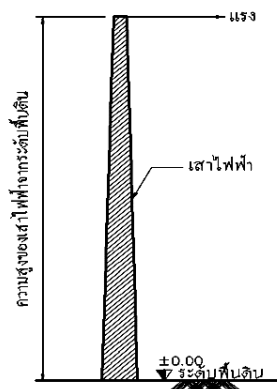
$$B.M. = F \times S \tag{3}$$

โดยที่ B.M. = โมเมนต์ดัด กิโลกรัม-เมตร (kg-m)

F = แรงที่กระทำต่อวัตถุ กิโลกรัม (kgf)

S = ระยะทางในแนวตั้งฉากจากจุดที่แรงกระทำไปยังจุดหมุน เมตร (m)

B.M. ที่เกิดขึ้นกับเสาไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในกรณีที่สายไฟฟ้ามีการเข้าปลายสายที่เสาต้นสุดท้ายโดยไม่มีสายยึดโยง หรือเกิดจากการพาดสายไฟฟ้าไม่เป็นแนวตรงทำให้เกิดแรงลัพท์ตั้งฉากกับหน้าเสาเนื่องจากมุมเบี่ยงเบนของสายไฟ และเกิดจากแรงลม โดยจะเกิดเฉพาะเวลาที่มีลมพัดมาปะทะกับเสาไฟฟ้าหรือสายไฟรวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆ ที่ติดตั้งอยู่บนเสาไฟฟ้า เสา 22 เมตร ที่ใช้ในการพิจารณา มีโมเมนต์ 18 และ 25 ตัน-เมตร มีระยะฝังดินอยู่ 2.00 เมตร โดยแรงที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็น 2 เท่าของความสามารถรับแรงของเสาไฟฟ้า

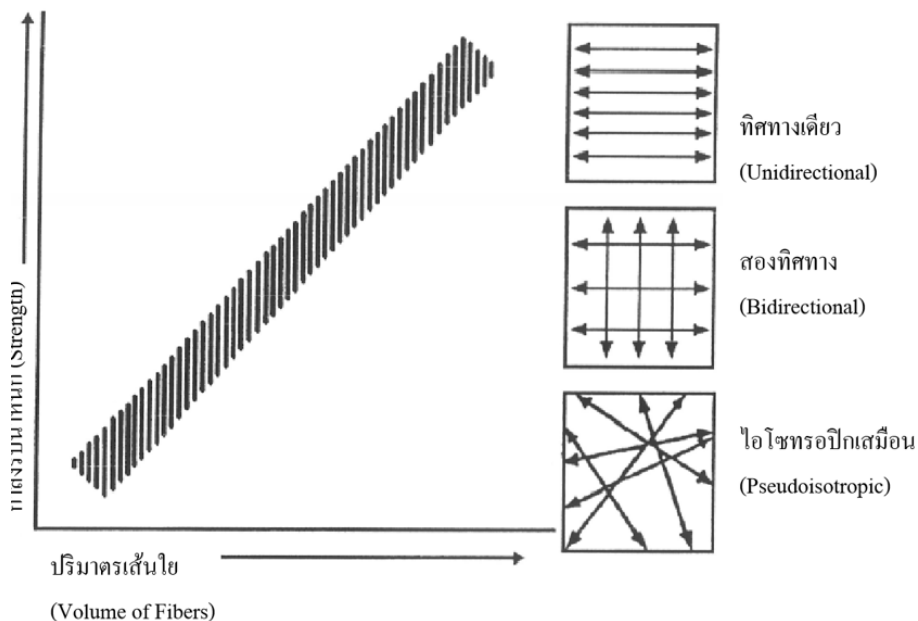


รูปที่ 3 แสดงแรงกระทำที่ทำให้เกิดโมเมนต์

**มยพ.1508-51 [2551] มาตรฐานการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย**

**วัสดุคอมโพสิต (Composite)**

คอมโพสิต (Composite) เป็นวัสดุที่ประกอบไปด้วยวัสดุ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งมีการเชื่อมประสานวัสดุตั้งกล่าวเข้าไว้ด้วยกัน วัสดุคอมโพสิตในเอกสารนี้ หมายถึง เมทริกซ์ (Matrix) 1 ของวัสดุประเภทพอลิเมอร์ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใย หรือวัสดุเสริมกำลังอื่นๆ ซึ่งมีความยาวมากกว่าความหนาอย่างชัดเจน วัสดุคอมโพสิตหรือพอลิเมอร์เมทริกซ์ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยสามารถอธิบายให้ชัดเจนมากขึ้นด้วยการประยุกต์ใช้ในงานโครงสร้าง เช่น คอนกรีตเสริมกำลังด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย (FRP Composite Reinforced Concrete) ต้องมีวัสดุอย่างน้อยหนึ่งชนิดจากส่วนประกอบทั้งหมด เป็นส่วนเสริมกำลังอย่างต่อเนื่องซึ่งรองรับโดยวัสดุเมทริกซ์ที่ทำให้มีเสถียรภาพ



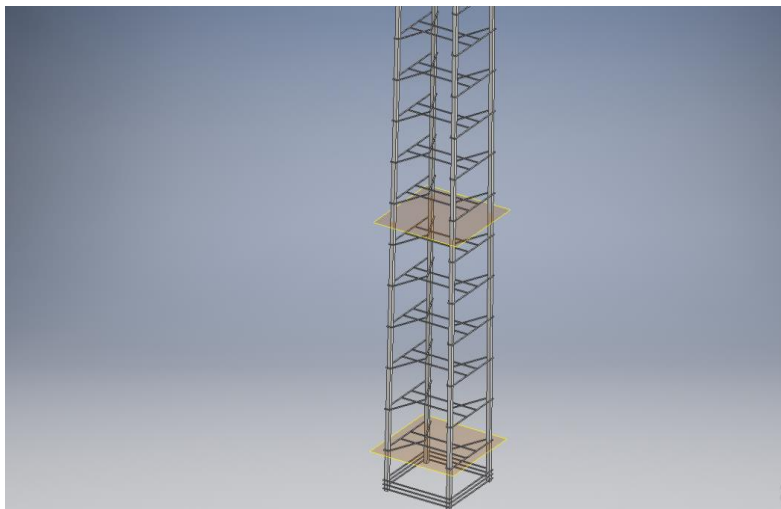
**รูปที่ 4** ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับน้ำหนักและทิศทางการเรียงตัวของเส้นใย

### การจำลองโมเดลเสาไฟฟ้า

การใช้โปรแกรม FEM ในการสร้างโมเดลเพื่อวิเคราะห์ความเค้นและ Displacement พื้นฐาน โดยมีขั้นตอนการสร้างโมเดลดังนี้



รูปที่ 5 การสร้างโมเดลเสาไฟฟ้าด้วยโปรแกรม FEM

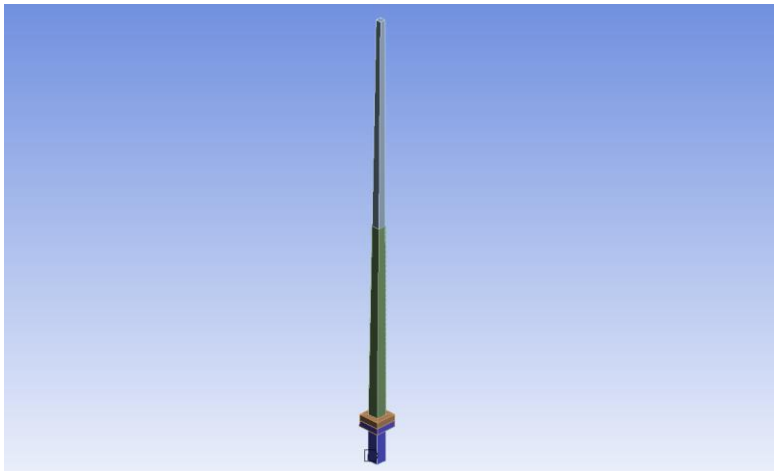


รูปที่ 6 การใส่เหล็กเสริมในเสาไฟฟ้าด้วยโปรแกรม FEM

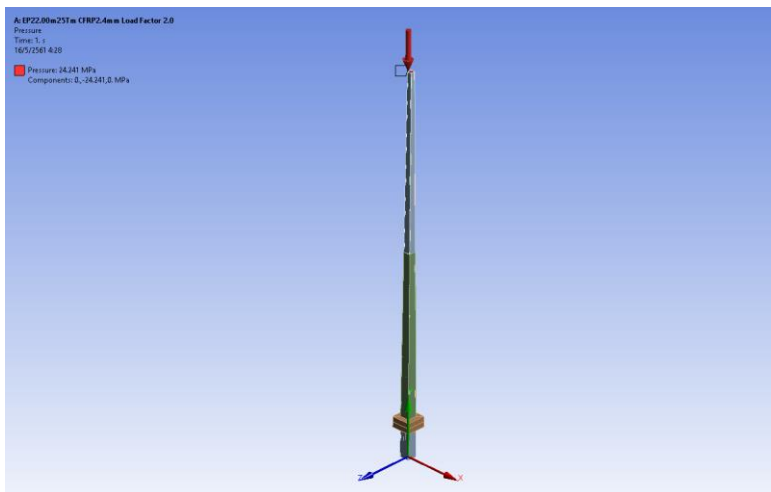
Outline of Schematic A2: Engineering Data					
	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data			Source	Description
2	Material				
3	CFRP			General_Materials.xml	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
4	Concrete			General_Materials.xml	
5	Rebar			General_Materials.xml	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
6	Wire			General_Materials.xml	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
*	Click here to add a new material				

Properties of Outline Row 4: Concrete					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	2400	kg m <sup>-3</sup>		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's Modulus and Poisson...			
8	Young's Modulus	3.1413E+10	Pa		
9	Poisson's Ratio	0.18			
10	Bulk Modulus	1.6361E+10	Pa		
11	Shear Modulus	1.331E+10	Pa		
12	Tensile Yield Strength	0	Pa		
13	Compressive Yield Strength	0	Pa		
14	Tensile Ultimate Strength	5.3817E+06	Pa		
15	Compressive Ultimate Strength	4.413E+07	Pa		

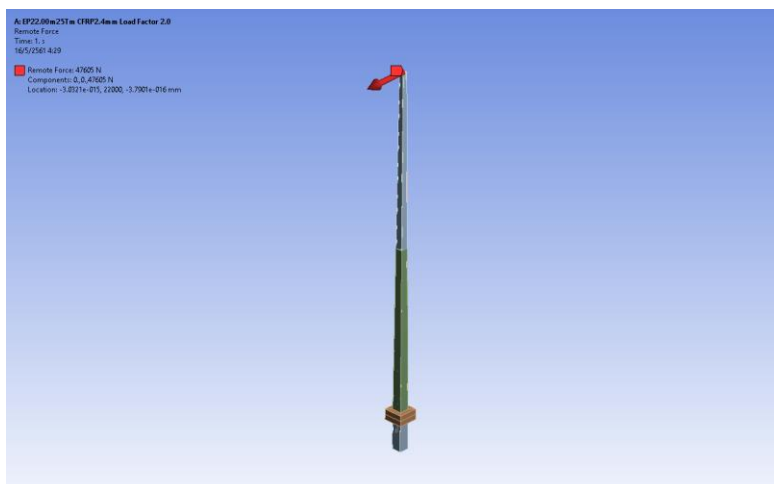
รูปที่ 7 การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ



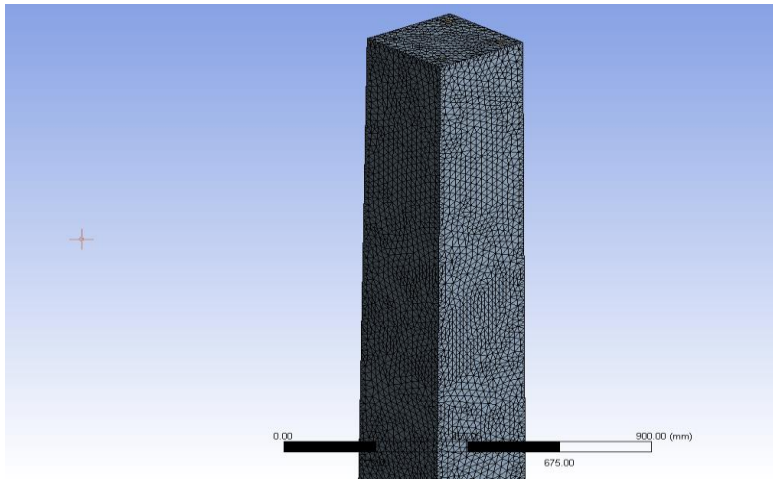
รูปที่ 8 การกำหนด Support



รูปที่ 9 แสดงแรงอัดของลวดที่หน้าตัดเสาไฟฟ้า



รูปที่ 10 แสดงแรงด้านข้างที่ปลายเสาไฟฟ้า



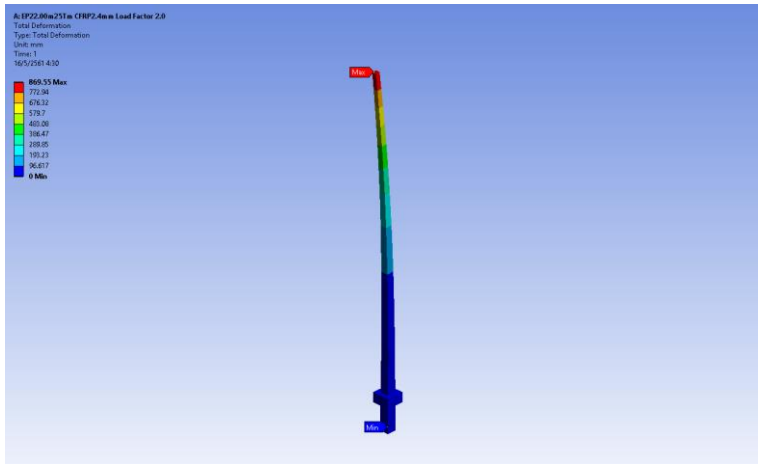
รูปที่ 11 แสดงแบ่ง Mesh ด้วย Program Control ที่ 10 มิลลิเมตร

### ผลการศึกษา

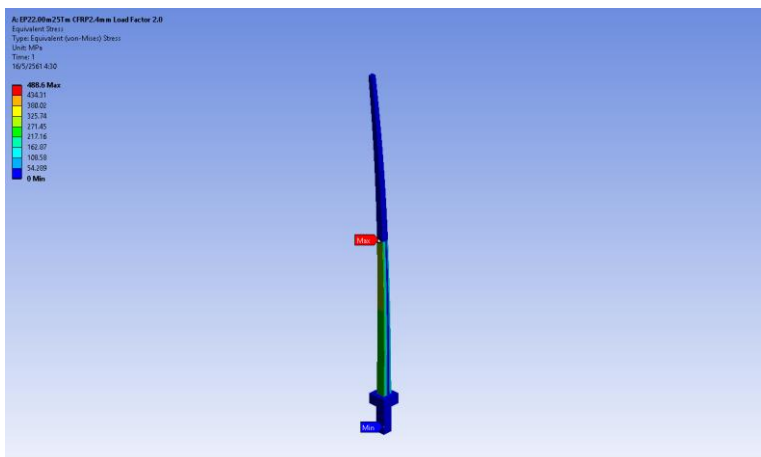
การวิเคราะห์ที่ใช้หลักการของไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการสร้างโมเดลเพื่อหาผลวิเคราะห์ในระดับ Bi-Linear การวิเคราะห์จะหาตำแหน่งของความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในเสาไฟฟ้า เพื่อทำนายการหักโค่นของเสาไฟฟ้าด้วยโมเดลจำลองโครงสร้างและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลการวิเคราะห์ของเสาไฟฟ้า จะพบว่าความเค้นสูงสุดจะเกิดที่ระยะสูงสุดที่พันด้วย CFRP ในขณะที่ Displacement สูงสุดจะเกิดที่ปลายเสาไฟฟ้าในตำแหน่งที่แรงกระทำ

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ผล Deformation และ Stress ที่เกิดในเสาไฟฟ้า

Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By		Time
Display Time		Last
Calculate Time History		Yes
Identifier		
Suppressed		No
<b>Results</b>		
Minimum	0. mm	0. MPa
Maximum	869.55 mm	488.6 MPa
Minimum Occurs On	Column	
Maximum Occurs On	Column	CFRP



รูปที่ 12 แสดงค่า Displacement ในเสาไฟฟ้า



รูปที่ 13 แสดงค่าความเค้นสูงสุดที่ปลายเสาไฟฟ้า

### สรุป

การศึกษาโดยการจำลองโมเดลเสาไฟฟ้าในโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์ สามารถสรุปได้  
ดังนี้

- 1.แรงที่เกิดที่ปลายเสาด้านบนของโมเดลเสาไฟฟ้าขนาด 22 เมตรที่มีวัสดุ CFRP พัน จะทำให้เกิด Displacement มากที่สุดที่ปลายเสาด้านบนไปตามทิศทางของแรงที่กระทำ

2. การพันเสาไฟฟ้าด้วยวัสดุ CFRP สามารถทำให้ความเค้นสูงสุดเลื่อนตัวจากตำแหน่งฐานขึ้นไปตามระยะของความสูงที่พันวัสดุ CFRP ในเสาไฟฟ้า และสามารถทำนายการหักโค่นของเสาไฟฟ้าได้ว่ามีขนาดสั้นลงและจะมีน้ำหนักที่จะสร้างแรงกระทำไปยังเสาไฟฟ้าต้นถัดไปลดลง

### ข้อเสนอแนะ

ถึงแม้วัสดุ CFRP ยังมีราคาที่ยังสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุคอนกรีตเสริมเหล็กหรืออื่นๆ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินที่เกิดขึ้นในแต่ละเหตุการณ์ อาจมีมูลค่าความเสียหายที่ประเมินค่าไม่ได้ การใช้วัสดุ CFRP ยังสามารถใช้เสริมกำลังเสาไฟฟ้าในต้นที่ตั้งอยู่ได้ โดยที่การติดตั้งจริงจะใช้เวลาไม่นานและไม่มีการสักรัดหรือการทำลายเสาไฟฟ้าเดิม มีต้นทุนเรื่องค่าแรงที่ต่ำกว่า จึงอาจจะเป็นทางเลือกสำหรับการเสริมกำลังให้กับเสาไฟฟ้า เพื่อช่วยลดการเกิดอันตรายและความเสียหายดังกล่าวได้เป็นอย่างดี โดยในการศึกษานี้มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไปในอนาคต ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาวิเคราะห์หาความหนาที่เหมาะสมของวัสดุ CFRP ในการเสริมกำลังเสาไฟฟ้า
2. การศึกษาหาระยะความสูงในการพันวัสดุ CFRP ที่ให้ประสิทธิภาพที่สุดในการลดการหักโค่นต่อเนื่องของเสาไฟฟ้าและมีผลทำให้มีจำนวนที่น้อยที่สุด
3. การศึกษาการล้าของเสาไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เกิดแรงดัด เพื่อการติดตั้งวัสดุ CFRP ในตำแหน่งที่เกิดแรง
4. การศึกษาหาวิธีเสริมกำลังให้เสาไฟฟ้าด้วยวัสดุอื่นๆ เพื่อลดการหักโค่นต่อเนื่อง

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ การไฟฟ้านครหลวง (Metropolitan Electricity Authority) ที่ให้ข้อมูลสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] ทักษิณ โสภากิจยะ, องค์ประกอบของระบบการส่งและจ่ายกำลังไฟฟ้า
- [2] มยผ. 1508-51, พ.ศ. 2551. มาตรฐานการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย
- [3] นันทิกา นามวิจิตร, พ.ศ. 2554, การเสริมกำลังอัดเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดกลม โดยการโอบรัดกอนด้วยปลอกเหล็ก



การศึกษาคุณลักษณะรูปแบบการไหลแบบสองสถานะของน้ำและอากาศภายในท่อขดเกลียว  
ในทิศทางแนวนอน

Experimental Study of Flow Pattern Characteristics of Two-Phase Air–Water  
Flow in Horizontal Helical Coil Channel

เพชรชมพู ทิพย์เสภา ปณิธาน สุขคำ อินทนนท์ อินทรमार ทวี เทศเจริญ  
วินัย กล้าจริง และ ศิระ สายสร\*

Petchchompoo Tipsapa, Panithan Sukkham, Intanon Intaramarn,  
Thavee Teschareon, Vinai Klajring and Sira Saisorn\*

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus,  
Chumphon Province

\* Corresponding author: sira.sa@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของความโค้งและทิศทางการวางตัวของท่อขดเกลียวที่มีผลต่อลักษณะของการไหลแบบสองสถานะระหว่างการไหลของน้ำและอากาศในท่อไมโครแชนแนล โดยการสร้างภาพการไหลได้ดำเนินการในส่วนของท่อทดสอบที่ทำจากท่อสแตนเลสที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 มิลลิเมตร สำหรับรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นทำการบันทึกข้อมูลรูปแบบการไหลด้วยกล้องถ่ายภาพและอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง ซึ่งผลจากการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับท่อตรงพบว่าท่อขดเกลียวทำให้เกิดรูปแบบการไหลที่แตกต่างกัน ซึ่งมี 5 รูปแบบการไหลที่พบในท่อขดเกลียวประกอบไปด้วย การไหลแบบปลัก การไหลแบบกระสุน การไหลแบบคอคอด การไหลแบบปั่นป่วน และการไหลแบบวงแหวน โดยความแตกต่างของรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นระหว่างรูปทรงของท่อที่แตกต่างกันทั้ง 2 ประเภทเป็นผลเนื่องมาจากผลของแรงเหวี่ยงที่เกิดขึ้นในท่อขดเกลียว สำหรับรูปแบบการไหลที่ได้นำมาพัฒนาสร้างแผนที่รูปแบบการไหลโดยนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับแผนที่รูปแบบการไหลที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยนักวิจัยท่านอื่น

**คำสำคัญ:** รูปแบบการไหล การไหลในท่อขดเกลียว การไหลแบบสองสถานะ

## Abstract

The effects of curvature helical coil and orientation on flow characteristics during two-phase air-water flow in circular micro-channel was experimentally conducted in this work. The flow visualization was carried out in the test section made of stainless steel tube with inner diameter of 1 mm. Flow patterns data were observed and recorded by camera and lighting system. In comparison to straight tube, the helical coil induces the different flow patterns. There were 6 flow regimes observed from the helical coil, which included plug flow, slug flow, throat-annular flow, churn flow and annular flow. The differences in flow patterns between the two channel configurations may be due to the presence of centrifugal force existing in the helical coil. The flow patterns data was used to develop flow regime map. The data was also compared to the map developed by other researchers.

**Keywords:** flow patterns, flow in helical coils, two-phase flow

## บทนำ

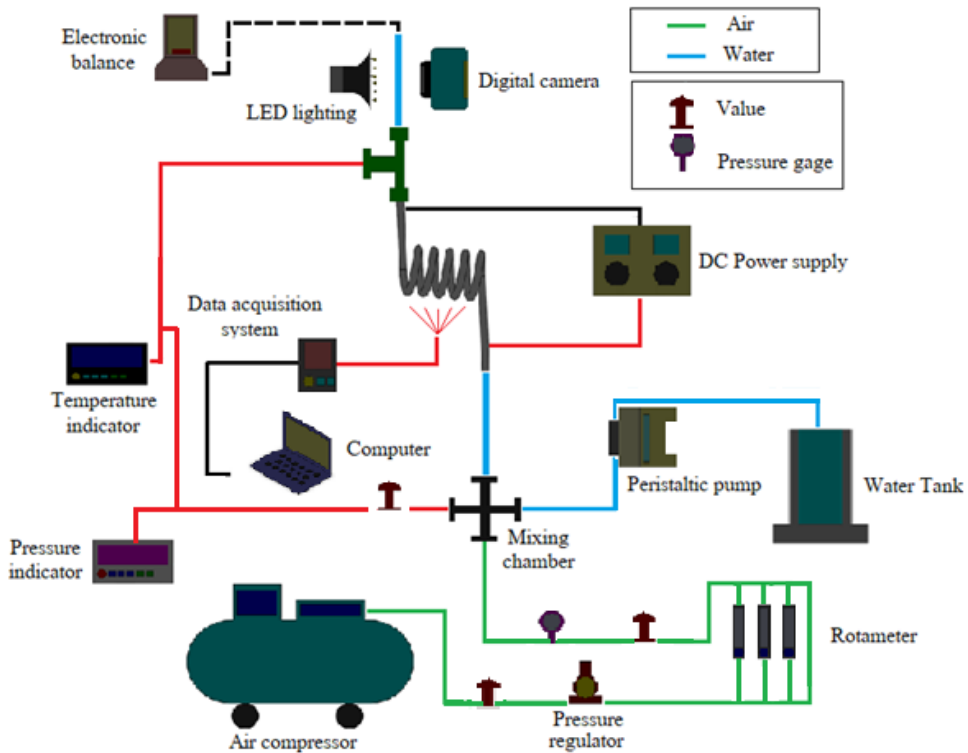
ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมางานวิจัยที่เกี่ยวกับการไหลแบบสองสถานะในท่อขนาดเล็ก (Micro-Channel) ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายมากขึ้น และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก Andrew and Justin (2016) เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานที่สะดวกและเหมาะสมกับงานเฉพาะด้านต่าง ๆ ที่ต้องการอุปกรณ์ระบายความร้อน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเล็ก เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาการไหลแบบสองสถานะในท่อไมโครแชนแนลในสภาวะที่เกิดการเดือด (Flow boiling) เป็นส่วนมาก ในขณะที่การศึกษาในเรื่องการไหลสองสถานะภายใต้สภาวะการให้ความร้อนแต่ไม่เกิดการเดือด (Non-boiling) ผลของทิศทางการไหลที่ส่งผลต่อรูปแบบการไหลยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ล้วนเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการออกแบบท่อไมโครแชนแนลเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดต่องานในด้านนี้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษารูปแบบการไหลของการไหลสองสถานะในสภาวะที่ไม่เกิดการเดือดขณะไหลระหว่างอากาศและน้ำในท่อไมโครแชนแนล เพื่อข้อมูลที่ได้ในงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการออกแบบท่อไมโครแชนแนลต่อไป

### วิธีการศึกษา

ศึกษาการไหลแบบสองสถานะของอากาศและน้ำภายใต้สภาวะที่ไม่เกิดการเดือดในการไหลที่มีผลต่อลักษณะรูปแบบการไหลในท่อไมโครแชนแนลที่มีลักษณะเป็นท่อขดเกลียวในทิศทางแนวนอน

จากรูปที่ 1 แสดงวงจรการทำงานของการทดลองในงานวิจัยนี้ กระบวนการทำงานของการทดลองเริ่มจากการอัดอากาศจากปั๊มลม (PUMA 1/4 HP 0.25 KW 4 POLES) ผ่านตัวควบคุมความดันและผ่านเข้าไปยังระบบซึ่งอัตราการไหลของอากาศนั้นสามารถควบคุมได้จากโรตاميเตอร์และการอ่านค่าความดันอากาศที่เข้าสู่ระบบนั้นสามารถอ่านค่าได้จากเกจวัดความดัน ในส่วนของปั๊มน้ำ (MASTERFLEX MODEL7516-00) สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้โดยปั๊มจะทำหน้าที่ดูดจ่ายน้ำจากถังน้ำให้เข้าไปยังระบบ โดยอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำหาได้จากการชั่งปริมาณน้ำที่ทางออกของท่อทดสอบด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล (NAPCO JA-410) เมื่อน้ำและอากาศไหลเข้าห้องผสมแล้วจะไหลเข้าสู่ช่วงท่อทดสอบซึ่งท่อเป็นวัสดุสแตนเลสเกรด 316 (SS 316) ลักษณะเป็นท่อขดเกลียวที่มีการไหลในแนวระดับ โดยมีการให้ความร้อนแก่ระบบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและมีเทอร์โมคัปเปิลเป็นตัววัดค่าอุณหภูมิบริเวณผิวด้านนอกของท่อทดสอบรวมไปถึงทางเข้าและทางออกของท่อด้วย ในส่วนการอ่านค่าอุณหภูมิบริเวณทางเข้า-ออกของท่อสามารถอ่านได้จากตัวรับสัญญาณความร้อนและการอ่านค่าอุณหภูมิที่พื้นผิวท่อด้านนอกนั้นจะใช้ตัวรับข้อมูลบันทึกค่าอุณหภูมิลงคอมพิวเตอร์ ในการติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันแบบทรานสดิวเซอร์เพื่อใช้วัดความดันในช่วงทางเข้าของท่อทดสอบ สำหรับรูปแบบการไหลใช้แสงสว่างจากหลอดไฟ LED เพื่อให้สามารถเห็นรูปแบบการไหลที่ชัดเจนโดยทำการบันทึกภาพรูปแบบการไหลด้วยกล้องถ่ายภาพ (FUJI A-X2) จากการทดลองในงานวิจัยนี้ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และจำแนกรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นจากการทดลองเพื่อจัดทำแผนที่รูปแบบการไหลนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ








รูปที่ 1 แสดงแผนภาพวงจรการทำงานของชุดการทดลอง

### ผลการศึกษา

1. ผลการทดลองการศึกษาคุณลักษณะรูปแบบการไหลแบบสองสถานะของน้ำและอากาศภายในท่อขดเกลียวในทิศทางแนวนอน

#### 1.1 รูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในการทดลอง (Flow patterns)

รูปแบบการไหลที่เกิดขึ้น 5 รูปแบบโดยเกิดขึ้นภายในท่อขดเกลียวที่มีทิศทางการวางตัวของท่อในแนวนอน โดยลักษณะแต่ละรูปแบบมีดังนี้

	<p>a) Plug flow</p> <p><math>J_{LS} = 0.81 \text{ m/s}</math></p> <p><math>J_{GS} = 2.86 \text{ m/s}</math></p>
	<p>b) Slug flow</p> <p><math>J_{LS} = 0.76 \text{ m/s}</math></p> <p><math>J_{GS} = 5.89 \text{ m/s}</math></p>
	<p>c) Throat-annular flow</p> <p><math>J_{LS} = 0.89 \text{ m/s}</math></p> <p><math>J_{GS} = 6.77 \text{ m/s}</math></p>
	<p>d) Churn flow</p> <p><math>J_{LS} = 0.21 \text{ m/s}</math></p> <p><math>J_{GS} = 34.7 \text{ m/s}</math></p>
	<p>e) Annular flow</p> <p><math>J_{LS} = 0.2 \text{ m/s}</math></p> <p><math>J_{GS} = 35.7 \text{ m/s}</math></p>

## รูปที่ 2 รูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในการไหลภายในท่อขดเกลียวในทิศทางแนวนอน

1.1.1 Plug flow: เกิดขึ้นเมื่อความเร็วของก๊าซมีความเร็วเพิ่มสูงขึ้นทำให้ฟองแก๊สที่กระจายอยู่ภายในท่อเกิดการรวมตัวกันจนฟองแก๊สมีขนาดใหญ่ขึ้นแต่ขนาดฟองแก๊สจะเล็กกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ

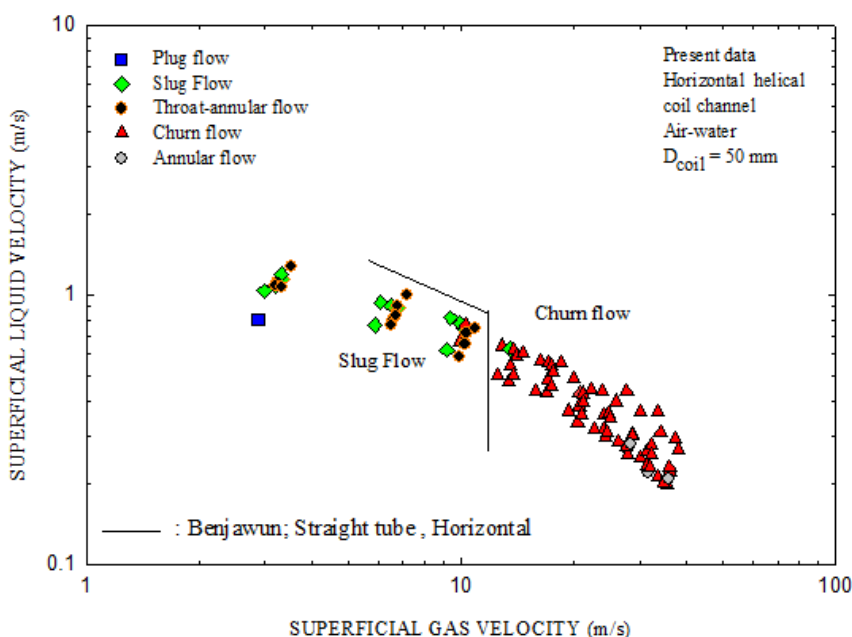
1.1.2 Slug flow: เมื่อความเร็วเฟสของอากาศค่อนข้างต่ำทำให้เกิดลักษณะฟองของแก๊สที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อและความยาวมากกว่าการไหลแบบ plug ลักษณะฟองแก๊สจะคล้ายหัวกระสุนและไหลไปในทิศทางเดียวกับการไหล

1.1.3 Throat-annular flow: รูปแบบการไหลแบบ throat-annular flow พัฒนามาจากการรูปแบบการไหล slug flow เนื่องจากเกิดขึ้นในช่วงความเร็วเฟสของของเหลวต่ำทำให้ฟองแก๊สไหลมาชนกันจนเกิดลักษณะเป็นคอคอดซึ่งมีฟองแก๊สเป็นแกนที่ถูกล้อมรอบด้วยฟิล์มของของเหลวที่บริเวณผนังท่อตลอดความยาวของท่อ

1.1.4 Churn flow: การเกิดรูปแบบการไหลลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเมื่อความเร็วของของเหลวและอากาศค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการปั่นป่วนและฟองแก๊สมีลักษณะแคบลงไหลไม่เป็นรูปทรง

1.1.5 Annular flow: ในการไหลแบบ annular flow จะมีอากาศเป็นแกนกลางโดยจะถูกล้อมรอบด้วยของเหลวไหลเป็นชั้นวงแหวนรอบผนังท่อตลอดความยาวของท่อ

### 1.2 แผนที่แสดงรูปแบบการไหล ( Flow regime map)



รูปที่ 3 กราฟแสดงแผนที่รูปแบบการไหลภายในท่อขดเกลียวในทิศทางแนวนอน

### วิจารณ์

จากรูปที่ 3 แสดงแผนที่รูปแบบการไหลภายในท่อขดเกลียวในทิศทางแนวนอนซึ่งสร้างขึ้นด้วยเทอมของความเร็วเฟสของน้ำและอากาศเพื่อสังเกตลักษณะรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของการทดลองและสามารถแยกเป็นกลุ่มลักษณะรูปแบบการไหลได้ จากกราฟพบว่ารูปแบบการไหล plug flow และ slug flow อยู่ในช่วงความเร็วเฟสของน้ำ 0.8-1.2 เมตรต่อวินาที และความเร็วเฟสของอากาศอยู่ในช่วง 2-9 เมตรต่อวินาที ในส่วนของ

การไหลแบบ throat-annular flow ความเร็วเฟสของน้ำจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.6-1 เมตรต่อวินาที และความเร็วเฟสของอากาศ 3-10 เมตรต่อวินาที ในการไหลแบบ churn flow ความเร็วเฟสของน้ำจะอยู่ในช่วง 0.2-0.8 เมตรต่อวินาที และมีความเร็วเฟสของอากาศอยู่ในช่วงประมาณ 10-15 เมตรต่อวินาที ส่วนรูปแบบการไหลแบบannular flow มีความเร็วเฟสของน้ำอยู่ในช่วงประมาณ 0.2-0.3 เมตรต่อวินาที และความเร็วเฟสของอากาศ 12-13 เมตรต่อวินาที จากกราฟสามารถกล่าวได้ว่ารูปแบบการไหลที่แตกต่างกันเกิดขึ้นได้ Sur and Liu (2012) เนื่องจากความเร็วเฟสของน้ำและอากาศ อาจมาจากการเกิดการเสียดทานของสารทำงานกระทำต่อผนังภายในของท่อ เมื่อความเร็วเฟสของน้ำหรืออากาศเปลี่ยนแปลงทำให้รูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จากข้อมูลรูปแบบการไหลที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นระหว่างการไหลในแนวระดับภายในท่อตรง ขนาดท่อ 1 มิลลิเมตร ของ Benjawun and Saisorn (2015) กับการไหลภายในท่อขดเกลียว ขนาด 1 มิลลิเมตร ในทิศทางแนวนอนพบว่ารูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในท่อขดเกลียวสามารถพบได้มากกว่าในท่อตรงซึ่ง Hongye Zhu et al. (2017) อาจเป็นผลมาจากผลของแรงเหวี่ยงและความโค้งของท่อขดเกลียวจึงทำให้เกิดการไหลที่ปั่นป่วนในท่อขดเกลียวมากกว่าในท่อตรง

### สรุป

จากการศึกษาการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเฟสของน้ำและความเร็วเฟสของอากาศทำให้รูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับผลการไหลในท่อตรงในทิศทางแนวนอนพบว่ารูปแบบการไหลในท่อขดเกลียวมีมากกว่าในท่อตรง เนื่องมาจากผลของความโค้งของท่อและผลของแรงเหวี่ยงที่เกิดขึ้นในท่อขดเกลียวดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าลักษณะรูปทรงของท่อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหล

### เอกสารอ้างอิง

Benjawun, P. and Saisorn, S. 2015. "Heat transfer flow pattern and pressure drop characteristics of two-phase gas-liquid flow in 1 mm tube." TSF-04. in; Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand 29<sup>th</sup>. Bangkok: KMITL.

- 
- Andrew and Justin. 2016. “A review on the two-phase pressure drop characteristics in helically coiled tubes.” *Applied Thermal Engineering*. 103: 616-638.
- Sur, A. and Liu, D. 2012. “Adiabatic air-water two-phase flow in circular microchannels.” *International Journal of Thermal Sciences*. 53: 18-34.
- Hongye Zhu et al., 2017. “Flow regime identification for upward two-phase flow in helically coiled tubes.” *Chemical Engineering Journal* 308 (2017) 606–618.



## เครื่องทำไข่เค็มอัตโนมัติแบบเพิ่มแรงดัน

### Automatic Salted Egg Making Machine with High Pressure

เกษมสุข เสพศิริสุข\* มลลิกา ไกรลาศ ภูมิศักดิ์ บุญเรือง ประภาส ไพรสวรรณา  
และ สักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์

Kasemsuk Sepsirisuk\*, Munlika Krailard, Poomsak Boonruang, Prapars Praisuwanna  
and Sakkapan Klaydokjan

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus,  
Chumphon Province

\* Corresponding author: kasemsuk.se@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

ไข่เค็มเป็นอาหารที่คนไทยนิยมบริโภคกันมากและสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายชนิด ไข่เค็มที่พบในท้องตลาดมักผลิตจากกรรมวิธีแช่ในน้ำเกลือ หรือการพอกไข่ด้วยดินผสมเกลือ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 21 วัน งานวิจัยนี้จึงพัฒนากรรมวิธีแบบแช่ไข่ในน้ำเกลือรวมเข้ากับการเพิ่มแรงดันลมแบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งเป็นแนวทางในการลดระยะเวลาในการผลิตและควบคุมคุณภาพของไข่เค็ม โดยหม้อต้มเค็มนั้นจะเป็นหม้อแรงดันสแตนเลส ใช้ปั๊มลมในการเพิ่มแรงดันลมซึ่งจะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Atmega 328 ใช้เซนเซอร์แรงดัน มีระบบการตั้งเวลาในการทำงาน การทดสอบได้กำหนดแรงดันของหม้อแรงดันอยู่ที่ 310 กิโลปาสกาล และ 345 กิโลปาสกาล ตามข้อจำกัดของปั๊มลมที่คุ้มค่า โดยทำงานที่อุณหภูมิห้องและทดสอบที่ระยะเวลาต่างๆ ทั้งนี้เครื่องที่ออกแบบให้เหมาะสมกับน้ำเกลือที่มีอัตราส่วนน้ำต่อเกลือที่ 12:4 กิโลกรัม สามารถบรรจุไข่ปริมาณที่เหมาะสมที่ 40 ฟอง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตไข่เค็มคือ 72 และ 48 ชั่วโมง สำหรับแรงดัน 310 และ 345 กิโลปาสกาล ตามลำดับ โดยค่าความเค็มของไข่ที่วัดได้จากการใช้แรงดัน 310 และ 345 กิโลปาสกาล คือ 6.67 และ 4.77 นาโนกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เงื่อนไขที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดในการบริโภคไข่เค็มของกลุ่มทดสอบคือ ที่แรงดัน 345 กิโลปาสกาล ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ใช้เวลาน้อยกว่า

**คำสำคัญ:** ไข่เค็ม ระบบอัตโนมัติ แรงดันลม

## Abstract

A salted egg is one of popular consumer goods for Thai people and can be an ingredient of many foods. The production methods can be categorized into two groups consisting pickled with salted water and wrapped with salted clay. Both of them require a long time about 21 days. This work proposed a novel fast-pickled method using salted water and applying air pressure with automatic control. The container is pressure-durable with stainless steel made. The high pressure is provided by an air pump, which is controlled by the Atmega 328 microcontroller with pressure sensor and process timer. Due to a limitation of affordable air pump, the test pressure conditions are 310 kPa and 345 kPa at room temperature and varying pickled durations. The suitable salted water can be prepared with 4 kg salt and 12 liters water. The number of eggs for one batch is 40. From the experimental results, the suitable pickled duration for 310 and 345 kPa are 72 and 48 hours, respectively. The salinities for both conditions are 6.67 and 4.77 ppt, respectively. From subjective tests, the most satisfaction can be obtained with 345 kPa condition, which required a lesser time.

**Keywords:** Salted egg, Automatic control, Air pressure

## บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันไข่เค็มเป็นอาหารที่คนไทยนิยมบริโภคสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายชนิดเช่น ปลาหมึกผัดไข่เค็ม ยำไข่เค็ม ส้มตำไข่เค็ม โดยทั่วไปกรรมวิธีผลิตไข่เค็มในท้องตลาดมีด้วยกัน 2 วิธี คือ การแช่ไข่ในน้ำเกลือ และการพอกไข่ด้วยดินผสมเกลือ ซึ่งทั้งสองวิธีใช้ระยะเวลาในการผลิตถึง 21 วัน โดยวิธีการผลิตด้วยการแช่ไข่ลงในน้ำเกลือ มีข้อเสียในเรื่องของความเค็มที่ไม่สม่ำเสมอ รสชาติอาจจะเค็มจนเกินไปอาจจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค ส่วนวิธีการผลิตด้วยการพอกดินผสมเกลือนั้นก็ยังมีข้อยุ่งยากในเรื่องของขั้นตอนการเตรียมดินผสมเกลือ ซึ่งการหาดินที่มีคุณสมบัติเฉพาะในการพอกไข่ต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการเตรียมดินต้องมีการผสมเกลือและแคลเซียมเข้าด้วยกันสำหรับการผลิต อีกทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองเกลือหรือดินที่ผสมเกลือที่ใช้สำหรับการผลิต เพราะเมื่อนำไปใช้ในการผลิตแล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก นอกจากนี้การพอกไข่ด้วยดินผสมเกลือยังส่งผลกระทบต่อปัญหา

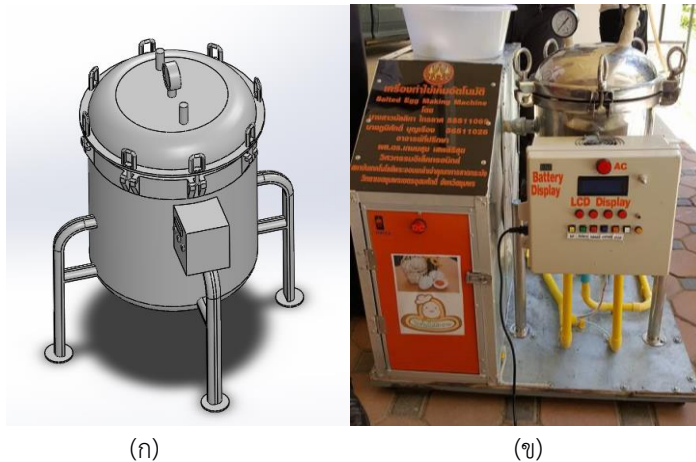
สิ่งแวดล้อมโดยตรง เพราะดินที่ล้างออกไปนั้นมีเกลือผสมอยู่จึงต้องผ่านการบำบัดก่อนที่จะทิ้งลงแม่น้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำ ในส่วนนี้ต้องเพิ่มกรรมวิธีในการบำบัดทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนากรรมวิธีแบบแช่ไข่น้ำเกลือรวมเข้ากับการเพิ่มแรงดันลมแบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งเป็นแนวทางในการลดระยะเวลาในการผลิตและควบคุมคุณภาพของไข่เค็ม ซึ่งเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ โดยใช้ระยะเวลา 1-3 วันในการผลิต ทั้งยังสามารถนำน้ำเกลือที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ลดต้นทุนและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และยังได้ไข่ที่สะอาดถูกสุขลักษณะดีกว่าไข่เค็มที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด

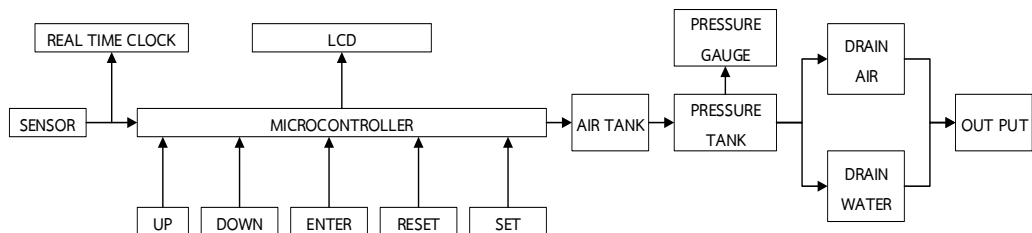
### วิธีการศึกษา

โครงสร้างของเครื่องทำไข่เค็มอัตโนมัติแบบเพิ่มแรงดันมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีหม้อแรงดันเป็นภาชนะ มีชุดวัดและควบคุมแรงดันพร้อมทั้งชุดแสดงผลต่างๆ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องทำไข่เค็มอัตโนมัติแบบเพิ่มแรงดันแสดงในรูปที่ 2 ผู้วิจัยใช้เซ็นเซอร์วัดแรงดันและเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เป็นเซ็นเซอร์วัดแรงดันสำหรับการวัดแรงดันลมในถังแรงดัน โดยสัญญาณอนาล็อกเอาต์พุตเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 0.5 ถึง 4.5 โวลต์ โดยนำค่าที่วัดได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและสั่งการไปยังอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ โดยที่เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นชนิด RTD โดยสามารถวัดอุณหภูมิช่วงอุณหภูมิ -20 ถึง 125 องศาเซลเซียส และเซ็นเซอร์วัดแรงดันสามารถวัดแรงดันช่วง 0.5 ถึง 100 กิโลปาสคาล ผู้วิจัยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่คอยควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมไว้ หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เหมือนกับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กคอยประมวลผลคำสั่งที่เข้ามา ก่อนนำคำสั่งที่ประมวลผลแล้วส่งไปยังอุปกรณ์นั้น ๆ ให้ทำตามคำสั่งที่ได้รับ และมีปุ่มควบคุมทำหน้าที่ต่างกัน ปุ่มเริ่ม (Start) ใช้สำหรับสั่งการทำงานเครื่องทันที ปุ่มเพิ่ม (Up) ใช้สำหรับตั้งค่าที่ต้องการให้มีค่าเพิ่มขึ้น ปุ่มลด (Down) ใช้สำหรับตั้งค่าที่ต้องการให้มีค่าลดลง ปุ่มตั้งค่าใหม่ (Reset) ใช้สำหรับคืนค่ากลับเป็น 0 เพื่อรอกการตั้งค่าใหม่ และปุ่มปรับ (Set) ใช้สำหรับตั้งค่าเวลาและแรงดันตามต้องการโดยใช้ร่วมกับปุ่มเพิ่ม (Up) และปุ่มลด (Down)



รูปที่ 1 โครงสร้างของเครื่องทำไข่เค็ม (ก) หม้อแรงดัน (ข) เครื่องที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องทำไข่เค็มอัตโนมัติแบบเพิ่มแรงดัน

### ผลการทดลอง

วิธีการทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องทำไข่เค็มอัตโนมัติ จะทำการปรับค่าแรงดันลมในหม้อแรงดันให้อยู่ที่ แรงดัน 310 กิโลปาสคาล (45 Psi) และ 345 กิโลปาสคาล (50 Psi) โดยที่เลือกค่าแรงดันเพียง 2 ค่าเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องหม้อแรงดันและถังลม โดยจะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างแรงดัน 2 ระดับนี้ สำหรับการเตรียมสารละลายน้ำเกลือนั้นจะใช้น้ำและเกลือในอัตราส่วน 12:4 กิโลกรัม ทดสอบที่อุณหภูมิ 27.5 องศาเซลเซียส

**ตารางที่ 1** ผลการทดลองของความเค็มของไข่แดงและไข่ขาวที่แรงดัน 310 กิโลปาสกาล

จำนวนไข่ (ฟอง)	ระดับความเค็มที่วัดได้ (นาโนกรัมต่อลิตร)		
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
10	3.27	4.33	6.72
25	3.14	4.27	6.69
40	3.09	4.21	6.67
55	3.09	4.20	6.65

**ตารางที่ 2** ผลการทดลองของความเค็มของไข่แดงและไข่ขาวที่แรงดัน 345 กิโลปาสกาล

จำนวนไข่ (ฟอง)	ระดับความเค็มที่วัดได้ (นาโนกรัมต่อลิตร)		
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
10	4.01	4.97	7.01
25	3.97	4.82	6.98
40	3.82	4.77	6.98
55	3.81	4.68	6.96

ในการทดสอบจะมีการจัดกลุ่มทดสอบตามจำนวนไข่ที่บรรจุลงในหม้อแรงดันโดยประกอบด้วย จำนวนไข่ 10 25 40 55 ฟอง แล้วนำไปบรรจุในเครื่องทำไข่เค็มอัตโนมัติ ใช้เวลาเป็นตัวแปรต้น และวัดค่าความเค็มเป็นตัวแปรตาม โดยนำไข่เค็มออกมาวัดความเค็มด้วยเครื่องวัดความเค็มของไข่แดงและไข่ขาวเฉลี่ย ที่เวลา 24 48 72 ชั่วโมง ได้ผลดังตารางที่ 1 และ 2

นอกจากนี้ยังได้ทดสอบความเค็มโดยใช้การชิมด้วยกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเพื่อทดสอบความพึงพอใจในรสชาติของไข่เค็ม ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3 และ 4

**ตารางที่ 3 ผลการชิมไข่เค็มต้มที่แรงดันลม 310 กิโลปาสกาล**

จำนวนไข่ (ฟอง)	ระดับความเค็ม								
	24 ชั่วโมง			48 ชั่วโมง			72 ชั่วโมง		
	น้อย	ปาน	มาก	น้อย	ปาน	มาก	น้อย	ปาน	มาก
	กลาง			กลาง			กลาง		
10	✓					✓			✓
25	✓					✓			✓
40	✓				✓				✓
55	✓				✓				✓

**ตารางที่ 4 ผลการชิมไข่เค็มต้มที่แรงดันลม 345 กิโลปาสกาล**

จำนวนไข่ (ฟอง)	ระดับความเค็ม								
	24 ชั่วโมง			48 ชั่วโมง			72 ชั่วโมง		
	น้อย	ปาน	มาก	น้อย	ปาน	มาก	น้อย	ปาน	มาก
	กลาง			กลาง			กลาง		
10	✓					✓			✓
25	✓					✓			✓
40	✓				✓				✓
55	✓				✓				✓

**วิจารณ์ผลการทดลอง**

จากการทดลองที่ได้พบว่าจำนวนไข่ที่มีมากขึ้นทำให้ค่าความเค็มลดลงทุกๆ ช่วงเวลา การเพิ่มเวลาในการทำไข่เค็มของเครื่องจะทำได้ความเค็มที่มากขึ้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลของแรงดันลมในหม้อแรงดันพบว่าแรงดันลมที่มากกว่าจะทำให้ไข่เค็มได้เร็วขึ้น สำหรับค่าความเค็มที่พึงพอใจของผู้บริโภค พบว่าที่ระดับความดันที่ 310 กิโลปาสกาล ไข่เค็มที่ได้ไข่เค็มที่พึงพอใจที่สุดคือ จำนวน 40 ฟอง เวลา 72 ชั่วโมง ได้ระดับความเค็ม 6.67 นาโนกรัมต่อลิตร ส่วนที่แรงดัน 345 กิโลปาสกาล คือจำนวนไข่ 40 ฟอง ที่เวลา 48 ชั่วโมง ระดับความเค็ม 4.77 นาโนกรัมต่อลิตร โดยที่เงื่อนไขแรงดัน 345 กิโลปาสกาล สามารถใช้เวลาเพียง 48 ชั่วโมงเท่านั้น

### สรุป

งานวิจัยเครื่องทำไข่เค็มอัตโนมัติแบบเพิ่มแรงดันนี้ เป็นการพัฒนารวมวิธีแบบแช่ไข่ ในน้ำเกลือรวมเข้ากับการเพิ่มแรงดันลมแบบควบคุมอัตโนมัติ งานวิจัยนี้มีจุดเด่นในเรื่องระยะเวลาในการทำไข่เค็ม สามารถลดระยะเวลาจาก 21 วัน เป็น 2 วัน และสามารถควบคุมคุณภาพของไข่เค็มได้ อีกทั้งลดการใช้เกลือเพื่อไม่ให้ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

### เอกสารอ้างอิง

- [1] “ไข่, เกลือ” [ออนไลน์] Available: [www.payaptechno.ac.th/app/images](http://www.payaptechno.ac.th/app/images). 2559.
- [2] “สูตรไข่เค็มไชยา, ไข่เค็มพอกด้วยดินเหนียว, ไข่เค็มใบเตย” [ออนไลน์] Available: <http://chaiya.suratthani.doe.go.th/9.html>. 2559.
- [3] “การดองไข่เค็ม” [ออนไลน์] Available: <http://domed4d.blogspot.com/2013/09/blog-post.htm>. 2559.
- [4] “ระดับความเค็มที่มนุษย์สามารถรับได้” Available: [http://krurukbie.blogspot.com/2011/10/blog-post\\_14.html](http://krurukbie.blogspot.com/2011/10/blog-post_14.html). 2559.
- [5] S. Q. Wang et al., "Research on Quick Salting Duck Egg with Pulsed Pressure and Water Cycle Technology", Applied Mechanics and Materials, Vol. 422, pp. 94-99, 2013.

การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพ  
ของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่ออน ตามพระราชดำริ

Life Cycle Assessment of Organic Rankine Cycle Power Plant from Geothermal Energy of  
Sankamphaeng Hot Spring, Mae-On District, under the Royal Initiative of His Majesty the King

ปานิสดา อ่อนดอกไม้<sup>1</sup> นัฐพร ไชยญาติ<sup>1\*</sup> จุฑาภรณ์ ชนะถาวร<sup>1</sup> วรรณมล เลิศจตุรานนท์<sup>1</sup> และ สุรัตน์ เศษโพธิ์<sup>2</sup>  
Panisa Ondokmai<sup>1</sup>, Nattaporn Chaiyat<sup>1\*</sup>, Jutaporn Chanathaworn<sup>1</sup>, Wassamol Lerdjaturanon<sup>1</sup>  
and Surat Sedpho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup>วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

<sup>1</sup>School of Renewable Energy, Maejo University

<sup>2</sup>School of Energy and Environment, University of Phayao

\* Corresponding author: benz178tii@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ โดยใช้แหล่งความร้อนจากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่ออน ตามพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีขนาดการผลิตไฟฟ้า 15 kW<sub>e</sub> สารทำงานที่ใช้ คือ 1,1,1,3,3-Pentafluoropropane (R-245fa) อุณหภูมิของน้ำพุร้อนที่ 105°C และอัตราการไหลเชิงมวล 2.2 L/s เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าเป็นเวลา 20 y ทำการพิจารณาที่ผลกระทบชั้นกลางทั้งหมด 10 ประเภท และหน่วยการทำงานคือ 1 kWh จากการศึกษพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 1.35E-02 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh การลดลงของชั้นโอโซน 1.50E-09 kg CFC-11 eq/kWh ภาวะที่เป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ 1.11E-02 kg 1,4 DB eq/kWh การเกิดภาวะก่อตัวของฝุ่นละอองหมอกควัน 1.89E-05 kg PM10 eq/kWh ภาวะความเป็นกรด 2.99E-05 kg SO<sub>2</sub> eq/kWh การเจริญเติบโตผิดปกติของพืชน้ำในแหล่งน้ำจืด 6.41E-06 kg PO<sub>4</sub>eq/kWh ภาวะที่เป็นพิษต่อดิน 3.38E-06 kg 1,4 DB eq/kWh การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อแหล่งน้ำ 1.91E-04 kg 1,4 DB eq/kWh การลดลงของเหล็ก 8.61E-03 kg Fe eq/kWh และการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล 2.33E-03 kg oil eq/kWh เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดอายุการใช้งาน ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการใช้วัสดุประเภทเหล็กกล้าจำนวน 7,103 kg ทองแดง (Copper) จำนวน 358 kg และเหล็ก (Steel) จำนวน 3,327 kg ในกระบวนการสร้างและติดตั้งโรงเรือน ระบบผลิตไฟฟ้า และระบบจ่ายน้ำพุร้อน

**คำสำคัญ:** การประเมินวัฏจักรชีวิต โรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ

Abstract

This research was to study life cycle assessment of organic Rankine cycle (ORC) power plant from geothermal energy of Sankamphaeng hot spring, Mae-on District, under the royal initiative of His Majesty the King, Chiang Mai province, Thailand. The capacity of the ORC was 15 kW<sub>e</sub>, 1,1,1,3,3-pentafluoropropane (R-245fa) was selected as working fluid of the ORC system, hot spring temperature was 105°C and mass flow rate was 2.2 L/s, for considering the environmental impact of the electrical generation at 20 y. The midpoint impact was considered as 10 categories and the



functional unit was 1 kWh. From the study results, climate change was 1.35E-02 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh, ozone depletion was 1.50E-09 kg CFC-11 eq/kWh, human toxicity was 1.11E-02 kg 1,4 DB eq/kWh, particulate matter formation was 1.93E-05 kg PM10 eq/kWh, terrestrial acidification was 2.99E-05 kg SO<sub>2</sub> eq/kWh, freshwater eutrophication was 6.41E-06 kg PO<sub>4</sub>eq/kWh, terrestrial ecotoxicity was 3.38E-06 kg 1,4 DB eq/kWh, freshwater ecotoxicity was 1.91E-04 kg 1,4 DB eq/kWh, metal depletion was 8.61E-03 kg Fe eq/kWh and fossil depletion was 2.33E-03 kg oil eq/kWh. The most LCA effect came from the galvanized steel was 7,103 kg, copper was 358 kg and steel was 3,327 kg for construction and installation phase of building, power generation system and hot spring system.

**Keywords:** Life cycle assessment, Organic Rankine cycle power plant, Geothermal energy

### บทนำ

พลังงานความร้อนใต้พิภพเป็นพลังงานที่ผลิตได้จากพลังงานความร้อนในรูปของน้ำใต้ดิน หรือน้ำพุร้อนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากการสำรวจในประเทศไทยพบว่า มีจำนวนทั้งหมด 97 แหล่งทั่วประเทศ และพบมากในเขตภาคเหนือ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557) ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงการท่องเที่ยวและนันทนาการ เช่น กิจกรรมน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่อน ตามพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ มีอุณหภูมิน้ำพุร้อนผิวดินประมาณ 105°C ถือว่ามีศักยภาพความร้อนใต้พิภพค่อนข้างสูง แต่ในทางกลับกันมีการนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงการท่องเที่ยวเพียงอย่างเดียว ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดในการนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด และตอบสนองต่อเป้าหมายของแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ ในการเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกภายใต้แผน AEDP2015 เป็น 30% ในปีพ.ศ. 2579 (กระทรวงพลังงาน, 2558) และเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล เนื่องจากพลังงานความร้อนใต้พิภพเป็นพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามในการสร้างโรงไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้ามีการใช้วัสดุ พลังงาน หรือสารเคมีต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นในการสร้างโรงไฟฟ้าจึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีการนำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) มาประยุกต์ใช้ในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้า เช่น Bravi and Basosi (2014) ได้ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพในอิตาลี โดยพิจารณาการปล่อยมลพิษทางอากาศ จากการศึกษาพบว่า การเกิดภาวะโลกร้อนเฉลี่ย 693 kg CO<sub>2</sub> eq/MWh ภาวะเป็นกรดมีค่าเฉลี่ย 12.5 kg SO<sub>2</sub> eq /MWh และการเกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์มีค่าเฉลี่ย 5.9 kg 1,4 DB eq/MWh Intaniwet and Chaiyat (2017) ได้ทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการประยุกต์ใช้วัฏจักรแรงดันอินทรีย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลและพลังงานขยะ พบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.6078 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh เนตรชนกานต์ และ เศรษฐ์ (2560) ได้ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ พบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.9305 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh Lacirignola and Blanc (2013) ได้ทำการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการออกแบบระบบเสริมพลังงานความร้อนใต้พิภพด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต มีการเปรียบเทียบค่า 10 กรณี พบว่า ใน 10 กรณี มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 16.9-49.8 g CO<sub>2</sub> eq/kWh ขณะที่ความต้องการใช้ทรัพยากรพลังงานอยู่ระหว่าง 272-785 kJ/kWh ทั้งนี้ยังพบว่าการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และระบบนิเวศน้อยมาก Buonocore et al. (2015) ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้

พิกขแบบระบบไอน้ำแห้ง (Dry steam power plant) ในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 2.48E-01 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh การทำให้เกิดภาวะฝนกรด 5.62E-09 kg SO<sub>2</sub> eq/kWh การทำให้เกิดแร่ธาตุในน้ำมากเกินไป 8.51E-03 kg NO<sub>x</sub> eq/kWh การเกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ 1.12E-02 kg 1,4-DCB eq/kWh การเกิดภาวะก่อตัวของสารโฟโตเคมีคอลออกซิแดนซ์ 1.65E-05 kg ethylene eq/kWh และการลดลงของชั้นโอโซน 5.62E-09 kg CFC-11 eq/kWh เป็นต้น Martínez-Corona et al. (2017) ได้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 1.35E-03 kg CO<sub>2</sub> eq/kWh การลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล 4.41E-04 kg oil eq/kWh การเจริญเติบโตผิดปกติของพืชน้ำในแหล่งน้ำจืด 1.62E-05 kg 1,4-DCB eq/kWh การเกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ 2.94E-04 kg 1,4-DCB Eq/kWh การลดลงของเหล็ก 4.17E-04 kg Fe-Eq/kWh การเกิดภาวะก่อตัวของฝุ่นละอองหมอกควัน 2.15E-06 kg PM10 Eq/kWh และการเกิดภาวะความเป็นกรดในดิน 5.96E-06 kg SO<sub>2</sub> Eq

จากงานวิจัยที่กล่าวมาในข้างต้นยังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพงฯ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ และทำการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมกับการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมภายใต้มาตรฐาน ISO 14040

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ (Organic Rankine cycle, ORC)

วัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์เป็นระบบที่ใช้สารทำงานในกลุ่มสารอินทรีย์ (Organic) โดยมีหลักการทำงานสำหรับการผลิตไฟฟ้าดังแสดงใน Figure 1 เริ่มต้นจากการนำน้ำพุร้อนมาถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำสะอาดผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นถอดได้ (Plate heat exchanger) เพื่อนำน้ำร้อนไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำงานในวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ เมื่อของไหลที่ผ่านกระบวนการควบแน่นในเครื่องควบแน่น (Condenser) เป็นของเหลวอิ่มตัว สารทำงานจะถูกอัดตัวโดยปั๊ม (Refrigerant pump) เข้าสู่หม้อต้ม (Boiler) ซึ่งจะทำให้สารทำงานเป็นไออิ่มตัวและเป็นไอร้อนยวดยิ่ง จากนั้นจะเข้าสู่เครื่องขยายตัว (Expander) และผลิตงานโดยการขับเพลลาที่ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator) ทำให้ความดันและอุณหภูมิของไหลลดลงบริเวณทางออกของกังหันซึ่งอยู่ในสถานะของผสม จากนั้นจะไหลไปควบแน่นยังเครื่องควบแน่นเพื่อกลายเป็นของเหลวอิ่มตัวอีกครั้ง (รัฐพร, 2560)

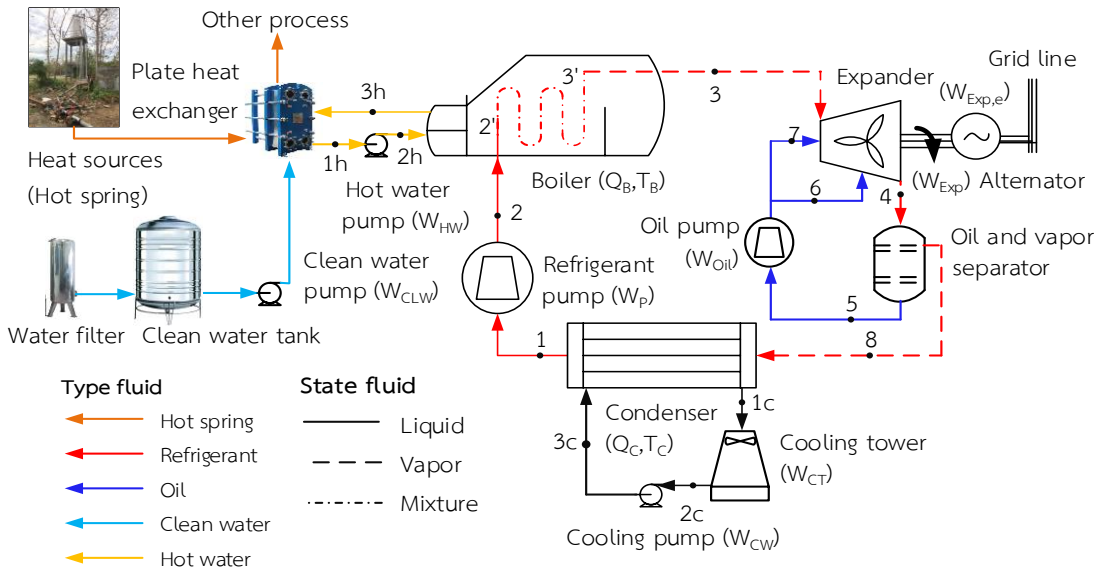


Figure 1 Schematic diagram of ORC system for electricity generation by using hot spring.

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment, LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ภายใต้มาตรฐาน ISO 14040

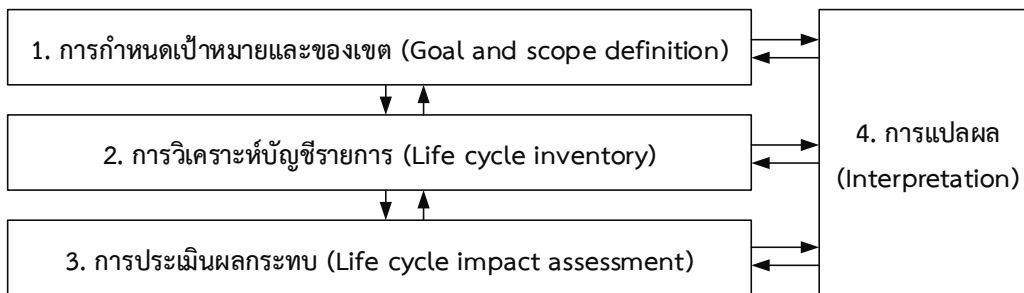


Figure 2 Life cycle assessment framework.

โดยพิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นของกระบวนการ อาทิเช่น การได้มาซึ่งวัตถุดิบกระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งาน ผลิตภัณฑ์ และการกำจัดซากเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยระบุถึงปริมาณวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ ตลอดจนของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และระบบนิเวศต่าง ๆ ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิตแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก (เศรษฐ์, 2555) ดังแสดงใน Figure 2

วิธีการศึกษา

โรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพ ตั้งอยู่ที่กิจการน้ำพุร้อนสันกำแพงฯ ขนาดการผลิตไฟฟ้า 15 kW<sub>e</sub> ใช้สารทำงาน 1,1,1,3,3-Pentafluoropropane (R-245fa) อุณหภูมิของน้ำพุร้อนที่ 105 °C อัตรา

การไหลเชิงมวล 2.2 L/s และอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้า 20 y ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้หลักการของ LCA ซึ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

- เป้าหมายของการศึกษา คือ เพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ที่ใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพเป็นแหล่งความร้อน
- ขอบเขตการศึกษาแบบ คือ แบบแครเดิล-ทู-เกรฟ (Cradle-to-Grave) ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การใช้วัสดุพลังงาน และทรัพยากร ในกระบวนการขนส่ง กระบวนการสร้างและติดตั้ง กระบวนการใช้งาน และกระบวนการกำจัดซากเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน แต่ทั้งนี้ไม่พิจารณาการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ดังแสดงใน Figure 3 โดยหน่วยการทำงาน (Functional unit, FU) คือ การผลิตไฟฟ้า 1 kWh

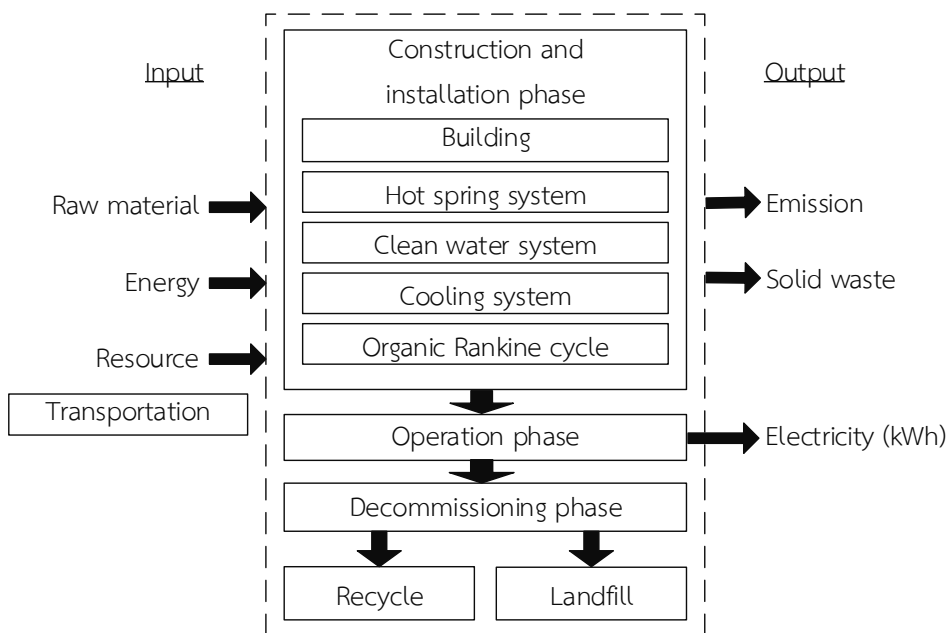


Figure 3 Life cycle assessment boundary.

การวิเคราะห์บัญชีรายการ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) ในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ โดยเก็บรวบรวมตั้งแต่ปริมาณการใช้วัสดุ (Raw material) พลังงาน (Energy) ทรัพยากร (Resource) การขนส่ง (Transportation) และของเสียที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้า ซึ่งจะแบ่งตามช่วงของกระบวนการออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ กระบวนการสร้างและติดตั้ง กระบวนการใช้งาน และกระบวนการกำจัดซากเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน ซึ่งภาพรวมโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพงฯ ดังแสดงใน Figure 4

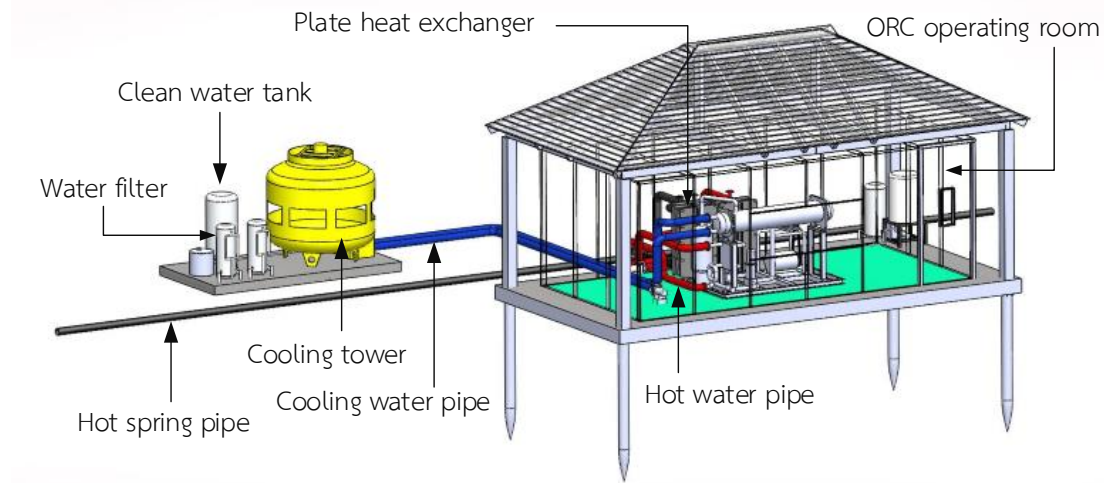


Figure 4 ORC power plant from geothermal energy of Sankamphaeng hot spring.

การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 8.5.0 ด้วยวิธี ReCiPe (H)-Midpoint V.1.13 (Goedkoop et al. 2017) ซึ่งทำการพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 10 ประเภท ดังต่อไปนี้

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change, CC) ; kg CO<sub>2</sub> eq
- การลดลงของชั้นโอโซน (Ozone depletion, OD) ; kg CFC-11 eq
- ภาวะที่เป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ (Human toxicology, HT) ; kg 1,4 DB eq
- การเกิดภาวะก่อตัวของฝุ่นละอองหมอกควัน (Particulate matter formation, PMF) ; kg PM10 eq
- ภาวะความเป็นกรด (Terrestrial acidification, TA) ; kg SO<sub>2</sub> eq
- การเจริญเติบโตผิดปกติของพืชน้ำในแหล่งน้ำจืด (Freshwater eutrophication, FE) ; kg PO<sub>4</sub>eq
- ภาวะที่เป็นพิษต่อดิน (Terrestrial ecotoxicity, TET) ; kg 1,4 DB eq
- การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อแหล่งน้ำ (Freshwater ecotoxicity, FET) ; kg 1,4 DB eq
- การลดลงของเหล็ก (Metal depletion, MD) ; kg Fe eq
- การลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil depletion, FD) ; kg oil eq

การคำนวณผลกระทบด้วยค่าการกำหนดบทบาท (Characterization factor) ซึ่งเป็นค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากโปรแกรม โดยสามารถคำนวณหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$LCIA_j = \sum(Q_i CF_j)$$

- เมื่อ  $LCIA_j$  คือ ค่าการเกิดของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบ  $j$  (kg, กิโลกรัมเทียบเท่าของผลกระทบ  $j$ )
- $Q_i$  คือ ปริมาณวัตถุดิบ  $i$  ที่ใช้ในกระบวนการ (kg ของวัตถุดิบ  $i$ )
- $CF_j$  คือ ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม  $j$  ตามการกำหนดบทบาทที่ได้จากโปรแกรม (kg, กิโลกรัมเทียบเท่าของผลกระทบ  $j$  ต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ  $i$ )


การแปลผล (Interpretation) ซึ่งนำผลข้อมูลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมารวบรวมสรุปผล ผลกระทบที่เกิดขึ้น และเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมกับการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยและงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง



### ผลและการอภิปรายผล

#### ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและคำนวณปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ มีรายละเอียดดังแสดงใน Table 1

**Table 1** Life cycle inventory of geothermal power plant.

Components	Raw material and energy	Quantity	Unit	
<b>Construction and installation phase</b>				
<u>Input</u>				
Structural of Building 	Eucalyptus (Bark, softwood)	162	kg	
	Structural Steel (Steel, low-alloyed, hot rolled)	2,161.32	kg	
	Floor, column, beam (Cement mortar)	4,140	kg	
	Floor, column, beam (Sand, gravel and stone)	25,736	kg	
	Floor, column, beam (Water, fresh)	2.28	m <sup>3</sup>	
	Column (Galvanized steel)	100	kg	
	Flashing tape (Polycarbonate)	12.96	kg	
	Plastic cover plate (Polyethylene)	13.5	kg	
	Glass (Flat glass, uncoated)	10	kg	
	Tile roof (Fiber cement roof state)	2,193	kg	
	Eaves (Fiber cement)	158.04	kg	
	Oxide primer (Paint and coating)	46.71	kg	
	Brush (Broom, brush, and mop)	2	kg	
	Insulation board (Polystyrene foam)	696.6	kg	
	Insulation panels (Galvanized steel)	25.92	kg	
	Screws (Steel, low-alloyed, hot rolled)	15.75	kg	
	Purlin (Zinc, sheet)	142.56	kg	
	Hip rafter (Fiber cement)	71.28	kg	
	Control system (Steel, low-alloyed, hot rolled)	41.42	kg	
	Control system (Galvanized steel)	3.6	Kg	
	Control system (Copper)	15	Kg	
	Control system (Aluminium)	10	kg	
	Floor (Epoxy)	8	kg	
	Other material	5.4	kg	
	Electricity	20	kWh	
	Hot spring systems	Pipe (Galvanized steel)	6,933.70	kg
		Valve (Brass)	18	kg
Clean water system	Plate heat exchanger (Stainless steel)	114	kg	
	Water tank, Water filter (Stainless steel)	80	kg	

Components	Raw material and energy	Quantity	Unit	
	Pipe (Galvanized steel)	40	kg	
	Valve (Brass)	3	kg	
	Pipe (PVC)	22.8	kg	
	Cooling tower (Glass fiber reinforced plastic)	220	kg	
	Reinforcing steel	40	kg	
	Pump (Brass)	5	kg	
	Fan motor (Stainless steel hot rolled coil)	40	kg	
	Fan blade (Aluminium alloy)	9.5	kg	
	Floor (Cement mortar)	480	kg	
	Floor (Sand, gravel and stone)	4,031	kg	
	Floor (Water, fresh)	0.4	m <sup>3</sup>	
	Pipe (PVC)	27.36	kg	
	<p>ORC</p>  	Equipment structural, Plate heat exchanger (Steel, low-alloyed, hot rolled)	1,150	kg
Alternator, Boiler (Copper)		114.1	kg	
Condenser, Vapor and oil separator, (Copper tube, technology mix)		213.4	kg	
Condenser (Galvanized steel sheet)		7.5	kg	
Glass (Flat glass, uncoated)		0.3	kg	
Gauge (Aluminum, production mix)		0.5	kg	
Pump, boiler, Valve (Stainless steel hot rolled coil)		126	kg	
Valve (Brass)		23	kg	
Glass fiber		3	kg	
Oxide primer (Paint and coating)		23.5	kg	
Other		4.5	kg	
Transportation		Fuel (Diesel, fuel/oil)	500	L
<u>Output</u>		Eucalyptus (Bark, softwood)	-162	kg
	Tile roof (Fiber cement roof state)	-110	kg	
	Iron scrap	-20	kg	
<b>Operation phase</b>				
<u>Input</u>				
Raw material	Hot spring (Water hot spring)	11,088	m <sup>3</sup>	
	Water (Water, fresh)	50	m <sup>3</sup>	
	Resin	50	kg	
	Refrigerant leak at 1 kg/y (R-245fa)	20	kg	
	Oil	80	L	
<u>Output</u>	Power generation (Gross power output)	15	kW <sub>e</sub>	
<b>Decommissioning phase</b>				
Recycle	Steel	-1,416	kg	
	Galvanized steel	-7,045	kg	
	Stainless steel	-320	kg	

Components	Raw material and energy	Quantity	Unit
Landfill	Brass	-31	kg
	Aluminum	-25	kg
	Copper	-142.56	kg
	Zine	-373	kg
	Steel	2,026	kg
	All other material floor (Concrete)	40,860	kg
	Plastic	306	kg
	All other material roof (Fiber cement)	2,312	kg
	Galvanized steel	26	kg
	Glass (Flat glass, uncoated)	10	kg
	Resin	50	kg

### ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

จากผลการวิเคราะห์บัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิต นำมาประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ โดยวิธี ReCiPe (H)-Midpoint V.1.13 ซึ่งได้ทำการประเมินผลกระทบชั้นกลางทั้งหมด 10 ประเภท ในขอบเขตแบบแกรเดิล-ทู-เกรฟ ผลการศึกษาพบว่า ผลกระทบรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างและติดตั้งดังแสดงใน Figure 5 เมื่อพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการใช้วัสดุประเภทเหล็กกล้าไนซ์ (Galvanized steel) จำนวน 7,103 kg ทองแดง (Copper) จำนวน 358 kg และเหล็ก (Steel) จำนวน 3,327 kg เป็นต้น จึงส่งผลให้เกิดผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ การลดลงของเหล็ก และการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิลสูง Figure 6 แสดงผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการใช้งาน ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์มีการใช้สารทำงาน R-245fa ซึ่งเป็นสารเคมีสังเคราะห์จึงเป็นผลทำให้ในกระบวนการใช้งานที่มีค่าผลกระทบในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สูง และ Figure 7 แสดงผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการกำจัดซากเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน ซึ่งกระบวนการนี้เป็นกระบวนการสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้า จากการวิเคราะห์บัญชีรายการเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งานแล้วสามารถนำวัสดุบางส่วนกลับไปใช้งานได้ใหม่ โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 49.27% จึงส่งผลให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการสุดท้ายมีค่าลดลง และส่วนที่เหลือประมาณ 50.73% นำไปฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล



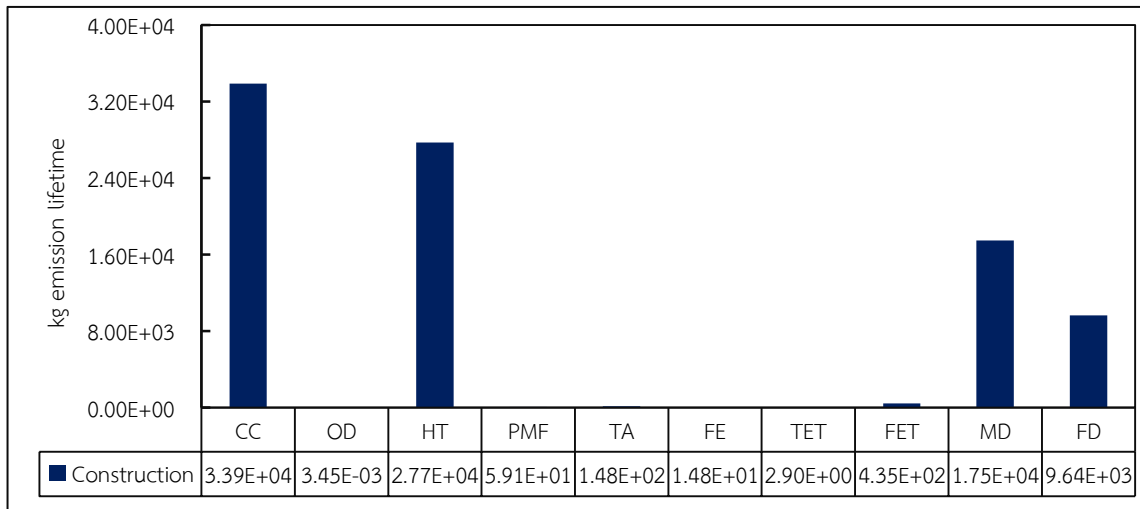


Figure 5 Environmental impact category of construction phase.

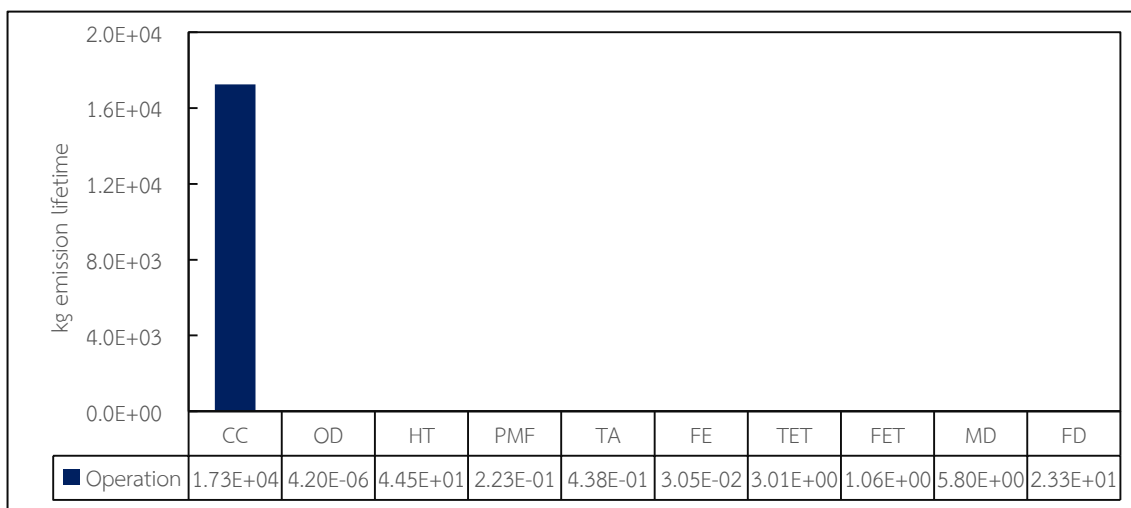


Figure 6 Environmental impact category of operation phase

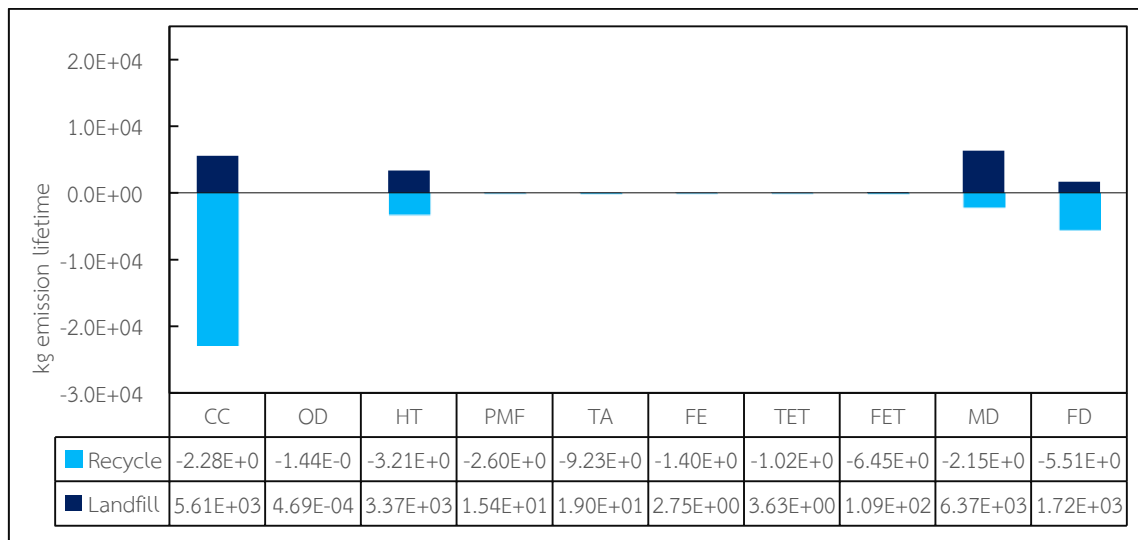


Figure 7 Environmental impact category of decommissioning phase

### ผลการแปลผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ขนาด 15 kW<sub>e</sub> เป็นเวลา 20 y โดยมีระยะเวลาการทำงาน 24 h/d และ 350 d/y สามารถผลิตไฟฟ้าได้ทั้งหมดสุทธิ 2,520,000 kWh/lifetime จากการผลการแปลผลกระทบดังแสดงใน Table 2 พบว่า ผลกระทบส่วนใหญ่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างและติดตั้ง (Construction and installation phase) โดยเฉลี่ยประมาณ 75.65% รองลงมาคือกระบวนการใช้งาน (Operation phase) โดยเฉลี่ยประมาณ 6.34% และกระบวนการกำจัดซาก (Decommissioning phase) โดยเฉลี่ยประมาณ 18.01% ทั้งนี้เมื่อนำค่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือเรียกอีกอย่างว่าศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนที่มีค่า 1.35E-02 kg CO<sub>2</sub> eq /kWh ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยที่มีค่า 6.093E-1 kg CO<sub>2</sub> eq /kWh (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559) ซึ่งพบว่ามีค่าน้อยกว่ามาก

Table 2 Characterized impacts of electricity generation at 1 kWh from ORC power plant.

Impact category	Contribution (%)			Total emission	Total emission 1 kWh	Unit
	Cons <sup>1</sup>	Oper <sup>1</sup>	Decom <sup>3</sup>			
Climate change (CC)	59.70	30.41	9.89	3.39E+04	1.35E-02	kg CO <sub>2</sub> eq
Ozone depletion (OD)	87.93	0.11	11.97	3.77E-03	1.50E-09	kg CFC-11 eq
Human toxicology (HT)	89.04	0.14	10.82	2.79E+04	1.11E-02	kg 1,4 DB eq
Particulate matter formation (PMF)	79.10	0.30	20.60	4.88E+01	1.93E-05	kg PM10 eq
Terrestrial acidification (TA)	88.42	0.26	11.32	7.54E+01	2.99E-05	kg SO <sub>2</sub> eq
Freshwater eutrophication (FE)	84.19	0.17	15.64	1.61E+01	6.41E-06	kg PO <sub>4</sub> eq
Terrestrial ecotoxicity (TET)	30.37	31.57	38.05	8.51E+00	3.38E-06	kg 1,4 DB eq
Freshwater ecotoxicity (FET)	79.81	0.19	20.00	4.81E+02	1.91E-04	kg 1,4 DB eq
Metal depletion (MD)	73.27	0.02	26.70	2.17E+04	8.61E-03	kg Fe eq
Fossil depletion (FD)	84.69	0.20	15.10	5.87E+03	2.33E-03	kg oil eq

Remark: <sup>1</sup>Construction and installation phase, <sup>2</sup>Operation phase, <sup>3</sup>Decommissioning phase

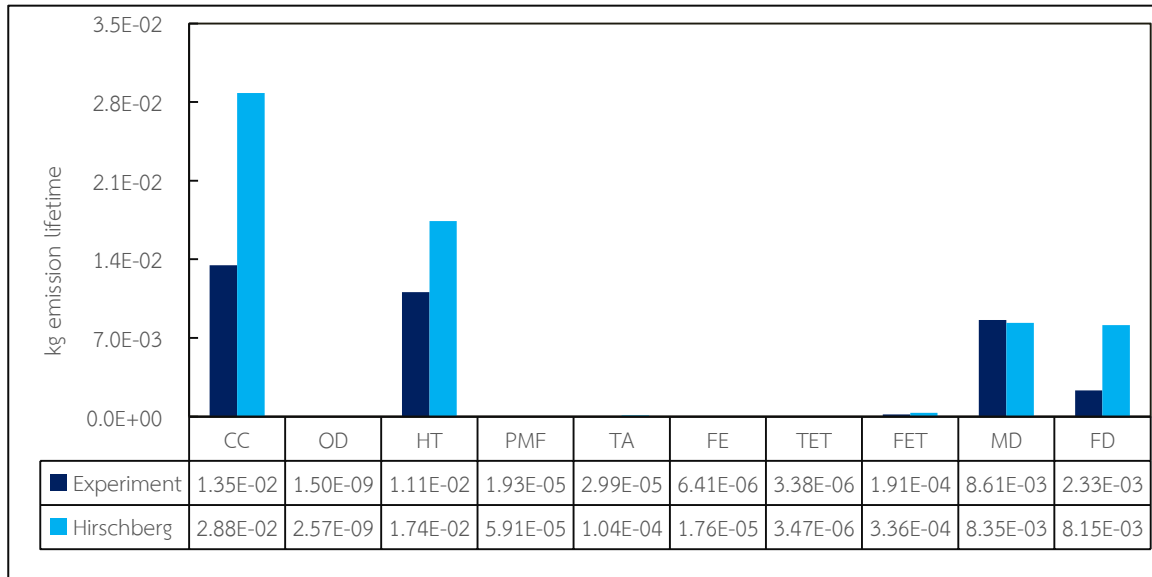


Figure 8 Comparison of life cycle assessments of geothermal power plant

จากผลการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ เมื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Hirschberg et al. (2015) ที่ได้ทำการศึกษาค่าประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศสวีเดน ซึ่งมีการใช้วัสดุ พลังงาน การขนส่ง ในกระบวนการขุดเจาะ การสร้าง การใช้งาน และการกำจัดซากเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน มีหน่วยการทำงานคือ 1 kWh ทำการประเมินด้วยวิธี ReCiPe Midpoints (H) ซึ่งผลการเปรียบเทียบดังแสดงใน Figure 8 และเมื่อทำการพิจารณาพบว่า ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่าทุกด้าน ยกเว้นการลดลงของเหล็ก เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้วัสดุประเภทเหล็กในทุกส่วนของโครงสร้างเพื่อความมั่นคงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการประเมินในกระบวนการขุดเจาะด้วย

### สรุป

จากการศึกษาค่าประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพงฯ ขนาด 15 kW<sub>e</sub> ที่ใช้สารทำงาน R-245fa เป็นเวลา 20 y พบว่า การผลิตไฟฟ้า 1 kWh มีการปล่อยผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 1.35E-02 kg CO<sub>2</sub> eq การลดลงของชั้นโอโซน 1.50E-09 kg CFC-11 eq ภาวะที่เป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์ 1.11E-02 kg 1,4 DB eq การเกิดภาวะก่อตัวของฝุ่นละอองหมอกควัน 1.93E-05 kg PM10 eq ภาวะความเป็นกรด 2.99E-05 kg SO<sub>2</sub> eq การเจริญเติบโตผิดปกติของพืชน้ำในแหล่งน้ำจืด 6.41E-06 kg PO<sub>4</sub> eq ภาวะที่เป็นพิษต่อดิน 3.83E-06 kg 1,4 DB eq การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อแหล่งน้ำ 1.91E-04 kg 1,4 DB eq การลดลงของเหล็ก 8.61E-03 kg Fe eq การลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล 2.33E-03 kg oil eq ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการสร้างและติดตั้งมากที่สุดโดยเฉลี่ยประมาณ 75.65% รองลงมาคือกระบวนการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 6.34% และกระบวนการกำจัดซากโดยเฉลี่ยประมาณ 18.01% และเมื่อนำค่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยพบว่า มีค่าน้อยกว่า

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้ “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา” และโครงการ การผลิตไฟฟ้า ร่วมกับการทำความเย็นและความร้อนแบบขั้นบันได จากพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย กองทุนเพื่อ ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำนักงานนโยบายและพลังงานปี 2560 กระทรวงพลังงาน ที่มีอบทุนการสนับสนุนสำหรับ การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2557. พลังงานความร้อนใต้พิภพ. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, สารานุกรมพลังงานทดแทน. กรุงเทพมหานคร. [https://ienergyguru.com/2015/10 ธันวาคม 2560](https://ienergyguru.com/2015/10/10 ธันวาคม 2560)
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579. [http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015\\_Final\\_version.pdf](http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf) (1 ธันวาคม 2560)
- นัฐพร ไชยญาติ. 2560. การออกแบบระบบพลังงานทดแทน (Renewable Energy System Design), วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, สำนักพิมพ์: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, พิมพ์ครั้งที่ 3, มิถุนายน พ.ศ. 2560.
- เนตรชนากานต์ สุนันตา และเศรษฐี สัมภัตตะกุล 2560. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์. วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม, ปีที่ 1 กรกฎาคม-ธันวาคม 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 1: 1-14.
- เศรษฐี สัมภัตตะกุล. 2555. การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment of Products). [https://www.researchgate.net/profile/Sate\\_Sampattagul/publication/303793131\\_Life\\_Cycle\\_Assessment\\_of\\_Products\\_karprameinwadcacrchiwitkhngphlitphanth/links/5752ba5808ae17e65ec3924d/Life-Cycle-Assessment-of-Products-karprameinwadcacrchiwitkhngphlitphanth.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sate_Sampattagul/publication/303793131_Life_Cycle_Assessment_of_Products_karprameinwadcacrchiwitkhngphlitphanth/links/5752ba5808ae17e65ec3924d/Life-Cycle-Assessment-of-Products-karprameinwadcacrchiwitkhngphlitphanth.pdf) (20 มกราคม 2560)
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, องค์การมหาชน, (Thai Carbon Footprint). 2559. Emission factor. [http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts\\_822ebb1ed5.pdf](http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_822ebb1ed5.pdf) (20 กุมภาพันธ์ 2560)
- Bravi, M. and Basosi, R. 2014. Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy. Journal of Cleaner Production. 66: 301-308.
- Buonocore, E., Vanoli, L., Carotenuto, A., and Ulgiati, S. 2015. Integrating life cycle assessment and energy synthesis for the evaluation of a dry steam geothermal power plant in Italy, Energy. 86: 476-487.
- Goedkoop, M.J., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., and Van Zelm, R., 2017. ReCiPe 2008: a Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonised Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level, firsted. Report I. n.p.

- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., and Van Zelm, R., 2017. ReCiPe 2008: a life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level, First edition (version 1.13), Report I: Characterisation. PRé Consultants, Amersfoort, CML University of Leiden, RUN Radboud University Nijmegen, RIVM Bilthoven, Netherlands.
- Lacirignola, M. and Blanc, I. 2013. Environmental analysis of practical design options for enhanced geothermal systems (EGS) through life-cycle assessment. *Renewable Energy*. 50: 901-914.
- Intaniwet, A. and Chaiyat, N. 2017. Levelized electricity costing per carbon dioxide intensity of an organic Rankine cycle by using a water hyacinth-municipal solid waste fuel. *Energy*. 139: 76-88.
- Hirschberg, S., Wiemer, S., and Burgherr, P. 2015. *Energy from the Earth: Deep Geothermal as a Resource for the Future?* 2015 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, ISBN 978-3-7281-3654-1. Available online: [www.vdf.ethz.ch](http://www.vdf.ethz.ch)
- Martínez-Corona, J.I., Gibon, T., Hertwich, E., and Parra-Saldívar, R. (2017). Hybrid life cycle assessment of a geothermal plant: From physical to monetary inventory accounting, *Journal of Cleaner Production*. 142: 2509-2523.

### รายการสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
CC	Climate change (การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ)
FD	Fossil depletion (การลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล)
FE	Freshwater eutrophication (การเจริญเติบโตผิดปกติของพืชน้ำในแหล่งน้ำจืด)
FET	Freshwater ecotoxicity (การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อแหล่งน้ำ)
HT	Human toxicology (การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อสุขภาพมนุษย์)
MD	Metal depletion (การลดลงของเหล็ก)
OD	Ozone depletion (การลดลงของชั้นโอโซน)
PMF	Particulate matter formation (การเกิดภาวะก่อตัวของฝุ่นละอองหมอกควัน)
TA	Terrestrial acidification (การเกิดภาวะฝนกรดและความเป็นกรดในดิน)
TET	Terrestrial ecotoxicity (การเกิดภาวะที่เป็นพิษต่อดิน)

ตัวห้อย	ความหมาย
B	Boiler
C	Condenser
CLW	Clean water pump
CT	Cooling tower
CW	Cooling pump
e	Electricity

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



---

Exp	Expander
HW	Hot water
P	Pump

การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพ  
ของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่อน ตามพระราชดำริ

Computational Fluid Dynamics of Centralized Drying Room from Geothermal Energy  
of Sankamphaeng Hot Spring, Mea-On District, Under the Royal Initiative of His Majesty the King

สุธรรม ชาวจิ้ว<sup>1</sup> นัฐพร ไชยญาติ<sup>1\*</sup> ชวโรจน์ ใจสิน<sup>1</sup> และ จักรพันธ์ ธารรงามยิ่งสกุล<sup>2</sup>  
Sutham Chao-ngew<sup>1</sup>, Nattaporn Chaiyat<sup>1\*</sup>, Chawaroj Jaisin<sup>1</sup> and Chakkraphan Thawongamyingsakul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

<sup>1</sup>School of Renewable Energy, Maejo University

<sup>2</sup>Faculty of engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

\*Corresponding author: benz178tii@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบายความร้อนภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ ด้วยการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Solidworks (Flow simulation) และออกแบบระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ที่มีขนาดกว้าง 3.60 m ยาว 6.00 m และสูง 3.00 m เพื่อพิจารณาความเร็วลม อุณหภูมิภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ และขนาดพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่เหมาะสม ในการจ่ายลมร้อนให้แก่ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ ซึ่งพิจารณาพัดลม 7 ขนาด อันประกอบไปด้วย 16 20 24 32 36 38 และ 40 inch ผลการศึกษาพบว่า พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch ที่มีปริมาตรลม 155 cmm และความเร็วลมโดยเฉลี่ยภายในห้องอบ 1.86 m/s มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีการกระจายลมร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ณ บริเวณพื้นที่อบแห้ง โดยมีอุณหภูมิลมร้อนภายในระบบประมาณ 70°C และอุณหภูมิผิวภายนอกประมาณ 40 °C

**คำสำคัญ:** ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ น้ำพุร้อน พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

### Abstract

This research studies hot air distribution in a centralized drying room by using computational fluid dynamics (CFD) of Solidworks (Flow simulation). The centralized drying room at sizing 3.60 m x 6.00 m x 3.00 m is designed for evaluating the wind speed, hot air temperature in drying room and the optimal axial fan sizing for ventilating hot air in the centralized drying room, which consists of 7 fan diameters as 16, 20, 24, 32, 36, 38 and 40 inch. From the study results, the 20 inch of fan diameter at air volume 155 cmm and average wind speed 1.86 m/s was the optimal sizing, because this axial fan size shown the best ventilating in the overall drying area by having hot air temperature in drying room temperatures around 70 °C and the outside surface drying room temperatures around 40 °C.

**Keywords:** Centralized drying room, Hot spring, Computational fluid dynamics

## บทนำ

พลังงานความร้อนใต้พิภพเป็นแหล่งพลังงานตามธรรมชาติชนิดหนึ่ง ที่สามารถพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การนำพลังงานดังกล่าวในรูปแบบของน้ำพุร้อนมาใช้งานร่วมกับระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ แต่เนื่องจากแหล่งน้ำพุร้อนในแต่ละพื้นที่มีศักยภาพต่างกัน ทำให้ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์มีขนาดและอุปกรณ์ภายในระบบที่ไม่แน่นอน ตามศักยภาพของน้ำพุร้อนและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ออบแห้ง การนำโปรแกรมจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณมาใช้ในการออกแบบ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจอีกทั้งยังสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นัฐพร, 2559) ดังเช่น งานวิจัยของ สายธาร (2560) ได้ทำการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเพื่อหาแบบแปลนที่เหมาะสมของห้องอบแห้งทั้งหมด 6 ขนาด โดยใช้ความร้อนทิ้งหรือไอเสียมาใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับอบแห้งเซรามิค จากการศึกษาพบว่า ห้องอบแห้งรูปแบบที่ 1 มีการกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงและมีปริมาณลมสูงสุดที่ 21.79 m/s Pintana et al. (2017) ได้ออกแบบและปรับปรุงการกระจายตัวของอากาศภายในห้องอบแห้งข้าวแต๋นที่มีการใช้ชีวมวลเป็นแหล่งความร้อน จากผลการวิเคราะห์และนำไปทำการทดสอบพบว่า ความชื้นของข้าวแต๋นลดลงประมาณ 10% สามารถลดต้นทุนในกระบวนการอบแห้งได้ Misha et al. (2013) ได้ทำการทำนายความสม่ำเสมอของอากาศของการอบแห้งในเครื่องอบกระดาษแบบลาดทั้งหมด 21 ถาด ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความเร็วลมสูง คือ ผลิตภัณฑ์ในถาดที่ 1 7 8 และ 15 โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณถาดประมาณ 0.38 m/s Onimisi et al. (2016) ได้เพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องอบแห้งอาหารเนกประสงค์ โดยสร้างแบบจำลองของเครื่องอบแห้งซึ่งไม่มีการติดตั้งถาดภายในห้องอบ และมีเครื่องเป่าอากาศขนาดกว้าง 1.0 m ยาว 1.2m และสูง 0.6 m ผลการศึกษาพบว่า จากการป้อนอากาศที่มีอุณหภูมิ 40 50 และ 60°C ที่ความเร็วลม 26 m/s ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของระบบเท่ากับ 33.24 42.84 และ 52.79°C. ตามลำดับ โดยความเร็วลมเฉลี่ยภายในระบบมีค่าเฉลี่ย 1.97 m/s ความเร็วลมบริเวณทางออกของระบบ 48.744 m/s และมีความดันในระบบสูงสุด 653.32 Pa. ชุลกิพลี และคณะ (2555) ศึกษาการกระจายตัวของกระแสอากาศร้อนของโรงอบยางพารา โดยใช้แหล่งความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล ซึ่งมีการกำหนดความเร็วลมบริเวณทางเข้าที่ 4.96 m/s และทางออก 0.26 m/s และเปรียบเทียบอุณหภูมิและความเร็วในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนจำนวน 18 จุด ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของผลการทดสอบจริงและแบบจำลองมีความแตกต่างระหว่าง 0.03-1.51°C และ 0.05-4.451 ตามลำดับ Yohana et al (2018) ได้วิเคราะห์ความเร็วลมที่เหมาะสมที่สุดภายในห้องอบแห้งชาเขียว จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไชน์เบด โดยมีเงื่อนไขเริ่มต้น คือ อุณหภูมิบริเวณทางเข้า 130°C ความเร็วลมบริเวณทางเข้า 2.6 m/s ความดัน 2.5506 bar ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วของไหลที่เหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 1.81 m/s

จากงานวิจัยที่กล่าวมาในข้างต้นยังไม่มียานวิจัยใดทำการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพง อำเภอแม่อน ตามพระราชดำริ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการศึกษาการกระจายลมร้อนของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

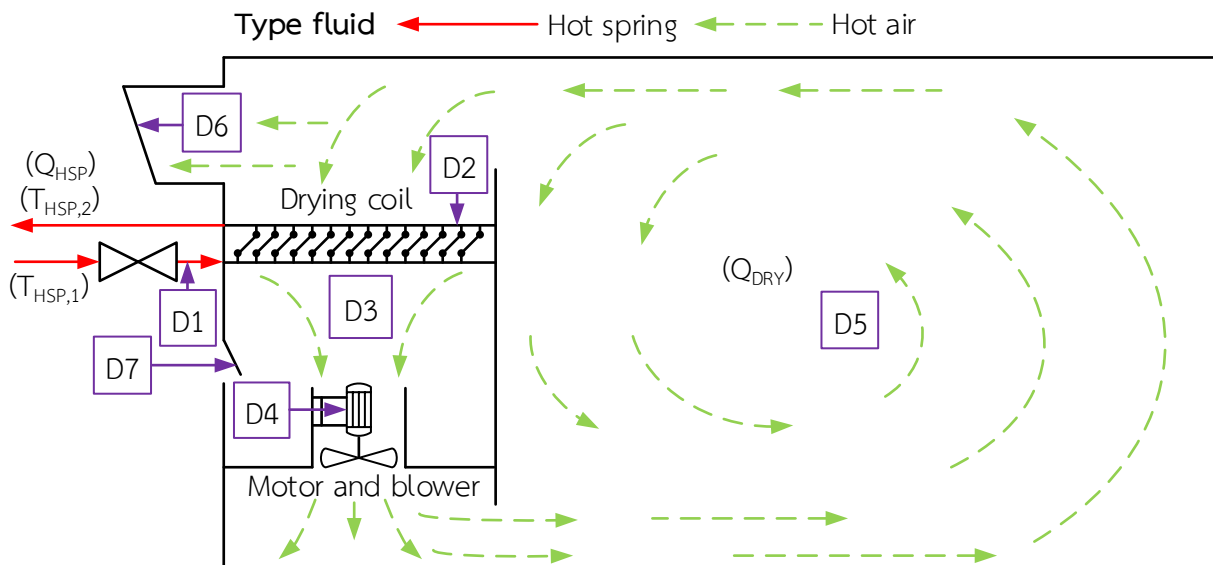
### 1. ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ดังแสดงในรูปที่ 1 มีหลักการ คือ น้ำพุร้อน ( $T_{HSP,1}$ ) ในจุดที่ D1 จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Drying coil) จุดที่ D2 และไหลออก ( $T_{HSP,2}$ ) จากนั้นพัดลมจุดที่ D3 จะดูดลมร้อนผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณจุดที่ D4 สูงขึ้น และเป่าลมร้อนไปยังจุดที่ D5 สำหรับใช้ในการอบแห้ง นอกจากนี้ในกระบวนการอบแห้งจะเกิดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง จึงมีปล่องสำหรับระบายอากาศใน



จุด D6 และมีปล่องอากาศเข้าเพื่อนำความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำภายนอกเข้ามาแทนที่ในจุดที่ D7 [นัฐพร, 2560] สามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\eta_{\text{DRY}} = \frac{Q_{\text{DRY}}}{Q_{\text{HSP}} + W_{\text{Mb}}} \quad (1)$$



รูปที่ 1 ระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

## 2. สมการควบคุมและการจำลองแบบการไหลแบบปั่นป่วน

การจำลองแบบการกระจายอุณหภูมิ สามารถคำนวณได้จากสมการอนุรักษ์มวล สมการอนุรักษ์โมเมนตัมและการอนุรักษ์พลังงาน (ซุทธิพลี และคณะ, 2555) ดังแสดงสมการต่อไปนี้

- สมการต่อเนื่อง

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0 \quad (2)$$

- สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial (\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_j \bar{u}_i) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho u'_j u'_i \right] - \rho g_i \beta (\bar{T} - \bar{T}_{\text{ref}}) \quad (3)$$

- สมการพลังงาน

$$\frac{\partial (\rho \bar{T})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_j \bar{T}) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \frac{\mu}{Pr} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_i} - \rho u'_j T' \right] \quad (4)$$

### วิธีการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนใต้พิภพของกิจการน้ำพุร้อนสันกำแพงฯ โดยใช้โปรแกรม Solidworks (Flow Simulation) ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังแสดงต่อไปนี้

1. ออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ข้อมูล	รายละเอียด
ห้องระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ขนาดกว้าง 3.60 m ยาว 6.00 m และสูง 3.00 m</li> <li>▪ ผนังห้องใช้แผ่นฉนวนกันความร้อนสำเร็จรูป (Isowall) หนา 3 in</li> <li>▪ ฐานระบบทำจากคอนกรีตผสมเสร็จเคลือบด้วยโพลียูรีเทน (Polyurethane)</li> </ul>
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ขนาดกว้าง 0.90 m ยาว 1.20 m และสูง 0.20 m</li> <li>▪ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อและครีป (Fin tube heat exchanger)</li> </ul>
พัดลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ พัดลมแบบหมุนตามแนวแกน</li> </ul>
ผนังแจกลม	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ขนาดกว้าง 0.955 m ยาว 3.450 m และสูง 2.500 m</li> <li>▪ โครงสร้างผนังแจกลมใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.00 cm หนา 0.23 cm และเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2.50 x 5.00 cm หนา 0.15 cm</li> <li>▪ ผนังแจกลมใช้แผ่นสังกะสีหนา 0.10 cm</li> </ul>

2. วิเคราะห์ความเร็วลมจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่เหมาะสมของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเร็วลม

พัดลมแบบหมุนตามแนวแกน				
ขนาด (in)	มอเตอร์ (kW)	ความเร็วรอบ (rpm)	ปริมาณลม (cmm)	ความดัน (bar)
16	0.25	1,450	63.67	0.00090
20	1.50	1,450	155.00	0.00225
24	2.20	1,450	250.00	0.00260
28	3.00	1,450	341.67	0.00275
32	5.50	1,450	508.33	0.00359
36	4.00	960	585.00	0.00263
40	7.50	960	803.33	0.00324

3. วิเคราะห์ความเร็วลมจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่เหมาะสมของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ กรณีติดตั้งชั้นตะแกรง 1 และ 2 ชั้น มีขนาดกว้าง 1.3 m ยาว 2.0 m สูง 1.0 m และ 1.60 m

4. พิจารณาอุณหภูมิและการสูญเสียความร้อนของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ โดยมีเงื่อนไขที่ใช้พิจารณาตั้งแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้พิจารณาอุณหภูมิและการสูญเสียความร้อนของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

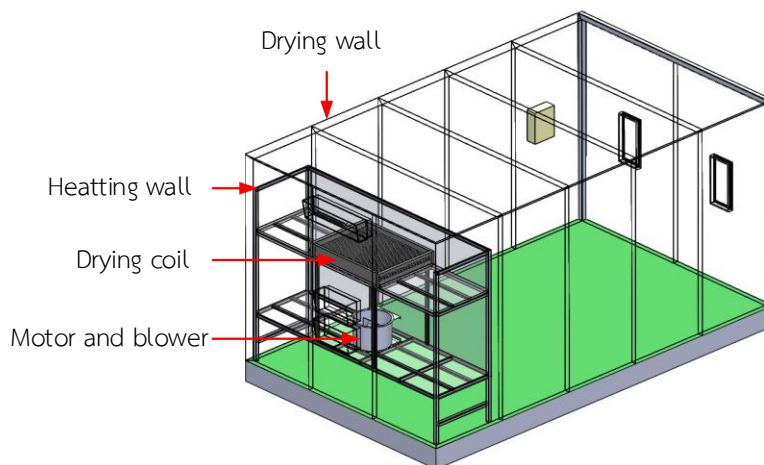
ข้อมูล	ค่าที่ป้อน	หน่วย
อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งแบบรวมศูนย์	70	°C
อุณหภูมิแวดล้อม	35	°C
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีต	1.63	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสแตนเลส	16	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของเหล็ก	43	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของทองแดง	396	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนโพลีสไตรีน	0.082	W/m•K
สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของสังกะสี	113	W/m•K

#### ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการออกแบบ การวิเคราะห์ความเร็วลม และการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

#### ผลการออกแบบและสร้างแบบจำลองของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ในการออกแบบโครงสร้างและลักษณะของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2

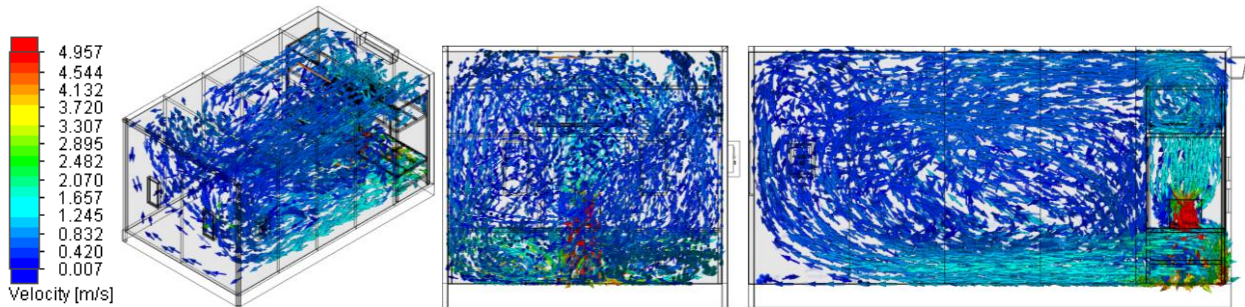


รูปที่ 2 ลักษณะของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ที่ได้ทำการออกแบบ

#### ผลการวิเคราะห์ความเร็วลมจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่เหมาะสม

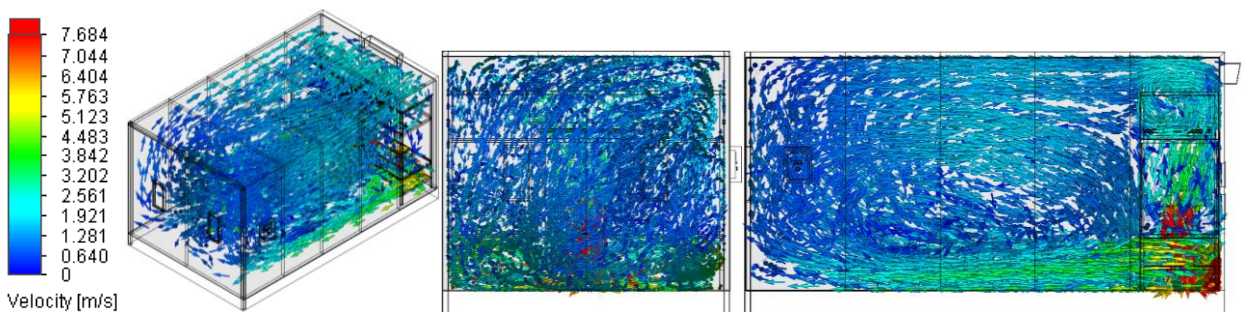
ในการพิจารณาความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้งหมด 7 ขนาด ประกอบไปด้วยพัดลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 20 24 28 32 36 และ 40 inch ซึ่งลักษณะความเร็วลมของพัดลมแต่ละขนาดดังแสดงต่อไปนี้

จากรูปที่ 3 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 inch พบว่า ความเร็วลมโดยเฉลี่ยประมาณ 0.87 m/s นั้นไม่สามารถกระจายลมร้อนไปยังบริเวณด้านหน้าของพื้นที่อบแห้งอย่างทั่วถึงได้



รูปที่ 3 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 inch

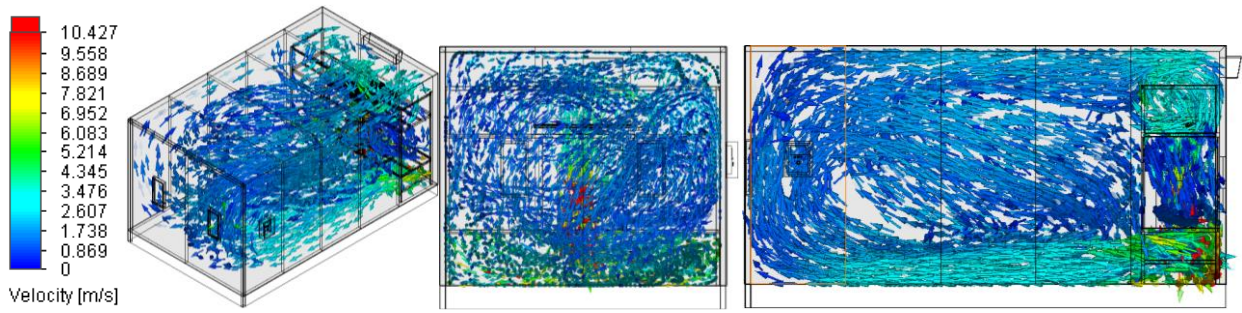
จากรูปที่ 4 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch ผลการจำลองพบว่า มีการกระจายตัวอย่างที่ทั่วถึงและสม่ำเสมอภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ ซึ่งมีค่าความเร็วลมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 1.86 m/s



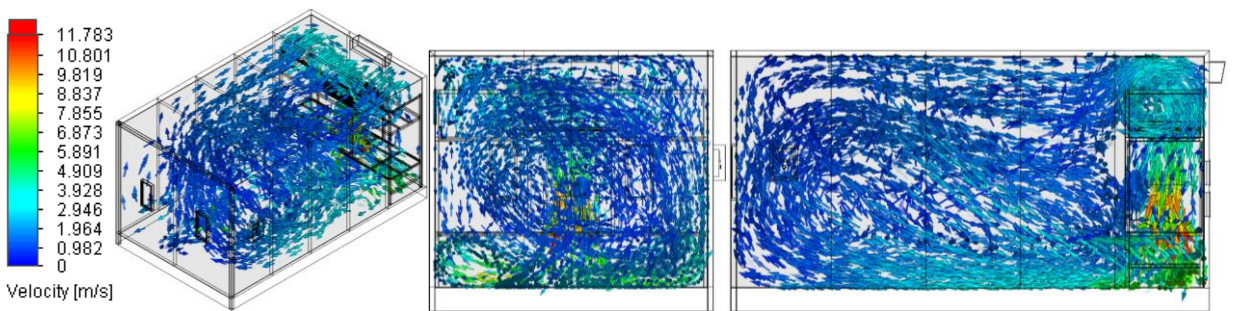
รูปที่ 4 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 in

จากรูปที่ 5 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 inch พบว่า ความเร็วลมของพัดลมขนาดดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.37 m/s มีลักษณะการกระจายตัวของลมที่ไม่ทั่วถึงในบริเวณพื้นที่อบแห้ง โดยลมที่ไหลไปยังด้านหลังพื้นที่อบแห้งจะวนกลับมายังด้านหน้าพื้นที่อบแห้งทันที ทำให้เกิดจุดบอดของลมและมีปริมาณของลมที่น้อยในบริเวณด้านหน้าพื้นที่อบแห้ง

จากรูปที่ 6 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 inch พบว่า ความเร็วลมของพัดลมขนาดดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.50 m/s ทำให้ทิศทางการไหลของลมกระจายไปยังด้านข้างของพื้นที่อบแห้งเป็นส่วนใหญ่ จึงส่งผลให้บริเวณจุดกึ่งกลางของพื้นที่อบแห้งมีปริมาณลมค่อนข้างน้อย

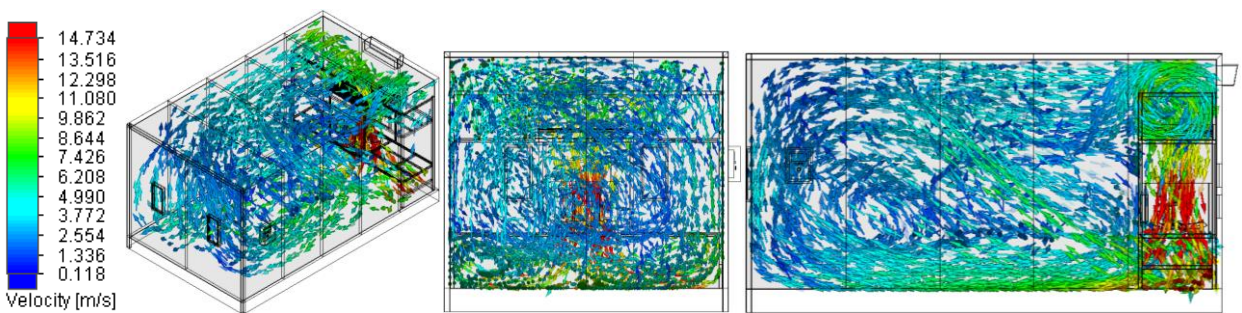


รูปที่ 5 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 inch



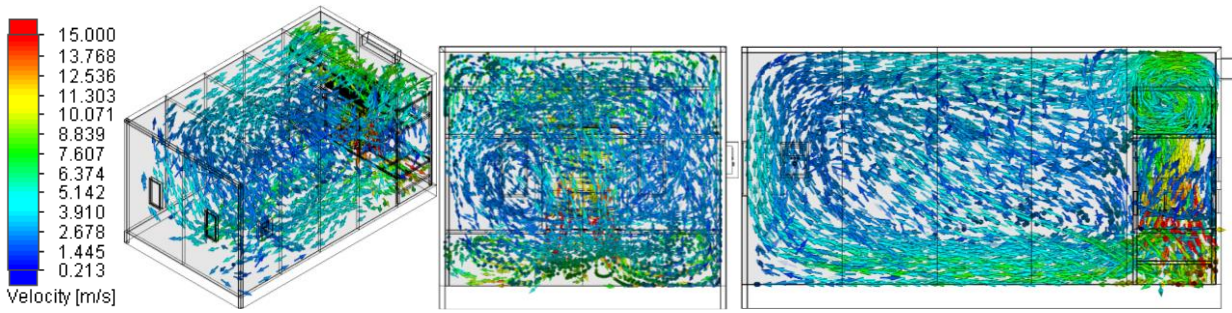
รูปที่ 6 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 inch

จากรูปที่ 7 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 inch พบว่า ความเร็วลมของพัดลมขนาดดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.85 m/s เป็นความเร็วลมในปริมาณที่มากอีกทั้งยังมีความดันในปริมาณที่มากและมีความเร็วของลมไม่คงที่ จึงส่งผลให้การกระจายตัวของลมไม่สม่ำเสมอภายในบริเวณพื้นที่อบแห้ง



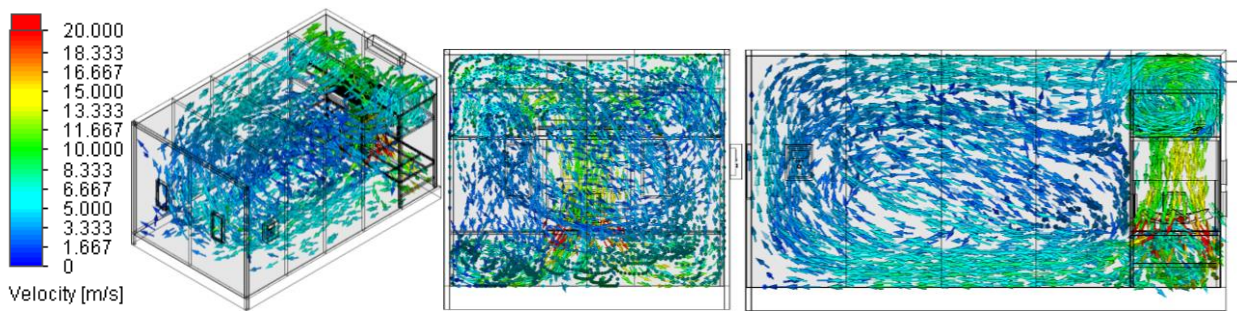
รูปที่ 7 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 inch

จากรูปที่ 8 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 inch ผลการจำลองพบว่า ความเร็วลมของพัดลมขนาดดังกล่าวมีค่าโดยเฉลี่ย 5.21 m/s มีลักษณะการกระจายลมไปทิศทางเดียวกันจึงไม่สามารถกระจายลมให้ทั่วถึงภายในพื้นที่อบแห้งได้



รูปที่ 8 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 inch

จากรูปที่ 9 แสดงถึงลักษณะความเร็วลมที่กระจายตัวภายในระบบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ของพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 inch พบว่า พัดลมดังกล่าวมีขนาดที่ใหญ่โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 6.25 m/s ส่งผลให้ลักษณะความเร็วลมไปยังบริเวณพื้นที่อบแห้งด้านหน้าและถูกพัดลมดูดมารับความร้อนเป็นส่วนใหญ่ และการกระจายตัวของลมไม่ทั่วถึง ณ บริเวณพื้นที่อบแห้ง



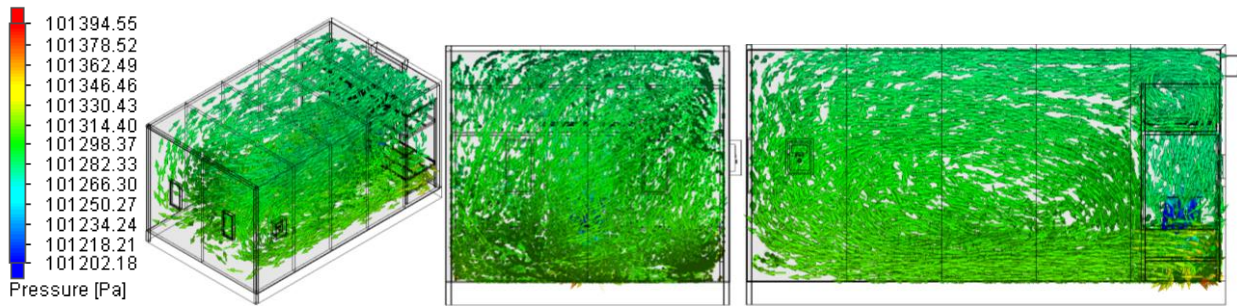
รูปที่ 9 ลักษณะความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 inch

จากการวิเคราะห์ความเร็วลมของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้ง 7 ขนาด เมื่อนำลักษณะของการกระจายตัวของลมมาเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 3-9 พบว่า พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch เป็นขนาดพัดลมที่เหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากความเร็วลมจากพัดลมขนาดดังกล่าว มีปริมาณที่เหมาะสมทำให้ลมมีการกระจายตัวอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอภายในระบบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

ตารางที่ 4 ความดันตกคร่อมโดยเฉลี่ยของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้ง 7 ขนาด ในระบบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

พัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (in)	ความดัน (Pa)
16	101,361.65
20	101,294.61
24	101,441.36
28	101,398.72
32	101,587.09
36	101,493.20
40	101,622.87

นอกจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ความดันตกคร่อมโดยเฉลี่ยของพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้ง 7 ขนาด ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า พัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch ดังแสดงในรูปที่ 10 มีความดันภายในระบบที่ค่อนข้างคงที่ อีกทั้งยังมีค่าความดันตกคร่อมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนทั้ง 6 ขนาด ส่งผลให้มีการกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงภายในพื้นที่อบแห้ง และพัดลมขนาดดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์ความเร็วลมอีกครั้ง เพื่อหาความเหมาะสมในกรณีที่มีการติดตั้งชั้นตะแกรงภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

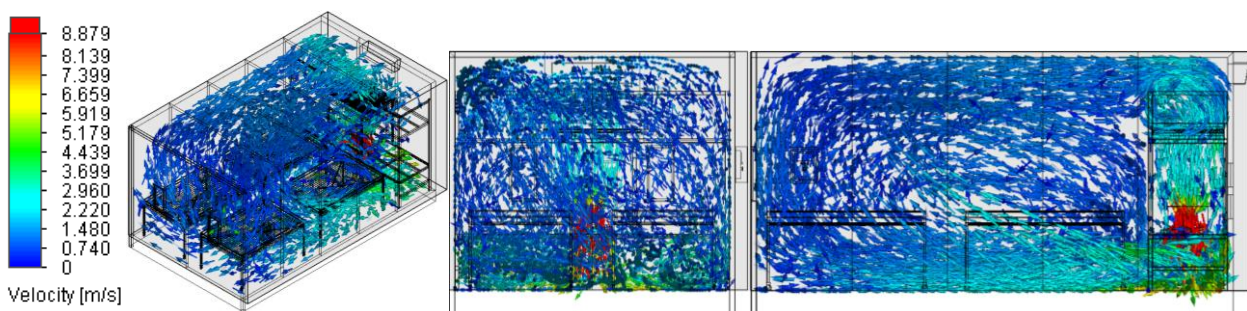


รูปที่ 10 ลักษณะความดันจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch

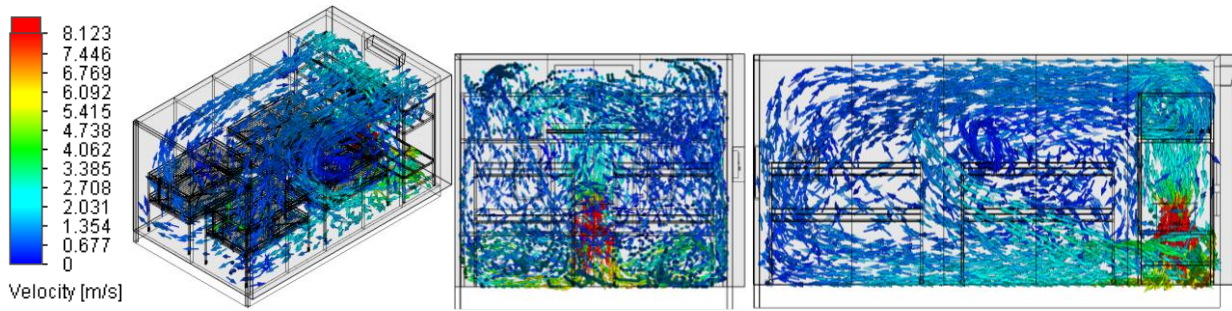
#### ผลการวิเคราะห์ความเร็วลมกรณีที่มีการติดตั้งชั้นตะแกรง

ผลการวิเคราะห์ความเร็วลมจากพัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch กรณีที่มีการติดตั้งชั้นตะแกรง 1 และ 2 ชั้น มีขนาดกว้าง 1.3 m ยาว 2.0 m สูง 1.0 m และ 1.60 m ดังแสดงต่อไปนี้

จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งชั้นตะแกรง 1 ชั้น จำนวน 4 ตัว มีลักษณะการกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงบริเวณชั้นตะแกรงทั้ง 4 ตัว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการติดตั้งชั้นตะแกรง 2 ชั้น จำนวน 4 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 12 พบว่า การติดตั้งชั้นตะแกรง 2 ชั้น มีความเร็วลมที่ไหลผ่านชั้นตะแกรงที่ 2 ทางด้านหน้าของพื้นที่อบแห้งลดลง ส่งผลให้มีการกระจายตัวของลมค่อนข้างน้อย และไม่ทั่วถึงบริเวณชั้นตะแกรงด้านหน้า ดังนั้นจึงเลือกการติดตั้งชั้นตะแกรง 1 ชั้น เนื่องจากมีการกระจายตัวของลมที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งมากที่สุด



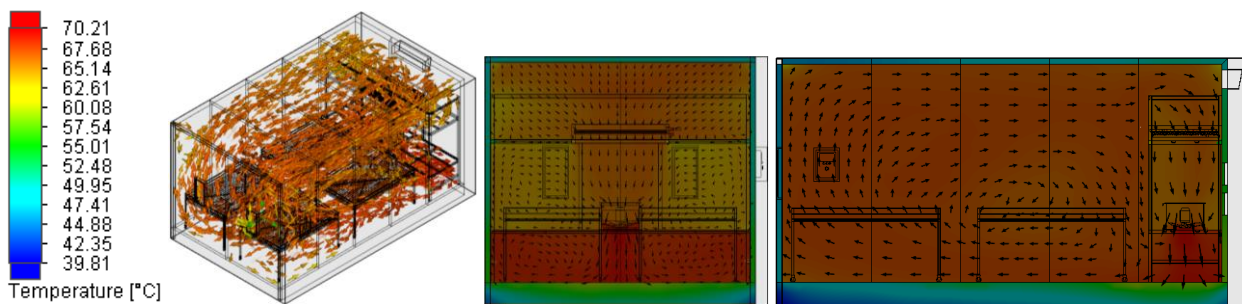
รูปที่ 11 ลักษณะความเร็วลมเมื่อติดตั้งชั้นตะแกรง 1 ชั้น



รูปที่ 12 ลักษณะความเร็วลมเมื่อติดตั้งชั้นตะแกรง 2 ชั้น

### ผลการพิจารณาอุณหภูมิและการสูญเสียความร้อนของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

จากรูปที่ 13 แสดงผลการพิจารณาอุณหภูมิของลมร้อนภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ จะเห็นได้ว่าเมื่อพัดลมดูดอากาศร้อนผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน จะทำให้บริเวณทางออกของผนังแจกลมมีอุณหภูมิประมาณ 70°C และอุณหภูมิมิวนอกกระบบอบแห้งประมาณ 40°C เนื่องจากในการออกแบบใช้ผนังที่ทำจากแผ่นฉนวนสำเร็จรูป โดยผิวหน้าของแผ่นฉนวนเป็นแผ่นเหล็กอบสังกะสี และแกนกลางของแผ่นฉนวนเป็นแผ่นโฟมโพลีสไตรีน ส่วนฐานของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์ใช้คอนกรีตผสมเสร็จเคลือบโพลียูรีเทน จึงทำให้มีการสูญเสียความร้อนให้กับแวดล้อมค่อนข้างน้อย



ภาพที่ 13 พิจารณาอุณหภูมิของลมร้อนภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์

### สรุป

จากผลการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์จากพลังงานความร้อนได้ พิกะที่มีขนาดกว้าง 3.6 m ยาว 6.0 m และสูง 3.0 m เพื่อพิจารณาความเร็วลม อุณหภูมิภายในระบบ ซึ่งผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. พัดลมแบบหมุนตามแนวแกนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 inch ปริมาณลม 155.00 cmm ความเร็วลมเฉลี่ย 1.86 m/s และความดันเฉลี่ย 101,411.93 Pa มีการกระจายตัวของลมอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ณ พื้นที่อบแห้ง
2. การติดตั้งชั้นตะแกรง 1 ชั้น ที่มีขนาดกว้าง 1.3 m ยาว 2.0 m สูง 1.0 m มีความเหมาะสมสำหรับอบแห้งวัสดุภายในระบบอบแห้งแบบรวมศูนย์
3. อุณหภูมิของลมร้อนภายในห้องอบแห้งประมาณ 70°C และอุณหภูมิมิวนอกกระบบอบแห้งประมาณ 40°C



### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้ “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา” และโครงการการผลิตไฟฟ้าร่วมกับการทำความเย็นและความร้อนแบบชั้นบันไดจากพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทย กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำนักงานนโยบายและพลังงานปี 2560 กระทรวงพลังงานที่มอบทุนการสนับสนุนสำหรับการดำเนินงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- ชุลกิติ์ กาชอ พีระพงศ์ ทีฆสกุล และธวัชณชัย เทพนวล. การกระจายอุณหภูมิภายในโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลโดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลในสถานะที่ไม่มีแผ่นยาง. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22, 277-286.
- นัฐพร ไชยญาติ. 2559. เทคโนโลยีพลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal Energy Technology), วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, สำนักพิมพ์: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, พิมพ์ครั้งที่ 5, 341 หน้า.
- นัฐพร ไชยญาติ. 2560. การนำความร้อนทิ้งกลับคืน (Waste Heat Recovery), วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, สำนักพิมพ์: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, พิมพ์ครั้งที่ 6, 457 หน้า.
- สายธาร ประสงค์ความดี. 2560. การประเมินศักยภาพการนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้เพื่อลดการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวของโรงงานเซรามิคในจังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 71 หน้า.
- Eflita Yohana, Afif Prasetya Nugraha, Ade Eva Diana, Ilham Mahawan, and Sri Nugroho. 2018. CFD Analysis to Calculate the Optimal Air Velocity in Drying Green Tea Process Using Fluidized Bed dryer. E3S Web of Conferences 31: 1-5.
- Pakamon Pintana, Patipat Thanompongchart, Kajorndej Phimphilai, and Nakorn Tippayawong. 2017. Improvement of Airflow Distribution in a Glutinous Rice Cracker Drying Cabinet. Energy Procedia. 138: 325-330.
- Sheidu Sumaila Onimisi, Victor Adekunle Adetoro, Nixon Chika Nosike, Agbadua Segun, and Igwedi Doris Chibuzor. Optimization of Developed Multipurpose food dryer using ANSYS. Journal of Scientific and Engineering Research. 3: 72-76.
- Suhaimi Misha, Sohif Mat, Mohd Hafidz Ruslan, Kamaruzzaman Sopian, and Elias Salleh. 2013. The Prediction of Drying Uniformity in Tray Dryer System using CFD Simulation. International Journal of Machine Learning and Computing. 3: 419-423.

### รายการสัญลักษณ์

#### สัญลักษณ์

T	อุณหภูมิ (°C)
t	เวลา (s)
$g_i$	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ( $m/s^2$ )
P	ความดัน (bar)

---

Pr	ตัวเลขพรานดัลท์
$u_i$	เวกเตอร์ความเร็ว (m/s)
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านพลังงาน (kW)
W	กำลังไฟฟ้า ( $kW_e$ )
x	ทิศทางในแนวแกนเอ็กซ์

#### ตัวกรีก

$\eta$	ประสิทธิภาพด้านพลังงาน (%)
$\beta$	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อน ( $K^{-1}$ )
$\mu$	ความหนืดพลศาสตร์ (Pa·s)
$\rho$	ความหนาแน่น ( $kg/s^3$ )

#### ตัวห้อย

CFD	พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ
DRY	ระบบอบแห้งอบรวมศูนย์
HSP	น้ำพุร้อน
Mb	พัดลม
ref	อุณหภูมิอ้างอิงในแบบจำลอง

การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต์  
Carbon Footprint Assessment and Economic Costing of Quartz Crystal Unit

วรพันธ์ กันธิยะ<sup>1</sup> นัฐพร ไชยญาติ<sup>1\*</sup> จุฑาภรณ์ ชนะถาวร<sup>1</sup> สุรัตน์ เศษโพธิ์<sup>2</sup> และ วรชมล เลิศจตุรานนท์<sup>1</sup>  
Woraphan Kantiya<sup>1</sup>, Nattaporn Chaiyat<sup>1\*</sup>, Juthaporn Chanataworn<sup>1</sup>, Surat Sedpho<sup>2</sup> and  
Wassamon Lertjaturanon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup>วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา

<sup>1</sup>School of Renewable Energy Maejo University

<sup>2</sup>School of Energy and Environment University of Phayao

\* Corresponding author: benz178tii@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้ศึกษาการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของควอตซ์ คริสตัล ยูนิต์ บริษัท เคียวเซรา คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด โดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์แบบการเกิด (สารขาเข้า) ถึงประตู (สารขาออก) โดยใช้ข้อมูลของบริษัทปี พ.ศ. 2560 ในการประเมิน ผลการศึกษาพบว่า โครงสร้างของโรงงานมีการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 32,975,705 kg CO<sub>2</sub>-eq และผลกระทบที่เกิดจากกระบวนการผลิตใช้พลังงานและวัตถุดิบหลัก คือ ไฟฟ้า 9,893 kWh/day และก๊าซไนโตรเจน 7,392 m<sup>3</sup>/day ที่ระยะเวลาการทำงาน 24 h/day พบว่า มีการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 36,546,216 kg CO<sub>2</sub>-eq และในส่วนการนำวัสดุกลับมาใช้เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน 30 ปีของโรงงาน สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 2,819,026 kg CO<sub>2</sub>-eq ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าควอตซ์ คริสตัล ยูนิต์ 1 Piece มีการปลดปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจก 0.58 kg CO<sub>2</sub>-eq/Piece และมีผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของค่าต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์เท่ากับ 1.47 Baht/Piece

**คำสำคัญ:** คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การประเมินวัฏจักรชีวิต ค่าต้นทุนต่อหน่วย ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต์

**Abstract**

This research studies the environmental impact based on carbon footprint and the economic costing of Quartz Crystal Unit product of Kyocera Crystal Device (Thailand) Company Limited by a life cycle assessment under cradle to gate. The 2017 operation data of company is used to consider the environmental effect. From the study results, it could be seen that the construction phase of factory released the greenhouse gases total 32,975,705 kg CO<sub>2</sub>-eq. The environmental impacts from operation phase of the main energy and material values was electricity of 9,893 kWh/day and nitrogen gas of 7,392 m<sup>3</sup>/day at the full operating time (24 h/day), where the greenhouse gases emission was 36,546,216 kg CO<sub>2</sub>-eq. The decommissioning phase for recycling the some materials at the end of the factory life time at 30 y was 2,819,026 kg CO<sub>2</sub>-eq/Piece. It could be concluded that 1 Piece of Quartz Crystal Unit represented the greenhouse gases emission was 0.58 kg CO<sub>2</sub>-eq/Piece. Economic costing of this product was 1.47 Baht/Piece.

**Keyword:** Carbon Footprint, Life Cycle Assessments, Levelized Cost, Quartz Crystal Unit

## บทนำ

ปัจจุบันปัญหาเรื่องขยะมูลฝอยถือเป็นวาระแห่งชาติ จากข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของกรมควบคุมมลพิษที่ผ่านมา แนวโน้มของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศเพิ่มขึ้นในทุกปี ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นในประเทศไทยอยู่ที่ 27.06 Million Ton ซึ่งคิดเป็นอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 1.14 kg/person·day สำหรับปริมาณขยะมูลฝอยในเขตอุตสาหกรรมทั่วประเทศ พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังนั้นเพื่อลดปัญหาภาวะก๊าซเรือนกระจก (Green House Effect) ลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และการจัดการก๊าซเรือนกระจกในเขตโรงงานอุตสาหกรรม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เลิศชัย (2553) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของขวดแก้วบรรจุน้ำดื่มขนาด 500 ml พบว่าผลกระทบหลัก คือ ความเป็นพิษในอากาศต่อมนุษย์มาจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบในการผลิตขวดแก้ว 98.71% เนตรชนากานต์ และเศรษฐ์ (2560) ได้ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้า จากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ขนาด 1 kWh พบว่า สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.93 kg CO<sub>2</sub>-eq เจนจิรา พัทธวรรณ และโชติมา (2557) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของไส้กรองปลากรณีศึกษา พบว่า กระบวนการผลิตไส้กรองปลารวมกันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 0.57 kg CO<sub>2</sub>-eq/250 g ของผลิตภัณฑ์ สุรัตน์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอิเล็กทรอนิกส์ โดยการดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนร่วมกับวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า สามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะนำไปฝังกลบลงได้ และลดการบริโภคทรัพยากรได้ถึง 79%

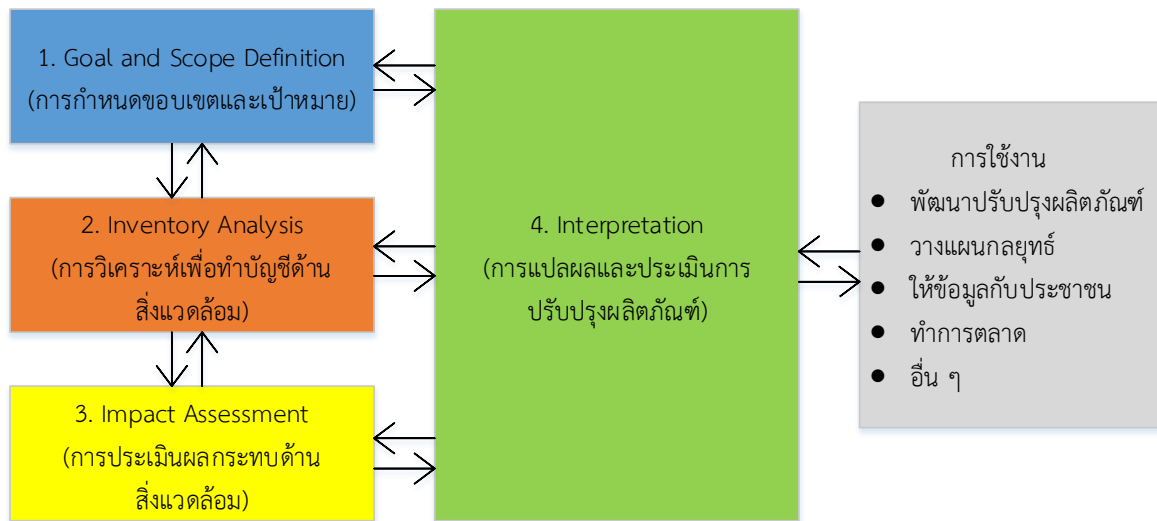
จากงานวิจัยที่กล่าวมาเบื้องต้น พบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) โดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ คอวตซ์ คริสตัล ยูนิท พร้อมทั้งการหาค่าต้นทุนต่อหน่วย (Levelized Cost) ในโรงงานอุตสาหกรรม

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์คอวตซ์ คริสตัล ยูนิท และค่าต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์มีดังนี้

### การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment, LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการประเมินและวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ทั้งวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งการใช้งานผลิตภัณฑ์การนำมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ (Reuse) รวมถึงการกำจัดผลิตภัณฑ์ทิ้งหลังจากการใช้งาน ซึ่งเป็นการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย โดยศึกษาปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ ของเสียจากกระบวนการต่าง ๆ ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศสุขภาพของชุมชนและระบบสิ่งแวดล้อมโลก เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ISO 14040-14043 ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็น 4 ขั้นตอนหลักดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน 14040

### การหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ หมายถึง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์ แต่ละหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มี 4 ขั้นตอน ตามหลัก ISO 14040 คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์บัญชีรายการ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการแปลผล โดยต้องวิเคราะห์ตามขั้นตอนวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามหน่วยการทำงาน (Functional Unit, FU) ที่ได้กำหนด การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้งาน และการกำจัดซากหลังการใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าดังแสดงในสมการดังต่อไปนี้

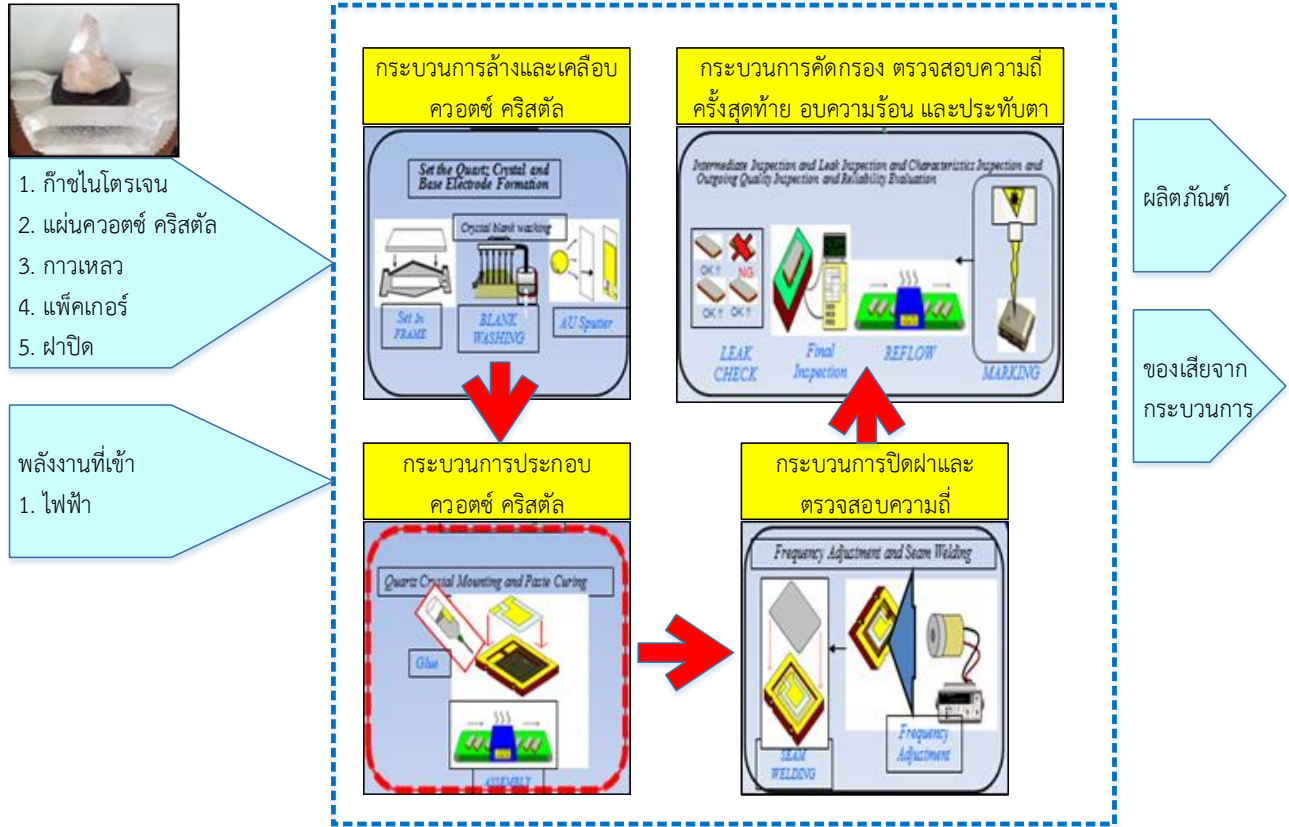
$$CFP = \sum_i (x) A_i (x) EF_i \quad (1)$$

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

กำหนดเป้าหมายและขอบเขตข้อมูลของผลิตภัณฑ์ เพื่อศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตตลอดทั้งผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขอบเขตของการศึกษา คือ ทำการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิด (สารขาเข้า) จนถึงประตู (สารขาออก) โดยพิจารณาตั้งแต่การรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ วัสดุอุปกรณ์ จนถึงการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ และการกำจัดซากทั้งนี้ไม่พิจารณาในส่วนการส่งออก ซึ่งการศึกษานี้ได้กำหนดหน่วยการทำงาน คือ ผลิตภัณฑ์ เอสเอ็มที ควอตซ์ คริสตัล ยูนิท จำนวน 1 Piece ซึ่งมีรายละเอียดขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิท แสดงดังรูปที่ 2

การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล และวิเคราะห์บัญชีรายการโดยทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คือ คาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยใช้โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 8.5.0 หาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยคำนวณออกมาในรูป kg CO<sub>2</sub>-eq



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต

การแปรผลและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต จำนวน 1 Piece การวิเคราะห์ค่าต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต จำนวน 1 Piece ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$LC = \frac{Inv + \sum_{t=1}^n \frac{PC}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n M_{SMD}} \quad (2)$$

### ผลการศึกษา

#### การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล

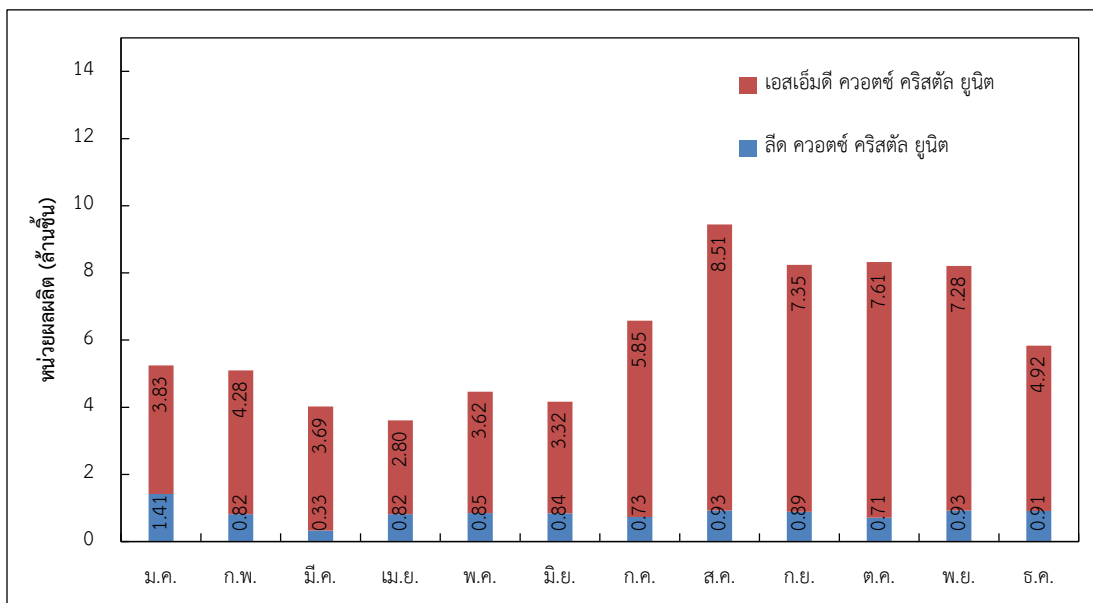
จากผลการสำรวจข้อมูลด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารโรงงาน ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 5 เฟส โดยเฟสที่ 1 2 และ 3 เป็นอาคารสำนักงาน กระบวนการผลิตรวมอยู่ในอาคารโรงงานเดียวกันมีขนาด 13,971 m<sup>2</sup> ส่วนเฟสที่ 4 เป็นโรงอาหาร สถานที่พักผ่อน และ เฟสที่ 5 เป็นกระบวนการผลิตมีทางเดินเชื่อมต่อกันระหว่างเฟสมีขนาด 9,407 m<sup>2</sup> เป็นอาคารปูน โครงสร้างเหล็ก และหลังคาเป็นแบบเมทัลชีท ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 อาคารโรงงานเฟสที่ 1-5 บริษัท เคียวเซร่า คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

### การจัดทำบัญชีรายการข้อมูลผลิตภัณฑ์

จากผลการสำรวจข้อมูลบริษัทได้ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์หลักอยู่ 2 ผลิตภัณฑ์ได้แก่ อันดับที่ 1 SMD Quartz Crystal Unit คิดเป็น 86% และอันดับที่ 2 Lead Quartz Crystal Unit คิดเป็น 14% ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ผู้ดำเนินงานวิจัยเลือกที่จะทำการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ของงานวิจัยในครั้งนี้มีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4

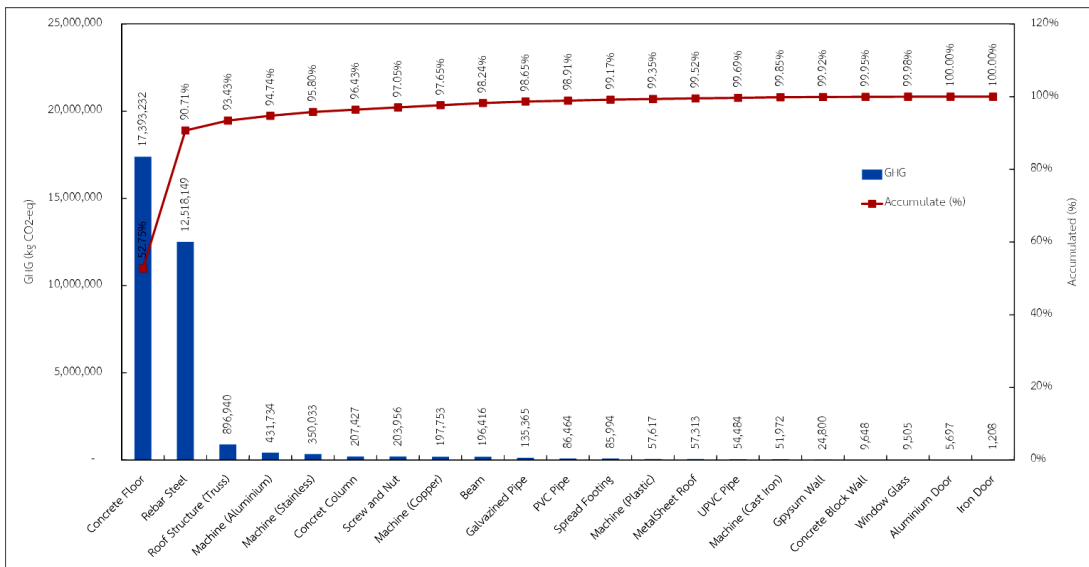


รูปที่ 4 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต ปี พ.ศ. 2560

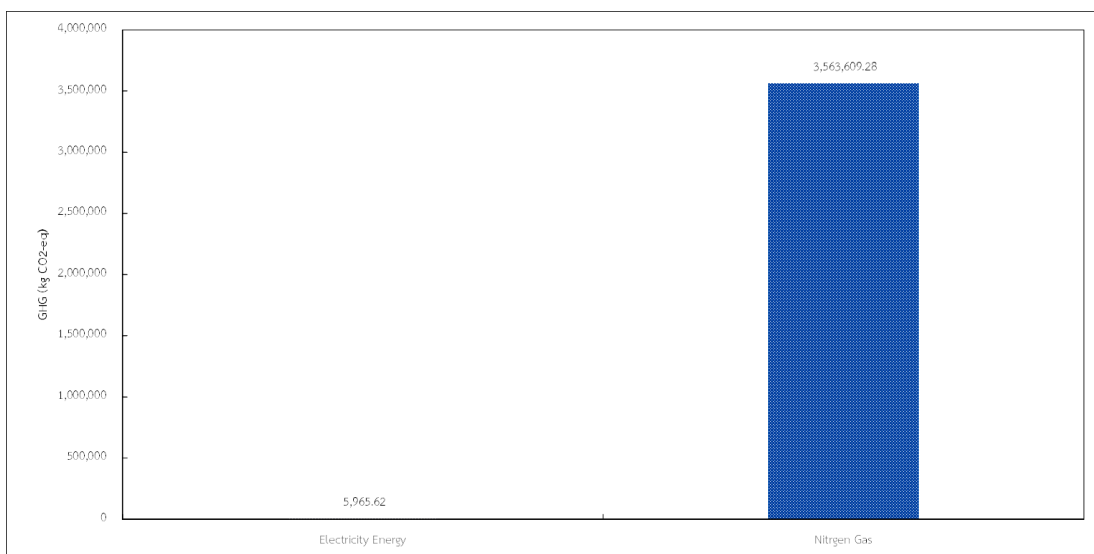
### การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

จากผลการสำรวจข้อมูลและวิเคราะห์บัญชีรายการสามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารโรงงาน กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัล ยูนิต และการรื้อถอนวัสดุ

โครงสร้างอาคารโรงงาน พบว่า การเกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการก่อสร้างอาคารโรงงาน ปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด คือ 32,975,705.73 kg CO<sub>2</sub>-eq ในส่วนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รองลงมา พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับกระบวนการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 5,965 kg CO<sub>2</sub>-eq ก๊าซไนโตรเจนที่ป้อนให้กับกระบวนการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 3,563,609 kg CO<sub>2</sub>-eq ผลรวมในส่วนกระบวนการผลิต คือ 3,679,987.23 kg CO<sub>2</sub>-eq ตลอดอายุการใช้งาน 30 y และเมื่อหมดอายุการใช้งานสามารถนำเอาวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างอาคารโรงงานบางชนิดกลับมาใช้งานใหม่ สามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้เท่ากับ 2,819,026.22 kg CO<sub>2</sub>-eq โดยผลรวมของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด คือ 36,546,216 kg CO<sub>2</sub>-eq และผลิตภัณฑ์ที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อชิ้นในอัตรา 0.58 kg CO<sub>2</sub>-eq/Piece ดังแสดงในรูปที่ 5-8

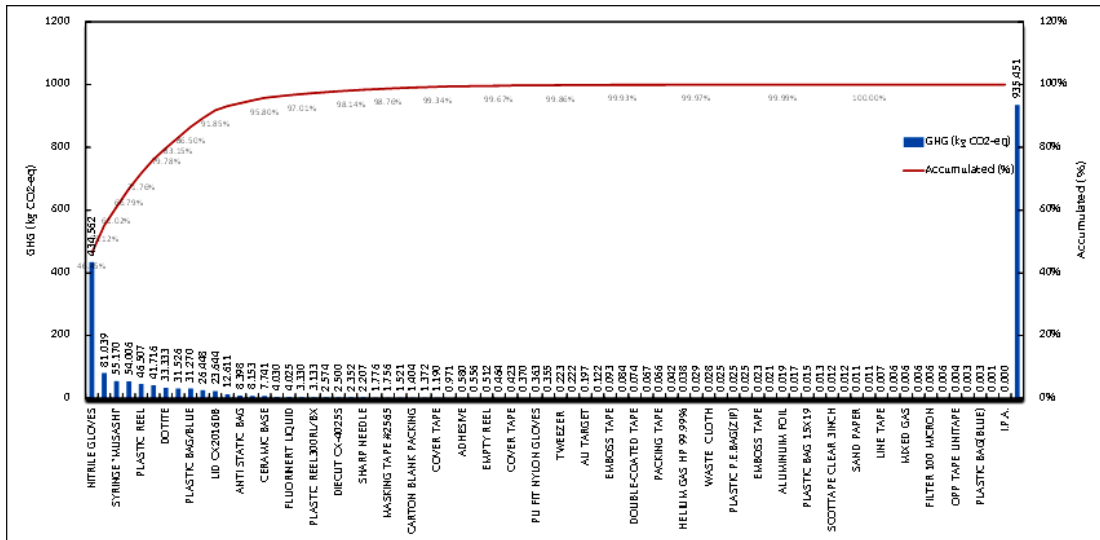


รูปที่ 5 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ส่วนโครงสร้างอาคารโรงงาน

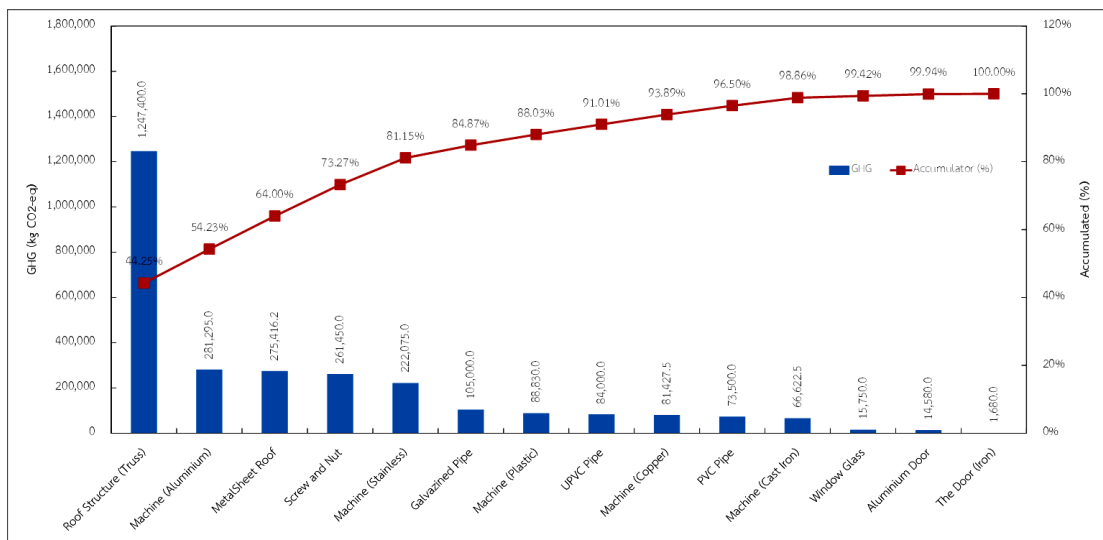


รูปที่ 6 การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของพลังงานไฟฟ้า และก๊าซไนโตรเจน





รูปที่ 7 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ส่วนการปฏิบัติงาน



รูปที่ 8 การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ส่วนการรื้อถอน

### การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลผลสำรวจและรวบรวมข้อมูลการลงทุน และค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อทำการประเมินค่าความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ผลการศึกษา พบว่า บริษัทมีมูลค่าการลงทุนรวม 100,000,000 Baht ซึ่งจากข้อมูลการผลิตในปี พ.ศ.2560 มีมวลผลิตภัณฑ์รวม 63,062,000 Piece/y ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 Piece จะมีต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตเท่ากับ 1.47 Baht/Piece ดังแสดงรายละเอียดการคำนวณในตารางที่ 1

## ตารางที่ 1 การประเมินต้นทุนต่อหน่วยของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์

รายละเอียด	ปริมาณ
มูลค่าของกระบวนการผลิต ( $Inv_{Production}$ , Baht)	550,000,000
มูลค่าสาธารณูปโภค ( $Inv_{Utility}$ , Baht)	100,000,000
มูลค่าอาคารโรงงาน ( $Inv_{Buidding}$ , Baht)	350,000,000
มูลค่าการลงทุน ( $Inv$ , Baht)	1,000,000,000
ราคาค่าไฟฟ้าต่อปี ( $PC_{Electricity}$ , Baht/y)	5,673,317
ราคาค่าน้ำดิบต่อปี ( $PC_{Water}$ , Baht/y)	165,000
ราคาค่าก๊าซไนโตรเจน ( $PC_{Nitrogen}$ , Baht/y)	823,000
ค่าจ้างพนักงานต่อปี ( $PC_{OP}$ , Baht/y)	136,500,000
ค่าใช้จ่ายรวมต่อปี ( $PC$ , Baht/y)	143,161,317
มวลผลิตภัณฑ์ขึ้นต่อปี ( $M_{SMD}$ , Piece/y)	63,062,000
ระยะเวลาในการทำงาน ( $t_{OP}$ , h/y)	8,640
อายุการใช้งาน ( $N$ , y)	30
ค่าต้นทุนต่อหน่วย ( $LC$ , Baht/Piece)	1.47

## สรุป

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลงานวิจัย สามารถสรุปเนื้อหาสำคัญได้ดังนี้

1. พลังงานหลักที่ป้อนให้กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ คือ พลังงานไฟฟ้าในอัตรา 9,893 kWh/day ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตรา 5,965 kg CO<sub>2</sub>-eq
2. วัตถุดิบหลักที่ป้อนให้กับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ คือ ก๊าซไนโตรเจนในอัตรา 7,392 m<sup>3</sup>/day ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตรา 3,563,609 kg CO<sub>2</sub>-eq
3. การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารโรงงานปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตรา 32,975,705 kg CO<sub>2</sub>-eq ในส่วนพื้นคอนกรีตปลดปล่อยมากที่สุดในอัตรา 17,393,232 kg CO<sub>2</sub>-eq กลุ่มที่ 2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ควอตซ์ คริสตัลยูนิตปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตรา 935.451 kg CO<sub>2</sub>-eq ในส่วนถลุงมีอย่างไนโตรสปลดปล่อยมากที่สุดในอัตรา 434.56 kg CO<sub>2</sub>-eq กลุ่มที่ 3 การรื้อถอนโครงสร้างอาคารโรงงานสามารถช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในอัตรา 2,819,026 kg CO<sub>2</sub>-eq ดังนั้นผลรวมของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด คือ 36,546,216 kg CO<sub>2</sub>-eq ตลอดอายุการใช้งาน 30 y และผลิตภัณฑ์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อชิ้นในอัตรา 0.58 kg CO<sub>2</sub>-eq/Piece
4. การประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ของ ควอตซ์ คริสตัลยูนิต จำนวน 1 Piece มีค่าต้นทุนต่อหน่วยเท่ากับ 1.47 Baht/Piece

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท เคียว เซร่า คริสตัล ดีไวซ์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ในการศึกษางานวิจัย ในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- เจนจิรา เปี่ยมดี, พัชวรธรรม สุขสร้อย และโชติมา โคตรพัฒน์. 2557. การประเมินวัฏจักรของไส้กรอกปลา กรณีศึกษา (Life Cycle Assessment of Fish Sausage, A Case Study), การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, 12-14 พฤศจิกายน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, ประเทศไทย.
- เนตรชนากานต์ สุรินทร์ และเศรษฐ์ สัมภิตตะกุล. 2560. การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (Greenhouse Gases Evaluation of Power Generation Technology from Municipal Waste by Organic Rankine Cycle System), วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1 กรกฎาคม-ธันวาคม, เลขหน้า 1-14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- เลิศชัย ศรเฉลิม. 2553. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของขวดแก้ว โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Environmental Impact Evaluation of Glass Bottle Using Life Cycle Assessment), สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559, กรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department), ออนไลน์: [www.deqp.go.th](http://www.deqp.go.th), เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2560.
- อ้างอิงผลสำรวจข้อมูลจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั่วประเทศ โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมและสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด, ออนไลน์: [www.mnre.go.th](http://www.mnre.go.th), เข้าถึงเมื่อ: 9 ธันวาคม 2560.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), Emission Factor. ออนไลน์: [http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts\\_822ebb1ed5.pdf](http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_822ebb1ed5.pdf), เข้าถึงเมื่อ: 20 กุมภาพันธ์ 2561
- IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Energy. Online://[www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html), Accessed: 9 December 2017.
- Surat S, Sate S, Nattaporn C and Shabbir H G. 2016. Conventional and Exergetic Life Assessment of Organic Rankine Cycle Implementation to Municipal Waste Management: The Case Study of Nae Hong Son (Thailand). Int J Life Cycle Assess 22: 1773-1784

### รายการสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
A	กิจกรรมต่างๆ (Unit)
CFP	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO <sub>2</sub> -eq)
EF	ค่าแฟกเตอร์ของการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (kg CO <sub>2</sub> -eq/unit)
Inv	มูลค่าการลงทุน (Baht)
LC	ค่าต้นทุนต่อหน่วย (Baht/Piece)

---

M	มวล (Piece/y)
n	อายุของบริษัท (y)
PC	ค่าใช้จ่ายรายปี (Baht/y)
r	ค่าอัตราส่วนลด (%)
t	เวลา (h/y)
<b>ตัวห้อย</b>	<b>ความหมาย</b>
i	Item
OP	Operating
SMD	Surface Mounting Device

---

## แบบจำลอง CFD-DEM ของความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดเซชันสำหรับตัวกลางก๊าซ-ของแข็ง CFD-DEM Simulation of Minimum Fluidization Velocity for Gas-Solid Medium

ปรีดา ปรากฏมาก\*

Preeda Prakotmak\*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน  
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University,  
Khamphengsean Campus

\* Corresponding author: fengpdpr@ku.ac.th

---

### บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ศึกษาการใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ร่วมกับวิธีวิเคราะห์อนุภาคแบบไม่ต่อเนื่อง (DEM) เพื่อจำลองการเกิดปรากฏการณ์ฟลูอิดเซชันของอนุภาคในกระบวนการฟลูอิดเซชันแบบ เทคนิคนี้ใช้ระเบียบวิธีของ Eulerian และ Lagrangian เพื่อแก้ปัญหาในเฟสของไหลและอนุภาคของแข็งตามลำดับ การเคลื่อนที่ของอนุภาคคำนวณด้วยวิธีปริมาตรเฉลี่ยแบบคาบเกี่ยวกับของสมการอนุรักษ์พลังงาน มวล และโมเมนตัมบนโดเมนที่ถูกแบ่งเป็นช่วงระยะเล็กๆ ส่วนอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคกับอนุภาค และอนุภาคกับผนังห้องฟลูอิดเซชันแบบถูกจำลองโดยประยุกต์สมการการสัมผัสกันของ Hertz-Mindlin ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาค่าความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดเซชัน ( $U_{mf}$ ) และความดันคร่อมเบตสูงสุด ( $\Delta P_{max}$ ) โดยใช้อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน 5 ค่า คือ 0.5 1 1.5 2 และ 2.5 มิลลิเมตร ผลการจำลองพบว่าค่า  $U_{mf}$  และ  $\Delta P_{max}$  มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคมีค่าสูงขึ้น ค่า  $U_{mf}$  ไม่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความสูงเบตเริ่มต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มความหนาแน่นของอนุภาค ค่า  $U_{mf}$  จะมีค่าเพิ่มขึ้น ผลการจำลองนี้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงทฤษฎีของงานวิจัยอื่นๆ

**คำสำคัญ:** ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดเซชัน ความดันตกคร่อมสูงสุด พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ การวิเคราะห์อนุภาคแบบไม่ต่อเนื่อง

---

## Abstract

This article investigates the use of coupled computational fluid dynamics (CFD) and discrete element methods (DEM) to simulate fluidization behavior of particle in the fluidized bed. This technique uses the Eulerian and the Lagrangian methods to solve fluid and particles, respectively. The particle motion is coupled with the volume averaged conservation of mass, momentum and energy equations over discretized domain. The particle-particle and particle-wall interaction is modeled using the contact mechanics, which applied equations of Hertz-Mindlin no-slip contact. In this study, phenomenon of minimum fluidization velocity ( $U_{mf}$ ) and maximum bed pressure drops ( $\Delta P_{max}$ ) were studied with 5 different sizes of particles 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5 mm diameters. The simulation results showed that the  $U_{mf}$  and  $\Delta P_{max}$  increased with increasing the particle diameters. The  $U_{mf}$  did not affect the change in bed height. However, as the particle density increased, the  $U_{mf}$  increased. The results were found in good agreement with theoretical data available in the literature.

**Keywords:** Minimum fluidization velocity, Maximum pressure drop, CFD, DEM

## บทนำ

ในการกระบวนการอบแห้ง กระบวนการผสมวัสดุที่แตกต่างกัน และการเคลือบผิว วัสดุด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดนั้น การทราบค่าความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไดซ์เซชันเป็นค่าที่จำเป็นสำหรับการออกแบบระบบและการใช้งานระบบฟลูอิดไดซ์ให้มีประสิทธิภาพ กระบวนการฟลูอิดไดซ์ต้องการอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมโดยจะไม่ทำให้วัสดุในเบดมีสถานะหยุดนิ่ง หรือหลุดลอยออกไปจากเบด ปรากฏการณ์ฟลูอิดไดซ์เซชันทดลองโดยใส่วัสดุใน หอทดลอง แล้วปล่อยอากาศให้เข้าทางด้านล่างของหอทดลอง ขณะที่อากาศมีความเร็วต่ำ อนุภาคของแข็งจะไม่ขยับตัวเรียกว่า เบดนิ่ง (Fixed bed) โดยความเร็วไหลตามผิว (Superficial velocity) จะมีค่าต่ำกว่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดไดซ์เซชัน (Minimum fluidization velocity,  $U_{mf}$ ) เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศให้มากขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง อนุภาคของแข็งจะเริ่มขยับตัว หากเพิ่มความเร็วของอากาศขึ้นไปอีกจะทำให้เบดขยายตัวขึ้นตามความเร็วของอากาศ (ระวิน และคณะ, 2555) การสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปรากฏการณ์นี้

ค่อนข้างมีความซับซ้อน ซึ่งวิธี CFD-DEM เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถจำลองได้แม่นยำ (Zhou et al., 2017)

แบบจำลองลักษณะการไหลแบบสองสถานะที่มีอนุภาคของแข็งร่วมอยู่ด้วย (CFD-DEM) เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการทำนายการเกิดฟลูอิดซ์เซชันเนื่องจากการรวมปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกับการทดลองจริง โดยวิธีการนี้จำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคแต่ละอนุภาคแบบไม่ต่อเนื่อง (DEM) ในระบบจากกฎข้อที่สองของนิวตัน และพิจารณาปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างอนุภาคกับอนุภาค และอนุภาคกับของไหล ส่วนการเคลื่อนที่ของของไหลจะใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (CFD) ร่วมกับอนุภาค วิธี CFD-DEM จึงมีความเหมาะสมอย่างมากสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของวัสดุร่วมกับการไหลของอากาศที่ไม่สามารถหาได้ในห้องปฏิบัติการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาใช้แบบจำลอง CFD-DEM เพื่อทำนายความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดซ์เซชัน ความดันตกคร่อมเบดฟลูอิดซ์ของอนุภาคทรงกลม และเทียบผลการจำลองกับสมการแบบกึ่งเอมพิริคัลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### วิธีการศึกษา

ในการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องทราบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุ ข้าวสารที่นำมาพิจารณาสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ทำการวัดขนาด ความยาว (L) กว้าง (W) และหนา (T) ด้วยดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิเปอร์จำนวน 50 ซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย งานวิจัยนี้จะจำลองเมล็ดข้าวจากรูปทรงรีให้เป็นทรงกลมโดยคำนวณรัศมีเทียบเท่า (Effective diameter,  $D_e$ ) (Adebowale et al., 2011) จากสมการ

$$D_e = (LWT)^{1/3} \quad (1)$$

พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลองแสดงในตารางที่ 1 สามารถสืบค้นที่มาของค่าเหล่านี้จากงานวิจัยของ ปรีดา และคณะ (2561)

**ตารางที่ 1** Material properties and system parameters for CFD-DEM simulations.

ชนิด	พารามิเตอร์	ค่าในแบบจำลอง
อนุภาค	Density ( $\text{kg/m}^3$ )	1450
	Poisson ratio	0.25
	Shear modulus, $G_p$ (Pa)	$3.75 \times 10^8$
	Effective diameter, $D_e$ (mm)	0.5, 1, 1.5, 2, 2.5
ห้องอบแห้ง	Density ( $\text{kg/m}^3$ )	8000
	Poisson ratio	0.3
	Shear modulus, $G_p$ (Pa)	$7.5 \times 10^{10}$
อนุภาค-อนุภาค	Restitution coefficient, $e$	0.6
	Coefficient of static friction, $\mu_s$	0.3
	Coefficient of rolling friction, $\mu_r$	0.01
อนุภาค-ห้องอบแห้ง	Restitution coefficient, $e$	0.5
	Coefficient of static friction, $\mu_s$	0.2
	Coefficient of rolling friction, $\mu_r$	0.01
Simulation	Grid type	Hexahedron
	Grid number (CFD)	1970
	CFD time step (s)	$4.5 \times 10^{-5}$
	DEM time step (s)	$4.5 \times 10^{-7}$
	Weight of particles (kg)	0.05
	Simulation duration (s)	2.5

รูปที่ 1 แสดงขนาดโดเมนที่พิจารณาในแบบจำลองฟลูอิดส์เบด ภายในเบดบรรจุอนุภาคจำนวน 19513 อนุภาค เงื่อนไขเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร น้ำหนักอนุภาครวมเท่ากับ 0.05 กิโลกรัม

**แบบจำลอง CFD-DEM**

แบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ภายในฟลูอิดส์เบดมีอนุภาคของแข็งและของไหลซึ่งมีอันตรกิริยาระหว่างกัน โดยอนุภาคของแข็งจะมีพฤติกรรมเคลื่อนที่คล้ายกับของไหล ในงานวิจัยนี้ทำการจำลองการไหลของอากาศ (CFD) ด้วยวิธี Eulerian-Eulerian ร่วมกับการวิเคราะห์อนุภาคไม่ต่อเนื่อง (DEM) การเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาค (index  $i$ ) มวล  $m_i$  และปริมาตร  $V_i$  ในระบบจะคำนวณโดยใช้กฎข้อที่สองของนิวตัน (Newton's second law) ดังนี้

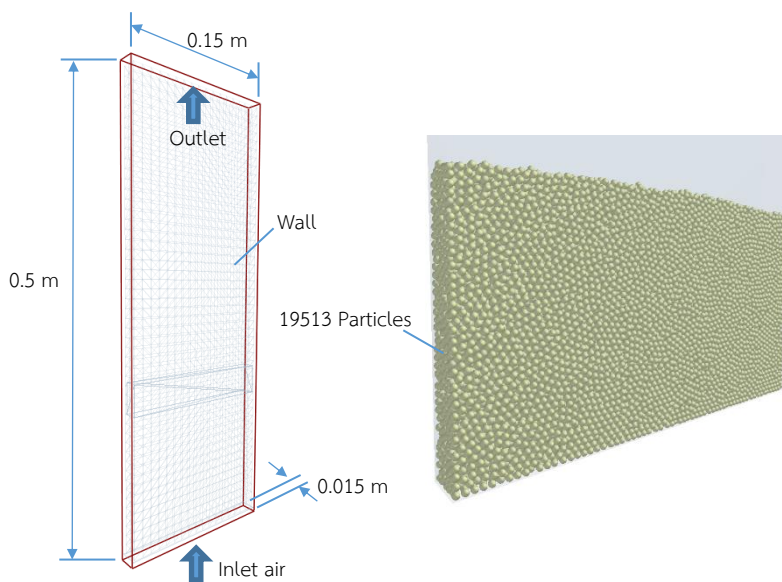


$$m \frac{dv_i}{dt} = m_i \frac{d^2r_i}{dt^2} = -V_i \nabla p + \frac{V_i \beta}{1 - \varepsilon} (\mathbf{u}_g - \mathbf{v}_i) + m_i \mathbf{g} + \mathbf{F}_{c,i} + \mathbf{F}_{A,i} \quad (2)$$

เมื่อ  $\mathbf{v}_i$  คือความเร็ว และ  $\mathbf{r}_i$  คือเวกเตอร์แสดงตำแหน่งของอนุภาค  $i$  ส่วนแรงที่แสดงด้านขวาของสมการที่ (2) คือ ความแตกต่างของความดัน (Pressure gradient) แรงต้านอากาศ (Drag) แรงโน้มถ่วง (Gravity) แรงสัมผัส (Contact force) และแรงดึงดูดระหว่างมวล (Van der Waals) ซึ่งแรงนี้จะไม่คิดในแบบจำลอง ในระหว่างการเคลื่อนที่ที่อนุภาคอาจเกิดการหมุนอธิบายจากสมการโมเมนตัมเชิงมุมดังนี้

$$I_i \frac{d\omega_i}{dt} = \mathbf{T}_i \quad (3)$$

เมื่อ  $\mathbf{T}_i$  คือทอร์ก  $I_i$  คือโมเมนต์ความเฉื่อยของอนุภาค  $i$  ส่วนค่าสัมประสิทธิ์โมเมนตัมรายละเอียดการคำนวณค่า  $\beta$  โดยพิจารณาจากความพรุน  $\varepsilon$  ของอนุภาคสืบค้นจาก ปรีดา และคณะ (2561)



รูปที่ 1 CFD-DEM domain (Particle diameter=1.5 mm)

สำหรับของไหลจะพิจารณาให้อยู่ในรูปการไหลแบบต่อเนื่อง (Continuum) ห้องอบแห้งจะถูกแบ่งในรูปแบบตารางโครงข่าย (mesh) การเคลื่อนที่ของของไหลจะถูกคำนวณโดยการเฉลี่ยปริมาตร (Volume-averaged) จากสมการ Navier-Stokes และสมการ continuity ดังนี้

$$\frac{\partial}{\partial t} (\varepsilon \rho_g) + \nabla \cdot (\rho_g \varepsilon \mathbf{u}_g) = 0 \quad (4)$$

หลักการคำนวณของวิธี CFD-DEM ซึ่งแสดงรายละเอียดของสมการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสืบค้นจาก ปรีดา และคณะ (2561) สำหรับแบบจำลอง DEM ที่พิจารณาแรงกระทำระหว่างอนุภาคสามารถสืบค้นได้จาก Wahyudi et al. (2016) งานวิจัยนี้จำลอง CFD-DEM ด้วยโปรแกรม Ansys Fluent โดย Coupling กับโปรแกรม EDEM ทำงานแบบ Shared memory parallel (SMP) บนเครื่อง Workstation Xeon E5-2665

### การใช้สมการความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน ( $U_{mf}$ )

ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดเบตฟลูอิดเซชันเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการออกแบบระบบและการเลือกขนาดแหล่งกำเนิดลม (Blower) เนื่องจากอัตราการไหลของอากาศที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้วัสดุภายในเบตมีสถานะเบตนิ่งหรือหลุดลอดออกไปจากเบต การหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชันโดยการจำลองสถานะการทำงานทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากความพรุนของวัสดุในเบตฟลูอิดเซชันมีค่าไม่คงที่และไม่แน่นอน สมการ Ergun (Ergun et al., 1952) เป็นสมการกึ่งเอมพิริคัล (Semi-empirical) เป็นสมการที่นิยมใช้ในการคำนวณหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดเซชัน สมการนี้ประกอบไปด้วยเทอมการสูญเสียความดันอันเนื่องมาจากความเสียดทานกับของไหล (Viscous drag) และเนื่องมาจากการสูญเสียพลังงานจลน์ (Kinetic losses) ดังนี้

$$\frac{1.75}{\varepsilon_{mf}^3 \phi_s} \left( \frac{d_p U_{mf} \rho_f}{\mu} \right)^2 + \frac{150(1 - \varepsilon_{mf})}{\varepsilon_{mf}^3 \phi_s^2} \left( \frac{d_p U_{mf} \rho_f}{\mu} \right) - \frac{d_p^3 \rho_f (\rho_s - \rho_f) g}{\mu^2} = 0 \quad (5)$$

$\varepsilon_{mf}$  คือช่องว่างภายในเบต (dimensionless)  $\rho_s$  คือความหนาแน่นของอนุภาค ( $\text{kg/m}^3$ )  $\rho_f$  คือความหนาแน่นของไหล ( $\text{kg/m}^3$ )  $d_p$  คือเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (m)  $\phi_s$  คือแฟกเตอร์รูปร่างของอนุภาค  $\mu$  คือความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล (Pa·s) ถ้าทราบค่า  $\varepsilon_{mf}$  จากการทดลอง

สามารถคำนวณหาค่า  $U_{mf}$  ได้ โดยการแทนค่า Reynolds number และ Archimedes number ดังสมการ (6) และ (7) ตามลำดับ ลงในสมการที่ (5) จะได้ สมการที่ (8)

$$Re_s = \frac{d_p U_{mf} \rho_f}{\mu} \quad (6)$$

$$Ar = \frac{d_p^3 \rho_f (\rho_s - \rho_f) g}{\mu^2} \quad (7)$$

$$C_1 Re_s^2 + C_2 Re_s - Ar = 0 \quad (8)$$

โดยที่  $C_1 = \frac{1.75}{\varepsilon_{mf}^3 \phi_s}$  และ  $C_2 = \frac{150(1-\varepsilon_{mf})}{\varepsilon_{mf}^3 \phi_s}$  Wen and Yu (1966) พบว่า  $C_1$  และ  $C_2$  มีค่าคงที่ ในช่วง  $0.001 < Re_{p,mf} < 4000$  โดยทำนาค่า  $U_{mf}$  ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 34% ค่า  $C_1$  และ  $C_2$  สำหรับอนุภาคขนาดเล็กละเอียด (Fine) และขนาดใหญ่ (Coarse) แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Values of coefficients of modified Ergun's equation (สมการที่ 8)

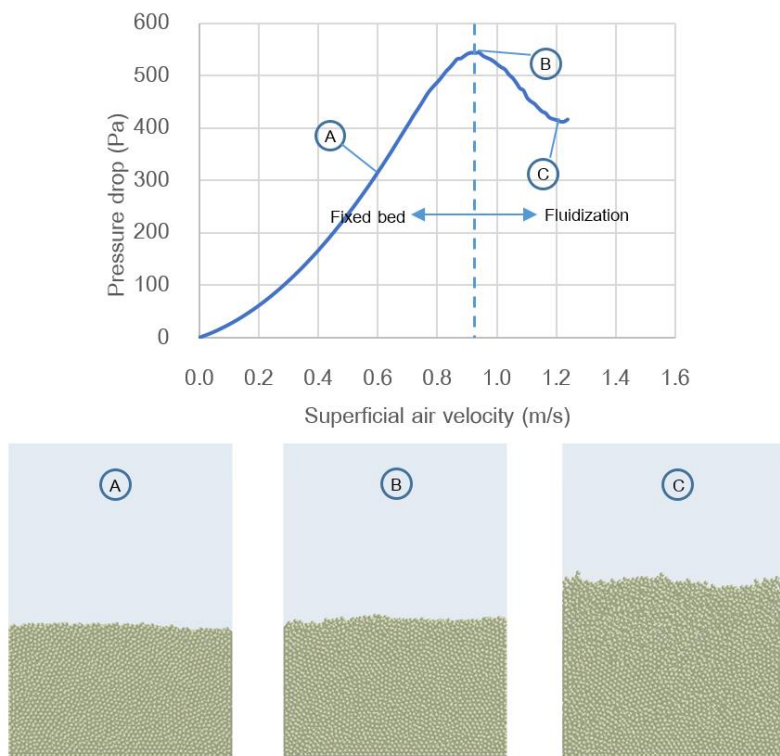
Constant	Particle size	
	Fine Wen and Yu (1966)	Coarse Chitester et al. (1984)
$\frac{C_2}{2C_1}$	33.7	28.7
$\frac{1}{C_1}$	0.0408	0.0494

แทนค่าคงที่ตามตารางที่ 2 แล้วคำนวณหาค่า  $U_{mf}$  ด้วยการแก้สมการ (8) โดยใช้คำสั่ง fzero ในโปรแกรม Matlab™

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

รูปที่ 2 แสดงปรากฏการณ์ฟลูอิดเซชันที่เงื่อนไข  $d_p = 2$  mm จำนวนอนุภาคในเบด 8232 อนุภาค ผลการจำลองพบว่าขณะที่อากาศยังมีความเร็วต่ำอนุภาคจะไม่ขยับตัว ดังรูปที่ 2(A) ลักษณะของเบดเช่นนี้เรียกว่าเบดนิ่ง (Fixed bed)

เมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศ ความดันคร่อมเบตยังมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สภาวะนี้ ความเร็วในการไหลตามผิว (Superficial velocity) จะมีค่าน้อยกว่าความเร็วต่ำสุดในการเกิด ฟลูอิดไอเซชัน ถ้าเพิ่มความเร็วของอากาศจนถึงความเร็วระดับหนึ่ง วัสดุจะเริ่มขยับตัวและจัด ตัวอย่างเป็นระเบียบ เรียกว่าฟลูอิดไอเซชันต่ำสุด (Minimum fluidizing velocity,  $U_{mf}$ ) ดัง รูปที่ 2(B) ที่จุดนี้ความดันจะมีค่าสูงสุด เมื่อเพิ่มความเร็วอากาศต่อไปจนมีค่าสูงกว่า  $U_{mf}$  ความดันคร่อมเบตจะลดลงดังรูปที่ 2(C) น้ำหนักของวัสดุถูกรองรับโดยกระแสของไหล วัสดุจะ เปลี่ยนพฤติกรรมจากการเคลื่อนที่จนมีลักษณะคล้ายกับของไหล โดยพฤติกรรมนี้เกิดจากดุลของ แรงจากอากาศที่กระทำต่อวัสดุ

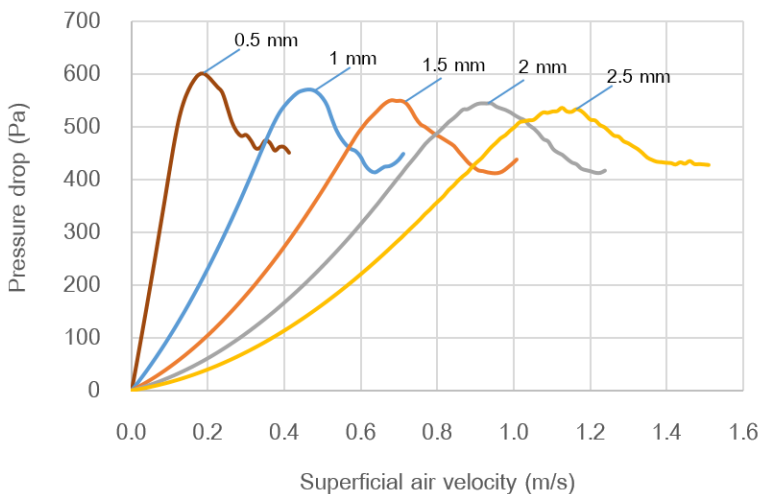


รูปที่ 2 Effect of superficial air velocity on pressure drop and snapshots of solid flow at various air velocities.

ในงานวิจัยนี้จำลองการเกิดฟลูอิดไอเซชันที่มีน้ำหนักของอนุภาค 0.05 kg เท่ากันทุกกรณี เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดต่างกันได้แก่ 0.5 1 1.5 2 และ

2.5 มิลลิเมตร จึงมีจำนวนอนุภาคในเบตเท่ากับ 526857 65857 19513 8232 และ 3824 ตามลำดับ การจำลองเริ่มจากการบรรจุวัสดุลงในเบต แล้วปล่อยอากาศให้ไหลเข้าทางด้านล่างของเบต โดยเพิ่มความเร็วอากาศจาก 0-2 เมตรต่อวินาที ภายในระยะเวลา 2 วินาที โดยกำหนดความเร็วอากาศเข้าเบตด้วยคำสั่ง User defined function (UDF) แล้ววัดความดันแบบเฉลี่ยพื้นที่ตลอดหน้าตัดขวางในบริเวณเหนือแผ่นกระจายอากาศเล็กน้อย (P1) กับบริเวณใกล้ทางออกเบต (P2) จากนั้นคำนวณค่าความดันตกคร่อม (Pressure drop) ด้วยการหาผลต่าง P1-P2 ที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วอากาศ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและความเร็วของอากาศที่เข้าสู่เบตดังรูปที่ 3

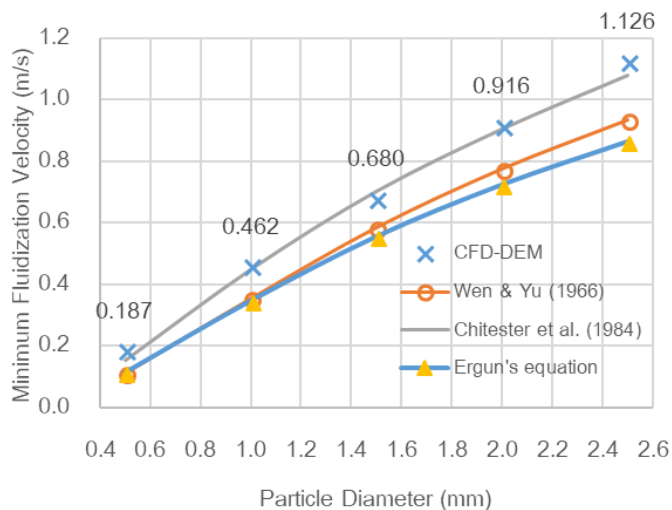
รูปที่ 3 พบว่าอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะมีค่าความดันตกคร่อมเบตสูงกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ เมื่อ  $d_p = 0.5$  มิลลิเมตร มีความดันคร่อมเบตสูงกว่า  $d_p = 2.5$  มิลลิเมตร ประมาณ 65.6 ปาสคาล เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดเล็กมีช่องว่างในเบตน้อยกว่าการเรียงตัวของอนุภาคขนาดใหญ่ อากาศไหลจึงผ่านได้ยากกว่าความดันจึงมีค่าสูง



รูปที่ 3 Effect of superficial air velocity on pressure drop with 5 different sizes of particle diameters

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขนาดอนุภาคที่มีต่อความเร็วต่ำสุดที่เกิดฟลูอิดเซชัน ( $U_{mf}$ ) พบว่าค่า  $U_{mf}$  มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคที่มีเส้นผ่าน

ศูนย์กลางใหญ่มีน้ำหนักต่ออนุภาคสูงกว่า ทำให้ต้องใช้แรงยกจากกระแสการไหลของอากาศมากกว่าอนุภาคขนาดเล็ก



รูปที่ 4  $U_{mf}$  Versus particle diameters.

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคกับค่า  $U_{mf}$  พบว่าแบบจำลอง CFD-DEM ทำนายค่า  $U_{mf}$  ได้ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ของ Chitester et al. (1984) ซึ่งเป็นค่าคงที่ที่มาจากวัสดุเป็นชิ้นขนาดใหญ่ (วัสดุที่มี  $d_p \geq 0.1$  มิลลิเมตร) ซึ่งสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ในแบบจำลองที่มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.5-2.5 มิลลิเมตร ส่วนสมการ Ergun และค่าคงที่ของ Wen and Yu (1966) ทำนายค่า  $U_{mf}$  ได้ต่ำกว่าค่าที่ทำนายจากแบบจำลอง CFD-DEM เนื่องจากสมการและค่าคงที่มาจากการศึกษาการพิตเข้ากับวัสดุที่มี  $d_p < 0.1$  มิลลิเมตร

### สรุป

แบบจำลอง CFD-DEM สามารถทำนายค่าความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชัน ( $U_{mf}$ ) ได้ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ของ Chitester et al. (1984) จากผลการจำลองพบว่าอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะมีค่าความดันตกคร่อมเบตสูงกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ นอกจากนี้พบว่า  $U_{mf}$  มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเพิ่มขึ้น ข้อมูลเหล่านี้ช่วยในการคำนวณหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชันสำหรับวัสดุการเกษตร

หรือผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างเป็นเม็ดสม่ำเสมอในเครื่องฟลูอิดไคซ์เบดชนิดคอลัมน์ ช่วยประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการทดลอง

### เอกสารอ้างอิง

- ระวิน สืบคำ, ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนาจ และสุนทร สืบคำ. 2555. ที่มาของสมการ Ergun เพื่อการคำนวณความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไคซ์สำหรับอนุภาคของแข็ง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 18(1): 24-33.
- สถาพร ว่างาย. 2560. การศึกษาประสิทธิภาพของกระพ้อลำเลียงชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางด้วยวิธี DEM, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31, นครนายก, ประเทศไทย
- ปรีดา ปราบภูมาก, สถาพร ว่างาย, สมเกียรติ ปรัชญาวารากร และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2561. การจำลองลักษณะของฟลูอิดไคซ์เบดโดยใช้วิธีวิเคราะห์อนุภาคไม่ต่อเนื่องร่วมกับการคำนวณพลศาสตร์ของไหล, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19, ประจวบคีรีขันธ์, ประเทศไทย
- Adebowale, A.R.A. 2011. Effect of variety and moisture content on some engineering properties of paddy rice. Journal of Food Science and Technology. 48(5): 551-559.
- Chitester, D.C., Kornosky, M.R., Fan, L.S., and Danko, J.P. 1984. Characteristics of fluidization at high pressure, Chemical Engineering Science. 39: 253-261.
- Ergun, S. 1952. Fluid flow through packed columns. Chem. Eng. Prog. 48(2): 89-94.
- Mindlin, R.D. and Deresiewicz, H. 1953. Elastic spheres in contact under varying oblique forces. Trans. ASME. Ser. E. J. Appl. Mech. 20:327-344.
- Tsuji, Y., Tanaka, T. and Kawaguchi, T. 1998. Numerical simulation of two dimensional fluidized beds using the discrete element method (Comparison between the two and three dimensional models). Powder Technology. 96:129-138.
- Wahyudi, H., Chu, Kaiwei, and Yu, A. 2016. 3D particle-scale modeling of gas-solids flow and heat transfer in fluidized beds with an immersed tube. International Journal of Heat and Mass Transfer. 97:521-537.

---

Wen, C.Y., and Yu, Y.H., 1966. Mechanics of fluidization. Chemical Engineering Progress Symposium Series. 62:100-111.

Zhou, L., Zhang, L., Bai, L., Shi, W., Li, W. Wang, C. and Agarwal, R. 2017. Experimental study and transient CFD/DEM simulation in fluidized bed based on different drag models. RSC Advances. 7:12764-12774.



การศึกษาการสั่นไหวของอาคารสูงเนื่องจากแรงลมในบริเวณศูนย์กลาง  
ของกรุงเทพมหานครด้วยการทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลม  
A Study of Wind-Induced Tall Building Motion  
in the Center of Bangkok by Wind Tunnel Test

อรรถกร เกร็ดฤกษ์\* และ อำนวย ผดุงศิลป์

Arttakon Periroek\* and Aumnad Phdungsilp

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University

\* Corresponding author: arttakon.p@mwa.co.th

บทคัดย่อ

การสั่นไหวของอาคารเนื่องจากแรงลมสามารถรบกวนกิจวัตรประจำวันและสุขสภาวะของผู้ใช้อาคารได้ โครงสร้างอาคารจึงต้องได้รับการพิจารณาถึงเกณฑ์การใช้งานด้านความสบายของผู้ใช้อาคารที่เกี่ยวข้องกับระดับที่พอเหมาะสำหรับการสั่นสะเทือนของอาคารอันเนื่องมาจากแรงลม งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการสั่นไหวของอาคารสูงเนื่องจากแรงลมที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของมาตรฐานการคำนวณ โดยทำการจำลองแบบจำลองด้วยอัตราส่วน 1:400 และกำหนดให้อาคารตั้งอยู่ในบริเวณศูนย์กลางของกรุงเทพมหานคร เพื่อเป็นตัวแทนอาคารขนาดความกว้าง 40 เมตร ความยาว 40 เมตร ความสูงบนยอดอาคารตำแหน่งสูงสุด 304 เมตร ตำแหน่งต่ำสุด 272 เมตร ความเร็วลมที่คาบกลับ (รอบการเกิดซ้ำ) 10 ปีบริเวณยอดอาคารมีค่า 29.48 เมตร/วินาที ผลการวิจัย พบว่า อัตราเร่งในแนวราบสูงสุดจากแรงลมในทิศทางลมและในทิศตั้งฉากกับทิศทางลมมีค่า 0.057 เมตร/วินาที<sup>2</sup> และ 0.121 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าการคำนวณตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยผ. 1311-50 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย คิดเป็น 0.80 เท่า และ 0.64 เท่า ตามลำดับ ความแตกต่างนี้มีผลมาจากรูปทรงของอาคารที่ไม่มีความสม่ำเสมอบนยอดอาคารและผลจากการจำลองอาคารข้างเคียง แสดงให้เห็นว่า การทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมมีความจำเป็นในการยืนยันความถูกต้องในกรณีที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของมาตรฐานการคำนวณ ซึ่งการทดสอบในอุโมงค์ลมนั้นสามารถชี้แทนการคำนวณแรงลมตามมาตรฐานได้ และอาจทำให้ภาพรวมของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมีค่าน้อยลง

**คำสำคัญ:** อาคารสูง การทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลม แรงลม การสั่นไหวของอาคาร

## Abstract

Wind-induced building motion can interfere with building occupants' daily activity and general well-being. Hence, the structures of building shall be considered the occupants' comfort serviceability criteria for satisfactory levels of wind-induced vibration. This research was conducted to compare the wind-induced vibration of the building that outside boundary of wind load standard on the 1:400 scale model, which is located in the center of Bangkok with the dimension of 40 m-wide, 40 m-long, and the heights of each segment are 272 m and 304 m. The wind velocity for 10-year returned period at the highest of building is 29.48 m/s. The study was found that the maximum horizontal acceleration from along-wind and across-wind load are  $0.057 \text{ m/s}^2$  and  $0.121 \text{ m/s}^2$ , respectively, which is lower than the Standard No. 1311-50, "Wind Loading Calculation and Response of Buildings", of the Department of Public Works and Town & Country Planning, Thailand, by 0.80 and 0.64, respectively. These differences are resulted from the irregular shape at the rooftop of the building and its surrounding areas. The study of wind tunnel test is shown its accuracy and reliable calculation. Therefore, the wind tunnel test can be used instead of the standard and may reduce the construction cost.

**Keywords:** Tall Building, Wind Tunnel Test, Wind Load, Building Motion

## บทนำ

แรงลมเป็นแรงกระทำด้านข้างอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการออกแบบโครงสร้างอาคาร ในการออกแบบนอกจากจะต้องออกแบบโครงสร้างให้มีกำลัง (Strength) และเสถียรภาพ (Stability) ที่สูงเพียงพอที่จะสามารถต้านทานแรงลมได้อย่างปลอดภัยแล้ว ยังต้องมีการคำนึงถึงสภาวะจำกัดด้านการใช้งาน (Serviceability) เช่น การสั่นไหวของอาคารที่เกิดจากแรงลม จะต้องมึระดับที่ต่ำเพียงพอที่จะไม่ทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกไม่สบายหรือเกิดอาการวิงเวียน ความรุนแรงของการสั่นไหวของอาคารที่มีผลต่อผู้ใช้อาคารสามารถวัดได้ในรูปของอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบ (Maximum Horizontal Acceleration) โดยมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานการคำนวณต่าง ๆ เช่น มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยผ.1311-50 (สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร, 2550) ได้กำหนดค่าอัตราเร่งในแนวราบทั้งในทิศทางลมและทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลมจะต้องมีค่าไม่เกิน  $0.15 \text{ เมตร/วินาที}^2$

ในกรณีของอาคารที่พักอาศัย (Residential Building) หรือ 0.25 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ในกรณีของอาคารพาณิชย์ (Commercial Building) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานการคำนวณยังไม่ครอบคลุมถึงหลายกรณี เช่น อาคารที่มีความอ่อนตัวสูง อาคารที่มีรูปทรงไม่ปกติ หรือ อาคารที่มีอาคารสูงอื่นอยู่ข้างเคียง เป็นต้น ในประเด็นดังกล่าวอาจมีความจำเป็นที่จะต้องทดสอบโดยใช้แบบจำลองในอุโมงค์ลมเพื่อหาหน่วยแรงลมและผลตอบสนองที่เหมาะสมที่กระทำต่อโครงสร้าง ซึ่งหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมในความถูกต้องและน่าเชื่อถืออย่างหนึ่งในปัจจุบัน คือ วิธี High Frequency Force Balance (HFFB) (สุกิต, 2547)

วิธีการ HFFB ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกในช่วงต้นทศวรรษที่ 80 และมีการพัฒนาเรื่อยมา Tschanz and Davenport (1983) ได้ทำการทดสอบเพื่อหาแรงลมที่กระทำต่ออาคารสูงที่ไม่มีพฤติกรรมการสั่นไหวร่วมกันในแต่ละรูปร่างการสั่น (Mode Shape) ของอาคาร และได้มีการรวบรวมข้อมูลผลการทดสอบแบบจำลองอาคารเดี่ยวรูปทรงเรขาคณิตเบื้องต้นต่าง ๆ ที่ไม่มีการจำลองอาคารข้างเคียงไว้ในรูปแบบ Interactive Database ในเว็บไซต์ [www.nd.edu/~nathaz](http://www.nd.edu/~nathaz) (Zhou et al., 2003) สำหรับงานวิจัยในประเทศไทยที่ใช้วิธี HFFB เช่น โครงการ Ashton Asoke อาคารมีจำนวน 50 ชั้น ความสูง 193.65 เมตร การวิเคราะห์อัตราเร่งสูงสุดในแนวราบใช้คุณสมบัติด้านพลศาสตร์  $f_0$  และความหน่วง = 0.01 ความเร็วลมอ้างอิงสำหรับคาบเวลากลับ 10 ปี และค่าตัวประกอบทิศทางลม 0.85 ได้อัตราเร่งรวมสูงสุด 0.143 เมตร/วินาที<sup>2</sup> เกิดขึ้นเมื่อลมพัดในทิศ 180 องศา (วิโรจน์, 2558)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการสั่นไหวระหว่างวิธีการทดสอบในอุโมงค์ลมด้วยวิธี HFFB และการคำนวณตามมาตรฐาน มยผ.1311-50 โดยได้จำลองอาคารสูงที่มีรูปทรงค่อนข้างปกติลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ไม่ได้มีความโดดเด่นด้านสถาปัตยกรรมและมีความไม่สม่ำเสมอเล็กน้อยบนยอดอาคาร และสมมติให้อาคารตั้งอยู่ในบริเวณศูนย์กลางของกรุงเทพมหานครที่มีอาคารสูงอื่นอยู่ใกล้เคียง ซึ่งอาคารจะได้รับผลกระทบจากแรงระลอกลมอันเนื่องมาจากอาคารข้างเคียงด้วย

### วิธีการศึกษา

#### วิธี HFFB และการคำนวณการสั่นไหวของอาคาร

สูตรการคำนวณที่สำคัญของวิธี HFFB และการคำนวณการสั่นไหวของอาคารจากงานวิจัยของ Zhou et al. (2003) และ Kwon et al. (2008) แสดงไว้ในสมการ (1) – (4) ดังนี้

**การคำนวณโมเมนต์พื้นฐาน**

$$M_R = g_R \times \sigma_{CM} \times \overline{M}' \times \sqrt{\frac{\pi}{4\zeta_1} C_M(f_{r1})} \quad (1)$$

$$\sigma_M = \left( \int_0^\infty S_M(f) df \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

เมื่อ  $M_R$  คือ โมเมนต์พื้นฐานจากส่วนการสั่นพ้อง (Resonance Part) ,  $g_R$  คือ Peak Factor โดย  $g_R = \sqrt{2\ln(f_1 T)} + (0.5772 / \sqrt{2\ln(f_1 T)})$  โดยที่  $f_1$  คือ ความถี่ธรรมชาติของโครงสร้างในโหมดที่ 1 และ  $T = 3600$  วินาที ,  $\sigma_M$  คือ ค่ารากเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square , RMS) จากความปั่นป่วนของโมเมนต์ (Fluctuation) ดังสมการ (2) โดยที่  $S_M(f)$  คือ Power Spectral Density (PSD) ซึ่ง  $\sigma_M$  สามารถจัดให้อยู่ในรูปไร้มิติ  $\sigma_{CM}$  ได้ คือ  $\sigma_{CM} = \sigma_M / \overline{M}$  เมื่อ  $\overline{M}$  คือ โมเมนต์อ้างอิง (Reference Moment) ในกรณีการสั่นไหวในทิศทางลม คือ  $\overline{M}_D = (1/2\rho U_H^2 B H^2)$  กรณีการสั่นไหวในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม คือ  $\overline{M}_L = (1/2\rho U_H^2 D H^2)$  และกรณีการสั่นไหวจากโมเมนต์บิด คือ  $\overline{M}_T = (1/2\rho U_H^2 B D H)$  โดยที่  $B$  คือ ความกว้างอาคาร ,  $D$  คือ ความลึกอาคาร ,  $H$  คือ ความสูงอาคาร ,  $\rho$  คือ ความหนาแน่นของอากาศ และ  $U_H$  คือ ความเร็วลมเฉลี่ยที่ยอดอาคาร ,  $\xi$  คือ ค่าอัตราส่วนความหน่วง (Damping Ratio) ,  $C_M(f_{r1})$  คือ สัมประสิทธิ์ไร้มิติของโมเมนต์ (Nondimensional Moment Coefficient) ที่ความถี่ลดรูป  $f_{r1}$  โดยที่  $f_{r1} = f_1 B / \overline{U}_H$  สามารถแสดงได้ในรูปสมการคือ  $C_M(f_{r1}) = f_{r1} \times S_M(f_{r1}) / \sigma_M^2$

การคำนวณอัตราเร่งสูงสุดที่ยอดของอาคาร, สำหรับผลตอบสนองในทิศทางลม(D) ผลตอบสนองในทิศทางตั้งฉากลม(L) และผลตอบสนองโมเมนต์บิด(T)

แรงลมจากส่วนสั่นพ้อง ( $P_R$ ) คำนวณได้ดังสมการ (3)

$$P_{R(D,L)}(z) = M_{R(D,L)} \times \frac{m(z)\varphi_{1(D,L)}(z)}{\int_0^H m(z)\varphi_{1(D,L)}(z) \cdot z dz}; \quad P_{R(T)}(z) = M_{R(T)} \times \frac{I(z)\varphi_{1(T)}(z)}{\int_0^H I(z)\varphi_{1(T)}(z) dz} \quad (3)$$

อัตราเร่งสูงสุด ( $\ddot{Y}_{Peak}$ ) คำนวณได้ดังสมการ (4)

$$\ddot{Y}_{Peak(D,L)}(z) = \frac{\int_0^H P_{R(D,L)}(z)\varphi_{1(D,L)} dz}{\int_0^H m(z)\varphi_{1(D,L)}^2 dz} \varphi_{1(D,L)}; \quad \ddot{Y}_{Peak(T)}(z) = \frac{\int_0^H P_{R(T)}(z)\varphi_{1(T)} dz}{\int_0^H I(z)\varphi_{1(T)}^2 dz} \varphi_{1(T)} \quad (4)$$

เมื่อ  $m(z)$  คือ มวลต่อหน่วยความสูง ,  $I(z)$  คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลต่อหน่วยความสูง =  $m(z) \times \gamma^2$  โดยที่  $\gamma$  คือ รัศมีจายเรชั่นเฉลี่ย (Average Radius of Gyration) ,

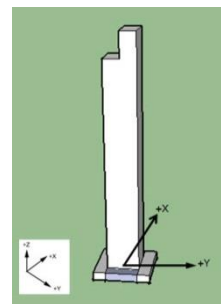
$\phi_1(z)$  คือ รูปแบบการสั่นไหวพื้นฐาน (Fundamental Mode Shape) =  $(z/H)^\beta$  โดยที่  $\beta$  คือ Mode Shape Exponent มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อรูปแบบการสั่นไหวเป็นเส้นตรง

### แบบจำลอง การวัดและการเก็บข้อมูล

แบบจำลองอาคารสูงที่ใช้มีมาตราส่วน 1:400 มีความกว้าง 10 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร ความสูงบนยอดอาคารตำแหน่งสูงที่สุด 76 เซนติเมตร ต่ำสุด 68 เซนติเมตรโดยจำลองสมมติให้ตั้งอยู่ในเขตบางรัก กรุงเทพมหานคร แสดงในรูปที่ 1 เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นย่านที่มีอาคารสูงเป็นจำนวนมาก ผลการทดสอบที่ได้จึงรวมอิทธิพลจากอาคารข้างเคียงด้วยการทดสอบได้ทำการหมุนโต๊ะหมุน (Turntable) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร ครึ่งละ 10 องศา และใช้อุปกรณ์ขนาดหน้าตัดของอุโมงค์ลม 2.5x2.5 เมตร มีความยาวช่วงทดสอบ 25.5 เมตร ของ มช.-เอไอที (TU-AIT Wind Tunnel) ตั้งอยู่ที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ทำการทดสอบโดยการจำลองสภาพภูมิประเทศแบบเมืองใหญ่ ใช้ความเร็วลมเฉลี่ยที่ยอดอาคารตำแหน่งสูงที่สุด เท่ากับ 8.15 เมตร/วินาที ลักษณะแบบจำลองอาคาร แสดงในรูปที่ 2 การวัดแรงที่ฐาน ใช้อัตราเก็บตัวอย่าง (Sampling Rate) เท่ากับ 400 Hz เป็นระยะเวลา 5 นาที ทำให้ได้ชุดข้อมูล 120,000 ข้อมูลต่อการวัด 1 ครั้ง



รูปที่ 1 ขอบเขตที่ทำการศึกษา



รูปที่ 2 ลักษณะแบบจำลอง

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย (a.) มิติของอาคาร  $B = 40$  เมตร  $D = 40$  เมตร  $H = 304$  เมตร  $\gamma = 16.32$  เมตร (b.) ความถี่ธรรมชาติของอาคาร  $f_x = 0.145$  Hz  $f_y = 0.145$  Hz  $f_z = 0.181$  Hz (c.) รูปแบบการสั่นไหวพื้นฐานใช้  $\beta = 1$  ทุกทิศทาง (d.)  $\xi$  สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเลือกใช้ที่ 0.015 และ (e.) ความหนาแน่นเฉลี่ยของมวลอาคาร (Building Bulk Density) เลือกใช้ที่ 300 กิโลกรัม/เมตร<sup>3</sup> (f.) ความเร็วลมที่ยอดอาคารใช้ความเร็วลมอ้างอิงที่คาบเวลากลับ 10 ปี  $\overline{U_H} = 29.48$  เมตร/วินาที

### ผลการศึกษา

ผลจากการทดสอบด้วยวิธี HFFB เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราเร่งสูงสุดตามสมการที่ (1) - (4) ได้ผล ดังนี้

RMS หรือ  $\sigma_{CM}$  ได้ผลดังแสดงในรูปที่ (3) โดยที่  $\sigma_{CM-Y}$ ,  $\sigma_{CM-X}$ ,  $\sigma_{CM-Z}$  หมายถึง RMS ที่จากความปั่นป่วนของโมเมนต์พลิกคว่ำรอบแกน Y (หรือแรงลมพัดในทิศแกน X) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.045 - 0.081 , รอบแกน X (หรือแรงลมพัดในทิศแกน Y) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.048 - 0.098 และ โมเมนต์บิดรอบแกน Z มีค่าอยู่ระหว่าง 0.008 - 0.021

$C_M(f_{r1})$  แสดงเฉพาะมุมที่ทำให้เกิดอัตราเร่งรวมสูงสุด (90 องศา) ในรูปที่ 4

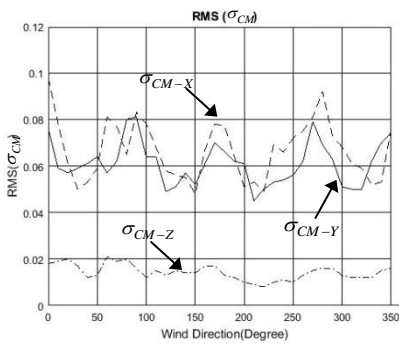
$M_R$  สำหรับโมเมนต์ได้ผลแสดงในรูปที่ 5 และ สำหรับโมเมนต์บิดได้ผลแสดงในรูปที่ 6 พบว่า  $M_{R-Y}$  มีค่าสูงสุด 1,794 MN-m เกิดขึ้นที่มุม 90 องศา มีพฤติกรรมหลักเป็นการสั่นในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม  $M_{R-X}$  มีค่าสูงสุด 1,680 MN-m เกิดขึ้นที่มุม 0 องศา มีพฤติกรรมหลักเป็นการสั่นในทิศตั้งฉากกับทิศทางลมเช่นกัน  $M_{R-Z}$  มีค่าสูงสุด 44.2 MN-m เกิดขึ้นที่มุม 180 องศา

อัตราเร่งสูงสุดที่ยอดอาคาร ได้ผลแสดงในรูปที่ 7 ทั้งใน 3 ทิศทางการสั่นไหว คือ ในแนวแกน X Y และ Z จากนั้นสามารถรวมค่าให้เป็นอัตราเร่งรวมสูงสุดในแนวราบโดยใช้หลักการรวมแบบ Square Root of the Sum of the Squares (SRSS) ผลการทดสอบจากอุโมงค์ลม พบว่า อัตราเร่งรวมในแนวราบสูงสุด มีค่า 0.145 เมตร/วินาที<sup>2</sup> เกิดขึ้นเมื่อแรงลมกระทำที่มุม 90 องศา ซึ่งเป็นผลตอบสนองในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลมเป็นหลัก เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน มยพ.1311-50 พบว่า มีค่าผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์กรณีอาคารที่פקอกาศ์เล็กน้อย (0.15 เมตร/วินาที<sup>2</sup>) แต่ต่ำกว่าเกณฑ์กรณีอาคารพาณิชย์ค่อนข้างมาก (0.25 เมตร/วินาที<sup>2</sup>)

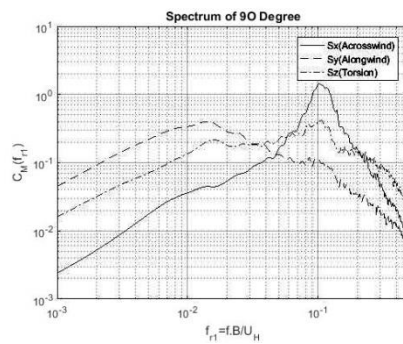
### วิจารณ์

การเปรียบเทียบอัตราเร่งสูงสุดระหว่างการทดสอบในอุโมงค์ลมและมาตรฐาน มยพ. 1311-50 ของทิศหลัก (0 ,90 ,180 และ 270 องศา) พบว่า สำหรับพฤติกรรมในทิศทางลม อัตราเร่งในแนวราบของการทดสอบในอุโมงค์ลม (เกิดขึ้นที่มุม 90 องศา) เทียบกับค่าคำนวณจากมาตรฐาน มยพ.1311-50 = 0.057/0.071 = 0.80 เท่า และ สำหรับพฤติกรรมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม อัตราเร่งในแนวราบของการทดสอบในอุโมงค์ลม (เกิดขึ้นที่มุม 90 องศา) เทียบกับค่าคำนวณจากมาตรฐาน มยพ.1311-50 = 0.121/0.188 = 0.64 เท่า จากการวิจัยที่พบว่ามีความแตกต่าง นั้น ผู้วิจัยวิเคราะห์ว่ามีสาเหตุมาจาก (1) ค่าที่ได้จากมาตรฐาน มยพ.1311-50 ได้มาจากการทดสอบอาคารเดี่ยว (Isolated Building) แต่ในงานวิจัยนี้มีการจำลองอาคารข้างเคียงซึ่งอาจเป็นผลให้อาคารมีผลตอบสนองน้อยกว่าค่าจากการคำนวณ

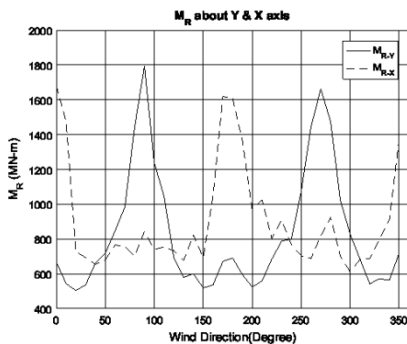
ตามมาตรฐาน (2) สาเหตุจากรูปทรงที่ไม่สม่ำเสมอบนยอดอาคารซึ่งความสูงแตกต่างกัน 272 - 304 เมตร และมีการลดความกว้างอาคารลงเหลือครึ่งหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำให้มีพื้นที่ปะทะแรงลมลดลงและรูปทรงนี้อาจทำให้ค่าสเปกตรัมที่มีผลโดยตรงกับผลตอบสนองด้านพลศาสตร์มีค่าน้อยกว่าอาคารที่มีรูปทรงสม่ำเสมอ อนึ่ง สำหรับพฤติกรรมในทิศทางการบินจากผลทดสอบในอุโมงค์ลมมีค่า 0.064 เมตร/วินาที<sup>2</sup> (เกิดขึ้นที่มุม 180 องศา) แต่มาตรฐาน มยพ.1311-50 ไม่ได้ระบุวิธีคำนวณไว้จึงไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่าง



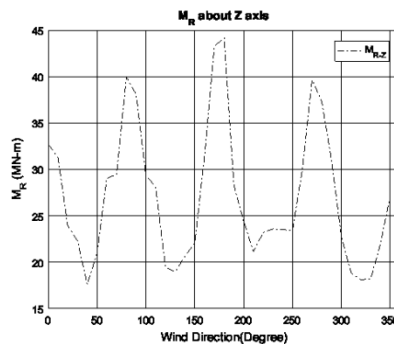
รูปที่ 3 ค่าไร้มิติรากเฉลี่ยกำลังสอง (RMS)



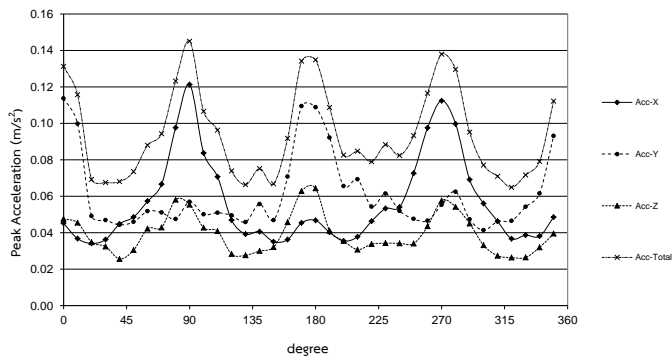
รูปที่ 4 สเปกตรัม (90 องศา)



รูปที่ 5 โมเมนต์พื้นฐานรอบแกน Y และ X



รูปที่ 6 โมเมนต์บิดพื้นฐานรอบแกน Z



รูปที่ 7 อัตราเร่งสูงสุดที่ยอดอาคาร

### สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ระหว่างการทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมและการคำนวณตามมาตรฐาน มยผ.1311-50 พบว่า มีความแตกต่างกันประมาณ 0.6 – 0.8 เท่า การวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่าการทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมมีความจำเป็นในด้านการยืนยันความถูกต้องของการออกแบบของอาคารที่มีความอ่อนตัวรวมถึงอาคารที่มีความไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของมาตรฐานการคำนวณ โดยที่การทดสอบในอุโมงค์ลมนี้สามารถใช้แทนการคำนวณแรงลมตามมาตรฐาน และอาจทำให้ภาพรวมของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมีค่าน้อยลง

นอกจากนี้ จากการวิจัยพบว่าค่าอัตราเร่งจากผลการทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐาน มยผ.1311-50 ควรมีการทดสอบโดยการจำลองลักษณะอาคารที่มีความไม่สม่ำเสมอเพิ่มเติม เช่น การปรับเปลี่ยนขนาดรูปทรงบนยอดของอาคาร เป็นต้น และ จากการที่อัตราเร่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับสเปกตรัมและตัวแปรด้านพลศาสตร์ของอาคาร จึงควรมีการคำนวณวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) จากตัวแปรดังกล่าวด้วย

### เอกสารอ้างอิง

วิโรจน์ บุญญฤทธิญา. 2558. การศึกษาแรงลมของโครงการ Ashton Asoke โดยการทดสอบในอุโมงค์ลม. สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

<https://dspace.library.tu.ac.th/handle/6625644440/240>

สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร. 2550. มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรมโยธาธิการและผังเมือง, กรุงเทพมหานคร.



- สุกิตย์ เทพมังกร. 2547. การทดสอบแบบจำลองในอุโมงค์ลมโดยวิธี high frequency force balance เพื่อการประมาณค่าแรงลมและการสั่นไหวของอาคาร. ใน: การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9 19-21 พฤษภาคม 2547. โรงแรมรีเจนท์ เซอ่ำ, เพชรบุรี.
- Kwon, D., Kijewski-Correa, T., and Kareem, A. 2008. e-Analysis of High-Rise Buildings Subjected to Wind Loads. *Journal of structural engineering-ASCE*. 134: 1139-1153.
- Zhou, Y., Kijewski, T., and Kareem, A. 2003. Aerodynamic Loads on Tall Buildings: Interactive Database. *Journal of structural engineering-ASCE*. 129: 394-404.
- Tschanz, T., and Davenport, A.G. 1983. The base balance technique for the determination of dynamic wind loads. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 13(1-3): 429-439.

พฤติกรรมการบริโภคอาหารและภาวะโภชนาการของสตรีมุสลิมตั้งครรภ์  
กรณีศึกษาพื้นที่ตำบลนาเคียน อำเภอมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช  
Food Consumption Behavior and Nutritional Status of Pregnant Muslim  
Woman: A Case Study of Na Khian Distric, Muang, Nakhon Si Thammarat

สุดารัตน์ หนูปลอด สาลีณี รัตนมนตรี ดวงประคอง เรืองติก วราศรี แสงกระจ่าง  
และ จุรีภรณ์ นวนมุสิก

Sudarat Nooplod, Salinee Rattanamontree, Duengprakong ruangtik,  
Warasri Saengkrajang and Jureeporn Nounmusig\*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช  
Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si  
Thammarat

\* Corresponding author: pooh\_2ch@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารและภาวะโภชนาการของสตรีตั้งครรภ์มุสลิมในพื้นที่ตำบลนาเคียน อำเภอมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือแบบสอบถามข้อมูลสุขภาพทั่วไป แบบประเมินพฤติกรรม การบริโภคอาหาร แบบบันทึกการบริโภคอาหารย้อนหลัง 24 ชั่วโมง และผลการตรวจเลือดจากห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 26.1±5.4 ปี ส่วนใหญ่ ตั้งครรภ์อยู่ในช่วงไตรมาสที่ 3 (ร้อยละ 59.5) โดยมาฝากครรภ์ครั้งแรกภายใน 12 สัปดาห์ เพียงร้อยละ 78.4 กลุ่มตัวอย่างมีการรับประทานยาเม็ดเสริมธาตุเหล็ก ไอโอดีนและกรดโฟลิกครบตามกำหนด ร้อยละ 83.8 กลุ่มตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารกลุ่มผัก นม และเนื้อสัตว์ต่ำกว่าสัดส่วนอาหารที่ควรได้รับต่อวันสำหรับสตรีตั้งครรภ์ เท่ากับร้อยละ 89.2, 78.4 และ 64.9 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสตรีตั้งครรภ์ร้อยละ 80.0 มีความรู้เกี่ยวกับการเลือกรับประทานอาหารอยู่ในเกณฑ์ดี ผลการตรวจเลือดจากห้องปฏิบัติการพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเข้มข้นของเลือดอยู่ในระดับต่ำกว่าปกติ (Hematocrit; Hct < 33 %) ร้อยละ 27.0 อย่างไรก็ตามไม่พบภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ เช่น น้ำตาลในเลือดสูงหรือครรภ์เป็นพิษ ผลการศึกษาที่ได้รับสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพด้านโภชนาการให้เหมาะสมกับสตรีตั้งครรภ์ของประเทศไทยต่อไปได้

คำสำคัญ: สตรีตั้งครรภ์ ภาวะโภชนาการ พฤติกรรมการบริโภคอาหาร มุสลิม

## Abstract

This study was to evaluate food consumption behavior and nutritional status of 37 pregnant Muslim women in Na Khian district, Muang, Nakhon Si Thammarat. Data were collected by general health questionnaire, food consumption behavior, 24-hour dietary recall and blood test in laboratory. The samples had a mean age of  $26.1 \pm 5.4$  years, and 59.5% of overall were in the third trimester of pregnancy period. The samples (78.4%) took antenatal care when they were in 12 weeks of pregnancy or earlier. During the pregnancy, there were 83.8% was given an adequate iron, iodine and folic acid supplementation. Nevertheless, more than half of the women consumed insufficient vegetables (89.2%), dairy products (78.4%), and meat (64.9%) while 80% of the pregnant showed high score of nutritional knowledge test. About blood test, 27.0 % of samples had low normal hematocrit values ( $Hct < 33\%$ ). However, there were no complications of diabetes mellitus and toxemia. This study was used as basis information to develop an appropriate nutritional health promotion program for pregnant in Thailand.

**Keywords:** Pregnant women, Nutritional status, Food consumption behavior, Muslim

## บทนำ

ในระหว่างการจัดตั้งครรภ์ทารกในครรภ์มารดามีพัฒนาการและเจริญเติบโต ดังนั้นสตรีตั้งครรภ์จำเป็นต้องได้รับสารอาหารและพลังงานมากกว่าหญิงที่ไม่ได้ตั้งครรภ์ (WHO, 2004) และการได้รับสารอาหารที่ครบถ้วนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในกลุ่มสตรีตั้งครรภ์ (UNICEF & WHO, 2006) การไม่ได้รับสารอาหารและพลังงานครบถ้วนสามารถนำไปสู่การเกิดภาวะทุพโภชนาการของทารกได้ โดยเฉพาะทารกในครรภ์ที่อาจมีน้ำหนักตัวน้อยกว่า 2,500 กรัม ซึ่งเป็นภาวะที่เสี่ยงต่อการตายในระยะปริกำเนิด การเจ็บป่วยได้ง่าย มีพัฒนาการล่าช้าและเสี่ยงต่อการเสียชีวิตของทารกในช่วงขวบปีแรก (รัตนา เพชรพรรณ และจินตนา วัชรสินธุ์, 2558) องค์การอนามัยโลกรายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักทารกแรกเกิดน้อยกว่า 2,500 กรัม ได้แก่ น้ำหนักตัวของหญิงก่อนตั้งครรภ์ ส่วนสูงของสตรีตั้งครรภ์ น้ำหนักที่เพิ่มตลอดการตั้งครรภ์ นอกจากนี้จากผลการศึกษาในประเทศไทย พบว่าภาวะเตี้ย น้ำหนักน้อยก่อนการตั้งครรภ์ ดัชนีมวลกายน้อย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นขณะตั้งครรภ์น้อย การปฏิบัติตัวขณะตั้งครรภ์ไม่เหมาะสม

เป็นปัจจัยที่มีผลต่อภาวะน้ำหนักตัวน้อยในทารกแรกเกิด (ศิริกุล อิศรานุรักษ์, 2549) ดัชนีมวลกายของสตรีตั้งครรภ์เป็นปัจจัยที่สามารถนำมาทำนายการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ได้มากที่สุด โดยสตรีตั้งครรภ์ที่มีค่าดัชนีมวลกายน้อย มีแนวโน้มทำให้ทารกในครรภ์มีการเจริญเติบโตช้าและเสี่ยงต่อภาวะการมีน้ำหนักตัวต่ำกว่าเกณฑ์หลังคลอด (Neggers & Goldenberg, 2003) และจากการศึกษาของ Frederick et al. (2008) พบว่า ดัชนีมวลกายก่อนตั้งครรภ์และระหว่างตั้งครรภ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักทารกแรกเกิด นอกจากนี้ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นน้อยระหว่างตั้งครรภ์มีผลต่อการคลอดก่อนกำหนด ทารกน้ำหนักแรกเกิดน้อยและมารดามีโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์มากกว่าสตรีตั้งครรภ์ที่มีการเพิ่มของน้ำหนักปกติ นอกจากนี้ปัญหาทารกแรกเกิดที่มีน้ำหนักตัวต่ำกว่าเกณฑ์แล้ว ยังพบว่าสตรีตั้งครรภ์มีปัญหาทุพโภชนาการอื่นๆ เช่น เกิดภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก ส่งผลให้ทารกเจริญเติบโตช้า มีพัฒนาการทางร่างกายและสมองไม่สมบูรณ์ มีอัตราตายสูงขึ้น จากผลการสำรวจของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบว่าเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 5 ขวบมีพัฒนาการลดลง เนื่องจากมารดาขณะตั้งครรภ์มีภาวะขาดสารไอโอดีน (บุญหวย ประทุมรัตน์, 2554)

จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของกลุ่มประชากรมีทั้งผู้นับถือศาสนาพุทธ คริสต์ และอิสลาม และวัฒนธรรมการบริโภคอาหารจึงแตกต่างกัน คนไทยมุสลิมมีวัฒนธรรมการบริโภคอาหารตามวิถีชีวิตมุสลิมที่มีความแตกต่างจากประชากรที่นับถือศาสนาอื่น (สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2561) ผลการศึกษาแบบแผนการบริโภคอาหารของคนมุสลิมของศิรินันท์ ตรึงมลทิพย์ และ อรทัย สารกุล (2546) พบว่าอาหารของคนมุสลิมที่นิยมนำมาบริโภคในชีวิตประจำวัน เป็นอาหารที่ประกอบขึ้นตามแบบที่ตนถนัดและปรุงตามรสชาติที่ต้องการด้วยตนเอง มีกรรมวิธีการปรุงและการบริโภคอาหารตามบทบัญญัติของศาสนา พฤติกรรมการบริโภคอาหารที่อาจมีผลทำให้เกิดความเจ็บป่วยได้คือการบริโภคอาหารที่มีรสเค็ม เช่น ปลาเค็ม เนื้อเค็ม และอาหารที่มีไขมันสูง เช่น ไข่แดง เครื่องในสัตว์ ปลาหมึก หอยนางรม จากการศึกษาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการบริโภคอาหารของคนมุสลิมและปัญหาสุขภาพ พบว่าคนมุสลิมมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเจ็บป่วยคือมีการใช้น้ำมันในการประกอบอาหารเป็นประจำถึงร้อยละ 84 มีการเติมเกลือหรือน้ำปลาในอาหารที่ปรุงเสร็จเป็นประจำ ร้อยละ 47 คนมุสลิมที่บริโภคอาหารที่มีรสเค็มเป็นบางครั้งมีจำนวนร้อยละ 52.5 และบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงเป็นบางครั้ง มีจำนวนร้อยละ 59 (ศิรินันท์ ตรึงมลทิพย์ และ อรทัย สารกุล, 2548) จากการวิเคราะห์ข้อมูลงานอนามัยแม่และเด็กในจังหวัดนครศรีธรรมราชในปี พ.ศ.2552-2554 พบว่าปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาสุขภาพของมารดาและเด็กอายุ 0 - 5 ปี คือภาวะโลหิตจางในสตรีตั้งครรภ์ ร้อยละ 13.83,

15.56 และ 17.85 ตามลำดับ และอัตราทารกแรกเกิดน้ำหนักน้อยกว่า 2,500 กรัม เท่ากับ ร้อยละ 7.87, 8.78 และ 8.58 ตามลำดับ (คณะกรรมการและคณะทำงานพัฒนางานอนามัย แม่และเด็ก, 2554) ดังนั้นการดูแลและส่งเสริมสุขภาพในสตรีตั้งครรภ์ จึงประกอบด้วย กิจกรรมมาตรฐานการให้บริการฝากครรภ์ ที่สถานบริการสาธารณสุขในพื้นที่ โรงพยาบาล ส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล หรือโรงพยาบาลชุมชนในระดับต่างๆ ที่ให้บริการการตรวจ ร่างกาย การตรวจครรภ์ การตรวจพัฒนาการและความผิดปกติของทารกในครรภ์ ตามระยะ ต่างๆ ของการตั้งครรภ์อย่างน้อย 4 ครั้ง ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก (WHO) เพื่อ ความสมบูรณ์แข็งแรงของทั้งมารดาและทารก (ปิยธิดา สัมมาวรรณ และคณะ, 2556)

จากความสำคัญของปัญหาการบริโภคอาหารของคนมุสลิมและข้อมูลงานอนามัยแม่ และเด็กในจังหวัดนครศรีธรรมราชย้อนหลัง ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และภาวะโภชนาการของสตรีตั้งครรภ์มุสลิมในจังหวัดนครศรีธรรมราชขึ้น เพื่อประเมินข้อมูล สุขภาพ พฤติกรรมการบริโภคอาหาร กระบวนการให้ความสำคัญของการฝากครรภ์และการ พบแพทย์ตามกำหนด รวมทั้งประเมินภาวะโภชนาการของหญิงมุสลิมที่ตั้งครรภ์ โดยมีสตรี ตั้งครรภ์มุสลิมที่อาศัยในพื้นที่ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็น กรณีศึกษาเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขภาวะโภชนาการและการ บริโภคอาหาร รวมทั้งใช้ในการส่งเสริมสุขภาพของสตรีตั้งครรภ์ในพื้นที่ให้มีภาวะโภชนาการ อย่างเหมาะสมและมีคุณภาพ

### วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) เพื่อศึกษาภาวะโภชนาการ ของสตรีตั้งครรภ์ พฤติกรรมการบริโภคอาหาร และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของสตรี ตั้งครรภ์มุสลิม กรณีศึกษาพื้นที่ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### ประชากร

ประชากรที่ใช้ คือสตรีตั้งครรภ์ที่อยู่ในระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยและที่อาศัยอยู่ใน พื้นที่ ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือสตรีตั้งครรภ์มุสลิมที่ฝากครรภ์ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ในพื้นที่ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 37 คน การเลือกกลุ่ม ตัวอย่างเป็นการแบบเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่มา

ฝากครรภ์ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหัวเหมืองทะเล และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านทุ่งโนนด ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

### เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากแบบบันทึกข้อมูลการฝากครรภ์ แบบสอบถามพฤติกรรม การบริโภคอาหาร พฤติกรรมการดูแลสุขภาพของสตรีตั้งครรภ์ที่มาฝากครรภ์ในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหัวเหมืองทะเล โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านทุ่งโนนด ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช และจำแนกข้อมูลเป็น 4 ส่วน ดังนี้

**ส่วนที่ 1** ข้อมูลทั่วไป และข้อมูลประวัติการฝากครรภ์ ได้แก่ อายุ ศาสนา ระดับการศึกษา รายได้ อายุครรภ์ที่มาฝากครรภ์ครั้งแรก

**ส่วนที่ 2** ข้อมูลผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ค่าระดับน้ำตาลในเลือด (Fasting blood sugar) ค่าความดันโลหิต ค่าความเข้มข้นของเลือด (hematocrit; Hct)

**ส่วนที่ 3** พฤติกรรมการรับประทานอาหาร ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการรับประทานอาหารของสตรีตั้งครรภ์ และพฤติกรรมการรับประทานอาหาร

**ส่วนที่ 4** ปริมาณการได้รับอาหารในแต่ละกลุ่มอาหาร โดยใช้แบบสัมภาษณ์การบริโภคอาหารย้อนหลัง 24 ชั่วโมง (24 hour dietary recall)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการ พฤติกรรมการรับประทานอาหาร และปริมาณอาหารที่สตรีตั้งครรภ์ควรได้รับ ด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### ผลการศึกษา

#### 1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้กลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีตั้งครรภ์ที่นับถือศาสนาอิสลามทั้งหมด อายุเฉลี่ยประมาณ 26.1 ปี เป็นผู้ที่มิอายุ 19 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 89.2) และเป็นผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี ร้อยละ 10.8 กลุ่มตัวอย่างจำนวนร้อยละ 37.8 มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 21.6 มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 21.6 มีการศึกษาระดับประถมศึกษา และร้อยละ 18.9 มีการศึกษาระดับปริญญาตรี เป็นผู้ไม่มีอาชีพร้อยละ 48.7 ในส่วนผู้ที่มีรายได้พบว่ามีรายได้ประมาณ 5,001 – 10,000 บาท กลุ่มตัวอย่างที่มาฝากครรภ์ครั้ง

แรกส่วนใหญ่มีอายุครรภ์ในไตรมาสที่ 2 และ 3 โดยผู้ฝากครรภ์ครั้งแรกที่มีอายุครรภ์มากกว่า 12 สัปดาห์ มีจำนวนร้อยละ 21.6 (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลการตั้งครรภ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
<b>อายุ</b>		
≤ 18 ปี	4	10.8
> 19 ปี	33	89.2
อายุเฉลี่ย 26.1 ± 5.1		
<b>ศาสนา</b>		
อิสลาม	37	100.00
พุทธ	0	0.00
<b>ระดับการศึกษา</b>		
ประถมศึกษา	8	21.6
มัธยมศึกษาตอนต้น	8	21.6
มัธยมศึกษาตอนปลาย	14	37.8
ปริญญาตรี	7	19.0
<b>อาชีพ</b>		
ค้าขาย	6	16.2
รับจ้างรายวัน	9	24.3
รับจ้างรายเดือน	1	2.7
อาชีพหลายอาชีพรวมกัน	3	8.1
แม่บ้าน (ไม่มีอาชีพ)	18	48.7
<b>รายได้</b>		
ไม่มีรายได้	18	48.7
1,000 - 5,000 บาท	4	10.8
5,001 - 10,000 บาท	10	27.0
10,001 - 15,000 บาท	2	5.4
> 15,000 บาท	3	8.1
<b>อายุครรภ์ที่ฝากครรภ์ครั้งแรก</b>		
≤ 12 สัปดาห์	29	78.4
> 12 สัปดาห์	8	21.6
<b>อายุครรภ์</b>		
ไตรมาสที่ 1	1	2.7

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
ไตรมาสที่ 2	14	37.8
ไตรมาสที่ 3	22	59.5
<b>ลำดับที่การตั้งครรภ์</b>		
ครรภ์ที่ 1	10	27.0
ครรภ์ที่ 2	12	32.4
ครรภ์ที่ 3	4	10.8
ครรภ์ที่ 4	7	18.9
> 4 ครั้ง	4	10.8

## 2. ข้อมูลผลการตรวจเลือดและการตรวจร่างกายทางห้องปฏิบัติการ

ข้อมูลผลการตรวจเลือดและการตรวจร่างกายทางห้องปฏิบัติการ แสดงข้อมูลในตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีระดับความเข้มข้นของเลือด (Hematocrit; Hct) อยู่ในระดับภาวะโลหิตจางถึงร้อยละ 27.0 ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับภาวะโลหิตจางรุนแรงน้อย (Hct เท่ากับร้อยละ 30.0 – 32.9) และไม่พบภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานและระดับความดันโลหิตที่ผิดปกติ

### ตารางที่ 2 ข้อมูลผลการตรวจเลือดและการตรวจร่างกายทางห้องปฏิบัติการในสตรีตั้งครรภ์

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
<b>ระดับความเข้มข้นของเลือด ( Hematocrit; Hct)</b>		
ไม่พบภาวะโลหิตจาง (Hct > 33%)	27	73.0
ภาวะโลหิตจางรุนแรงน้อย (Hct 30.0 – 32.9%)	8	21.6
ภาวะโลหิตจางรุนแรงปานกลาง (Hct 21.0-29.9)	2	5.4
<b>ระดับน้ำตาลในเลือด</b>		
ปกติ (< 126 มก./ดล.)	37	100.0
เบาหวานขณะตั้งครรภ์ (≥ 126 มก.ดล.)	0	0.0
<b>ระดับความดันโลหิต</b>		
ปกติ	37	100.00



ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
(< 140/90 มม.ปรอท)		
ความดันโลหิตสูง	0	0.00
(≥140/90 มม.ปรอท)		

### 3. พฤติกรรมการรับประทานอาหารของสตรีตั้งครรภ์

พฤติกรรมการรับประทานอาหารของสตรีตั้งครรภ์ แสดงข้อมูลในตารางที่ 3 พบว่า สตรีตั้งครรภ์ส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 80) มีพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่ถูกต้องและเหมาะสม เกี่ยวกับการรับประทานอาหารเช้าครบทุกมื้อ ครบทุกหมู่อาหาร และเห็นความสำคัญในการรับประทานปลา ไข่ เพื่อให้ได้รับเนื้อสัตว์คุณภาพดี แต่ยังมีพฤติกรรมที่ไม่ถูกต้องในการรับประทานแหล่งธาตุเหล็ก (ร้อยละ 64.9) ยาเม็ดเสริมธาตุเหล็กและโฟเลท (ร้อยละ 83.9) หรือการเลือกชนิดเนื้อสัตว์ที่มีไขมัน (ร้อยละ 40.5)

มีกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 83.8 ที่รับประทานยาเม็ดเสริมไอโอดีน ธาตุเหล็ก และโฟเลทเป็นประจำทุกวัน กลุ่มตัวอย่างที่รับประทานทุกวันมีร้อยละ 16.2 ส่วนการรับประทานอาหารหวาน มัน เค็ม พบว่าส่วนใหญ่กลุ่มตัวอย่างยังมีพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสม คือรับประทานขนมหวาน น้ำหวาน และขนมขบเคี้ยวต่างๆ รวมทั้งนิยมเติมเครื่องปรุงรส (น้ำปลา ซีอิ๊ว ซอสปรุงรส) ในอาหารที่ปรุงสุกแล้วทุกครั้ง แต่ไม่มีพบพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ขณะตั้งครรภ์ และมีกลุ่มตัวอย่างที่ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน เช่น ชา กาแฟ ขณะตั้งครรภ์ร้อยละ 24.3

### ตารางที่ 3 พฤติกรรมการรับประทานอาหารของสตรีตั้งครรภ์

พฤติกรรมการบริโภคอาหาร	เหมาะสม คน (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม คน (ร้อยละ)
1. กินอาหารเช้าที่มีกลุ่มอาหารอย่างน้อย 3 กลุ่ม คือ กลุ่มข้าว-แป้ง กลุ่มผัก และกลุ่มเนื้อสัตว์ หรือ กลุ่มข้าว-แป้ง กลุ่มผัก และกลุ่มนม ทุกวัน	31 (83.8)	6 (16.2)
2. กินอาหารหลัก วันละ 3-4 มื้อ (เช้า กลางวัน บ่าย เย็นหรือค่ำ) ทุกวัน	32 (86.5)	5 (13.5)
3. กินอาหารว่าง วันละ 2-3 ครั้ง (ช่วงสาย ช่วงบ่าย และ/หรือช่วงค่ำ) ทุกวัน	33 (89.2)	4 (10.8)
4. กินปลา สัปดาห์ละอย่างน้อย 3 วัน	30 (81.1)	7 (18.9)

พฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร	เหมาะสม คน (ร้อยละ)	ไม่เหมาะสม คน (ร้อยละ)
5. กินไข่ สัปดาห์ละ 3-7 วัน ๆ ละ 1 ฟอง	30 (81.1)	7 (18.9)
6. กินอาหารที่เป็นแหล่งธาตุเหล็ก เช่น ตับ เลือด เป็นต้น สัปดาห์ละ 2-3 วัน	24 (64.9)	13 (35.1)
7. กินยาเม็ดเสริมไอโอดีน ธาตุเหล็ก และโฟเลท (รวมในเม็ด เดียวกัน) วันละ 1 เม็ด ทุกวัน	31 (83.8)	6 (16.2)
8. ไม่กินเนื้อสัตว์ติดมัน เช่น หนังไก่ สะโพก หรือเนื้อสัตว์ติด มันต่างๆ	15 (40.5)	22 (59.5)
9. ไม่กินขนมที่มีรสหวาน เช่น ไอติมหวานเย็น ช็อคโกแลต หมากฝรั่ง ลูกอม เยลลี่ เป็นต้น	16 (43.2)	21 (56.8)
10. ไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีรสหวาน เช่น น้ำอัดลม น้ำหวาน โกโก้ เย็น ชาเย็น น้ำปั่น น้ำผลไม้ นมเปรี้ยว เป็นต้น	14 (37.8)	23 (62.2)
11. ไม่กินขนมเบเกอรี่ เช่น เค้ก พาย โดนัท เป็นต้น	21 (56.8)	16 (43.2)
12. ไม่กินขนมขบเคี้ยว เช่น ปลาเส้นปรุงรส มันฝรั่งทอด ขนม ปังเวเฟอร์ ขนมปังแท่ง เป็นต้น	25 (67.6)	12 (32.4)
13. ไม่เติมเครื่องปรุงรสเค็ม เช่น น้ำปลา ซีอิ๊ว แม็กกี้ ใน อาหารที่ปรุงสุกแล้วทุกครั้ง	17 (45.9)	20 (54.1)
14. ไม่เติมน้ำตาลในอาหารที่ปรุงสุกแล้ว ทุกครั้ง	26 (70.3)	11 (29.7)
15. ไม่กินอาหารหมักดอง เช่น ผักดอง ผลไม้ดอง หอยดอง เป็นต้น	28 (75.7)	9 (24.3)
16. ไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	37 (100)	0 (0.00)
17. ไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน เช่น กาแฟ ชา เป็นต้น	28 (75.7)	9 (24.3)

หมายเหตุ: เหมาะสม คือรับประทาน 5-7 วันต่อสัปดาห์

ไม่เหมาะสม คือรับประทาน น้อยกว่า 5 วันต่อสัปดาห์

ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์การบริโภคอาหารย้อนหลัง 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4) พบว่า สตรีตั้งครรภ์ส่วนใหญ่ได้รับอาหารในปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน กล่าวคือกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับอาหารกลุ่มข้าว-แป้งไม่เพียงพอ มีจำนวนร้อยละ 64.9 ได้รับอาหารกลุ่มผักไม่เพียงพอ มี

ร้อยละ 89.2 ได้รับอาหารกลุ่มผลไม้ไม่เพียงพอ จำนวนร้อยละ 89.2 ได้รับอาหารกลุ่มเนื้อสัตว์ไม่เพียงพอ จำนวนร้อยละ 64.9 และได้รับอาหารกลุ่มนมไม่เพียงพอ จำนวนร้อยละ 78.4 ขณะที่ไม่มีผู้ได้รับอาหารกลุ่มน้ำมันเกินสัดส่วนมาตรฐาน จำนวนร้อยละ 78.4

**ตารางที่ 4** ปริมาณการได้รับอาหารในแต่ละกลุ่มอาหารของสตรีตั้งครรภ์เปรียบเทียบตามเกณฑ์มาตรฐาน (กลุ่มอนามัยแม่และเด็กสำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย, 2559)

กลุ่มอาหาร	ปริมาณตามเกณฑ์มาตรฐาน	หน่วยนับ	ปริมาณการได้รับอาหาร		
			ครบกำหนด	ไม่ครบสัดส่วน	เกินสัดส่วน
ข้าว-แป้ง	9-10	ทัพพี	6 (16.2)	24 (64.9)	7 (18.9)
ผัก	6	ทัพพี	4 (10.8)	33 (89.2)	-
ผลไม้	6	ส่วน	1 (2.7)	33 (89.2)	3 (8.1)
เนื้อสัตว์	12	ช้อนกินข้าว	6 (16.2)	24 (64.9)	7 (18.9)
นม	2-3	แก้ว	8 (21.6)	29 (78.4)	-
น้ำมัน	5	ช้อนชา	8 (21.6)	-	29 (78.4)

หมายเหตุ \* เกณฑ์มาตรฐาน (กลุ่มอนามัยแม่และเด็กสำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย, 2559)

### วิจารณ์

สตรีตั้งครรภ์ เป็นภาวะที่ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาซึ่งมีผลต่อความต้องการพลังงานและสารอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น สตรีตั้งครรภ์ที่มีภาวะโภชนาการไม่เหมาะสมก่อนตั้งครรภ์และในระหว่างตั้งครรภ์มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะทารกน้ำหนักแรกคลอดต่ำ มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ (Barker, 2008) ข้อควรปฏิบัติที่สำคัญในการดูแลสุขภาพที่ถูกต้องของสตรีตั้งครรภ์คือการได้รับการดูแลจากการฝากครรภ์ ณ สถานพยาบาลต่างๆ ภายในสัปดาห์ที่ 12 ของการตั้งครรภ์ จากผลการศึกษาพบว่าสตรีมุสลิมตั้งครรภ์ในตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ทำการฝากครรภ์เมื่อมีอายุครรภ์มากกว่า 12 สัปดาห์ถึงร้อยละ 21.6 เนื่องจากสตรีมุสลิมส่วนใหญ่ที่ตั้งครรภ์จำเป็นต้องช่วยเหลือครอบครัวในการประกอบอาชีพ ทำให้ไม่มีเวลามาฝากครรภ์ และเห็นว่าการตนเองมีสุขภาพที่แข็งแรงสมบูรณ์ดี จึงไม่จำเป็นต้องเข้ารับการฝากครรภ์เพื่อให้บุคลากร

ทางการแพทย์ดูแล อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของเรณู ศรีสุข (2559) พบว่าทัศนคติที่ดีต่อการฝากครรภ์ การสนับสนุนของครอบครัวต่อการฝากครรภ์ ความรู้เกี่ยวกับการฝากครรภ์ และรายได้ของครอบครัว เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฝากครรภ์ครั้งแรกภายใน 12 สัปดาห์ จากผลการวิจัยเสนอแนะว่า บุคลากรทางสุขภาพควรส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการฝากครรภ์เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีต่อการฝากครรภ์และส่งเสริมการสนับสนุนของครอบครัวต่อการฝากครรภ์ เพื่อให้หญิงตั้งครรภ์มาฝากครรภ์ครั้งแรกโดยเร็วภายใน 12 สัปดาห์ให้มากขึ้น และเมื่อพิจารณาการปฏิบัติตัวในการกินยาเม็ดเสริมไอโอดีน ธาตุเหล็ก และโฟเลท พบว่าสตรีตั้งครรภ์มีภาวะโลหิตจางสูงถึงร้อยละ 27.0 ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากพฤติกรรมบริโภคไม่เหมาะสมก่อนตั้งครรภ์ ไม่ได้เตรียมพร้อมตั้งครรภ์ ขณะตั้งครรภ์ขาดการแสวงหาความรู้ที่ถูกต้องเพื่อดูแลตนเอง ไม่กล้าถามเรื่องต่างๆ ที่สงสัยกับแพทย์หรือพยาบาลรวมถึงมีความไม่สะดวกในการซื้ออาหารรับประทานทำให้เกิดภาวะโลหิตจาง (นฤมล ทองวัฒน์, 2552) จึงควรมีนโยบายสนับสนุนและส่งเสริมให้สตรีตั้งครรภ์มุสลิมบริโภคอาหารจำพวกเนื้อสัตว์สีแดงและกินยาเม็ดเสริมธาตุเหล็กอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ทารกในครรภ์ได้รับสารอาหารสำคัญนี้ในปริมาณที่เพียงพอตามความต้องการ

ปริมาณอาหารในแต่ละกลุ่มอาหารที่สตรีตั้งครรภ์ควรได้รับตามเกณฑ์กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2559) พบว่าได้รับอาหารไม่เพียงพอในทุกกลุ่มอาหารยกเว้นน้ำมัน ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการทางร่างกายและสมองของทารก โดยเฉพาะเนื้อสัตว์ที่พบว่าสตรีตั้งครรภ์ได้รับในปริมาณที่เพียงพอเพียงร้อยละ 16.2 ซึ่งการได้รับเนื้อสัตว์ที่ไม่เพียงพอจะทำให้ขาดโปรตีนและสารอาหารสำคัญ เช่นธาตุเหล็ก วิตามินเอ เป็นต้น นอกจากนี้ผักและผลไม้ในการศึกษานี้พบว่าได้รับเพียงพอ เพียงร้อยละ 10.8 และ 2.7 อาหาร 2 กลุ่มนี้มีความสำคัญที่ต้องได้เพิ่มขึ้นจากภาวะของสตรีปกติ เพื่อให้ได้โฟเลท (สำคัญต่อการแบ่งเซลล์ทารก ป้องกันภาวะพิการแต่กำเนิด) และใยอาหาร (การทำงานของระบบขับถ่าย ลดปัญหาท้องผูก) ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญที่มักพบปัญหาในสตรีตั้งครรภ์ แต่อย่างไรก็ตามกลับพบน้ำมันเป็นกลุ่มอาหารเดียวที่พบปัญหาการได้รับในปริมาณที่เกินเกณฑ์กำหนด ซึ่งอาจมีผลต่อการได้รับพลังงานที่เพียงพอแต่ไม่มีคุณภาพที่ดีต่อการเจริญเติบโตของทารกและการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมของสตรีตั้งครรภ์ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับ สุภัสสร พรภักดิ์ และคณะ (2560) พบว่าสตรีตั้งครรภ์มีพฤติกรรมบริโภคอาหารอยู่ในระดับปานกลาง และสตรีตั้งครรภ์ทุกคนกินอาหารเข้าที่มีกลุ่มอาหารอย่างน้อย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มข้าว-แป้ง และเนื้อสัตว์ทุกวัน แต่บริโภคนิสัยของสตรีตั้งครรภ์บางอย่างที่ยังไม่สามารถปฏิบัติได้ คือยังคงรับประทานเนื้อสัตว์ติดมันทุกวัน และเติมเครื่องปรุงรสเค็ม เช่น น้ำปลา ซีอิ๊ว เพิ่มในอาหารและไม่

สามารถกินผักวันละ 6 ทัพพี ทุกวัน ดังนั้นจากผลการศึกษาดังกล่าว เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องควรให้ข้อมูลเกี่ยวกับกับการปฏิบัติตัวในระหว่างตั้งครรภ์โดยเฉพาะด้านโภชนาการและโภชนาการที่เหมาะสมต่อการตั้งครรภ์

สตรีตั้งครรภ์กลุ่มตัวอย่างมีปัญหาการดื่มนมน้อยกว่าสัดส่วนที่กำหนดไว้ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ พนม สุขจันทร์ (2556) ซึ่งพบว่า สตรีตั้งครรภ์ในเขตภาคใต้ของประเทศไทยส่วนใหญ่ไม่นิยมดื่มนม เนื่องจากไม่คุ้นเคยการดื่มนมตั้งแต่ยังไม่ตั้งครรภ์ ส่วนใหญ่มีความรู้และเข้าใจดีว่า นมมีประโยชน์ต่อร่างกายทั้งแม่และทารกแต่รู้สึกว่าการดื่มนมมีกลิ่นคาวและราคาแพง จึงได้รับอาหารประเภทนม น้อยกว่าปริมาณที่กำหนดในข้อแนะนำ คือ วันละ 3 แก้วต่อวัน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการขาดสารอาหารและนำไปสู่การเกิดโรคซีดในสตรีตั้งครรภ์ในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ได้ ดังนั้นควรหาแหล่งแคลเซียมอื่นๆ ทดแทน เช่นผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากนม กุ้งแห้ง ปลาเล็กปลาน้อย เต้าหู้ เนื้อสัตว์ และผักใบเขียว ทั้งนี้การบริโภคอาหารของสตรีตั้งครรภ์กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยังไม่สามารถรับประทานอาหารได้ครบทั้งชนิดและปริมาณในทุกหมวดหมู่ของอาหาร สอดคล้องกับผลการศึกษาการบริโภคอาหารของสตรีตั้งครรภ์ไตรมาส 3 ซึ่งเป็นคนไทยมุสลิมในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ของ Piammongkol *et al.*, (2004) ซึ่งพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับสารอาหารประเภท Macro-Micro nutrients ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน RDA (Recommended Dietary Allowance) ขององค์การอนามัยโลก (WHO) โดยเฉพาะสารอาหารจำเป็น ได้แก่ พลังงาน โปรตีน วิตามินบี 1 แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และการได้รับสารอาหารดังกล่าวไม่เพียงพออาจนำไปสู่การเกิดภาวะทุพโภชนาการในเด็กทารกแรกเกิดได้

สตรีตั้งครรภ์ควรได้รับประทานอาหารที่มีประโยชน์ ครบถ้วน และหลากหลายตั้งแต่ก่อนการตั้งครรภ์เพื่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของทารกในครรภ์ตั้งแต่ช่วงของการสร้างอวัยวะต่างๆ (Barker, 2008; Mudor & Bunyarit, 2013) แต่สตรีตั้งครรภ์มุสลิมกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ยังได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในระยะท้ายของการตั้งครรภ์ จะมีผลต่อทารกทำให้การเจริญเติบโตของสมองของทารกช้า หรือหยุดการเจริญเติบโต ดังนั้นการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพด้านโภชนาการแก่สตรีตั้งครรภ์ชาวมุสลิมในขณะที่ตั้งครรภ์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้พบปัญหาเกี่ยวกับพฤติกรรมมารับประทานอาหารที่ไม่ถูกต้องในเชิงปริมาณและคุณภาพของสตรีตั้งครรภ์ รวมทั้งการปฏิบัติตัวในช่วงของการตั้งครรภ์ที่ไม่เหมาะสม หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ที่กว้างขวางขึ้นเกี่ยวกับการปฏิบัติตัวเมื่อทราบว่าตั้งครรภ์ การชี้ให้เห็นความสำคัญของอาหารและโภชนาการต่อการตั้งครรภ์เพื่อให้เกิดความตระหนักและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้เหมาะสมเพื่อให้เกิดการตั้งครรภ์ที่มีคุณภาพ หรืออาจมีการพัฒนาโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพด้านโภชนาการให้เหมาะสม เข้าใจง่าย และประชาสัมพันธ์ทั่วถึงแก่หญิงวัยเจริญพันธุ์ของประเทศไทยต่อไป

### คำขอขอบคุณ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ และบุคลากรของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหัวเหมืองทะเล และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านทุ่งโหนด ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนสตรีตั้งครรภ์มุสลิมที่ยินดีให้ข้อมูลโดยสมัครใจงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มอนามัยแม่และเด็กสำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย. 2559. สมุดบันทึกสุขภาพแม่ และเด็ก. องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- คณะกรรมการและคณะทำงานพัฒนางานอนามัยแม่และเด็ก. 2554. สรุปผลงานอนามัยแม่และเด็ก. ค้นเมื่อธันวาคม 3, 2560, จาก [www.nakhonsihealth.org/hp/images/stories/file\\_book/.../sumEmplement\\_MCH54.doc](http://www.nakhonsihealth.org/hp/images/stories/file_book/.../sumEmplement_MCH54.doc).
- นฤมล ทองวัฒน์. 2552. ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กในหญิงตั้งครรภ์ที่ฝากครรภ์ครบตามเกณฑ์: กรณีศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- บุญหวย ประทุมรัตน์. 2554. ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคขาดสารไอโอดีนของสตรีตั้งครรภ์ในอำเภอน้ำโสม จังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารสาธารณสุข บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปิยธิดา สัมมาวรรณ นิตยา สินสุกใส และ วรรณภา พาทูฒนกร. 2556. ผลของโปรแกรมส่งเสริมโภชนาการต่อผลลัพธ์ของการตั้งครรภ์ในวัยรุ่น. วารสารเกื้อการุณย์, 20(2); 100-115.

- พนม สุขจันทร์. 2556. สถานการณ์และการพัฒนาสื่อโภชนศึกษาในโรงพยาบาลสำหรับสตรี ตั้งครรภ์ที่มีและไม่มีภาวะโรคซีดในเขตภาคใต้ของประเทศไทย : การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพงาน. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์, 5(2); 28-36.
- เรณู ศรีสุข. 2559. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการมาฝากครรภ์ครั้งแรกภายใน 12 สัปดาห์ของหญิง ตั้งครรภ์ที่มาฝากครรภ์ ในสถานบริการเขตอำเภอพนัสนิคม. วิทยานิพนธ์พยาบาล ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาผดุงครรภ์ชั้นสูง พยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- รัตนา เพชรพรรณ และ จินตนา วัชรสินธุ์. 2558. ผลของโปรแกรมการส่งเสริมโภชนาการต่อการเจริญเติบโตของทารก ในครรภ์และน้ำหนักระหว่างตั้งครรภ์ของสตรีตั้งครรภ์ที่มีดัชนีมวลกายน้อยในคลินิกเอกชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดชลบุรี. วารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัยบูรพา, 10(1); 131-132.
- ศิริกุล อิศรานุรักษ์. 2549. ทารกน้ำหนักแรกเกิดน้อย: ปัญหาสุขภาพคนไทยที่ยังแก้ไม่ตก. วารสารสาธารณสุขและการพัฒนา, 4(1); 67-79.
- ศิรินันท์ ตริ้มมงคลทิพย์ และ อรทัย สารกุล. 2548. วัฒนธรรมการบริโภคอาหารของชาวยุโรปมุสลิม: มุมมองด้านสุขภาพ. เอกสารรวมบทความคัดย่องานวิจัย ประจำปี 2548 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สุภัทสร พรกลิน, กมลทิพย์ พันธุ์พีช และ วสุนธรา รตโนภาส. 2560. บริโภคนิสัยและภาวะโภชนาการของหญิงตั้งครรภ์: กรณีศึกษาโรงพยาบาลส่งเสริม สุขภาพตำบลนครชุม จังหวัดกำแพงเพชร. รายงานเนื่องในงานประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 13” วิจัยและนวัตกรรม ขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก วันที่ 21-22 กรกฎาคม 2560.
- สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2561. ศาสนาและวัฒนธรรม จังหวัดนครศรีธรรมราช. [http://www.nakhonsithammarat.go.th/web\\_52/rlig.php](http://www.nakhonsithammarat.go.th/web_52/rlig.php). (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2561)
- อบเชย วงศ์ทอง. 2551. โภชนศาสตร์ครอบครัว (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Barker, D. J. P. 2008. Nutrition in the womb: How better nutrition during development will prevent heart disease, diabetes and stroke. USA: The barker foundation.
- Frederick, I.O., Williams, M.A., Sales, A.E., Martin, D.P., and Killien, M. 2008. Pre-pregnancy body mass index, gestational weight gain, and other maternal

- characteristics in relation to infant birth weight. *Matern Child Health J.*, 12(5); 557-567.
- Mudor, H., and Bunyarit, F. 2013. A prospective of nutrition intake for pregnant women in Pattani, Thailand. *Procedia Soc Behav Sci.*, 91; 179-184.
- Neggars, Y., and Goldenberg, R.L. 2003. Some thoughts on body mass index, micronutrient intakes and pregnancy outcome. *J Nutr.*, (5 Suppl 2); 1737-1740.
- Piammongkol, S., Marks, G.C., Williams, G., and Chongsuivatwong, V. 2004. Food and nutrient consumption patterns in third trimester Thai-Muslim pregnant women in rural southern Thailand. *Asia Pac J Clin Nutr.*, 13; 236-241.
- UNICEF., and WHO. 2006. *The Challenge*. Retrieved December 2, 2017, from <http://www.childinfo.org/areas/birthweight>.
- WHO. 2004. *Micronutrient deficiency: Batting iron deficiency anemia: the challenge*. Retrieved December 2, 2017, from <http://www.who.int/nut/ida.htm>.



การโคลนยีน *phaC* จากแบคทีเรีย *Bacillus* sp. สายพันธุ์ SWU44 เพื่อผลิตโปรตีน  
ลูกผสมโพลีไฮดรอกซีบิวทิเรตซินเทสและการสะสมพีเอชบีใน *Escherichia coli*  
Cloning of *phaC* Gene from *Bacillus* sp. SWU44 for Recombinant  
Polyhydroxybutyrate Synthase Production and PHB Accumulation in  
*Escherichia coli*

วิสันต์ เชื้อวงศ์<sup>1</sup> ธิปชัย วัฒนวิจารณ์<sup>2</sup> และ ศิริขวัญ พลประทีป<sup>3\*</sup>

Wisarn Chuavong<sup>1</sup>, Tipachai Vatanavicharn<sup>2</sup> and Sirikwan Ponprateep<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

<sup>2</sup> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

<sup>3</sup> ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพฯ

<sup>1</sup> Department of Chemistry, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology  
Ladkrabang, Chalongkrung Road, Bangkok 10520, Thailand

<sup>2</sup> Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology,  
Ladkrabang Bangkok

<sup>3</sup> Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok

\* Corresponding author: sirikwanp@g.swu.ac.th

### บทคัดย่อ

โพลีไฮดรอกซีบิวทิเรตซินเทสหรือพีเอชบีซินเทสเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์พลาสติกชีวภาพชนิดโพลีไฮดรอกซีบิวทิเรต (พีเอชบี) ซึ่งถูกผลิตมาจากยีน *phaC* เป็นยีนที่พบได้ในแบคทีเรียทั่วไป ในงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาการแสดงออกของยีน *phaC* ซึ่งเป็นรหัสสำหรับเอนไซม์โพลีไฮดรอกซีบิวทิเรตซินเทสจากเชื้อ *Bacillus* sp. สายพันธุ์ SWU44 ในแบคทีเรีย *Escherichia coli* โดยทำการเพิ่มปริมาณยีน *phaC* ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ จากนั้นทำการโคลนยีนเข้าในเวกเตอร์ pET28b (+) และถ่ายฝากยีนเข้าสู่ *E. coli* BL21 (DE3) เพื่อทำการผลิตโปรตีนโพลีไฮดรอกซีบิวทิเรตซินเทส จากนั้นตรวจสอบการแสดงออกของโปรตีนลูกผสมด้วยเทคนิค SDS-PAGE และ Western blot พบโปรตีนลูกผสมที่ได้มีขนาดประมาณ 41.5 กิโลดาลตัน นอกจากนั้นได้ทำการตรวจสอบการผลิตพีเอชบีในแบคทีเรีย *E. coli* ที่มีการผลิตโปรตีนลูกผสมเปรียบเทียบกับแบคทีเรีย *E. coli* BL21 (DE3) ที่ไม่ได้ถ่ายฝากยีน *phaC* ปรากฏว่าไม่พบการผลิตพีเอชบีในแบคทีเรียทั้งสองกลุ่ม ซึ่งแสดงว่าเอนไซม์พีเอชบีซินเทสจาก *Bacillus* sp. สายพันธุ์ SWU44 ไม่สามารถกระตุ้นการสะสมพีเอชบีในแบคทีเรีย *E.*

*coli* ได้ อย่างไรก็ตามโปรตีนลูกผสมโพลีไฮดรอกซีบิวทิเรตซินเทสจะถูกทำให้บริสุทธิ์และนำไปตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ในหลอดทดลองต่อไป

**คำสำคัญ:** *Bacillus* sp. *Escherichia coli* ยีน *phaC* โพลีไฮดรอกซีบิวทิเรต โพลีไฮดรอกซีบิวทิเรตซินเทส

### Abstract

Polyhydroxybutyrate synthase (PHB synthase) is an important enzyme for polyhydroxybutyrate (PHB) synthesis. It is encoded from the *phaC* gene found in common bacteria. In this work, we produced the recombinant PHB synthase from *Bacillus* sp. strain SWU44 in *Escherichia coli*. The *phaC* gene was amplified using polymerase chain reaction, cloned into pET28b (+) and transformed to *E. coli* BL21 (DE3) to produce the recombinant PHB synthase. The production of recombinant PHB synthase was investigated using SDS-PAGE and Western blot analysis. The results showed that PHB synthase was produced with molecular weight of 41.5 kDa. Moreover, the PHB production of the *E. coli* BL21 (DE3) and wild type strain was determined. The results showed that PHB did not detected in both group of bacteria. It was indicated that PHB synthase from *Bacillus* sp. strain SWU44 did not stimulate the production of PHB in *E. coli*. However, the recombinant polyhydroxybutyrate synthase will be purified and studied for enzymatic activity *in vitro*.

**Keywords:** *Bacillus* sp., *Escherichia coli*, *phaC* gene, Polyhydroxybutyrate, Polyhydroxybutyrate synthase

### บทนำ

พลาสติกจัดเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมในการนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเพื่อใช้ใน ชีวิตประจำวัน เช่น บรรจุภัณฑ์ใส่อาหารและเครื่องดื่ม และของเล่นเด็ก เป็นต้น (ศุภพรและคณะ, 2556) พลาสติกที่นิยมใช้กันทั่วไปส่วนใหญ่เป็นพลาสติกสังเคราะห์ มีความคงทนต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ จึงส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษจากขยะพลาสติกมากขึ้น (Mueller, 2006) ดังนั้นในปัจจุบันการใช้พลาสติกชีวภาพจึงเป็นที่นิยมมากขึ้นเพื่อลดปัญหา

ทางมลพิษจากพลาสติก เนื่องจากพลาสติกชีวภาพจัดเป็นเทอร์โมพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ด้วยแบคทีเรียและมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนซึ่งเป็นพลาสติกสังเคราะห์ นิยมนำไปใช้ในการผลิตและขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต่างๆเช่น แคมป์ซูลบรรจุยา และ ทำเป็นแผ่นฟิล์ม เป็นต้น (Khanna and Srivastava 2005)

โพลีไฮดรอกซีบิวทีเรตหรือพีเอชบี (Polyhydroxybutyrate; PHB) เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพในกลุ่มของพีเอชเอที่พบมากที่สุด มีการผลิตและสะสมในเซลล์ของแบคทีเรียโดยพีเอชบีจะถูกสร้างขึ้นเมื่อแบคทีเรียอยู่ในสภาวะที่มีแหล่งคาร์บอนและสารอาหารบางชนิดมีอยู่อย่างจำกัด ตัวอย่างแบคทีเรียที่ใช้ผลิตพีเอชเอในงานวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น *Rhodobacter sphaeroides* สายพันธุ์ 14F เลี้ยงในอาหาร GM ที่มีมาเลตและฟรักโทสเป็นส่วนประกอบมีการผลิตพีเอชเอได้ถึง 3.5 กรัมต่อลิตร ซึ่งคิดเป็น 60% ของน้ำหนักเซลล์แห้ง (Lorrungruang et al. 2006) *Bacillus megaterium* ที่มีการเลี้ยงแบบ fed-batch โดยมีความเข้มข้นของน้ำตาล 400 กรัมต่อลิตร ซึ่งมีการผลิตคิดเป็นพีเอชบี 42% ของน้ำหนักเซลล์แห้ง (Kulpreecha et al. 2009) โดยชุดยีนที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์พีเอชบีในแบคทีเรียได้แก่ ยีน *phaA* ยีน *phaB* และ ยีน *phaC* ขั้นตอนในการสังเคราะห์เริ่มจากเอนไซม์ 3-ketothiolase ซึ่งถูกสังเคราะห์จากยีน *phaA* จะเปลี่ยน acetyl-CoA ให้เป็น acetoacetyl-CoA จากนั้นเอนไซม์ acetoacetyl-CoA reductase ซึ่งถูกสังเคราะห์จากยีน *phaB* จะเปลี่ยน acetoacetyl-CoA ให้อยู่ในรูป 3-hydroxybutyryl-CoA และเอนไซม์พีเอชบีซินเทสที่ควบคุมโดยยีน *phaC* ทำหน้าที่สร้างสายพอลิเมอร์พีเอชบีในแบคทีเรีย (Tsuge et al., 2005) อย่างไรก็ตามการผลิตพีเอชบีจากแบคทีเรียยังมีต้นทุนที่สูง การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตหรือการศึกษาในระดับโมเลกุลของยีนที่ควบคุมการผลิตพีเอชบีเพื่อปรับปรุงสายพันธุ์แบคทีเรียและการสังเคราะห์พีเอชบีจึงมีความสำคัญ

ปัจจุบันการศึกษายีน *phaC* ในระดับโมเลกุลเป็นเทคนิคที่รวดเร็ว และง่ายต่อการนำไปใช้ระบุการสะสมพีเอชบีในแบคทีเรีย เช่นการเพิ่มปริมาณยีน *phaC* โดยใช้ไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะเพื่อระบุสายพันธุ์และการสะสมพีเอชบีใน *Bacillus megaterium* (Nayak et al., 2013) หรือการโคลนยีน *phaC* จากแบคทีเรีย *Ralstonia eutropha* เพื่อศึกษาการแสดงออกของเอนไซม์พีเอชบีซินเทส ในระบบ *E. coli* (Pfeiffer and Jendrossek 2014) จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า *phaC* เป็นยีนที่มีความสำคัญในการสะสมพีเอชบีในแบคทีเรีย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะเพิ่มปริมาณยีน *phaC* จากแบคทีเรีย *Bacillus* sp. สายพันธุ์ SWU44 แล้วนำเข้าสู่เวกเตอร์ pET28b (+) เพื่อสร้างพลาสมิดลูกผสม ทำการ

ตรวจสอบการแสดงของโปรตีนลูกลผสมพีเอชบีซินเทสและการสะสมพีเอชบีในแบคทีเรีย *E. coli* BL21 (DE3) ที่มีพลาสมิดลูกลผสม

### วิธีการศึกษา

#### 1. การเพิ่มปริมาณยีน *phaC* จากแบคทีเรีย *Bacillus sp.* สายพันธุ์ SWU44

ทำการเลี้ยงเชื้อโดยเชื้อโคลนของแบคทีเรีย *Bacillus sp.* สายพันธุ์ SWU44 ลงในอาหารเหลว Nutrient broth (NB) จากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมงหลังจากนั้นทำการสกัดจีโนมิคดีเอ็นเอด้วยชุดคิต DNA extraction (FAVORGEN)

ทำการออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะเจาะจงต่อยีน *phaC* จากคลัสเตอร์ของยีน polyhydroxy alkanooate ของ *Bacillus megaterium* (AF109909.2) จากฐานข้อมูล GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) โดยออกแบบให้มีตำแหน่งของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *NcoI* (CCATGG) และ *XhoI* (CTCGAG) บนไพรเมอร์ ได้แก่ Forward\_ *phaC\_NcoI* 5'-GGCGCCATGGGATGGCAATTCCTTAC-3' และ Reverse\_ *phaC\_XhoI* 5'-GGCGCTCGAGTTTAGAGCGTTTTTC-3'

ทำการเพิ่มปริมาณยีน *phaC* ด้วยเทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรสหรือพีซีอาร์โดยในปฏิกิริยาประกอบด้วย 1xPCR buffer, dNTP 200  $\mu$ M, Forward และ Reverse primer อย่างละ 0.2  $\mu$ M, *Taq* DNA polymerase (RBC *Taq* DNA polymerase) 1 unit และ จีโนมิคดีเอ็นเอของแบคทีเรีย 2  $\mu$ l ปริมาตรรวมทั้งหมด 25  $\mu$ l สภาวะในการเกิดปฏิกิริยาคือ initial denaturation 95 องศาเซลเซียส 5 นาที, denaturation 94 องศาเซลเซียส 30 วินาที annealing 58 องศาเซลเซียส 30 วินาที extension 72 องศาเซลเซียส 1 นาที ทำทั้งหมด 30 รอบ และ final extension 72 องศาเซลเซียส 10 นาที ตรวจสอบขนาดของผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ด้วย agarose gel electrophoresis จากนั้นสกัดดีเอ็นเอให้บริสุทธิ์ด้วยชุดคิต GEL/PCR Purification Kit (FAVORGEN) ส่งตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์และทำการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์กับข้อมูลในฐาน GenBank ด้วย BLASTN ([https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE\\_TYPE=BlastSearch](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch)) และเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนของพีเอชบีซินเทสที่พบกับแบคทีเรียในจีโนม *Bacillus.sp* ด้วยโปรแกรม Clustal Omega

## 2. การโคลนยีน *phaC* และการผลิตโปรตีนลูกผสมพีเอชบีซินเทส

สร้างพลาสมิดลูกผสมโดยตัดชิ้นดีเอ็นเอจากผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ของยีน *phaC* และ pET-28b (+) ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *NcoI* (New England Biolabs ,USA ) และ *XhoI* (New England Biolabs ,USA) หลังจากนั้นเชื่อมชิ้นยีน *phaC* และ pET-28b (+) ด้วยเอนไซม์ ligase (New England Biolabs ,UAS) ทำการถ่ายพลาสมิดลูกผสมเข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย *E. coli* BL21 (DE3) และคัดเลือกแบคทีเรียบนอาหารแข็ง LB ที่มีส่วนผสมของ kanamycin 0.05 mg/mL หลังจากนั้นตรวจสอบการเชื่อมของยีนโดยการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *NcoI* และ *XhoI* อีกครั้ง

ทำการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* BL21 (DE3) ที่ถ่ายฝากยีน *phaC* ในอาหารเหลว Luria-Bertani (LB) ปริมาตร 50 mL ที่มีส่วนผสมของ kanamycin ความเข้มข้น 0.05 mg/ mL บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที โดยเลี้ยงเชื้อจนกระทั่งมีค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ให้อยู่ในช่วง 0.4-0.6 จากนั้นเหนี่ยวนำให้มีการผลิตโปรตีนลูกผสมด้วย 1 mM Isopropyl- $\beta$ -D-thiogalactoside (IPTG) โดยจะเก็บเซลล์แบคทีเรียก่อนและหลังจากเติม IPTG ชั่วโมงที่ 1, 2, 3, 4 และ 24 หลังจากนั้นทำตรวจสอบการแสดงออกของโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE และการวิเคราะห์ด้วย Western blot ด้วยชุดคิต HisDetector<sup>TM</sup> Nickel-AP (KPL)

## 3. การสกัดพีเอชบีในแบคทีเรีย *E. coli* ที่มีการผลิตโปรตีนลูกผสม

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียตามวิธีด้านบนโดยเลี้ยงเชื้อต่อไป 24 ชั่วโมงหลังเติม IPTG แล้วเก็บเซลล์แบคทีเรียโดยปั่นเหวี่ยง 12,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติม 10% โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 1mL บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง และ ปั่นเหวี่ยง 12,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น อะซิโตน และ 95% เอทานอล อย่างละ 1 mL ตามลำดับ อบตะกอนให้แห้งที่อุณหภูมิ 60°C หลังจากนั้นนำตะกอนที่สกัดได้มาวิเคราะห์ด้วย Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) เทียบกับพีเอชบีมาตรฐาน

### ผลการศึกษา

#### 1. การศึกษายีน *phaC* จากแบคทีเรีย *Bacillus sp.* สายพันธุ์ SWU44

การเพิ่มปริมาณของยีน *phaC* ของแบคทีเรียสายพันธุ์ SWU44 โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์พบชิ้นดีเอ็นเอขนาด 1089 bp แสดงดังรูปที่ 1A เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank พบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *phaC* มีความเหมือนกับยีน *phaC*

ของ *Bacillus megaterium* strain JX285 (CP018874.1) เท่ากับ 99% Identity หลังจากนั้นนำลำดับกรดอะมิโนของพีเอชบีซินเทสที่ได้จากการแปลรหัสจากยีน *phaC* นำมาเทียบกับแบคทีเรียชนิดอื่นๆในจีโนม *Bacillus* sp. ได้ผลดังแสดงในรูป 1B ผลที่ได้พบว่าพีเอชบีซินเทสของแบคทีเรียสายพันธุ์ SWU44 ใกล้เคียงกับ *Bacillus* sp. (WP 013055939.1) มากที่สุดที่ 96.81% Identity และรองลงมาคือ *Bacillus flexus* (KNH23454.1) และ *Bacillus megaterium* (AMP41492.1) มีความใกล้เคียงที่ 96% Identity Matrix

## 2. การแสดงออกของโปรตีนลูกผสมพีเอชบีซินเทสในแบคทีเรีย *E. coli* BL21 (DE3)

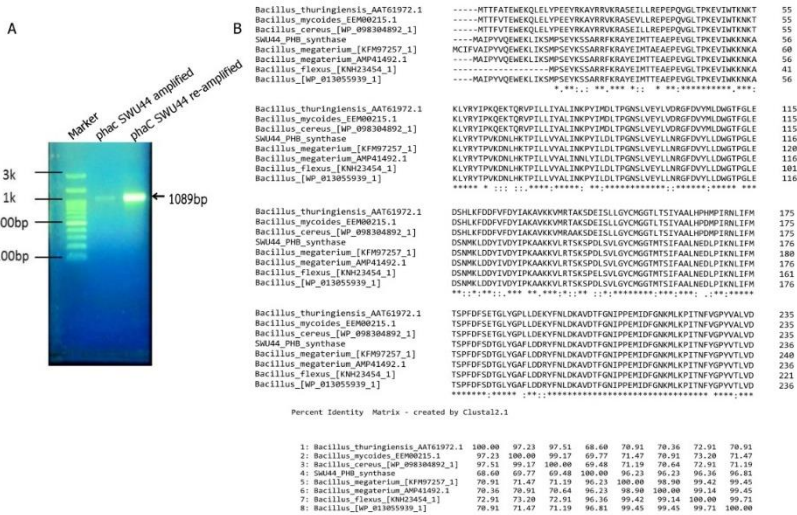
ในการศึกษาการแสดงออกของโปรตีนลูกผสมพีเอชบีซินเทสพบว่ามีการแสดงออกตั้งแต่ 1 ชั่วโมงหลังจากเหนี่ยวนำด้วย IPTG โดยมีการแสดงออกมาที่มากที่สุดที่ 24 ชั่วโมงดังรูปที่ 2A เนื่องจากโปรตีนลูกผสมที่ผลิตได้มีการติด His-Tag เพื่อใช้ในการติดตามและตรวจสอบขนาดของโปรตีนด้วยเทคนิค Western blot ร่วมกับ HisDetector<sup>TM</sup> Nickel-AP (KPL) ผลที่ได้พบว่าโปรตีนที่แสดงออกมีขนาด 41.5 กิโลดาลตัน

### การตรวจสอบการผลิตพีเอชบีในแบคทีเรีย *E. coli* ที่มีการผลิตโปรตีนลูกผสม

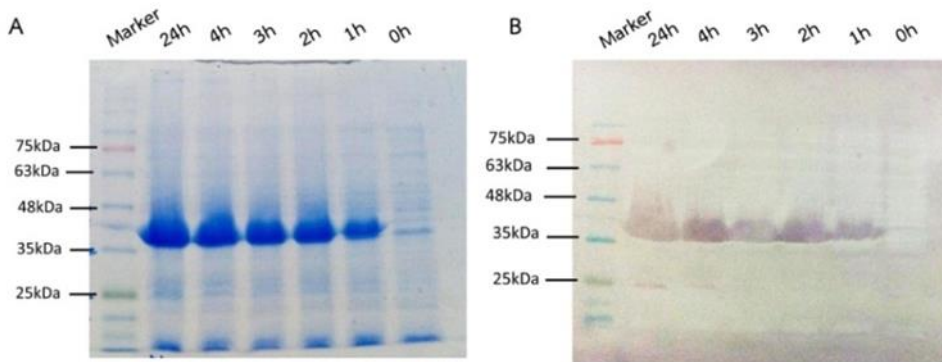
การสกัดพีเอชบีจากแบคทีเรีย *E. coli* BL21(DE3) ที่มีการผลิตโปรตีนลูกผสม ผลที่ได้พบของแข็งสีน้ำตาลและหลังจากนำไปวิเคราะห์ด้วย FTIR ปรากฏว่าไม่พบพีคของหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญของพีเอชบี เมื่อเทียบกับพีเอชบีมาตรฐานโดยหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญได้แก่ C=O ของหมู่คาร์บอนิล 1730-1735  $\text{cm}^{-1}$ , OH stretch 3300-2500  $\text{cm}^{-1}$  และ CH stretch 3000-2840  $\text{cm}^{-1}$  แสดงดังรูปที่ 3

# การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

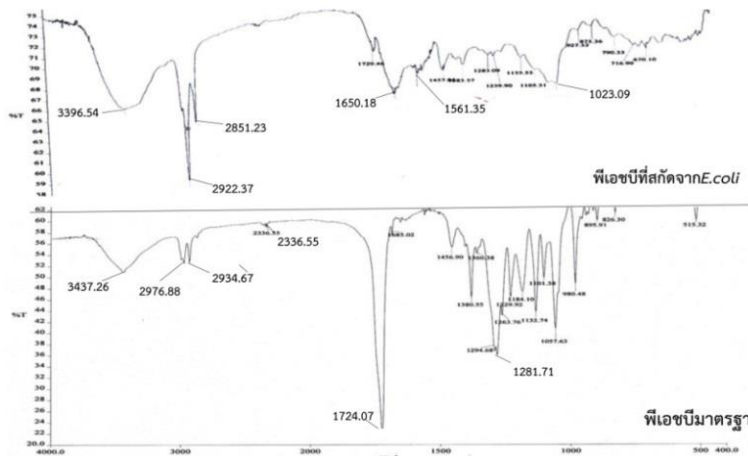
The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business Administration, Engineering, Science and Technology



รูปที่ 1 การเพิ่มปริมาณยีน ผลิตภัณฑ์ที่ซีอาร์ของ phaC จาก Bacillus sp. สายพันธุ์ SWU44 (A) การเปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนโปรตีนลูกผสมที่เอซปีซินเทสของแบคทีเรีย SWU44 และของแบคทีเรียสายพันธุ์อื่นๆ ในจีโนม Bacillus sp.(B)



รูปที่ 2 ตรวจสอบการแสดงออกของโปรตีนลูกผสมที่เอซปีซินเทสที่ผลิตจาก E. coli BL21(DE3) หลังจากเหนี่ยวนำด้วย IPTG ด้วยเทคนิค SDS-PAGE M (2A) และเทคนิค western blot (2B)



รูปที่ 3 FTIR-Spectra ของตัวอย่างพีเอชบีที่สกัดจาก *E. coli* BL21 (DE3) ที่ผลิตโปรตีนลูกผสมพีเอชบีซินเทสเปรียบเทียบกับพีเอชบีมาตรฐาน

### วิจารณ์

จากการเพิ่มปริมาณยีน *phaC* ของแบคทีเรีย *Bacillus megaterium* สายพันธุ์ SWU44 พบว่ายีน *phaC* มีขนาด 1089 bp ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับยีน *phaC* ของแบคทีเรีย *Bacillus cereus* mm 7 ที่มีขนาดเท่ากับ 1086 bp ที่ผลิตในระบบ *E. coli* (El Rabey, 2017) แต่อย่างไรก็ตามลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนพีเอชบีซินเทสแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากยีน *phaC* จากแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันเช่น ยีน *phaC* จาก *Alcaligenes eutrophus* มีขนาด 1767 bp *Rhodococcus ruber* มีขนาด 1689 bp และทำให้ลำดับกรดอะมิโนแตกต่างกันไปด้วย (Rehm and Steinbüchel, 1999) และจากขนาดผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ที่พบความสอดคล้องกับขนาดโปรตีนลูกผสมพีเอชบีซินเทส มีขนาดประมาณ 40 kDa ซึ่งขนาดของโปรตีนใกล้เคียงกับพีเอชบีซินเทสของแบคทีเรีย *Bacillus megaterium* (Tsuge et al., 2015) แต่ *E. coli* BL21(DE3) ที่ผลิตโปรตีนลูกผสมพีเอชบีซินเทสไม่พบการสะสมพีเอชบีภายในเซลล์อาจเนื่องมาจากการแสดงออกของโปรตีนลูกผสมพีเอชบีซินเทสของ *E. coli* BL21(DE3) เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อกระบวนการสังเคราะห์พีเอชบี ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ใช้ชุดยีน *phaCAB* แสดงออกในเซลล์ของแบคทีเรีย *E. coli* DH5 และพบการสะสมของพีเอชบีในเซลล์ (Hiroe et al. 2012) แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของ (Mahishi et al., 2003) ที่แสดงออกเฉพาะยีน *phaC<sub>sa</sub>* และ *phaB<sub>sa</sub>* จาก *Streptomyces aureofaciens* NRRL 2209 เพื่อดูการสะสมพีเอชบีของ *E. coli* ในแหล่งคาร์บอนต่างๆซึ่ง



พบว่าไม่มีการสะสมพีเอชบีเมื่อใช้ซูโครสและกากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน ดังนั้นจากงานวิจัยข้างต้นจึงเป็นไปได้ว่านอกจากยีนที่ใช้ในการผลิตเอนไซม์แล้ว แหล่งคาร์บอนที่ใช้ก็มีผลต่อการสะสมพีเอชบีเช่นกัน

### สรุป

การออกแบบไพรเมอร์โดยใช้ยีน *phaC* ของกลุ่มแบคทีเรีย *Bacillus megaterium* เป็นต้นแบบสามารถใช้เพิ่มปริมาณยีน *phaC* ในแบคทีเรีย *Bacillus megaterium* สายพันธุ์ SWU44 ได้ เมื่อนำยีน *phaC* ไปแสดงออกเป็นโปรตีนลูกผสมพีเอชบีซินเทสด้วยระบบ *E. coli* BL21 (DE3) พบมีการแสดงออกของโปรตีนลูกผสมขนาด 41.5 kDa แต่ไม่สามารถกระตุ้นการสะสมพีเอชบีในเซลล์แบคทีเรียได้ จากการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการระบุแบคทีเรียที่มีการสะสมพีเอชบีและศึกษาการแสดงออกของยีนอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการสะสมพีเอชบีเพื่อพัฒนาสายพันธุ์แบคทีเรียและการสังเคราะห์พีเอชบีในหลอดทดลอง

### เอกสารอ้างอิง

ศุภิพร แสงกระจ่าง ปัทมา พลอยสว่าง และปริณดา พรหมหิตาธร.2556.ผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม.วารสารพิษวิทยาไทย; 28(1)

Hiroe, A., Tsuge, K., Nomura, C.T., Itaya, M and Tsuge, T. 2012. Rearrangement of Gene Order in the *phaCAB* Operon Leads to Effective Production of Ultrahigh-Molecular-Weight poly[(R)-3-Hydroxybutyrate] in Genetically Engineered *Escherichia coli*. Applied and Environmental Microbiology. 78(9): 3177–84.

Khanna, S and Ashok K.S. 2005. Statistical Media Optimization Studies for Growth and PHB Production by *Ralstonia eutropha*. Process Biochemistry. 40(6): 2173–82.

Kulprecha, S., Boonruangthavorn, A., Meksiriporn, B and Thongchul, N. 2009. Inexpensive Fed-Batch Cultivation for High poly(3-Hydroxybutyrate) Production by a New Isolate of *Bacillus megaterium*. Journal of bioscience and bioengineering. 107(3): 240–45.

Lorrunguang, C., Martthong, J., Sasaki, K and Noparatnaraporn, N. 2006. Selection of Photosynthetic Bacterium *Rhodobacter Sphaeroides* 14F for

- Polyhydroxyalkanoate Production with Two-Stage Aerobic Dark Cultivation. *Journal of bioscience and bioengineering*. 102: 128-131
- Mahishi, L. H., Tripathi, G and Rawal, S. K. 2003. Poly(3-Hydroxybutyrate) (PHB) Synthesis by Recombinant *Escherichia coli* Harboring *Streptomyces aureofaciens* PHB Biosynthesis Genes: Effect of Various Carbon and Nitrogen Sources. *Microbiological Research*. 158(1): 19–27.
- Montenegro, E., Delabary, G., Silva, M., Andreote, F and Lima, A. 2017. Molecular Diagnostic for Prospecting Polyhydroxyalkanoate-Producing Bacteria. *Bioengineering*. 4(2): 52.
- Mueller, R. J. 2006. Biological Degradation of Synthetic Polyesters-Enzymes as Potential Catalysts for Polyester Recycling. *Process Biochemistry*. 41(10): 2124–2128.
- Nayak, P. K., Mohanty, A. K., Gaonkar, T., Kumar, A., Bhosle, S. N and Garg, S. 2013. Rapid Identification of Polyhydroxyalkanoate Accumulating Members of Bacillales Using Internal Primers for *phaC* Gene of *Bacillus Megaterium*. *ISRN Bacteriology*. 2013: 1–12.
- Pfeiffer, D. and Jendrossek, D. 2014. PhaM Is the Physiological Activator of Poly(3-Hydroxybutyrate) (PHB) Synthase (PhaC1) in *Ralstonia eutropha*. *Applied and Environmental Microbiology*. 80(2): 555–63.
- Rehm, B. H. A and Steinbüchel, A. 1999. Biochemical and Genetic Analysis of PHA Synthases and Other Proteins Required for PHA Synthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*. 25(1): 3–19.
- Tsuge, T., Yano, K., Imazu, S., Numata, K., Kikkawa, Y., Abe, H., Taguchi, S and Doi, Y. 2005. Biosynthesis of Polyhydroxyalkanoate (PHA) Copolymer from Fructose Using Wild-Type and Laboratory-Evolved PHA Synthases. *Macromolecular bioscience*. 5(2): 112–17.
- Tsuge, T., Hyakutake, M and Mizuno, K. 2015. Class IV Polyhydroxyalkanoate (PHA) Synthases and PHA-Producing *Bacillus*. *Applied microbiology and biotechnology*. 99(15): 6231–40.

การผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโม่ไลปินจากกุ้งกุลาดำด้วย *Escherichia coli*  
Production of Recombinant Plasmolipin Protein from Black Tiger Shrimp,  
*Penaeus Monodon y Escherichia coli*

วัชรยา มาตแจ้<sup>1</sup> ศิริขวัญ พลประทีป<sup>2</sup> และ ธิปชัย วัฒนวิจารย์<sup>1,3\*</sup>

Watchalaya Matjank<sup>1</sup>, Sirikwan Ponprateep<sup>2</sup> and Tipachai Vatanavicharn<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>หน่วยวิจัยเคมีวิเคราะห์เชิงประยุกต์, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า  
คุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

<sup>2</sup>ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพฯ

<sup>3</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

<sup>1</sup>Applied Analytical Chemistry Research Unit, Department of Chemistry, Faculty of Science,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Bangkok 10520,  
Thailand

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok

<sup>3</sup>Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology,  
Ladkrabang Bangkok

\* Corresponding author: tipachai\_v@hotmail.com

### บทคัดย่อ

โปรตีนพลาสโม่ไลปินเป็นโปรตีนชนิดโปรตีนโอลิปีดและจัดอยู่ในกลุ่มของ tetraspan (4TM) myelin proteins ซึ่งโปรตีนพลาสโม่ไลปินเป็นตัวรับการติดเชื่อไวรัสห้วเหลืองใน กุ้งกุลาดำ และมีการแสดงออกของยีนพลาสโม่ไลปินเพิ่มขึ้นเมื่อกุ้งกุลาดำติดเชื่อไวรัส ห้วเหลือง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโม่ไลปินจากกุ้งกุลาดำใน *Escherichia coli* เพื่อนำโปรตีนพลาสโม่ไลปินที่ได้ไปใช้ในการศึกษาการจับกับไวรัสห้วเหลือง การผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโม่ไลปินเริ่มจากการเพิ่มปริมาณยีนพลาสโม่ไลปินด้วยเทคนิค พีซีอาร์ พบว่ายีนพลาสโม่ไลปินมีขนาด 558 คู่เบส จากนั้นทำการเชื่อมชิ้นดีเอ็นเอเข้ากับ เวกเตอร์ pMXB10 แล้วจึงทรานสฟอร์มเข้าสู่ *E. coli* BL21 (DE3) เพื่อทำการผลิตโปรตีน ลูกผสม จากการตรวจสอบโปรตีนลูกผสมที่ผลิตได้ด้วยเทคนิค SDS-PAGE และ Western blot พบว่าโปรตีนลูกผสมที่ได้มีขนาด 42 กิโลดาลตัน เนื่องจากออกแบบให้โปรตีนลูกผสม พลาสโม่ไลปิน (18 กิโลดาลตัน) เชื่อมติดกับ chitin binding domain ที่มีขนาด 24 กิโลดาลตัน โปรตีนลูกผสมที่ผลิตได้จะนำไปทำให้บริสุทธิ์ และนำไปตรวจสอบการจับกับไวรัสห้วเหลืองต่อไป

**คำสำคัญ:** พลาสโม่ไลปิน โปรตีนลูกผสม *Escherichia coli*

## Abstract

Plasmolipin is a proteolipid protein, a member of tetraspan (4TM) myelin proteins. Plasmolipin protein was a yellow head virus receptor in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). Moreover, the expression of plasmolipin was up-regulated in black tiger shrimp infected with yellow head virus. In this research, recombinant protein of plasmolipin from black tiger shrimp was produced in *Escherichia coli* for studies yellow head virus binding with plasmolipin. Plasmolipin gene was amplified by PCR technique, the plasmolipin gene had 558 bp. Then, the DNA fragment was ligated with pMXB10 vector and transformed to expression host, *E. coli* BL21 (DE3), to produce a recombinant protein. The recombinant protein was analyzed by SDS-PAGE and western blot analysis. The results showed that the recombinant protein had a molecular weight of 42 kDa, because the recombinant protein plasmolipin (18 kDa) was designed to link to a chitin binding domain of 24 kDa. The recombinant protein will be purified. Then, specific binding of the protein and yellow head virus will be evaluated.

**Keywords:** Plasmolipin, Recombinant protein, *Escherichia coli*

## บทนำ

พลาสโมไลปินเป็นโปรตีนชนิดโปรตีนโพลิพิด และมีขนาด 18 กิโลดาลตัน เนื่องจากสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ จัดอยู่ในกลุ่มของ tetraspan (4TM) myelin protein โปรตีนชนิดนี้จะแทรกอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์และมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมและขนส่งไอออนผ่านเซลล์ โดยโปรตีนพลาสโมไลปินสามารถพบได้ในเยื่อหุ้มเซลล์ตับ และสมองเช่น ในเยื่อหุ้มไมอีลินของระบบประสาทในสมองของสิ่งมีชีวิต เช่น มนุษย์ หนู และกระต่าย เป็นต้น (Bosse et al., 2003; Fischer and Victor, 1994; Hamacher et al., 2001)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่าโปรตีนพลาสโมไลปินเกี่ยวข้องกับการรับเชื้อไวรัส *Mus caroli* endogenous retrovirus (McERV) เข้าสู่เซลล์ ทำให้เกิดการติดเชื้อไวรัสดังกล่าวในหนู (*Mus caroli*) (Miller et al., 2008) และพบว่ายีนพลาสโมไลปินมีการ

ตอบสนองเพิ่มขึ้นต่อการติดเชื้อไวรัสหัวเหลือง (yellow head virus) และไวรัสตัวแดงดวงขาว (White spot syndrome virus) ในกุ้งกุลาดำ (Vatanavicharn et al., 2012)

ในการศึกษาบทบาทของโปรตีนพลาสโมไลปินต่อการติดเชื้อไวรัสในกุ้งกุลาดำ จำเป็นต้องใช้โปรตีนพลาสโมไลปินเป็นจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลปินด้วยแบคทีเรีย *E.coli* สายพันธุ์ BL21(DE3) เพื่อที่จะได้นำโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลปินไปทำให้บริสุทธิ์ และนำไปตรวจสอบการจับกับไวรัสหัวเหลืองต่อไป

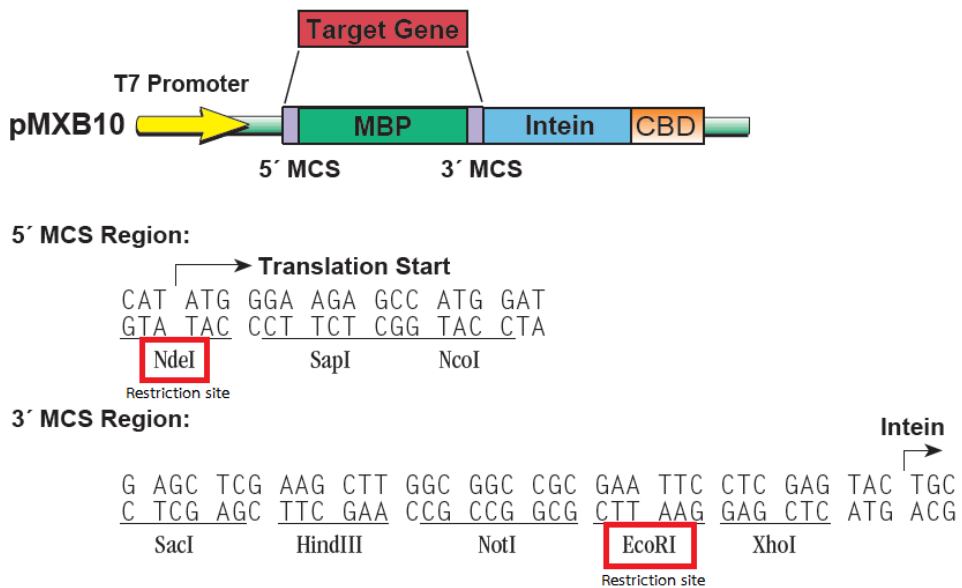
### วิธีการศึกษา

#### 1. การเพิ่มปริมาณยีนพลาสโมไลปินด้วยวิธี Reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR)

ในงานวิจัยนี้ทำการเพิ่มปริมาณ DNA โดยใช้ complementary DNA (cDNA) เป็น DNA ต้นแบบ โดยเริ่มจากการสกัด total RNA จากเหงือกของกุ้งกุลาดำที่ติดเชื้อไวรัสหัวเหลืองด้วยสารละลาย TRI reagent (Molecular Research Center, USA) ด้วยวิธีตามคำแนะนำของคู่มือ จากนั้นสังเคราะห์สาย cDNA โดยใช้ oligo (dT)<sub>18</sub> เป็นไพรเมอร์ร่วมกับชุดคิท RevertAid™ First Strand cDNA synthesis kit (Fermentas, USA) โดยปฏิบัติตามคู่มือที่ให้มา เพิ่มปริมาณ DNA โดยใช้ cDNA ที่สังเคราะห์ได้เป็น DNA ต้นแบบด้วยวิธี PCR โดยได้ทำการออกแบบไพรเมอร์ให้มีความจำเพาะกับยีนพลาสโมไลปิน (GenBank accession code JX012238) และให้มีจุดตัดจำเพาะของเอนไซม์ *NdeI* และ *EcoRI* ดังนี้ PmPLP1-*NdeI*\_F (5'-GGTGGTCATATGCATCATCATCATCACATGGCCGAGACTCACCCCA-3') และ PmPLP1-*EcoRI*\_R (5'-GGTGGTGAACAGGATTGCGCTTGAGGACGG-3') ทำการเพิ่มปริมาณยีนพลาสโมไลปินด้วยวิธี PCR ด้วย RBC *taq* DNA polymerase (RBC Bioscience, Taiwan) ปริมาตรรวมของ PCR 25  $\mu$ l ประกอบด้วย cDNA 1  $\mu$ l, 10 mM Tris-HCl pH 8.8, 50 mM (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.1% Triton X-100, 2.5 mM MgCl<sub>2</sub>, dNTP ชนิดละ 0.2 mM, ไพรเมอร์คู่ละ 0.2  $\mu$ M และ RBC Taq DNA polymerase 1.25 units โดยทำ PCR ด้วยสภาวะดังนี้ ขั้นที่1 pre-denaturation ที่อุณหภูมิ 95°C เวลา 3 นาที ขั้นที่2 ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ denaturation ที่อุณหภูมิ 95°C เวลา 30 วินาที annealing ที่อุณหภูมิ 55°C เวลา 30 วินาที extension ที่อุณหภูมิ 72°C เวลา 30 วินาที โดยทำขั้นที่ 2 ทั้งหมด 30 รอบ ขั้นที่ 3 final extension ที่อุณหภูมิ 72°C เวลา 5 นาที จากนั้นตรวจสอบผลที่ได้ด้วยวิธี Agarose Gel Electrophoresis โดยใช้ Agarose gel ที่ความเข้มข้น 1.2% (w/v)

## 2. การสร้างพลาสมิดลูกผสมพลาสม์โมไลปิน

เมื่อได้ชิ้น DNA ที่มียีนพลาสม์โมไลปินจากการทำปฏิกิริยา PCR แล้ว ทำชิ้น DNA ให้บริสุทธิ์ด้วยชุด Gel purification kit (Favorgen, Taiwan) จากนั้นนำยีนพลาสม์โมไลปินที่ได้ไปตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *NdeI* และ *EcoRI* (NEB, USA) โดยในปฏิกิริยารวม 50  $\mu$ l ประกอบด้วยยีนพลาสม์โมไลปิน 1  $\mu$ g, เอนไซม์ *NdeI* และ *EcoRI* อย่างละ 1 unit, 100 mM Tris-HCl pH 7.5, 50 mM NaCl, 10 mM MgCl<sub>2</sub> และ 0.025% Triton X-100 บ่มที่ 37°C เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นนำชิ้น DNA ที่ได้มาเชื่อมต่อกับเวกเตอร์ pMXB10 ดังแสดงตำแหน่งการเชื่อมต่อชิ้นยีนในรูปที่ 1 ทำการเชื่อมต่อกับเอนไซม์ T4 DNA ligase (NEB, USA) โดยประกอบด้วย ชิ้นยีนพลาสม์โมไลปินและพลาสมิดที่ผ่านการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ อย่างละ 150 และ 200 ng ตามลำดับ, เอนไซม์ T4 DNA ligase 40 units, 50 mM Tris-HCl pH 7.5, 10 mM MgCl<sub>2</sub>, 1 mM ATP และ 10 mM DTT บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำเข้าสู่แบคทีเรีย *Escherichia coli* (*E.coli*) สายพันธุ์ XL1-Blue ด้วยวิธี Heat Shock Transformation ทำการเลี้ยงเซลล์แบคทีเรียที่มีพลาสมิดลูกผสม (*PmPLP*-pMXB10) บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Luria-Bertani (LB) ที่มีแอมพิซิลลิน 100  $\mu$ g/ml เลือกแบคทีเรียโคโลนีขึ้นมาเลี้ยงในอาหารเหลว LB ที่มีแอมพิซิลลิน 100  $\mu$ g/ml เป็นเวลา 1 คืน แล้วทำการสกัดพลาสมิดลูกผสมออกจากแบคทีเรียด้วยชุด Plasmid DNA Extraction kit (Favorgen, Taiwan) โดยปฏิบัติตามคู่มือ จากนั้นนำพลาสมิดลูกผสม *PmPLP*-pMXB10 ที่ได้ไปหาลำดับนิวคลีโอไทด์ (SolGent Co., Ltd.) ก่อนนำพลาสมิดลูกผสมดังกล่าวเข้าสู่แบคทีเรีย *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) ด้วยวิธี Heat Shock Transformation ทำการเลี้ยงเซลล์แบคทีเรียที่มีพลาสมิดลูกผสมบนอาหารเลี้ยงเชื้อ LB agar ที่มีแอมพิซิลลิน 100  $\mu$ g/ml เพื่อนำไปผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสม์โมไลปินต่อไป



รูปที่ 1 แผนผังแสดงตำแหน่งของยีนต่างๆ ในเวกเตอร์ pMXB10

### 3. การผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสมโกลบิน

ทำการเลี้ยงแบคทีเรียที่มีพลาสมิดลูกผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว LB ที่มีแอมพิซิลลิน 100 µg/ml ที่อุณหภูมิ 37°C และเขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที จนได้ค่า OD<sub>600</sub> เท่ากับ 0.6 เหนี่ยวนำให้แบคทีเรียสร้างโปรตีนลูกผสมโดยการเติม isopropyl-β-D-1-thiogalactopyranoside (IPTG) ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 1 mM จากนั้นเลี้ยงแบคทีเรียดังกล่าวต่อที่อุณหภูมิ 37°C และเขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 ชม. โดยทำการเก็บเซลล์แบคทีเรียด้วยการปั่นเหวี่ยงทุกชั่วโมงหลังการกระตุ้นด้วย IPTG เพื่อตรวจสอบการผลิตโปรตีนลูกผสมของแบคทีเรีย ละลายตะกอนเซลล์ที่ได้ด้วย phosphate buffer saline pH 7.4

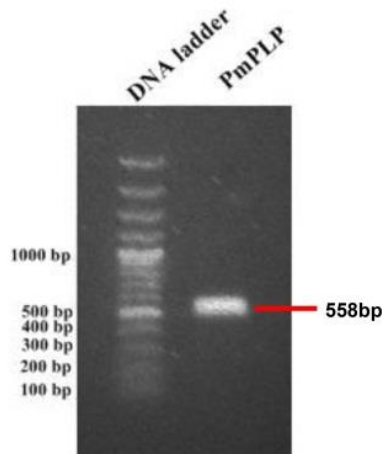
### 4. การตรวจสอบโปรตีนด้วยวิธี SDS-PAGE และ western blot

ทำการสกัดโปรตีนจากตะกอนเซลล์แบคทีเรียจากขั้นตอนข้างต้นด้วยการบ่มกับ SDS loading buffer ที่อุณหภูมิ 95°C เวลา 15 นาที จากนั้นทำการตรวจสอบการผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสมโกลบินด้วยเทคนิค SDS-PAGE โดยใช้ความเข้มข้นของ Acrylamide 12% และนำไปย้อมโปรตีนด้วยสารละลาย Coomassie Brilliant Blue

ทำการตรวจสอบโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลปินด้วยวิธี western blot โดยใช้แอนติบอดีปฐุมภูมิเป็น mouse anti-CBD ที่จับจำเพาะกับ chitin binding domain (CBD) ที่ติดอยู่กับโปรตีนลูกผสม และใช้แอนติบอดีทุติยภูมิเป็น alkaline phosphatase conjugated Goat anti-mouse ที่จับจำเพาะกับ mouse anti-CBD โดยเอนไซม์ alkaline phosphatase จะใช้ NBT-BCIP เป็นซับสเตรทแล้วทำให้เกิดสีขึ้น

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

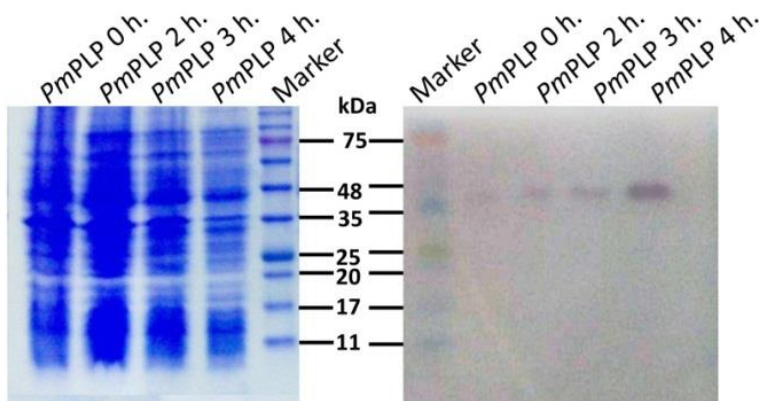
จากการเพิ่มปริมาณยีนพลาสโมไลปินด้วยวิธี PCR เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบด้วยวิธี Agarose gel electrophoresis โดยใช้ agarose ที่ความเข้มข้น 1.2% w/v พบว่าผลิตภัณฑ์ PCR ที่ได้มีขนาด 558 คู่เบส ดังรูปที่ 2 และเมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนพลาสโมไลปินมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank พบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนพลาสโมไลปินมีความเหมือนกับยีนพลาสโมไลปิน ไอโซฟอร์ม 1 (*PmPLP1*) (JX012238) เท่ากับ 99% Identity ตามที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้ของ Vatanavicharn et al. (2012) ที่ได้ทำการศึกษายีนพลาสโมไลปินในกึ่งกุลาดำ และพบว่าในกึ่งกุลาดำมีการแสดงออกของยีนพลาสโมไลปินสองไอโซฟอร์ม คือ ยีนพลาสโมไลปิน ไอโซฟอร์ม 1 (*PmPLP1*) ที่มีขนาด 558 คู่เบส และ ยีนพลาสโมไลปิน ไอโซฟอร์ม 2 (*PmPLP2*) ที่มีขนาด 537 คู่เบส



รูปที่ 2 การเพิ่มปริมาณยีนพลาสโมไลปินด้วยวิธี PCR เมื่อนำมาตรวจวัดด้วย 1.2%w/v Agarose gel Electrophoresis



เมื่อนำพลาสมิดลูกผสมที่มียีนพลาสโมไลบินไปผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลบินด้วยระบบ *E.coli* พบว่า *E.coli* ที่มีพลาสมิดลูกผสม PmPLP-pMXB10 สามารถผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลบินได้โดยการตรวจสอบโปรตีนลูกผสมด้วยเทคนิค Western blot แสดงดังรูปที่ 3 โดยผลที่ได้พบแถบของโปรตีนลูกผสมทั้งก่อนและหลังการกระตุ้นด้วย IPTG เมื่อเปรียบเทียบความเข้มของแถบโปรตีนลูกผสมพบว่าแบคทีเรียสามารถผลิตโปรตีนได้ดีที่สุดที่ชั่วโมงที่ 4 หลังการกระตุ้นด้วย IPTG โดยโปรตีนลูกผสมที่ผลิตได้มีขนาด 42 kDa เกิดจากการออกแบบให้โปรตีนลูกผสมพลาสโมไลบิน (18 กิโลดาลตัน) เชื่อมติดกับ chitin binding domain ที่มีขนาด 24 กิโลดาลตัน เพื่อใช้ในขั้นตอนของการทำให้โปรตีนบริสุทธิ์ด้วย chitin column ต่อไป (IMPACT™ Kit, NEB)



**รูปที่ 3** การแสดงออกของโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลบินหลังจากเหนี่ยวนำด้วย IPTG ที่เวลาต่างๆ โดยตรวจสอบโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE (ซ้าย) และ western blot (ขวา)

### สรุป

การโคลนยีนพลาสโมไลบินตลอดจนการผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลบินจากแบคทีเรีย *E. coli* สายพันธุ์ BL21(DE3) พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณยีนพลาสโมไลบินที่มีขนาด 558 bp ได้ด้วยไพรเมอร์ที่ทำการออกแบบ จากนั้นเมื่อทำการโคลนยีนพลาสโมไลบินเข้าสู่เวกเตอร์ pMXB10 และทำการนำพลาสมิดลูกผสม PmPLP-pMXB10 เข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย *E. coli* สายพันธุ์ BL21(DE3) พบว่าแบคทีเรียสามารถผลิตโปรตีนลูกผสมพลาสโมไลบินได้ในชั่วโมงที่ 4 หลังจากการกระตุ้นด้วย IPTG โดยโปรตีนลูกผสมที่ผลิตได้มีขนาด 42 kDa

---

### เอกสารอ้างอิง

- Bosse, F., Hasse, B., Pippirs, U., Greiner-Petter, R., and Hans-Werner, M. 2003. Proteolipid Plasmolipin: Localization in Polarized Cells, Regulated Expression and Lipid Raft Association in CNS and PNS Myelin. *Journal of Neurochemistry*. 86(2): 508–18.
- Fischer, I., and Victor S. Sapirstein. 1994. Molecular Cloning of Plasmolipin. *The Journal of Biological Chemistry*. 269(40): 24912–19.
- Hamacher, M., Pippirs, U., Kohler, A., Hans-Werner, M and Bosse, F. 2001. Plasmolipin: Genomic Structure, Chromosomal Localization, Protein Expression Pattern, and Putative Association with Bardet-Biedl Syndrome. *Mammalian Genome*. 12(12): 933–37.
- Miller, A. D., Bergholz, U., Ziegler, M., and Stocking, C. 2008. Identification of the Myelin Protein Plasmolipin as the Cell Entry Receptor for Mus Caroli Endogenous Retrovirus. *Journal of virology*. 82(14): 6862–68.
- Vatanavicharn, T., Pongsomboon, S. and Tassanakajon, A. 2012. Two Plasmolipins from the Black Tiger Shrimp , *Penaeus Monodon* and Their Response to Virus Pathogens. *Developmental and Comparative Immunology*. 38(2): 389–94.

ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) จากการคมนาคมบน  
ท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย  
อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

Effects of Particulate Matter (PM<sub>10</sub>) from Road Traffic on Student's Health:  
Case Study of Phra Pathom Wittayalai School Mueang District, Nakhon  
Pathom Province

วรวิฑู คะมนตรี และ ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช

Worrawut Khamontree and Dirakrit Buawech

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Department of Environmental Science, Faculty of Science, Silpakorn University

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องเรียน อาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ (Relative Risk) และการสัมผัสฝุ่นละออง พื้นที่ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับคือ โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ซึ่งอยู่ใกล้กับถนนสายหลัก และโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม ตำบลสระกะเทียม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ซึ่งอยู่ห่างไกลออกไปจากถนนสายหลัก วิธีการศึกษาเป็นแบบ Prospective study ประชากรที่ทำการศึกษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย จำนวน 56 คน และโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม จำนวน 37 คน

ผลการศึกษาพบว่า โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย  $0.247 \pm 0.178$  ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย  $0.110 \pm 0.056$  ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่าในฤดูฝนเด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจไม่แตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม อย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) และในฤดูหนาว เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจแตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม อย่างมีนัยสำคัญ

( $P > 0.05$ ) ส่วนความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ ระหว่างเด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยกับเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม พบว่า ในฤดูฝน เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีความเสี่ยงเป็น 1.272 เท่า ของเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม และในฤดูหนาว เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีความเสี่ยงเป็น 1.355 เท่า ของเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว พบว่า เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีความเสี่ยงในฤดูหนาวเป็น 1.588 เท่า ของฤดูฝน ส่วนเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม มีความเสี่ยงในฤดูหนาวเป็น 1.491 เท่า ของฤดูฝน ส่วนการรับสัมผัส  $PM_{10}$  ของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มศึกษา มีค่าต่ำสุด 0.0060 ไมโครกรัม/ กิโกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน สูงสุด 0.0611 ไมโครกรัม/ กิโกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน และมีค่าเฉลี่ย  $0.0202 \pm 0.0145$  ไมโครกรัม/ กิโกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าต่ำสุด 0.0026 ไมโครกรัม/ กิโกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน สูงสุด 0.0205 ไมโครกรัม/ กิโกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน และมีค่าเฉลี่ย  $0.0089 \pm 0.0045$  ไมโครกรัม/ กิโกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ  $PM_{10}$  การรับสัมผัสพบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีปริมาณ  $PM_{10}$  มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส  $PM_{10}$  ( $0.0202 \pm 0.0145$  ไมโครกรัม/ กิโกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ( $0.0089 \pm 0.0045$  ไมโครกรัม/ กิโกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน)

**คำสำคัญ** ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน การคมนาคม สุขภาพนักเรียน

### Abstract

The aims of this study were to determine the concentration of indoor particulate, respiratory diseases, relative risk and exposure: the comparison between Phra Pathom Witthayalai school, Mueang District, Nakhon Pathom Province as a study group and Srakathiam Witthayakom school, Srakathiam Subdistrict, Mueang District, Nakhon Pathom Province as a control group. The two study areas were located nearby the main road and far from the main road, respectively. The Prospective Study was employed to find the results of

this study. The junior high school students (Grade 9) as the participants of the study were randomly chosen, 56 persons from Phra Pathom Witthayalai School and 37 persons from Srakathiam Witthayakom School.

The results shown that the indoor Particulate Matter (PM<sub>10</sub>) value of average 8 hours of Phra Pathom Witthayalai school was  $0.247 \pm 0.178 \mu\text{g}/\text{m}^3$  while Srakathiam Witthayakom school was  $0.110 \pm 0.056 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . The students from both schools had the same respiratory symptoms in the rainy season with the significant level at 0.05. However, in the cold season, the students from Phra Pathom Witthayalai school shown respiratory symptoms differently from Srakathiam Witthayakom School with the significant level at 0.05. The relative risk of students of Phra Pathom Witthayalai school was 1.272 times compare to the students of Srakathiam Witthayakom school in the rainy season. In the cold season, the students of Phra Pathom Witthayalai School was 1.355 times compare to the student of Srakathiam Witthayakom School. The investigation of relative risk at different period of time indicated that in the cold season Phra Pathom Witthayalai School students had respiratory disorder 1.588 times compare to the rainy season, while in Srakathiam Witthayakom school students had respiratory disorder 1.491 times compare to the rainy season. The lowest quantity of dust exposure of students in the study group was  $0.0060 \mu\text{g}/\text{body weight (kg)}/\text{day}$ , and the highest quantity of dust exposure was  $0.0611 \mu\text{g}/\text{body weight (kg)}/\text{day}$ . The lowest quantity of dust exposure of students in the control group was  $0.0026 \text{mcg}/\text{body weight (kg)}/\text{day}$ , and the highest quantity of dust exposure was  $0.0205 \text{mcg}/\text{body weight (kg)}/\text{day}$ . Comparing the PM<sub>10</sub> of dust exposure of the two groups found that the study group obviously had the PM<sub>10</sub> more than the control group. The dust exposure quantities of the school in the study group was  $[0.0202 \pm 0.0145 \mu\text{g}/\text{body weight (kg)}/\text{day}]$ , while the school in control group was  $[0.0089 \pm 0.0045 \mu\text{g}/\text{body weight (kg)}/\text{day}]$ .

**Keywords:** Particulate Matter (PM<sub>10</sub>), Communication, Student's health

## บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ โดยเฉพาะในพื้นที่กำลังพัฒนา ได้แก่ การขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม การคมนาคมและการขนส่ง การขยายตัวของชุมชนเมือง การก่อสร้างอาคารต่างๆ และการปรับปรุงเส้นทางจราจร เป็นต้น ทำให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการระบายสารพิษออกสู่บรรยากาศ ทั้งในรูปของฝุ่นละออง เขม่า คาร์บอน อันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน แหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญแหล่งหนึ่งก็คือ การคมนาคมและการขนส่ง ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นโดย ในปี 2556 การเพิ่มขึ้นของภาคขนส่งสอดคล้องกับสถิติจำนวนรถที่จดทะเบียนทั่วประเทศ โดยรถยนต์นั่งส่วนบุคคล เพิ่มขึ้นร้อยละ 8 รถบรรทุกส่วนบุคคล เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ( กรมควบคุมมลพิษ, 2558 ) ทำให้เกิดปัญหาสภาพการจราจรที่หนาแน่นและก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยประชาชน โดยเฉพาะฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) ส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจสามารถผ่านเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง และถูกลมปอดได้ เป็นผลทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและโรคปอด ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อปอดเกิดเป็นพังผืด ถุงลมโป่งพองและมีโรคติดเชื้อเพิ่มขึ้นในระบบทางเดินหายใจ (กัลยกร, 2549) อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งก่อสร้างและสิ่งมีชีวิตอื่นๆอีกด้วย จากสถิติอาการเจ็บป่วยปี พ.ศ. 2556 พบว่าผู้ป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจทั่วประเทศต่อประชากร 1,000 คนมีถึง 418.2 คน ซึ่งจัดลำดับผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุป่วยทั่วประเทศ อยู่ในลำดับที่ 1 ของประเทศของอาการเจ็บป่วยทั้งหมด (สรุปรายงานการป่วย, 2558) ในส่วนของจังหวัดนครปฐมได้มีรายงานผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุ (21 กลุ่มโรค) โรคระบบทางเดินหายใจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 – 2558 มีจำนวน 425 624 440 232 และ 464 437 ตามลำดับ (รายงานผู้ป่วยนอกต่อประชากร 1000 ตามกลุ่มสาเหตุ (21 กลุ่มโรค) จังหวัดนครปฐม ปีงบประมาณ 2556 – 2558) ซึ่งมีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจมากเป็นลำดับที่ 1 ของจังหวัด และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ไม่สามารถสรุปได้ว่าอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากฝุ่นละออง แต่จำนวนผู้ป่วยดังกล่าวก็แสดงให้เห็นว่าโรคระบบทางเดินหายใจ ควรมีการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิดและตรวจสอบถึงสาเหตุ พร้อมทั้งวางแผนเพื่อกำหนดมาตรการในการลดผลกระทบของสาเหตุต่างๆ อันนำไปสู่การเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ

สถานศึกษาเป็นสถานที่ที่มีผู้คนอยู่รวมกันเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน และใช้เวลาดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนและกิจกรรมอื่นๆ ประมาณวันละ 8 – 10 ชั่วโมง ประกอบกับสถานศึกษาส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในแหล่งชุมชนหรือแหล่งอุตสาหกรรม มีการจราจรที่สะดวก

เช่น ตั้งอยู่ติดกับถนนสายหลัก ทั้งนี้เพื่อที่จะอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนและผู้ปกครองในการเดินทางมาโรงเรียน แต่การคมนาคมเป็นเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางอากาศ ซึ่งมีปัญหาฝุ่นละอองเป็นปัญหาหลัก จึงเล็งเห็นความสำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศ ที่ทำให้สถานศึกษาเหล่านี้ต้องรับผลกระทบจากสภาวะฝุ่นละอองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ปริมาณฝุ่นละอองที่นักเรียนมีความเสี่ยงได้รับสัมผัสในแต่ละวัน เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายเป็นเวลานานทำให้เกิดการเจ็บป่วยอันมีสาเหตุมาจากฝุ่นละออง โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยลักษณะความรุนแรงของอาการ ที่แสดงขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ฤดูกาลและการรับสัมผัสฝุ่นละออง ดังนั้นจึงศึกษาความแตกต่างปริมาณฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) ภายในห้องเรียน ความเสี่ยงและปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) ของนักเรียนโรงเรียนที่อยู่ใกล้ถนนสายหลักกับโรงเรียนที่อยู่ไกลถนนสายหลัก

### วิธีการศึกษา

การศึกษานี้มีการเก็บข้อมูล 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) ภายในห้องเรียนและการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม โดยเริ่มดำเนินการศึกษาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2559 – มีนาคม 2560 การเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง/ สัปดาห์ วันละ 8 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 30 ครั้ง โดยจะทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองพร้อมกันทั้งโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่ใช้ในการศึกษา ตามร่างประกาศกรมอนามัย เรื่องมาตรฐานคุณภาพอากาศที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย ที่กำหนดค่าที่ยอมรับได้ 8 ชั่วโมง ของปริมาณฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) เท่ากับ 50 ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร (กรมอนามัย, 2558)

เครื่องมือและอุปกรณ์การเก็บฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) ในห้องเรียนประกอบด้วย

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (Personal Pump)        | 4 เครื่อง (สำรอง 2 เครื่อง) |
| 2. กระจาด مخروطชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)          | 60 แผ่น                     |
| 3. แผ่นพยางค์กระจาด (Support Pad)                  | 60 แผ่น                     |
| 4. ตลับกระจาด 2 ชั้น (Filter Cassette)             | 60 ชุด                      |
| 5. ไซโคลน เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ข้อต่อและสายยาง | 2 ชุด                       |
| 6. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง             | 1 เครื่อง                   |
| 7. โถดูดความชื้น (Desiccator)                      | 1 เครื่อง                   |
| 8. ขาตั้งแบบ 3 ขา (Tripod)                         | 2 ชุด                       |
| 9. ชุดปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศ                 | 1 ชุด                       |

10. ชุดประจุไฟ (Charger)	1 ชุด
11. ปากคีบปลายมน (Forcep)	1 อัน
12. เทปกระดาษขาว	1 ม้วน

การเก็บปริมาณฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) ในห้องเรียนเริ่มดำเนินการศึกษานำกระดาษ PVC มาไว้ในเครื่องดูดความชื้น ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง เพื่อหาน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง แล้วนำกระดาษ PVC ที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาใส่ในตลับกระดาษกรองเก็บตัวอย่างโดยใส่กระดาษ PVC ก่อนตามด้วย แผ่นพุงกระดาษกรองและปิดฝาตลับกระดาษกรองแล้วจึงต่อเข้ากับ Cyclone และต่อเข้ากับ เครื่อง Personal Pump ด้วยสายยาง ซึ่งได้ปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศเครื่อง Personal Pump อยู่ที่ 2 ลิตร/นาที ในช่วงดำเนินการจะติดตั้งเครื่อง Personal Pump ในห้องเรียน ห้องละ 1 เครื่อง ตั้งเครื่อง Personal Pump ไว้บนขาตั้งสามขาที่ความสูงจากระดับที่นักเรียนนั่งเก้าอี้ในห้องเรียนที่ระดับจมนักเรียน โดยเครื่องจะติดตั้ง Cyclone สำหรับเก็บฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) ห้องเรียนที่ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองทั้งโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ให้ห้องเรียนที่ศึกษาอยู่ในแนวระดับเดียวกัน (ชั้น 2) มีลักษณะกิจกรรมภายในห้องเรียนใกล้เคียงกันจะเริ่มดำเนินการตรวจวัดตั้งแต่เวลา 8.00 – 16.00 น. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จุดที่ตั้งเครื่องตรวจวัดตั้งอยู่กลางห้องเรียน เพื่อเป็นตัวแทนอากาศในห้องเรียน หลังจากเก็บปริมาณฝุ่นละอองในห้องเรียนเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำกระดาษ PVC ที่เก็บฝุ่นละออง (PM<sub>10</sub>) มาไว้ในเครื่องดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง เพื่อหาน้ำหนักของกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง และนำน้ำหนักของกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง ลบด้วยน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง หาค่าด้วยอัตราการไหลของอากาศคูณเวลาที่ทำการตรวจวัดจะได้ ปริมาณฝุ่นละออง ในอากาศ

ทำการเก็บข้อมูลแบบสอบถามนักเรียนโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ ซึ่งแบบสอบถามดังกล่าวได้ศึกษาจากเอกสารและการศึกษาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำขึ้นและได้นำแบบสอบถามที่จัดทำขึ้นปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ เก็บข้อมูลแบบสอบถาม ช่วงฤดูฝน 1 ครั้ง และช่วงฤดูหนาว 1 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์และสรุปผล



ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และ SPSS  
Statistic 17.0

1. ค่าเฉลี่ย (Average) พิสัย (Range) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับอธิบายข้อมูลปริมาณ  $PM_{10}$  ที่ตรวจวัดได้ทั้งหมด
2. ใช้สถิติ (T-test) เพื่อทดสอบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณ  $PM_{10}$  ระหว่างโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ
3. ใช้วิธีคำนวณ (Average Daily Intake หรือ ADI) คำนวณหาปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยรายวันของนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ
4. ใช้วิธีคำนวณ (Relative Risk) สำหรับวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจ ระหว่างเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษากับโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ความเสี่ยงระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว
5. ค่าร้อยละ ใช้อธิบายข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม ข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจ ที่ได้จากแบบสอบถามนักเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

นำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์มาสรุปผลการศึกษา

### ผลการศึกษา

จากการศึกษาผลกระทบ ( $PM_{10}$ ) ภายในห้องเรียนที่มีผลต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ปริมาณ ( $PM_{10}$ ) ภายในห้องเรียน
2. ปริมาณความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียน
3. ผลการตรวจวัดปริมาณการรับสัมผัส ( $PM_{10}$ ) ในห้องเรียน

**ตารางที่ 1** ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษา  
และกลุ่มเปรียบเทียบ

	ปริมาณฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> เฉลี่ย 8 ชั่วโมง (ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร)	
	โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย	โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม
เฉลี่ย	0.247	0.110
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.178	0.056

จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย 0.247 ± 0.178 ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร ส่วนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย 0.110 ± 0.056 ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร

จากข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจ พบว่าในฤดูฝนเด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจไม่แตกต่างจากเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม อย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) และในฤดูหนาว เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจแตกต่าง จากเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคมอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

**ตารางที่ 2** ปริมาณความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจ  
อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย

	ปริมาณความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียน โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย ( เท่า/ ของเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม )	
	ฤดูฝน	1.272
ฤดูหนาว	1.355	

จากตารางที่ 2 ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ ระหว่างเด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย กับเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคมพบว่าในฤดูฝน เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีความเสี่ยงเป็น 1.272 เท่า ของเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม และในฤดูหนาว เด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีความเสี่ยงเป็น 1.355 เท่า ของเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม

**ตารางที่ 3** ปริมาณความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนในฤดูหนาว

โรงเรียน	ปริมาณความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการของเด็กนักเรียนในฤดูหนาว (เท่า/ ของฤดูฝน)
พระปฐมวิทยาลัย	1.588
สระกะเทียม วิทยาคม	1.491

จากตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจอาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการระหว่างฤดูฝนกับฤดูหนาว พบว่าเด็กนักเรียนโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย มีความเสี่ยงในฤดูหนาวเป็น 1.588 เท่า ของฤดูฝน ส่วนเด็กนักเรียนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม มีความเสี่ยงในฤดูหนาวเป็น 1.491 เท่า ของฤดูฝน

**ตารางที่ 4** ผลการตรวจวัดปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละออง PM<sub>10</sub> ในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละออง PM <sub>10</sub> เฉลี่ย 8 ชั่วโมง (ADI) (ไมโครกรัม/กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน)	
	โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย	โรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคม
พิสัย	0.0060-0.0611	0.0026-0.0205
เฉลี่ย	0.0202	0.0089
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0145	0.0045

จากตารางที่ 4 การรับสัมผัส  $PM_{10}$  ของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มศึกษา มีค่าต่ำสุด 0.0060 ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน สูงสุด 0.0611 ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย  $0.0202 \pm 0.0145$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าต่ำสุด 0.0026 ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน สูงสุด 0.0205 ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย  $0.0089 \pm 0.0045$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ  $PM_{10}$  การรับสัมผัสพบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณ  $PM_{10}$  มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส  $PM_{10}$  ( $0.0202 \pm 0.0145$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ( $0.0089 \pm 0.0045$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/ วัน)

### วิจารณ์

ผลการศึกษาพบว่า โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีปริมาณ  $PM_{10}$  เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย  $0.247 \pm 0.178$  ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร ส่วนโรงเรียนสระกะเทียมวิทยาคมมีปริมาณ  $PM_{10}$  เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย  $0.110 \pm 0.056$  ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาปริมาณ  $PM_{10}$  เทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองภายในอาคารตามร่างประกาศกรมอนามัย เรื่องมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย ที่กำหนดค่าที่ยอมรับได้ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 50 ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร (กรมอนามัย, 2558) พบว่าปริมาณ  $PM_{10}$  ภายในห้องเรียนของโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนมีความปลอดภัย

จากการเก็บข้อมูลอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจ พบว่าความเสี่ยงของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่มีต่อเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว (1.355 เท่า) สูงกว่า ในฤดูฝน (1.272 เท่า) ซึ่งผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ สัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองที่เพิ่มมากขึ้น ในช่วงฤดูหนาว เช่นเดียวกับผลการศึกษาอาการและอาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ

ผลการศึกษารับสัมผัส PM<sub>10</sub> ของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มศึกษา มีค่าต่ำสุด 0.0060 ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน สูงสุด 0.0611 ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย  $0.0202 \pm 0.0145$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าต่ำสุด 0.0026 ไมโครกรัม/ กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย/วัน สูงสุด 0.0205 ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน และมีค่าเฉลี่ย  $0.0089 \pm 0.0045$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ PM<sub>10</sub> การรับสัมผัสพบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีปริมาณ PM<sub>10</sub> มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส PM<sub>10</sub> ( $0.0202 \pm 0.0145$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ( $0.0089 \pm 0.0045$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย/วัน) สอดคล้องกับการศึกษาของ ปรีญาพร (2556) โรงเรียนที่อยู่ใกล้โรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละออง มากกว่าโรงเรียนที่อยู่ไกลโรงงานอุตสาหกรรม

### สรุป

จากผลการศึกษสามารถสรุปได้ดังนี้

ปริมาณ PM<sub>10</sub> ผลการศึกษาพบว่า โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัยมีปริมาณ PM<sub>10</sub> เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย  $0.247 \pm 0.178$  ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร ส่วนโรงเรียน สระกะเทียมวิทยาคมมีปริมาณ PM<sub>10</sub> เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ภายในห้องเรียน ค่าเฉลี่ย  $0.110 \pm 0.056$  ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาปริมาณ PM<sub>10</sub> เทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละออง ภายในอาคารตามร่างประกาศกรมอนามัย เรื่องมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย ที่กำหนดค่าที่ยอมรับได้ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 50 ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร (กรมอนามัย, 2558) พบว่าปริมาณ PM<sub>10</sub> ภายในห้องเรียนของ โรงเรียนในกลุ่มศึกษาและโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนมีความปลอดภัย

ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ พบว่า ความเสี่ยงของเด็กนักเรียนในกลุ่มศึกษาที่มีต่อเด็กนักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ในฤดูหนาว (1.355 เท่า) สูงกว่า ในฤดูฝน (1.272 เท่า) ซึ่งผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดอาการ และอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ อาการใดอาการหนึ่งหรือหลายอาการ สัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองที่เพิ่มมากขึ้น ในช่วงฤดูหนาว เช่นเดียวกับผลการศึกษาอาการและ

อาการแสดงของโรกระบบทางเดินหายใจของเด็กนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนในกลุ่มศึกษา และกลุ่มเปรียบเทียบ

การรับสัมผัส  $PM_{10}$  ของนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มค่าเฉลี่ย  $0.0202 \pm 0.0145$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัม ของน้ำหนักร่างกาย/วัน โรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ มีค่าเฉลี่ย  $0.0089 \pm 0.0045$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย/วัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ  $PM_{10}$  การรับสัมผัสพบว่า โรงเรียนในกลุ่มศึกษา มีปริมาณ  $PM_{10}$  มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสของนักเรียนในกลุ่มศึกษาอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ โรงเรียนในกลุ่มศึกษามีปริมาณการรับสัมผัส  $PM_{10}$  ( $0.0202 \pm 0.0145$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย/วัน) มากกว่าโรงเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ ( $0.0089 \pm 0.0045$  ไมโครกรัม/ กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย/วัน)

#### ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณแสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นละอองที่เพิ่มมากขึ้นภายในห้องเรียนมีผลทำให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจและความเสี่ยงต่อโรกระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะในฤดูฝน ซึ่งทางโรงเรียนควรมีการเฝ้าระวังมากยิ่งขึ้น เช่น การปลูกต้นไม้เป็นแนวชิดกัน เพื่อป้องกันและลดการกระจาย ของฝุ่นละออง
2. หน่วยงานราชการที่ส่วนเกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานสาธารณสุขควรมีการจัดอบรมให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายของฝุ่นละอองและการป้องกันให้กับชุมชนในพื้นที่เสี่ยง
3. ควรมีการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของฝุ่นละอองแก่โรงเรียน ที่มีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากฝุ่นละออง เพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายของฝุ่นละออง เพื่อใช้เป็นแนวทางการวางแผนป้องกันและแก้ไข
4. โรงเรียนในพื้นที่ควรมีการรวมกลุ่ม แลกเปลี่ยนข้อมูล เพื่อใช้เป็นแนวทางการวางแผนป้องกันความเสี่ยงอันตรายจากฝุ่นละออง

### เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2558. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2557. กระทรวง  
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมอนามัย. 2558. ร่างเอกสารท้ายประกาศ ประกาศกรมอนามัย เรื่อง มาตรฐานคุณภาพ  
อากาศภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับอาคารในประเทศไทย. สำนักพิมพ์กรม  
อนามัย, กรุงเทพมหานคร.
- กัลยกร ตั้งอุไรวรรณ. 2549. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีของฝุ่น  
ละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในจังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรียาภรณ์ เหมวัตร. 2556. ปริมาณและการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองในโรงเรียนใกล้แหล่ง  
อุตสาหกรรม อ.เมือง จังหวัดราชบุรี. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตร  
มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- สาธารณสุขจังหวัดนครปฐม (สรุปรายงานการ ป่วย, 2558) ในส่วนของจังหวัดนครปฐม  
รายงานผู้ป่วยนอกตามกลุ่มสาเหตุ (21 กลุ่มโรค) โรคระบบทางเดินหายใจตั้งแต่ปี  
พ.ศ. 2556-2558.

ระบบประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุในเด็ก 0-3 ปี แบบเฉพาะบุคคล  
ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

A Dental Caries Risk Self-assessment of 0-3-year-old Children  
Based-on Web Application

กฤษฎิษฐ์ ชุสุวลักษณ์<sup>1\*</sup> วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์<sup>1</sup> จริญญา หุ่นศรีสกุล<sup>2</sup> และ นวพร ลัคณาทินพร<sup>2</sup>  
Krispusis Chusuwalux<sup>1\*</sup>, Watcharawalee Tangkuptanon<sup>1</sup> Jaranya Hunsrisakhun<sup>2</sup>  
and Nawaporn Lukkanatinnaporn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์

<sup>2</sup>ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

<sup>1</sup>Program in Management of Information Technology, Faculty of Engineering,

<sup>2</sup>Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry,

Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla

\* Corresponding author: 5910121038@psu.ac.th

บทคัดย่อ

โรคฟันผุในเด็กหากไม่ได้รับการรักษาจะส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตทั้งทางร่างกายและสมอง เช่น แคระแกร็น พัฒนาการไม่เท่าที่ควร ดังนั้น การส่งเสริมให้ประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุของเด็ก การได้รับคำแนะนำ และการดูแลให้เหมาะสมกับระดับความเสี่ยงเฉพาะบุคคลจึงสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้ปกครองเพื่อการดูแลปากและฟันของบุตรหลานบทความวิจัยนี้นำเสนอผลการพัฒนาระบบประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุในเด็ก 0-3 ปี โดยผู้ปกครองสามารถทำได้ด้วยตนเองผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ด้วยการตอบคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อโรคฟันผุ 7 ข้อ เพื่อให้ระบบประมวลผลตามเกณฑ์จากผลการวิจัยด้านทันตกรรมในบริบทประเทศไทย ซึ่งระบบจะแจ้งผลการประเมินความเสี่ยงให้ทราบทันทีและสามารถส่งผลไปยังสื่อสังคมออนไลน์เพื่อเชิญชวนบุคคลใกล้ชิดให้ตระหนักถึงการดูแลสุขภาพปากและฟันและเข้าร่วมประเมินความเสี่ยงดังกล่าวต่อไป อนึ่ง การพัฒนาระบบมุ่งเน้นด้านการรองรับการใช้งานจากหลากหลายอุปกรณ์อย่างเหมาะสม ซึ่งเครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบ ประกอบด้วย HTML5 CSS3 JavaScript jQuery NodeJS และ MySQL ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบและนำสู่ผู้ใช้งานในวงกว้างต่อไป



จึงกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบประกอบด้วย ระบบใช้งานง่าย การทำงานไม่ซับซ้อน ผู้ใช้มีแนวโน้มใช้อย่างสม่ำเสมอ ผู้ใช้มีความมั่นใจในการใช้งาน และผู้ใช้สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ด้วยตนเอง

**คำสำคัญ:** เว็บแอปพลิเคชัน แบบประเมินพฤติกรรมเสี่ยง โรคฟันผุในเด็ก ทันตกรรมสำหรับเด็ก

### Abstract

Dental caries in children is very sensitive. If their teeth do not get any medical care or any dentist care, it might effect both body and brain. For examples, they have a chance to be dwarfed and health development is not as good as it should be. Therefore, the encourage to people on dental caries risk self-assessment of children; getting advice from expert, and appropriate care to individual risk are important to and helpful to parent. In order to keep taking care of their children's oral health. This research presents the result on the development of a dental caries risk self-assessment system of 0-3-year-old children. In the same way, parent can complete the self-assessment by themselves through the application, by answering 7 questions base on their behavior. This application was validated from Thailand criteria dental research. The system will immediately inform the result to observer. More than that, the result can be inform via online to convince their friend to be aware of oral health and participate in the risk self-assessment. The development is mainly emphasize on users friendly interface, as it can adapt to many devices on the screen. The development tool is composed of; HTML5, CSS3, JavaScript, jQurey, NodeJS and MySQL. Hence, in order to be a guideline for quality improvement of the system. Moreover, to expand the circle of user, we have divided the system quality indicator consist of ease of use, simple, frequently use, confident use, and learnability

**Keywords:** Web application, Assessment of risk behavior, Dental caries in children, Pediatric dentistry

## บทนำ

การดูแลสุขภาพฟันเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากที่ควรเริ่มดูแลรักษาตั้งแต่วัยเด็กเนื่องจากในปัจจุบันการดูแลรักษาฟันเด็กในช่วงอายุ 0-3 ปี มีปัญหาบางประการที่ทำให้ผู้ปกครองหรือผู้ดูแลไม่สามารถนำบุตรหลานเข้ารับการรักษาหรือตรวจสุขภาพฟันได้ เช่น ข้อจำกัดด้านเวลาที่ไม่สามารถนำบุตรหลานเข้ารับการตรวจ หรือ ข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่าย ค่ารักษา ค่าเดินทาง ค่าอาหารระหว่างวันหากต้องรอตรวจเป็นเวลานาน ทั้งนี้ การดูแลช่องปากของเด็กถือเป็นการดูแลให้ดีตั้งแต่แรกเริ่มเพื่อมีทันตสุขภาพที่ดีต่อไป งานวิจัยในอดีตพบว่าผู้ปกครองที่ได้รับความรู้เกี่ยวกับการป้องกันฟันผุและมีการปฏิบัติตามอย่างเหมาะสมแล้วเด็กจะเกิดโรคฟันผุน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่เคยความรู้หรือไม่ได้ปฏิบัติตามคำแนะนำ (ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551) อนึ่ง ปัจจุบันมีการเผยแพร่ความรู้ด้านการดูแลช่องปากของเด็กผ่านสื่อต่างๆ เช่น สังคมออนไลน์ Facebook Youtube หนังสือ และแผ่นพับ แต่การเผยแพร่ในรูปแบบดังกล่าวโดยส่วนมากมักจะเกิดผลและได้รับความสนใจก็ต่อเมื่อปัญหาได้เกิดขึ้นแล้ว เช่น เด็กมีฟันผุที่เห็นได้ชัดเจนแล้ว..ผู้ปกครองจึงค้นหาวิธีการแก้ไข

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเว็บแอปพลิเคชันมาช่วยในการเผยแพร่ความรู้ดังกล่าวผ่านการประเมินความเสี่ยงฟันผุในเด็กช่วงอายุระหว่าง 0-3 ปี พร้อมกับข้อมูลในการดูแลสุขภาพในช่องปากซึ่งเกณฑ์การประเมินและข้อมูลต่างๆ อ้างอิงจากงานวิจัยของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2558) โดยมุ่งเน้นด้านการรองรับการใช้งานจากหลากหลายอุปกรณ์อย่างเหมาะสมเพื่อสามารถเผยแพร่ความรู้ได้ในวงกว้าง ทั้งนี้ การประเมินในแต่ละครั้งจะมีผลเฉพาะแต่ละบุคคลเนื่องจากอ้างอิงจากการประเมินของบุคคลนั้น และยังให้ความสำคัญด้านการดึงดูดความสนใจของผู้ที่ได้พบเห็น เช่น ความสวยงามนำใช้ความสนุกสนานในการใช้งาน และความถูกต้องข้อมูลที่เผยแพร่ เป็นต้น ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุในเด็ก 0-3 ปี ซึ่งสามารถเผยแพร่ข้อมูลผ่านสื่อสังคมออนไลน์เพื่อให้สอดคล้องกับยุคไทยแลนด์ 4.0 และง่ายต่อการส่งต่อความรู้ระหว่างผู้ปกครอง

## วิธีการศึกษา

### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างในบทความนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มของการประเมินแบบสอบถาม SUS โดยผู้ดูแลเด็กจำนวน 20 คน ที่มีอายุแตกต่างกัน เนื่องจาก

เว็บแอปพลิเคชันนี้ผู้วิจัยต้องการกระจายความรู้สู่กลุ่มคนที่เป็นผู้ปกครองและผู้ดูแลเด็กจึงทำให้มีช่วงอายุที่ต่างกัน และผู้ใช้งานที่มีวิชาชีพด้านไอทีจำนวน 5 คน

## 2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 ศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูล

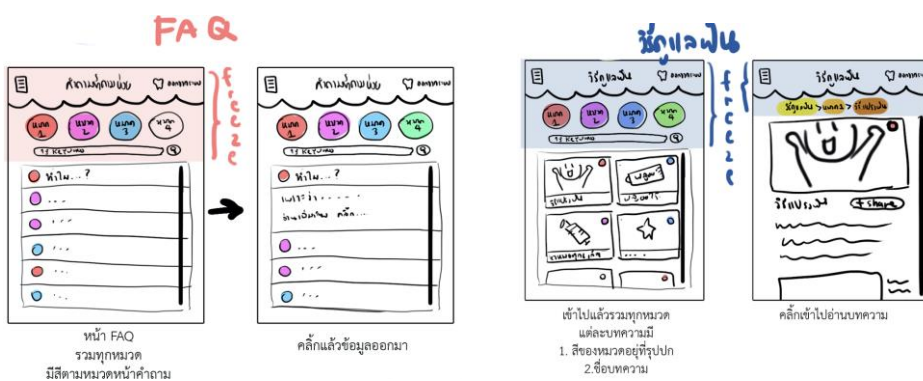
1) ศึกษาเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงฟันผุในเด็ก 7 ข้อดังต่อไปนี้ (1) เด็กมีคราบจุลินทรีย์ที่เห็นได้ชัดเจนบนฟันหน้า (2) เด็กมีฟันหน้าผุ (3) ผู้เลี้ยงดูมีฟันผุหรือถอนฟันจากอาการฟันผุในระยะ 6 เดือน (4) ความถี่ในการรับประทานอาหารว่างเครื่องดื่มน้ำตาลระหว่างมื้อมากกว่าหรือ เท่ากับ 3 ครั้งต่อวัน (5) ไม่ใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ (6) การใช้ขวดนมสำหรับนมที่มีรสหวานและเครื่องดื่มที่มีน้ำตาล (7) ใช้การกินนมเพื่อกล่อมให้เด็กหลับ

### 2.2 วิเคราะห์ความต้องการจากผู้ใช้และความต้องการจากระบบ

รวบรวมความต้องการจากผู้ใช้ เช่น การแสดงผลหลากหลายขนาดหน้าจอ, ใช้งานได้หลายแพลตฟอร์ม และความต้องการจากผู้พัฒนาระบบเช่น โปรแกรมหรือเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนา เช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล แท็บเล็ต โทรศัพท์เคลื่อนที่ สมาร์ทโฟน.

### 2.3 ออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบและการจัดวางตำแหน่ง

ศึกษารูปแบบการออกแบบที่เป็นมิตรและเน้นความถูกต้องของผลการประเมินตามเกณฑ์ของงานวิจัยด้านทันตกรรมในบริบทประเทศไทยและความง่ายรวดเร็วมากที่สุดสำหรับผู้ใช้หรือผู้ปกครองดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างการออกแบบตำแหน่งการแสดงผล

## 2.4 พัฒนาระบบ

ผู้วิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์ที่นำมาพัฒนาระบบให้เหมาะสมมีดังนี้โดยแบ่งได้สองประเภทตามลักษณะการทำงานคือ 1) ฝั่งเครื่องแม่ข่าย ประกอบไปด้วย Web Server ชื่อ Node.js ฝั่งระบบปฏิบัติการต่างๆ ของ เว็บแอปพลิเคชัน MySQL ใช้สำหรับเก็บข้อมูล เช่น ปัญหาที่พบบ่อย และผลการประเมินความเสี่ยงแบบรายบุคคล 2) ฝั่งเครื่องลูกข่าย โดยใช้งานระบบผ่านโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ซึ่งสามารถ รับ อ่าน และ ส่ง ข้อมูลได้ตามมาตรฐาน โพรโทคอลการรับส่งข้อมูลแบบ HTTP

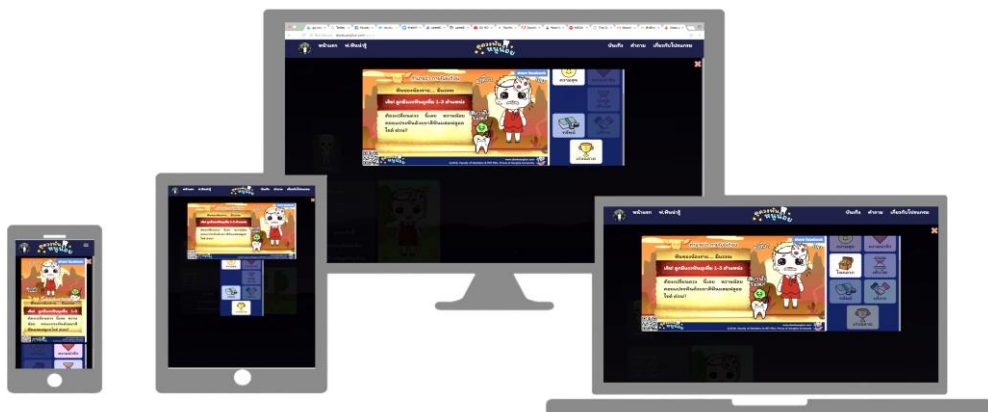
## 2.5 ทดสอบและประเมินผล

1).ทดสอบด้านความหลากหลายในการใช้งานบนอุปกรณ์เช่น คอมพิวเตอร์ ส่วนบุคคล แท็บเล็ต โทรศัพท์เคลื่อนที่ สมาร์ทโฟน

2) ทดสอบด้านการดึงดูดความสนใจ ทดสอบความสวยงามด้วยแบบประเมิน System Usability Scale เนื่องจากเว็บแอปพลิเคชันสิ่งที่ควรให้ความสำคัญคือการดึงดูดใจผู้ใช้เมื่อแรกเห็น และง่ายต่อการใช้นั้นผู้วิจัยจึงนำแบบประเมิน SUS เข้ามาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินเว็บแอปพลิเคชัน

## ผลการศึกษา

ผลการพัฒนาระบบประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุในเด็ก 0-3 ปี แบบเฉพาะบุคคลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตรงตามความต้องการที่กำหนดไว้ ดังตัวอย่างหน้าจอรระบบแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอรระบบที่แสดงผลบนอุปกรณ์หลากหลาย

จากรูปที่ 2 แสดงผลการประเมินความเสี่ยง ตัวอย่างการแสดงผลหลากหลายขนาด หน้าจอบนอุปกรณ์ที่ต่างกัน ทั้งนี้จะเห็นว่าโปรแกรมใช้ภาพการ์ตูนที่มีเอกลักษณ์เพื่อดึงดูดให้ใช้งาน และแสดงข้อความที่สั้น กระชับ เข้าใจง่าย และผู้ใช้สามารถแชร์ผลการประเมินผ่าน Facebook เพื่อเชิญชวนผู้สนใจมาใช้ระบบ ซึ่งถือเป็นการเพิ่มจำนวนผู้เข้าถึงความรู้ด้านการดูแลช่องปากของเด็กได้เป็นอย่างดี ซึ่งผลการสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างและผลการประเมินจากหลายช่วงอายุแสดงดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แสดงคะแนน SUS เฉลี่ยจากกลุ่มผู้ทดสอบเว็บแอปพลิเคชัน

กลุ่มผู้ใช้งาน	ช่วงอายุ	คะแนน SUS เฉลี่ย
ผู้ใช้งานที่มีวิชาชีพด้านไอที	20 - 40 ปี	72.5
	20 - 29 ปี	75.5
	30 - 39 ปี	80.2
	50 - 60 ปี	60.7
<b>คะแนนเฉลี่ย</b>		<b>72.2</b>

### สรุป

ระบบประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุในเด็ก 0-3 ปี แบบเฉพาะบุคคลที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้ปกครองสามารถใช้งานได้ด้วยตนเองผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งระบบสามารถแจ้งผลการประเมินความเสี่ยงให้ทราบทันทีและสามารถส่งผลไปยังสื่อสังคมออนไลน์ ทั้งนี้การนำเครื่องมือ SUS เข้ามาประเมินการทำงานของโปรแกรมโดยเน้นด้านการใช้งานโดยผู้ใช้ที่เป็นผู้ปกครองและผู้ดูแลเด็ก และใช้งานที่มีวิชาชีพด้านไอทีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยรวมทั้งกลุ่มคือ 72.2 เมื่อนำผลคะแนนการประเมินมาเทียบเคียงกับเกณฑ์การประเมินด้วยเครื่องมือ SUS ผลที่ได้คือเกณฑ์ C+ คือระดับพอใช้ เนื่องจากการออกแบบระบบคำนึงถึงความสวยงามน่าใช้ และความถูกต้องข้อมูลที่เผยแพร่ จึงทำให้โปรแกรมนี้นี้มีความเป็นมิตรกับผู้ใช้และได้รับความร่วมมือจากผู้ใช้เป็นอย่างดี

### งานวิจัยต่อไปในอนาคต

หลังจากทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะแล้ว ผู้วิจัยจะทดลองระบบอีกครั้งโดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน ซึ่งเป็นตัวแทนจากบริษัทเขตชนบท ได้แก่ ต.คลองยางแดง และ ต.นาสีทอง อ.รัตภูมิ จำนวน 50 คน และตัวแทนจากบริษัทเขตเมือง ได้แก่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 50 คน เพื่อศึกษาผลการนำไปใช้จริงในวงกว้างต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็กคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551. ทันตกรรมป้องกันในเด็กและวัยรุ่น. กรุงเทพฯ: ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, เบสท์บุ๊คส์ออนไลน์, น.81.
- คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2558. แบบประเมินความเสี่ยงในการเกิดฟันผุสำหรับเด็กอายุ 0-3 ปี. (เว็บแอปพลิเคชัน). สืบค้นจาก <http://oitip-c.space.psu.ac.th/2/start.html>
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ กันยายน 2560. แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาเพื่อส่งเสริมสุขภาพและพัฒนาการเด็กไทย ปีที่ 2 สืบค้นจาก [www.hsri.or.th/researcher/research/new-release/detail/8757](http://www.hsri.or.th/researcher/research/new-release/detail/8757)
- Lewis J.R., Sauro J. 2009. The Factor Structure of the System Usability Scale. In: Kurosu M. (eds) Human Centered Design. HCD 2009. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 5619. Springer, Berlin, Heidelberg.
- ปรัชญนันท์ นิลสุข วารสารวิชาการของสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยรังสิต ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2546, การประเมินคุณภาพเว็บข้อมูลสารสนเทศ สืบค้นจาก <http://www.prachyanun.com/artical/webevaluation.html>

โปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการเผยแพร่ความรู้ด้านทันตกรรม  
ด้วยเทคนิคการพัฒนาแบบข้ามแพลตฟอร์ม  
Mobile Application for Knowledge Sharing in Dental Health with  
Cross-Platform Development Technique

พงษ์เจริญ สารaweก<sup>1\*</sup> วัชรวลิ ตั้งคูปตานนท<sup>1</sup> และ นิธิ ถานนท<sup>2</sup>

Pongcharoen Sarawek\*, Watcharawaree Tangkuptanon and Nithi Thanon

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

<sup>2</sup>คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hatyai Campus, Songkhla

<sup>2</sup>Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai Campus, Songkhla

\* Corresponding author: pongcharoen.s@gmail.com

### บทคัดย่อ

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีแนวโน้มมากขึ้นสอดคล้องกับปริมาณผู้ใช้งานซึ่งมีจำนวนมากที่พัฒนาในรูปแบบเฉพาะสำหรับระบบปฏิบัติการนั้นอันมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น รองรับระบบปฏิบัติการอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ หากต้องการให้รองรับระบบปฏิบัติการที่หลากหลายทีมพัฒนาจำเป็นต้องพัฒนาซ้ำซึ่งถือเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรและต้นทุน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดลองปรับปรุงโปรแกรมประยุกต์ “รักฟัน” ที่เป็นแหล่งบริการข้อมูลด้านทันตสุขภาพแก่ประชาชนทั่วไป โดยเป็นข้อมูลที่คุณภาพและประโยชน์สูง เนื่องจากได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านทันตกรรม แต่พบว่ามีจำนวนผู้ใช้งานน้อย ซึ่งมีข้อจำกัด เช่น การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ยังไม่เป็นมิตรเท่าที่ควร สามารถติดตั้งบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เท่านั้น บทความนี้ผู้วิจัยประสงค์นำเสนอแนวทางในการออกแบบที่เป็นมิตรและใช้เทคนิคการพัฒนาแบบข้ามแพลตฟอร์มซึ่งสามารถติดตั้งได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการไอโอเอสและแอนดรอยด์เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการปฏิบัติงาน และประเมินผลด้วยเทคนิคการ System Usability Scale เพื่อชี้วัดคุณภาพด้านการออกแบบที่เป็นมิตรโดยวัดผลด้วยการเปรียบเทียบผลระหว่างโปรแกรมประยุกต์ที่ให้บริการเดิมกับโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับปรุงใหม่ อีกทั้งได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโปรแกรมประยุกต์เดิมและโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับปรุงใหม่ พบว่าโปรแกรมประยุกต์ใหม่ใช้

หน่วยความจำหลักมากกว่า 7 เท่า ใช้การประมวลผลจากซีพียู 3 เท่าและใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลน้อยกว่าถึงร้อยละ 42.13

**คำสำคัญ:** การทำงานบนฐานระบบได้หลากหลาย มาตรฐานวัดคุณสมบัติของระบบ โปรแกรมประยุกต์สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ โปรแกรมประยุกต์ด้านทันตกรรม

### Abstract

The development of smartphone application is likely to be more, which is consistent with the user volume. Actually, many applications are developed in native approach within many limitations, such as it would be tied to one specific operating system, and if it needs to support in a variety of operating systems, developer team should adjust source code to meet the platform's standards. They take in too many resources and cost. In this article, the researchers redesigned and developed the "Rakfun" application that is a source of information on dental health to the public. It has a high quality and useful information as it has been validated by dental professional. However, there are small amount of user with limitations, such as the lack of user-friendly interfaces. Moreover, it can only be installed on Android operating system. This article is actually aims to present a user-friendly interface design approach and expand using cross-platform development techniques which support in iOS, Android Operating System to reduce the redundancy in operation. Furthermore, the applications were evaluated by system usability scale to measure quality by comparing the results between the old and new application. Which has seven time more memory usage. Three-time CPU workload score and 42.13% space saving.

**Keywords:** Cross-platform development approach, System usability scale, Mobile application, Dental application

### บทนำ

การดูแลสุขภาพสภาพทางช่องปากและฟันเป็นสิ่งที่ผู้คนทุกเพศทุกวัยควรให้ความสำคัญเพราะสุขภาพฟันส่งผลกระทบถึงสุขภาพของร่างกายในภาพรวม แต่ในปัจจุบัน



ประชาชนโดยส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในด้านการรักษาสุขภาพฟันและช่องปากอันเกิดจากการกระจายความรู้ไม่ทั่วถึง (สมาคมทันตกรรมทันตกรรมและสาธารณสุข, 2552) โปรแกรมประยุกต์ “รักฟัน” ที่ให้พัฒนาโดยวิทยาลัยการสาธารณสุข-สิรินธร จังหวัดยะลา (Lee N., 2015) อยู่เดิมนั้นมีให้บริการสำหรับผู้ที่ใช้สมาร์โฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพียงอย่างเดียว หากต้องการให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้กับสมาร์โฟนทุกระบบปฏิบัติการได้นั้น ผู้พัฒนาจะต้องทำการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาสำหรับระบบปฏิบัติการนั้นโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นการทำงานซ้ำซ้อนอีกทั้งสิ้นเปลืองต้นทุนในการพัฒนา ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมโดยใช้เทคนิคข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-platform Application) เพื่อให้ผู้ใช้งานสมาร์โฟนระบบปฏิบัติการอื่นได้ และนำแนวทางการประเมิน System Usability Scale (Brooke J., 1986) มาใช้ในการวัดผล การพัฒนาโปรแกรมโดยใช้เทคนิคดังกล่าวนี้จะสามารถลดการทำงานซ้ำซ้อนของผู้พัฒนา อีกทั้งยังช่วยให้สามารถพัฒนาสำเร็จได้อย่างรวดเร็วและประหยัดทรัพยากรในการดำเนินงาน

## วิธีการศึกษา

### 1. กำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

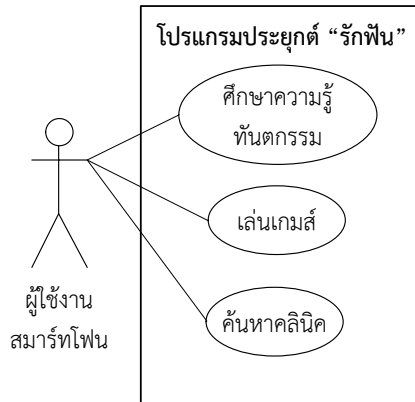
- กลุ่มประชากรคือ ผู้ใช้งานโทรศัพท์ประเภทสมาร์โฟน
- กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ใช้งานโทรศัพท์สมาร์โฟนจำนวน 2 กลุ่มประกอบไปด้วยผู้ที่ปฏิบัติงานประจำในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 2 คน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 8 คน

### 2. ศึกษาสภาพปัญหาวิจัย

ศึกษาสภาพปัญหาจากแหล่งให้บริการดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรมที่มีให้บริการในปัจจุบัน ได้แก่ Play Store สำหรับผู้ใช้งานระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ App Store สำหรับผู้ใช้งานระบบปฏิบัติการไอโอเอส พบว่าโปรแกรม “รักฟัน” มีให้บริการสำหรับผู้ใช้งานระบบแอนดรอยด์เท่านั้น ไม่ได้ให้บริการสำหรับผู้ใช้งานระบบปฏิบัติการอื่น

### 3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

จากปัญหาที่ได้จากการศึกษาปัญหาในขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นโปรแกรมประยุกต์ “รักฟัน” ที่จะปรับปรุงใหม่จะต้องใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการไอโอเอสและแอนดรอยด์ เพื่อเข้ามาช่วยขยายกลุ่มผู้ใช้งานเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแผนภาพยูสเคสไดอะแกรมดังรูปที่ 1 เพื่อแสดงให้เห็นถึงภาพรวมการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ “รักฟัน” ภายในโปรแกรมจะมีฟังก์ชันในการทำงานหลักคือการนำเสนอความรู้ทางด้านทันตกรรม การเล่นเกมส์และค้นหาสถานบริการทันตกรรม



รูปที่ 1 แผนภาพยูสเคสไดอะแกรม

### การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

โปรแกรมที่มีการออกแบบที่ดีจะทำให้ผู้ใช้งานมีความต้องการใช้งานในครั้งต่อไป อีกทั้งยังส่งผลถึงทัศนคติผู้ใช้งาน (สิงหะ และสุนันทา, 2556) ดังนั้นแนวทางในการออกแบบที่เป็นมิตร จะต้องมียุทธศาสตร์ประกอบในการออกแบบดังนี้

- การรู้จักผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมาย ผู้ออกแบบควรจะเข้าใจว่ากลุ่มเป้าหมายของผู้ใช้งานเป็นผู้ใช้งานประเภทใด เพื่อที่ออกแบบได้เหมาะสมกับผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมายนั้น
- การจัดองค์ประกอบเรียบง่ายและคงที่ การออกแบบโครงสร้างของส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เลือกใช้แต่ละองค์ประกอบที่จำเป็นเช่น ฟอรัมและปุ่มต่างๆ การใช้ประโยชน์ที่เข้าใจง่าย ควรจะมีการใช้โครงสร้างของการออกแบบเดียวกันทั้งโปรแกรม
- การเลือกใช้ลักษณะโทนสี ลักษณะของสีสามารถดึงดูดความสนใจของผู้ใช้งานได้โดยการเลือกใช้สีที่มีโทนร้อนตัดกับสีโทนเย็นสามารถดึงดูดความสนใจได้มากกว่าการเลือกใช้สีที่มีโทนเดียวกัน

### การออกแบบฐานข้อมูล

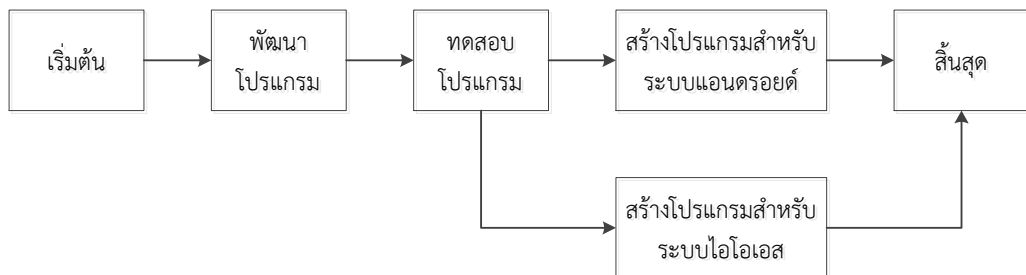
โปรแกรมประยุกต์ “รักพิน” มีการนำเสนอความรู้ด้านทันตกรรม ดังนั้นวิธีการจัดเก็บข้อมูลเนื้อหาจะต้องมีโครงสร้างเรียบง่าย เพื่อให้โปรแกรมนี้อ่านข้อมูลน้อยที่สุด และใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีฐานข้อมูลในรูปแบบของ NoSQL โดยข้อมูลแต่ละชุดจัดเก็บเป็น Document ดังรูปที่ 2 ด้านล่าง

```
{
  "_id": "rf01",
  "Subject": "ความรู้เรื่องพิน",
  "Content": [{
    "Topic": "ตัวพิน",
    "Detail": "ส่วนที่สามารถมองเห็นได้ในปาก ซึ่งโผล่พ้นจากตัวกระดูกขากรรไกร  
ที่พินฝังตัวอยู่",
    "Image": "assets/imgs/content01/K01.jpg"
  ]
}
```

รูปที่ 2 ตัวอย่างการจัดเก็บแบบ Document

#### 4. การพัฒนาระบบ

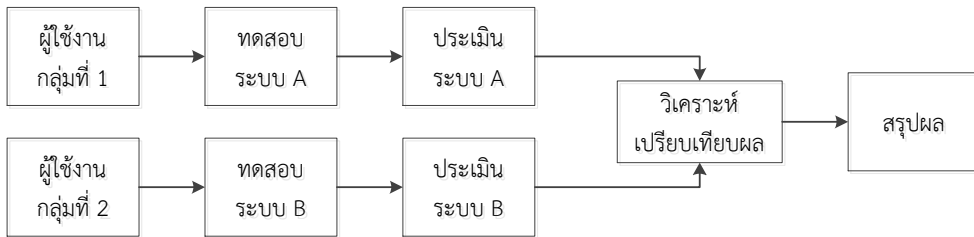
โปรแกรมประยุกต์ที่ปรับปรุงใหม่ผู้วิจัยนำ Ionic Framework มาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาซึ่งใช้ภาษา HTML CSS และ Typescript ซึ่งมีการติดตั้งไลบรารีต่างๆ เพื่อเรียกใช้เซิร์ฟเวอร์จากตัวอุปกรณ์ ภาพรวมการพัฒนาโปรแกรมจะมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนกระบวนการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ “รักพิน”

#### 5. การทดสอบผู้ใช้งาน

กระบวนการทดสอบกับผู้ใช้งานเนื่องจากตัวโปรแกรมมีกระบวนการทำงานไม่ซับซ้อน ผู้วิจัยทดสอบโปรแกรมด้วยการประยุกต์ใช้ System Usability Scale (SUS) เพื่อเป็นเครื่องมือในการชี้วัดด้านการออกแบบที่เป็นมิตร โดยให้ผู้ทดสอบการใช้งานโปรแกรมและให้ข้อมูลผ่านแบบสอบถาม ทั้งนี้วิธีเปรียบเทียบคะแนน SUS ระหว่างโปรแกรมประยุกต์เดิมและโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับปรุงใหม่ดังรูปที่ 4



#### รูปที่ 4 แนวทางการเปรียบเทียบคะแนนด้านการออกแบบที่เป็นมิตรตามหลักการ SUS

วิธีในการนำผลคะแนนจากแบบสำรวจวิเคราะห์ผลการออกแบบที่เป็นมิตรจากกลุ่มผู้ทดสอบโปรแกรมประยุกต์เดิมและโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับปรุงใหม่ดังต่อไปนี้

1. กำหนดคะแนนที่ได้จากระดับความพึงพอใจตั้งแต่ระดับต่ำสุดถึงสูงสุดด้วยคะแนน 0 – 4 คะแนนตามลำดับ
2. คำนวณคะแนน SUS ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างแยกการคำนวณออกมา 2 กลุ่มคือ
  - สำหรับคำถามในข้อที่เป็นจำนวนคี่ นำระดับคะแนนที่เลือกกลับด้วย 1
  - สำหรับคำถามในข้อที่เป็นจำนวนคู่ นำ 5 ไปลบกับระดับคะแนนที่เลือก
  - นำคะแนนรวมทั้ง 10 ข้อคูณกับ 2.5
3. นำคะแนน SUS ที่ได้จากการคำนวณในข้อที่ 1 มาทำการเปรียบเทียบคะแนนแบบ Adjective Rating (Bangor et al., 2009) ที่มีทั้งหมด 7 ระดับตามรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับคุณภาพของการออกแบบที่เป็นมิตรตามหลักการ SUS

ระดับคุณภาพ	ต่ำมากที่สุด	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	ดีมากที่สุด
คะแนน	<= 20.3	>= 20.3	>= 35.7	>= 50.9	>= 71.4	>= 85.5	100

4. เปรียบเทียบระดับคะแนนด้านการออกแบบที่เป็นมิตรที่ได้จากการทดสอบระหว่างโปรแกรมประยุกต์เดิมและโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับปรุงใหม่

#### ผลการศึกษา

##### 1. การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานโปรแกรม

การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมสามารถเปรียบเทียบได้จากการใช้ทรัพยากรด้านฮาร์ดแวร์ได้แก่ หน่วยความจำ หน่วยประมวลผล พื้นที่จัดเก็บ เป็นต้น เพื่อให้การทดสอบเป็น

มาตรฐานจะต้องนำโปรแกรมไปติดตั้งในสภาพแวดล้อมการทำงานเดียวกัน พบว่าการใช้ทรัพยากรของโปรแกรมประยุกต์เดิมและโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับปรุงใหม่ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมประยุกต์เดิมและโปรแกรมประยุกต์ใหม่

โปรแกรม	การประมวลผลของ ซีพียู (ร้อยละ)	หน่วยความจำ หลักที่ใช้ (MB)	พื้นที่จัดเก็บข้อมูล (MB)
โปรแกรมประยุกต์เดิม	0.1	12.08	27.37
โปรแกรมใหม่	0.3	86.97	15.84
ผลต่าง (ร้อยละ)	+300	+ 719.95	- 42.13

## 2. การทดสอบด้านการออกแบบที่เป็นมิตรโดยเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมประยุกต์เก่าและใหม่

จากการเก็บข้อมูลการทดสอบจากผู้ใช้งาน คะแนนด้านการออกแบบที่เป็นมิตรระหว่างโปรแกรมประยุกต์เดิมและโปรแกรมประยุกต์ที่ปรับปรุงใหม่ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการประเมินด้านการออกแบบที่เป็นมิตร

กลุ่มผู้ใช้งาน	ช่วงอายุ	คะแนนเฉลี่ยของ		ระดับคุณภาพ	
		โปรแกรมเดิม	โปรแกรมใหม่	โปรแกรมเดิม	โปรแกรมใหม่
ผู้ใช้งานด้านไอที	-	41.30	ต่ำ	86.30	ดีมาก
ผู้ใช้งานทั่วไป	ต่ำกว่า 20 ปี	50.00	ต่ำ	73.80	ดี
	20 – 25 ปี	68.80	ปานกลาง	75.00	ดี
	25 - 30 ปี	58.80	ปานกลาง	72.50	ดี
	มากกว่า 30 ปี	60.00	ปานกลาง	70.00	ปานกลาง
	คะแนนเฉลี่ย	55.78	ปานกลาง	75.52	ดี

## วิจารณ์

จากการวัดประสิทธิภาพการทำงานพบว่าโปรแกรมประยุกต์ใหม่ใช้พื้นที่การจัดเก็บน้อยกว่าโปรแกรมประยุกต์เดิม มีอัตราการใช้น้อยกว่าหน่วยประมวลผลเท่ากันและใช้งานหน่วยความจำมากกว่าโปรแกรมประยุกต์เดิม 7 เท่า ทั้งนี้เกิดจากโปรแกรมที่พัฒนาด้วยเทคนิคข้ามแพลตฟอร์ม มีกระบวนการทำงานบนเว็บวิวคอมโพเนนต์ (WebView

Component) ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่าโปรแกรมที่พัฒนาด้วยภาษาหลักของแพลตฟอร์มโดยเฉพาะ (Native Application) (Khandeparkar et al., 2015) และมีการออกแบบที่เป็นมิตรดีกว่าโปรแกรมประยุกต์เดิม

### สรุป

จากปัญหาของโปรแกรมประยุกต์ “รักฟัน” ที่สนับสนุนผู้ใช้งานได้ในวงแคบและมีส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่ไม่เป็นมิตรเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงได้แก้ปัญหาด้วยการปรับปรุงโปรแกรมประยุกต์ใหม่ด้วยเทคนิคข้ามแพลตฟอร์มเพื่อขยายขอบเขตของผู้ใช้งานให้กว้างขึ้นและปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้งานด้วยการจัดองค์ประกอบใหม่ด้วยการจัดองค์ประกอบของส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่คงที่เรียบง่ายซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการออกแบบ อีกทั้งต้องเลือกใช้สีที่มีความเหมาะสมจะทำให้โปรแกรมมีหน้าตาที่ชัดเจนอ่านง่าย ดึงดูดสายตาผู้ใช้งานได้มากขึ้น ทั้งนี้ได้นำ System Usability Scale (SUS) มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการออกแบบที่เป็นมิตร พบว่าผู้ใช้งานสามารถใช้งานโปรแกรมประยุกต์ใหม่ได้มากกว่าเนื่องจากการออกแบบที่เป็นมิตรกว่า แต่มีอัตราการใช้ทรัพยากรของเครื่องสูงกว่าเนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรม

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาทันตสาธารณสุข วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดยะลา ทพญ.พิริยา ผาติวิกรัยวงศ์ และคุณนพดล แซ่หลี ผู้ศึกษาวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ “รักฟัน” เดิม ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจให้เกิดงานวิจัยต่อยอดฉบับนี้

### เอกสารอ้างอิง

สิงหะ ฉวีสุข และสุนันทา วงศ์จตุรภัทร. 2556. ทฤษฎีการยอมรับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ.

KMITL Information Technology Journal. 1, 1-21

สมาคมจันทร์เสี้ยวการแพทย์และสาธารณสุข. 2552. สถานการณ์สุขภาพช่องปาก: การบูรณาการองค์ความรู้บัพัญญูติศาสนาสานออิสลามกับการสร้างเสริมสุขภาพ: ทันตสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันการวิจัยระบบสุขภาพภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่, สงขลา.

- 
- Brooke, J. 1996. SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry, 189: 4-7
- Bangor, A., Kortum, P., Miller, J. 2009. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. Journal of usability studies. 4: 114-123
- Khandeparkar, A., Gupta, R., Sindhya, B. 2015. An Introduction to Hybrid Platform Mobile Application Development. 118, 31-33
- Noppadon Lee, 2015, Rakfun [Mobile Application]. Retrieved from <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.fattooth.rakfun.rakfun>
- U.S. Department of Health and Human Services. 2006. User Interface Design Basics. <https://www.usability.gov/what-and-why/user-interface-design.html> (26 March 2018)

---

**ระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารงานการจัดส่งทรายของบริษัทในเครือ ส.สุริยันต์กรุ๊ป**  
**Information Systems for Internal Management and Coarse Sand**  
**Transportation of Suriyan Group**

**ณัฐพงศ์ จันทศิริ\* และ ชุตินา เบี้ยวไข่มุก**

**Nattaphong Chansiri and Chutima Beekhaimook**

วิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมหาวิทยาลัยรังสิต

College of Information and Communication Technology, Rangsit University

\* Corresponding author: c\_nattaphong@yahoo.com

---

**บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารงานการจัดส่งทรายของบริษัทในเครือ ส.สุริยันต์กรุ๊ป ซึ่งใช้บริหารจัดการข้อมูลการจัดส่งทรายของแผนกจัดส่งสินค้าได้แก่ข้อมูลรถขนทราย คนขับรถ และ ลูกค้า รวมถึงรายได้ที่ได้จากการขนส่งทรายในแต่ละรอบ และข้อมูลการซ่อมบำรุงของแผนกซ่อมบำรุงรถ ได้แก่ ข้อมูลวัสดุสิ้นเปลืองและข้อมูลอะไหล่รถที่ใช้ในการบำรุงรักษารถขนทราย ซึ่งถือเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการจัดส่งทราย ในการพัฒนาระบบได้ใช้ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เพื่อจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูล โดยนำข้อกำหนดขององค์ประกอบของมาตรฐาน ISO9126 มาพัฒนาและทดสอบระบบผลจากการทดสอบพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยลดเวลาในการออกรายงาน ส่งผลให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้พนักงานแผนกจัดส่งสินค้าสามารถวางแผนการจัดส่งได้ครบถ้วนตามคำสั่งซื้อ พนักงานแผนกซ่อมบำรุงรถ สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรถ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบการซ่อมภายใน และอยู่ภายนอก รวมถึงแผนกอื่นๆ สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายอื่นๆ ภายในองค์กรได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายผู้ใช้งานระบบจำนวน 6 คน ด้านความพึงพอใจเฉลี่ยต่อระบบพบว่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 78.09) และด้านประสิทธิภาพของระบบพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการออกรายงาน ลดลงถึงร้อยละ 90.87

**คำสำคัญ:** การจัดการขนส่ง การจัดส่งสินค้า การสร้างระบบสารสนเทศ

---



## Abstract

This research aims to create information systems for coarse sand transportation management of Suriyan Group. The system is used to manage sand delivery information of transportation department such as transactions for sand truck, driver and customer, as well as the income obtained from the transportation of sand in each carriage. In addition, the system includes transaction management for truck maintenance department, such as supplies and spare parts used for truck maintenance, which could be considered as expenses incurred in transporting the sand. The developing and evaluating system has been conducted under ISO 9126 standard. As a result, the user evaluations indicate several benefits of the system:- the reduction of report working time, the higher abilities for sale staffs to planning the delivery of the orders, for car maintenance staffs to summarize and compare the maintenance cost between internal and external garage, for accounting staffs to check and compare various costs among several departments in the organization. The evaluation results from the interview of six staffs engaged to the system illustrate the overall satisfaction level is good (78.09 percent) and the system efficiency as the 90.87% time reduction of report works.

**Keywords:** Transportation, Management, Transport Goods

## บทนำ

บริษัทในเครือส.สุริยันต์กรุ๊ป เป็นธุรกิจที่มีบทบาทสำคัญในงานก่อสร้าง โดยผลิตทรายล้างเพื่อป้อนให้แก่อุตสาหกรรมแพ้นคอนกรีตผสมเสร็จหลายเจ้าในประเทศไทย โดยมีแผนกบุคคล แผนกจัดซื้อทั่วไป แผนกบัญชีการเงิน อยู่ที่จังหวัดสระแก้ว ส่วนแผนกงานซึ่งตั้งอยู่ที่เขานินซอน ได้แก่ แผนกจัดส่งสินค้า แผนกจัดซื้อ แผนกล้างทราย จะทำหน้าที่ในการปฏิบัติงานผลิตทรายล้าง จัดส่ง ซ่อมบำรุงรถ และเรียกเก็บเงินจากลูกค้า อย่างไรก็ตามในการดำเนินงานของแผนกจัดส่งสินค้า และแผนกซ่อมบำรุงรถยังพบปัญหาในหลายๆส่วน ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นมาจากการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้วิธีการจดบันทึกลงสมุดแล้วนำมาพิมพ์ลงในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล การสรุปรายงานการส่งสินค้าประจำวันนั้นพนักงานจะต้องมีความระมัดระวังในการคีย์ข้อมูลไม่ให้เกิดการตกหล่นของรายการ เพราะอาจทำให้องค์กร

สูญเสียรายได้ ไม่มีระบบสารสนเทศที่มีการเชื่อมโยงข้อมูล เมื่อแผนกบัญชีการเงินต้องการตรวจสอบรายงานการส่งสินค้าประจำวัน ก็ไม่สามารถทำได้ในทันที รวมถึงการตรวจสอบการจัดส่งทรายที่ไม่เป็นไปตามกำหนด อาจเป็นเพราะลูกค้าต้องการเลื่อนวันจัดส่งทราย คนขับรถกลางาน รถขัดข้องหรือเกิดอุบัติเหตุระหว่างการขนส่งสินค้า ก็พบความยุ่งยากเช่นกัน ในแผนกซ่อมบำรุง การใช้วิธีการจดบันทึกลงสมุดแล้วนำมาพิมพ์ลงในโปรแกรมไมโครซอฟต์ เอ็กเซล การจัดทำรายงานการซ่อมบำรุงรถ เพื่อส่งให้แผนกบัญชีการเงิน ณ สิ้นวันนั้น เป็นวิธีการทำงานที่ไม่รองรับต่อการขยายแผนงานในอนาคตที่จะมีการเพิ่มรถบรรทุก พนักงานมีโอกาสทำงานผิดพลาดสูงขึ้น เวลาที่ต้องการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการซื้ออะไหล่มาซ่อมเองกับการจ้างซ่อมโดยอยู่นอกกว่าแบบใดช่วยลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่ากันก็ทำได้อยู่ยาก เพราะพนักงานต้องรวบรวมรายงานการซ่อมบำรุงรถของวันอื่นๆ หลายๆ วัน เข้ามาในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล เพื่อให้ได้รายงานการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายดังกล่าว

ในงานวิจัยการศึกษาปัญหาการส่งสินค้าล่าช้า และวิธีการแก้ไขปัญหาการส่งสินค้าที่ล่าช้า กรณีศึกษาบริษัท ABC พลาสติก จำกัด (สุพียา งามเลิศ และ วีระศักดิ์ ศิริกุล, 2558) ได้มีการศึกษาปัญหาที่เป็นข้อบกพร่องในการทำงาน เช่น การตัดสินใจในแผนกตนเอง โดยไม่ปรึกษาแผนกที่เกี่ยวข้อง จึงส่งผลให้การส่งสินค้าล่าช้า และแก้ไขปัญหาด้วยการศึกษาปัจจัยพื้นฐาน เพื่อการวิเคราะห์ปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความสัมพันธ์กับซัพพลายเออร์ และทฤษฎีการสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้าควบคู่ไปกับการกำหนดบทบาทใหม่ๆ ต่อความสำคัญในการขนส่ง

ในงานการวิจัยระบบคิวเข้ารับสินค้า กรณีศึกษา บริษัทธุรกิจผลิตปูนซีเมนต์ (เลิศสุวรรณ ฉัตรสุวรรณสร, 2557) ได้มีการศึกษาปัญหาที่เป็นข้อบกพร่องในการทำงานของระบบเดิม บนระบบปฏิบัติการ UNIX ทำให้ทราบว่าปัญหาต่างๆ เช่น การเข้ารับสินค้าไม่ตรงจุดจ่ายสินค้า ไม่ทราบปริมาณรถในโรงงานที่แน่นอน ลูกค้าเข้ามารับสินค้าหลายชนิด และลูกค้ารอรับสินค้าเป็นเวลานาน และแก้ไขปัญหาด้วยการพัฒนาโปรแกรมระบบคิวเข้ารับสินค้าขึ้นมา เพื่อให้พนักงานสามารถรับรู้ปริมาณรถที่จะเข้ามารับสินค้า ปริมาณสินค้าที่เปิดจ่ายได้ ส่งผลให้การจัดการ การจ่าย และการรับสินค้าเป็นไปอย่างเหมาะสม

ในงานการพัฒนาระบบรับบริจาคออนไลน์ของวัดพระธรรมกาย (พระมหานพพร บุญญธรรม, 2557) ได้มีการศึกษาปัญหาที่เป็นข้อบกพร่องในการทำงานปัจจุบัน กล่าวคือ จำนวนเจ้าหน้าที่ที่รับบริจาค ไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้บริจาคทำให้เกิดการล่าช้า การกรอกเอกสารด้วยมือเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการกรอกเอกสารการบริจาค รวมถึงข้อจำกัดในด้านเวลา สถานที่รับบริจาคที่ต้องเดินทางมาที่วัดเท่านั้น

แก้ไขปัญหาด้วยการพัฒนาโปรแกรมรับบริจาคออนไลน์ โดยมีการประเมินประสิทธิภาพ และ ความพึงพอใจการใช้งานระบบ

ผู้วิจัยคิดว่าหากมีการนำระบบสารสนเทศที่มีการออกแบบอย่างตามมาตรฐานมา จัดการการบริหารงานการจัดส่งทรายของบริษัทในเครือ ส.สุริยันต์กรู๊ป ก็จะช่วยแก้ปัญหา ดังกล่าว ทำให้การจัดเก็บข้อมูลที่สามารถใช้ประกอบการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นภายใน องค์กรจากการจัดส่งทรายเป็นระบบ สามารถนำข้อมูลที่จัดเก็บมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลต้นทุน และค่าใช้จ่ายขององค์กรได้ดีขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ 1) เพื่อพัฒนาโปรแกรม ส.สุริยันต์ โดยเชื่อม LAN ที่สระแก้ว-เขาหินซ้อน ผ่านระบบเครือข่าย MPLS 2) เพื่อศึกษา ประสิทธิภาพของโปรแกรม ส.สุริยันต์ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของพนักงานที่มีต่อ โปรแกรมส.สุริยันต์

### วิธีการศึกษา

การพัฒนาระบบได้ใช้ระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2558) เพื่อจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูล โดยนำข้อกำหนดองค์ประกอบของมาตรฐาน ISO9126 (Jamie L. Mitchell, 2015) มาประกอบการพัฒนาและประเมินระบบ ซึ่งมาตรฐาน ISO9126 มีองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ 1) ซอฟต์แวร์สามารถทำงานได้ตามออกแบบไว้ (Functionality) 2) ซอฟต์แวร์มีความน่าเชื่อถือสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและทนต่อ ความผิดพลาด (Reliability) 3) ซอฟต์แวร์มีความง่ายในการให้ผู้ใช้ได้เรียนรู้และจดจำการใช้ งาน (Usability) 4) ซอฟต์แวร์มีการทำงานได้ตรงตามเวลาภายใต้เงื่อนไขข้อกำหนดของ ทรัพยากรและประสิทธิภาพตามที่ตั้งไว้ สามารถช่วยผู้ใช้ลดข้อผิดพลาดในการทำงานซึ่งเกิด จากการเปลืองหรือเข้าใจผิดได้ (Efficiency) 5) ซอฟต์แวร์มีการปรับปรุงและทดสอบเพื่อให้ มั่นใจว่ายังสามารถใช้งานได้ดีตลอดการใช้งาน (Maintainability) และ 6) ซอฟต์แวร์สามารถ นำไปใช้งานร่วมกับระบบอื่นหรือแพลตฟอร์มอื่นที่หลากหลายได้ หรือนำไปใช้ร่วมกับ ซอฟต์แวร์มาตรฐานตัวอื่นๆได้ (Portability)

ระบบที่พัฒนาตามขั้นตอนของการพัฒนาระบบดังนี้เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหา ระบบงานเดิม เพื่อให้ทราบขั้นตอนการทำงาน ข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลในกิจกรรมการขาย การ จัดส่งสินค้า การจัดซื้ออะไหล่ในงานซ่อมบำรุง ข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจต่อการทำงาน รวมถึง ความสัมพันธ์ในอำนาจหน้าที่ของการบริหารจัดการ และความรับผิดชอบในงานของพนักงาน แต่ละคน หลังจากนั้นในขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมและฐานข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้แผนผัง Flowchart (ศรายุทธ ไชยวงศ์, 2561) ออกแบบกระบวนการทำงานของโปรแกรมซึ่งมีฟังก์ชัน

การทำงาน 2 ส่วนหลักคือ ส่วนการขายเพื่อใช้ในการดำเนินงานประจำวันของแผนกจัดส่งสินค้า ซึ่งถือเป็นกระบวนการที่เกิดเป็นรายรับในการจัดส่งทราย กับส่วนของการซื้ออะไหล่/วัสดุสิ้นเปลืองในการซ่อมของแผนกซ่อมบำรุงรถ ซึ่งถือเป็นกระบวนการที่เกิดเป็นรายจ่ายของการจัดส่งทราย โดยข้อมูลจากการทำงานใน 2 ส่วนหลักนี้จะจัดเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และทำการพัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์ แอ็กเซส (บริษัท ไมโครซอฟต์ จำกัด, 2561) หลังจากนั้นจะทดสอบการทำงานของฟังก์ชันงานให้สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ หน้าหลักของโปรแกรมจะมี 2 ส่วนหลักออกแบบเป็นปุ่มให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการทำงานอะไรอย่างชัดเจนตามรูปที่ 1

การประเมินประสิทธิภาพของระบบถูกดำเนินการ 1) ประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยพิจารณาจากการลดเวลาในการออกรายงาน วิธีการประเมินทำโดยทดสอบการออกรายงานจำนวน 4 รายงานและการจัดบันทึกเวลาการออกรายงานที่ใช้ในการออกรายงานทั้ง 4 นั้น โดนทดสอบ 3 ครั้ง 2) การประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมโดยพิจารณาจากความพึงพอใจต่อการใช้งาน โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบเป็นโครงสร้างที่มีข้อความที่พิจารณาระบบตามองค์ประกอบของมาตรฐาน ISO9126

<p><b>บริษัทไบเดร็งส.สุริยันต์กรุ๊ป</b> บริษัท บิเดร็ง บิเดร็ง ออโตพาร์ท จำกัด บริษัท ส.สุริยันต์ เพลิดเพลินท์ ออโตพาร์ท จำกัด ห้างหุ้นส่วนจำกัด ออโตพาร์ท ออโตพาร์ท ออโตพาร์ท ส.สุริยันต์ ออโตพาร์ท ออโตพาร์ท Ph: 037252999, 037252983, 038559286, 038559287 999 ม.12 ต.จันทบุรี-สระแก้ว อ.คลองวังใหญ่ อ.วังน้ำเย็น จ.สระแก้ว 27210 260 ม.2 ต.ละโว้ อ.วังน้ำเย็น จ.สระแก้ว 24120 วันที่: 26 มีนาคม 2561</p> <p><b>ระบบบริหารงานภายใน และการจัดส่งสินค้า</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>บันทึกการรายสินค้า</li> <li>บันทึกการรับอะไหล่</li> <li>กำหนดรายละเอียดลูกค้า</li> <li>กำหนด-พนักงานแผนกขาย</li> <li>กำหนดผลสินค้า</li> <li>กำหนดรายละเอียดสินค้า</li> <li>กำหนด-พนักงานขับรถ</li> <li>กำหนดรายละเอียดรถบรรทุก</li> <li>กำหนดรายละเอียดผู้จำหน่าย</li> <li>กำหนดผลสินค้า</li> </ul> <p><b>รายงานการขาย จัดส่ง และซ่อมบำรุงรถ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>รายงานส่งสินค้าประจำวัน</li> <li>รายงานการจัดส่งสินค้า (เขตนับป้อน)</li> <li>รายงานการกระจายสินค้า</li> <li>รายงานค่าเที่ยวจัดส่งเขตนับป้อน</li> <li>รายงานการรับอะไหล่ประจำวัน</li> <li>รายงานการซ่อมบำรุงรถ</li> <li>รายงานภาษีขาย</li> <li>รายงานภาษีซื้อ</li> </ul>	<p><b>รายงานการกระจายสินค้า</b> 1 กันยายน 2560 - 15 กันยายน 2560</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">แพลนต์ <b>ขึ้นที่:</b></th> <th colspan="2">แพลนต์ <b>เค. ซี.:</b></th> </tr> <tr> <th>Plant Name:</th> <th>Units In Sale:</th> <th>Plant Name:</th> <th>U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ซีแอนด์ - กบินทร์</td> <td>60</td> <td>เค.ซี. - คลองจั่น</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ซีแอนด์ - เกตเวย์</td> <td>88</td> <td>เค.ซี. - บ้านโคก</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ซีแอนด์ - ท่าเกษม</td> <td>48</td> <td>เค.ซี. - ปราจีน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ซีแอนด์ - บ้านโคก</td> <td>24</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ซีแอนด์ - ปราจีน</td> <td>48</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ซีแอนด์ - แปลงยาว</td> <td>44</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ซีแอนด์ - ศรีมหาโพธิ์</td> <td>72</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ซีแอนด์ - แหลมเขา</td> <td>72</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ซีแอนด์ - อรัญ</td> <td>48</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Cubic in Order</b></td> <td><b>504</b></td> <td><b>Cubic in Order</b></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	แพลนต์ <b>ขึ้นที่:</b>		แพลนต์ <b>เค. ซี.:</b>		Plant Name:	Units In Sale:	Plant Name:	U	ซีแอนด์ - กบินทร์	60	เค.ซี. - คลองจั่น		ซีแอนด์ - เกตเวย์	88	เค.ซี. - บ้านโคก		ซีแอนด์ - ท่าเกษม	48	เค.ซี. - ปราจีน		ซีแอนด์ - บ้านโคก	24			ซีแอนด์ - ปราจีน	48			ซีแอนด์ - แปลงยาว	44			ซีแอนด์ - ศรีมหาโพธิ์	72			ซีแอนด์ - แหลมเขา	72			ซีแอนด์ - อรัญ	48			<b>Cubic in Order</b>	<b>504</b>	<b>Cubic in Order</b>	
แพลนต์ <b>ขึ้นที่:</b>		แพลนต์ <b>เค. ซี.:</b>																																															
Plant Name:	Units In Sale:	Plant Name:	U																																														
ซีแอนด์ - กบินทร์	60	เค.ซี. - คลองจั่น																																															
ซีแอนด์ - เกตเวย์	88	เค.ซี. - บ้านโคก																																															
ซีแอนด์ - ท่าเกษม	48	เค.ซี. - ปราจีน																																															
ซีแอนด์ - บ้านโคก	24																																																
ซีแอนด์ - ปราจีน	48																																																
ซีแอนด์ - แปลงยาว	44																																																
ซีแอนด์ - ศรีมหาโพธิ์	72																																																
ซีแอนด์ - แหลมเขา	72																																																
ซีแอนด์ - อรัญ	48																																																
<b>Cubic in Order</b>	<b>504</b>	<b>Cubic in Order</b>																																															
<p><b>รูปที่ 1</b> แสดงหน้าหลักของโปรแกรม</p>	<p><b>รูปที่ 2</b> รายงานการกระจายสินค้า</p>																																																

### ผลการศึกษา

ระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารงานการจัดส่งทรายของบริษัทในเครือส.สุริยันต์ กรุ๊ป ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถดังนี้ 1) บันทึกขายสินค้า 2) บันทึกซื้ออะไหล่และข้อมูลวัสดุสิ้นเปลืองในการซ่อมบำรุง 3) เลื่อนการส่งสินค้า สามารถแสดงรายการใบส่งของ (DO) เพื่อให้พนักงานแผนกจัดส่งสินค้าทำการเลื่อนวันการส่งสินค้าในแต่ละรายการ และระบุสาเหตุของการเลื่อนวันที่ค้างส่งสินค้าได้ 4) เปลี่ยนแปลงรายการรับอะไหล่รถและข้อมูลวัสดุสิ้นเปลือง สามารถแสดงรายการใบรับอะไหล่รถ เพื่อให้พนักงานซ่อมบำรุงรถ ทำการเปลี่ยนจำนวนการรับอะไหล่จากการค้างส่งของผู้ขาย และระบุสาเหตุของการเปลี่ยนจำนวน 5) ออกรายงาน ได้แก่ รายงานการจัดส่งสินค้าประจำวันได้ รายงานการคิดค่าเที่ยว รายงานการกระจายสินค้า รายงานการซื้ออะไหล่/วัสดุสิ้นเปลืองในการซ่อมบำรุงรถ เป็นต้น

**ตารางที่ 1** เวลาที่ใช้ในการทดสอบออกรายงานจำนวน 3 ครั้งโดยใช้ระบบงานเดิมและระบบงานใหม่

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในระบบงานเดิม (นาท)	เวลาที่ใช้ในระบบงานใหม่ (นาท)	ระบบงานใหม่ลดเวลาได้ (นาท)
1	37.36	2.45	34.51
2	45.09	3.04	42.45
3	43.49	3.24	41.05

ผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมในเรื่องการลดเวลาในการออกรายงาน แสดงผลการทดสอบการออกรายงานครั้งละ 4 รายงาน จำนวน 3 ครั้ง พบว่าระบบงานใหม่สามารถลดเวลาในการออกรายงานประมาณ 35-43 นาที ได้ดังในตารางที่ 1 ส่วนการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมในด้านความพึงพอใจต่อการใช้งานใช้ โดยการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานระบบจำนวน 6 คนได้คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้กำหนดระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานของพนักงานบริษัทในเครือส.สุริยันต์กรุ๊ป ในปี 2560 กำหนดคะแนน 0.00-1.00 คือระดับปรับปรุง, 1.01-2.00 คือระดับพอใจ และ 2.01-3.00 คือระดับดี

## ตารางที่ 2 ระดับคะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	อยู่ในเกณฑ์
1. รูปแบบหน้าจอเข้าใจได้ง่ายต่อการใช้งาน	2.67	ระดับดี
2. รูปแบบของโปรแกรมที่ตรงความต้องการ	2.67	ระดับดี
3. ความครบถ้วนของข้อมูลที่ใช้ต้องการ	2.83	ระดับดี
4. ความเหมาะสมการจัดวางเครื่องมือใช้งานของระบบ	2.83	ระดับดี
5. ความถูกต้องและความเร็วในการประมวลผลของโปรแกรม	2.83	ระดับดี
6. มีรูปแบบรายงานที่ตรงความต้องการ	2.83	ระดับดี
7. ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งานระบบ	2.33	ระดับดี
คะแนนเฉลี่ย	2.71	ระดับดี

### วิจารณ์

เมื่อนำผลการวิจัยมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้า ได้แก่ งานวิจัยการศึกษาปัญหาการส่งสินค้าล่าช้า และวิธีการแก้ไขปัญหาการส่งสินค้าที่ล่าช้า กรณีศึกษา บริษัท ABC พลาสติก จำกัด (สุพรียา งามเลิศ และ วีระศักดิ์ ศิริกุล, 2558) ซึ่งเป็นการศึกษาปัญหาการส่งสินค้าที่เกิดจากข้อบกพร่องในการทำงานซึ่งมีการแก้ปัญหาที่แตกต่างไปจากการแก้ปัญหาเพราะในงานวิจัยนี้ โดยในกรณีของบริษัท ABC ทำการกำหนดนโยบายในการขนส่งใหม่เพื่อ แก้ไขปัญหาการคืนตู้สินค้าที่ทำาเรือช้ากว่าที่สายเรือ แต่ในงานวิจัยฉบับนี้เน้นแก้ปัญหาด้วยการพัฒนาโปรแกรมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานสำหรับอีกงานวิจัยหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับการขนส่งเช่นกัน คืองานวิจัยระบบคิวเข้ารับสินค้า กรณีศึกษา บริษัทธุรกิจผลิตปูนซีเมนต์ (เลิศสุวรรณ ฉัตรสุวรรณสร, 2557) ซึ่งพบปัญหาว่าระบบงานเดิมที่ใช้งานอยู่ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการ UNIX ยังขาดระบบการจัดการรถที่จะเข้ามารับสินค้าในโรงงาน ทำให้เกิดการรอคอยเป็นเวลานาน จึงแก้ปัญหาด้วยการพัฒนาโปรแกรมจัดการคิวรับสินค้าขึ้น อีกทั้งยังประเมินความพึงพอใจของผู้เกี่ยวข้องับระบบคิว พบว่ามีความพึงพอใจในเกณฑ์ระดับที่สูง และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานทำให้การเข้าคิวรับสินค้าทำได้เร็วขึ้น 56.86% จะเห็นว่าการนำระบบสารสนเทศมาช่วยจัดการงานด้านการขนส่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ ดังที่ได้กล่าวแล้วว่างานวิจัยฉบับนี้ปัญหาหลักคือไม่มี การนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยบริหารจัดการข้อมูล พนักงานจะจดบันทึกลงสมุด ดังนั้น การสร้างระบบสารสนเทศตามที่ได้ออกแบบไว้จึงสามารถช่วยแก้ปัญหา และสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ปฏิบัติงานได้

## สรุป

ผลการวิจัยในครั้งนี้ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยระบบช่วยลดเวลาในการออกรายงาน จึงทำให้ลดเวลาการทำงานลงได้ ส่งผลให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 90.87 ในด้านประสิทธิภาพของการลดเวลาในการออกรายงาน ภาพรวมความพึงพอใจเฉลี่ยต่อระบบมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 78.09

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณสมบัติ สุริยันต์ กรรมการผู้จัดการ บริษัทในเครือ ส.สุริยันต์ กรุ๊ป ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- Jamie L. Mitchell, Rex Black. (2015). Advanced Software Testing, 3rd edition, Rocky Nook Publishing, California. pp. 31-53.
- สุพิรยา งามเลิศ และ วีระศักดิ์ ศิริกุล (2558). การศึกษาปัญหาการส่งสินค้าล่าช้า และวิธีการแก้ไขปัญหาการส่งสินค้าที่ล่าช้า กรณีศึกษา บริษัท ABC พลาสติก จำกัด, วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 2 (1), มกราคม – มิถุนายน 2558, หน้า 25 – 34.
- เลิศสุวรรณ ฉัตรสุวรรณสร (2557). รายงานการวิจัยเรื่อง ระบบคิวเข้ารับสินค้า กรณีศึกษา บริษัทธุรกิจผลิตปูนซีเมนต์, หน้า 34 – 42.
- พระมหานพพร บุญญธรรม (2557). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบรับบริจาคออนไลน์ของวัดพระธรรมกาย, หน้า 29 – 32.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ (2558). ระบบฐานข้อมูล, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, หน้า 53 – 72.
- บริษัท ไมโครซอฟต์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (2561). Support Software, แหล่งที่มา <https://support.office.com/th-th/article/คุณสมบัติ-Recordset-753d8ef0-6ad9-4731-b116-1788e3276600>, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/2/2561.
- การเขียนแผนผัง Flowchart (2561). ศรายุทธ ไชยวงศ์ ครูโรงเรียนสา จังหวัดน่าน, แหล่งที่มา <https://krusarayut.wordpress.com/>, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/2/2561.

ระบบการบริหารจัดการทางไกลสำหรับการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์  
และการประเมินประสิทธิภาพตามแนวคิดของลีน กรณีศึกษา โรงพยาบาลรามัน  
Remote Management System for Real Time Collaborative Work and  
Performance Evaluation Based on Lean Concept:  
A Case Study of Raman Hospital

สุไรมี ลือโษะ\* และ สุรีนา มะตาหยง

Suhaimee Lueboh\* and Sureena Matayong

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Prince of Songkla University, Hatyai Campus

\* Corresponding author: saimee.lb@gmail.com

บทคัดย่อ

โรงพยาบาลประกอบด้วยหน่วยห้องปฏิบัติการสำหรับการวินิจฉัยโรคต่าง ๆ ซึ่งมีกระบวนการดำเนินงานที่ละเอียดและซับซ้อน โดยปรกติโรงพยาบาลรามันทำการวินิจฉัยโรคสำหรับผู้ป่วยที่มาใช้บริการ และรับตัวอย่างจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต) ในสังกัดเพื่อทำการวินิจฉัยโรคเช่นกัน อย่างไรก็ตามการส่งตัวอย่างของ รพ.สต มายังโรงพยาบาลต้นสังกัดทำให้การวินิจฉัยโรคเป็นไปอย่างล่าช้า มีต้นทุนและค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากการเดินทาง ในความเป็นจริงการวินิจฉัยโรคสามารถดำเนินการได้ที่ รพ.สต หากโรงพยาบาลต้นสังกัดมีการประสานกันแบบเรียลไทม์เพื่อควบคุมและตรวจสอบความถูกต้องในการดำเนินงานในขั้นตอนต่าง ๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการพัฒนาระบบการบริหารจัดการทางไกลสำหรับการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์โดยบูรณาการกล้องไอพีร่วมกับระบบ ซึ่งสามารถปรับใช้กับโรงพยาบาลและ รพ.สต ทุกแห่งในประเทศไทยได้ การประเมินผลหลังจากติดตั้งระบบประยุกต์แนวคิดลีนในการวัดประสิทธิภาพของการดำเนินงานหน่วยห้องปฏิบัติการ ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าการดำเนินงานเดิม 25 ขั้นตอน ลดลงเหลือ 11 ขั้นตอน โดยที่ระยะเวลาเดิม 285 นาที ลดลงเหลือ 116 นาที และค่าใช้จ่ายจากเดิม 966.11 บาทต่อครั้งลดลงจนไม่มีค่าใช้จ่าย ซึ่งส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงานเพิ่มขึ้น 64.66%

**คำสำคัญ:** ระบบการบริหารจัดการทางไกล การทำงานร่วมกัน ลีน



## Abstract

The hospital consists of a laboratory unit for diagnosis that consists of complicated process. Normally, Raman Hospital carries out diagnosis for patients who come to the hospital and receive samples from the sub-district health promoting hospital to diagnose the disease as well. However, the delivery of samples to the affiliated hospitals make the diagnosis is delayed and costly because of traveling. In fact, the diagnosis can be made at the sub-district health promoting hospital if the main hospital is able to coordinate in real time to control and validate the operation in various stages. This research proposes a solution to this problem by developing a remote management system for real-time collaboration by integrating IP cameras into the system. This can be applied to all hospitals and health promotion hospitals in Thailand. Evaluation of the system after implementation using lean concepts to measure the performance of laboratory operations. The results show that. The operation performance was reduced from 25 to 11 steps, times was reduced from 285 to 116 minutes, and there is no expenditure cost for traveling from 966.11 baht earlier per session. This increase efficiency of operation for 64.66%.

**Keywords:** Remote Management System, Collaborative Work, Lean

## บทนำ

เมื่อโลกเข้าสู่ยุคดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้องค์กรต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านการบริการดูแลสุขภาพมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงาน เพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงให้ทันกับยุคสมัย อาทิเช่น เชื่อมโยงแพทย์กับผู้ป่วย (Gubbi et al., 2013) เชื่อมต่อเจ้าหน้าที่ดูแลสุขภาพในการทำงานร่วมกันอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ (Pang et al., 2015) มากยิ่งขึ้น

โรงพยาบาลรามาธิบดีประกอบด้วยห้องปฏิบัติการสำหรับงานวินิจฉัยโรคต่าง ๆ เช่น การตรวจเลือด ตรวจปัสสาวะ ตรวจหาสิ่งเสพติด เป็นต้น โดยขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ละเอียดซับซ้อน อีกทั้งจำเป็นต้องมีผู้ชำนาญการตรวจสอบและวินิจฉัยโรคอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันความผิดพลาดและรักษามาตรฐานของการทำงาน (Baker and Silverton, 2014) ซึ่งในยุค

ของโลกดิจิทัลมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (Spring et al., 2013) และการขยายตัวในวงกว้าง ทำให้อัตราการใช้บริการเพิ่มขึ้น มีส่วนให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง เนื่องจากต้องเดินทางบ่อยครั้ง และการปฏิบัติงานเป็นไปอย่างล่าช้า ส่งผลให้ผู้ใช้บริการไม่พึงพอใจ และที่สำคัญจำนวนเจ้าหน้าที่ผู้มีความชำนาญการปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการมีไม่เพียงพอ (Khader et al., 2012) ประเด็นดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำเสนอการแก้ปัญหาการบริหารจัดการด้วยการบูรณาการอุปกรณ์ไอพีคาเมรา (IP Camera) ร่วมกับการพัฒนาระบบสารสนเทศการจัดการทางไกล ที่สามารถสื่อสารและทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยงานวิจัยนี้ใช้แนวคิดสลินในการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานห้องปฏิบัติการ มุ่งหวังเพื่อจะลดความสูญเสียเปล่าในขั้นตอนระยะเวลาและต้นทุนการปฏิบัติงาน ที่สำคัญสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินงานมากยิ่งขึ้น

## วิธีการศึกษา

### 1. การบูรณาการไอพีคาเมรากับการพัฒนาระบบสารสนเทศการจัดการทางไกลสำหรับทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์

แนวคิดการบูรณาการไอพีคาเมรากับระบบสารสนเทศการจัดการทางไกลเพื่อบันทึกภาพและวิดีโอรวมถึงการสื่อสารและสนทนาแบบเรียลไทม์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ iSpy เชื่อมกล้องด้วยการลงทะเบียนและตั้งค่าอุปกรณ์ไอพีคาเมรากับระบบให้สามารถเชื่อมต่อกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถแสดงวิดีโอจากการบันทึกของไอพีคาเมราจากพื้นที่จัดเก็บบนคลาวด์ส่วนตัว นอกจากนี้ซอฟต์แวร์ iSpy ทำให้การสื่อสารแบบเรียลไทม์เกิดขึ้นได้ด้วยการตามรายละเอียดสถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ ดังนี้

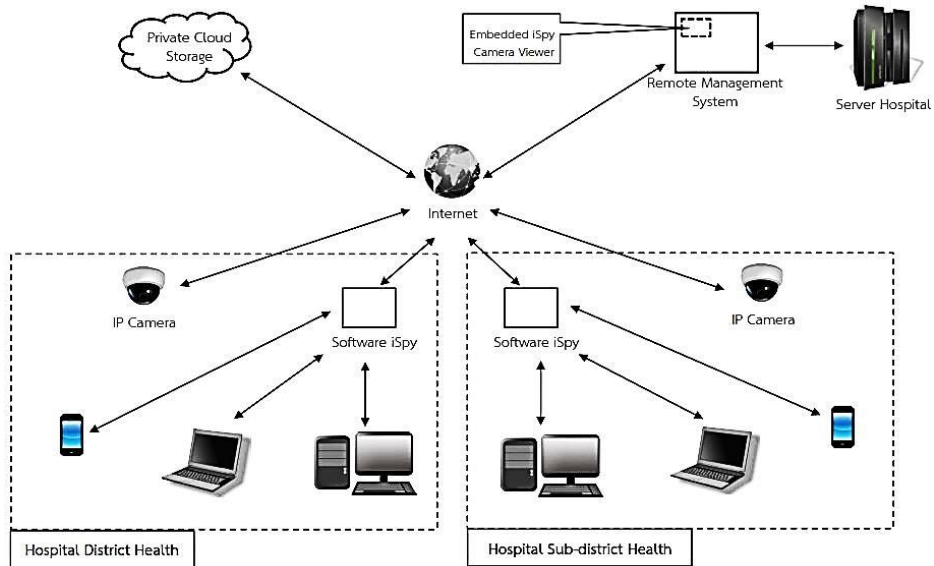


Figure 1 สถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ

## 2. วิธีการรวบรวมข้อมูล แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

**2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ** การวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้วิจัยใช้คำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างอิสระ พร้อมกับวิธีการสังเกตขณะดำเนินการปฏิบัติงาน โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคลากรห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลรามัน และเจ้าหน้าที่รพ.สต ในสังกัด

**2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ** ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นเอกสารวิชาการ ตำรา วิทยานิพนธ์ สื่อสิ่งพิมพ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องจากโรงพยาบาลรามันและ รพ.สต ในสังกัด

## 3. ขั้นตอนการพัฒนาเว็บ

ส่วนนี้อธิบายการพัฒนาเว็บและการเชื่อมต่อไอพีแคมกับระบบการจัดการทางไกลสำหรับทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) ออกแบบและสร้าง layout ระบบโดยใช้เครื่องมือ Framework ของ Bootstrap (v\_3.3.7) โดยทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ <http://getbootstrap.com> จะได้เป็นไฟล์ .zip แล้วทำการแตกไฟล์ออกมาจะได้เป็นโฟลเดอร์ประกอบไปด้วย 3 โฟลเดอร์ ได้แก่ 1. โฟลเดอร์ css สำหรับจัดการการแสดงผลของระบบ 2. โฟลเดอร์ fonts สำหรับการแสดงข้อความของระบบ 3. โฟลเดอร์ js สำหรับจัดการการตอบสนองของระบบ

2) ฟังก์ชันการสนทนาแบบข้อความด้วย phpFreeChat v2 เป็นเครื่องมือสำหรับเจ้าหน้าที่ใช้ติดต่อสื่อสารในขั้นตอนการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <http://www.phpfreechat.net>

3) ลงทะเบียนอุปกรณ์ไอพีแคมเรากับซอฟต์แวร์ iSpy เพื่อเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานไอพีแคมเราผ่าน iSpy สำหรับทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และสนับสนุนการบริหารจัดการทางไกลเกี่ยวกับการปฏิบัติการ ด้วยวิธีการนำ Embedded-Link จาก Cloud ของ iSpy วางบนระบบเพื่อสามารถแสดงผลข้อมูลวิดีโอควบคู่กับการทำงานร่วมกับระบบสนทนาแบบเรียลไทม์

#### 4. การประเมินประสิทธิภาพตามแนวคิดของลีน

ลีนเป็นกระบวนการบริหารจัดการเพื่อลดความสูญเปล่า โดยการลดขั้นตอนการทำงานให้น้อยลงแต่ได้งานที่มากขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยขั้นตอนการประเมินด้วยหลักการลีน (Lean Management) (Emiliani, 2006) งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

- 1) ขั้นตอนที่ 1 เขียนขั้นตอนการดำเนินงานในปัจจุบันทั้งหมดจากขั้นตอนเริ่มต้นจนถึงขั้นตอนเสร็จสิ้นอย่างละเอียด
- 2) ขั้นตอนที่ 2 ระบุระยะเวลาการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน และช่วงเวลาต้องรอในแต่ละขั้นตอนจนเสร็จสิ้น
- 3) ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าใช้จ่ายการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น
- 4) ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = (\text{ผลรวมของ Value Time} / \text{เวลาทั้งหมดของ Flow Process}) \times 100$$

#### ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการประเมินด้วยหลักการลีน แบ่งวิเคราะห์การดำเนินงานเป็น 2 ส่วน คือ Pre-Lean และ Post-Lean สามารถอธิบายรายละเอียด ดังนี้

##### 1. Pre-Lean วิเคราะห์การดำเนินงานแบบเดิม

ขั้นตอนเริ่มจากผู้ใช้บริการติดต่อหน่วยงาน รพ.สต. ที่ตนสังกัด ทำการยื่นบัตรประจำตัวผู้ป่วย ชั่งน้ำหนัก-วัดความดัน ต่อด้วยตรวจเบื้องต้น เมื่อตรวจพบอาการที่จำเป็นต้องเข้าห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ดำเนินการส่งตัวผู้ป่วยรักษาต่อไปยังโรงพยาบาลรามาธิบดี งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยผู้ป่วยเดินทางด้วยตัวเอง เมื่อถึงโรงพยาบาลกรณีผู้ป่วยรายใหม่ต้องยื่นทำบัตรประจำตัว ตรวจสอบสิทธิการรักษา จากนั้นทำการคัดกรองประวัติพร้อม

ซึ่งนำหนัก-วัดความดัน และต้องรอจนกว่าจะถึงคิวพบแพทย์เพื่อตรวจอาการแทรกซ้อน และแพทย์ส่งต่อไปยังห้องเจาะเลือด และผู้ป่วยต้องใช้เวลารอเรียกคิวเจาะเลือดอีกรอบ พร้อมกันนั้นเจ้าหน้าที่ทำการเตรียมอุปกรณ์เก็บ specimen หลังจากนั้นผู้ป่วยนำส่ง specimen ของตนไปยังห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ทำการรับ specimen ตรวจสอบความถูกต้องและลงทะเบียนรับ และทำการเตรียม specimen สำหรับวิเคราะห์สิ่งส่งตรวจ เมื่อวิเคราะห์และตรวจสอบผลเรียบร้อยแล้ว ถัดไปก็บันทึกผลลงในใบรายงานผลและทะเบียนการตรวจวินิจฉัยการปฏิบัติการพร้อมรายงานผลให้ผู้ป่วย ขั้นตอนวิเคราะห์ส่วนนี้มีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นตอนการดำเนินงานเดิมทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนเสร็จสิ้น ดังนี้

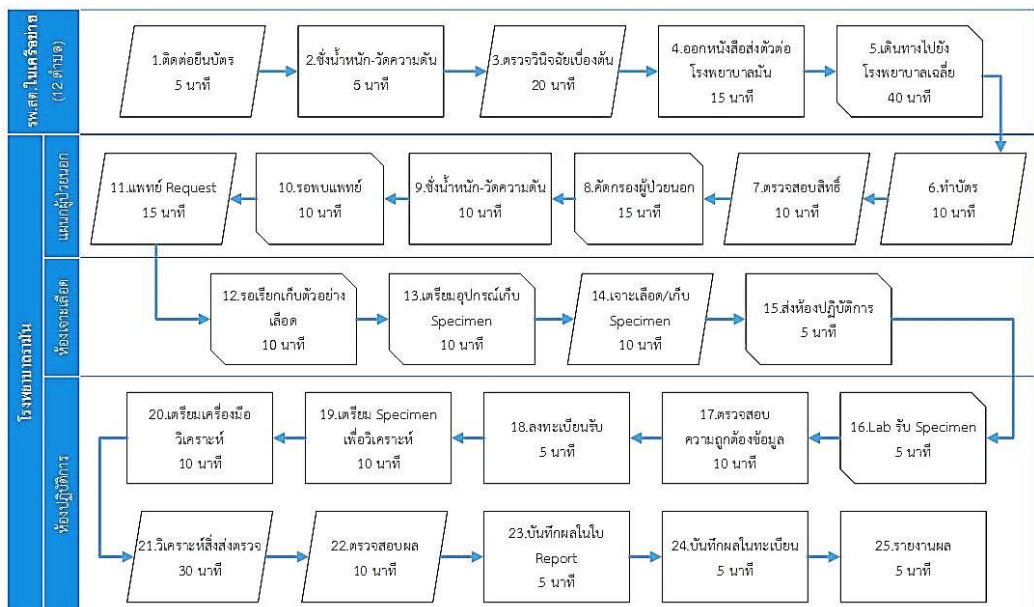


Figure 2 Pre-lean

Figure 2 การวิเคราะห์ขั้นตอนการดำเนินงานแบบเดิม มีตอนการปฏิบัติงานทั้งหมด 25 ขั้นตอน รวมระยะเวลาที่ต้องใช้ทั้งหมด 285 นาที และสามารถรวมระยะเวลาที่จำเป็นต้องทำ 85 นาที

2) คำนวณค่าประสิทธิภาพการดำเนินงาน โดยการคำนวณประสิทธิภาพ คิดเป็นร้อยละ =  $(85/285) \times 100 = 32.94\%$

3) คำนวณค่าใช้จ่ายการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นเสร็จสิ้น ดังนี้

**Table 1** การคำนวณค่าใช้จ่ายการดำเนินงาน

คนที่	ผู้ป่วย		ญาติ			รวม (บาท)
	ค่าเดินทาง ระยะทาง (กม.) x 4	ค่า กิน รายได้	ค่าขาด รายได้	ค่าเดินทาง ระยะทาง (กม.) x 4	ค่า กิน รายได้	

Table 1 ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายผู้ใช้บริการคิดเฉลี่ยการเดินทางจาก รพ.สต ในเครือข่ายที่ผู้ใช้บริการสังกัดอยู่ถึงโรงพยาบาลรามัน คิดค่าเดินทางจำนวนระยะทางเป็น กิโลเมตรคูณด้วย 4 (ค่าเชื้อเพลิงมาตรฐานทางราชการกำหนด) ค่าอาหาร และค่าขาดรายได้จากการหยุดงานเพื่อมาติดต่อ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายเฉลี่ยโดยประมาณของผู้ใช้บริการทั้ง 12 ตำบล

## 2. Post-Lean วิเคราะห์การดำเนินงานด้วยระบบการจัดการทางไกลสำหรับการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ (RMS)

ขั้นตอนนี้เริ่มจากผู้ป่วยติดต่อ รพ.สต ที่ต้นสังกัดและทำการยื่นบัตรประจำตัวผู้ป่วยทำการชั่งน้ำหนัก-วัดความดัน ต่อด้วยตรวจอาการเบื้องต้น จากนั้นเจ้าหน้าที่ รพ.สต เตรียมอุปกรณ์เก็บ specimen เพื่อเจาะเลือดผู้ป่วยและทำการตรวจสอบข้อมูลพร้อมกับลงทะเบียนรับด้วยระบบ RMS เมื่อบันทึก specimen ตัวอย่างเลือดจากผู้ป่วยแล้วเข้าสู่ขั้นตอนเตรียม specimen และเครื่องมือเพื่อทำการวิเคราะห์ ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์และการตรวจสอบผลการวิเคราะห์เจ้าหน้าที่ รพ.สต สามารถปฏิบัติงานร่วมกันแบบเรียลไทม์กับเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลรามันผ่านระบบ RMS หลังจากได้ผลการวินิจฉัยเจ้าหน้าที่ รพ.สต ทำการบันทึกผลการวินิจฉัยเข้าสู่ระบบ RMS โดยสามารถรายงานผลผ่านระบบได้ทันทีแบบเรียลไทม์ ขั้นตอนวิเคราะห์ส่วนนี้มีรายละเอียดดังนี้

### 1) ขั้นตอนการดำเนินงานใหม่ด้วยระบบ RMS ดังนี้

Figure 3 การวิเคราะห์ขั้นตอนการด้วยระบบการจัดการทางไกลสำหรับการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ ทำให้ขั้นตอนการปฏิบัติงานทั้งหมดลดเหลือ 11 ขั้นตอน ระยะเวลาที่ต้องใช้ทั้งหมด 116 นาที และสามารถรวมระยะเวลาที่จำเป็นต้องทำ 75 นาที

2) คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการดำเนินงาน Post-Lean โดยการคำนวณประสิทธิภาพ คิดเป็นร้อยละ =  $(75/116) \times 100 = 64.66\%$

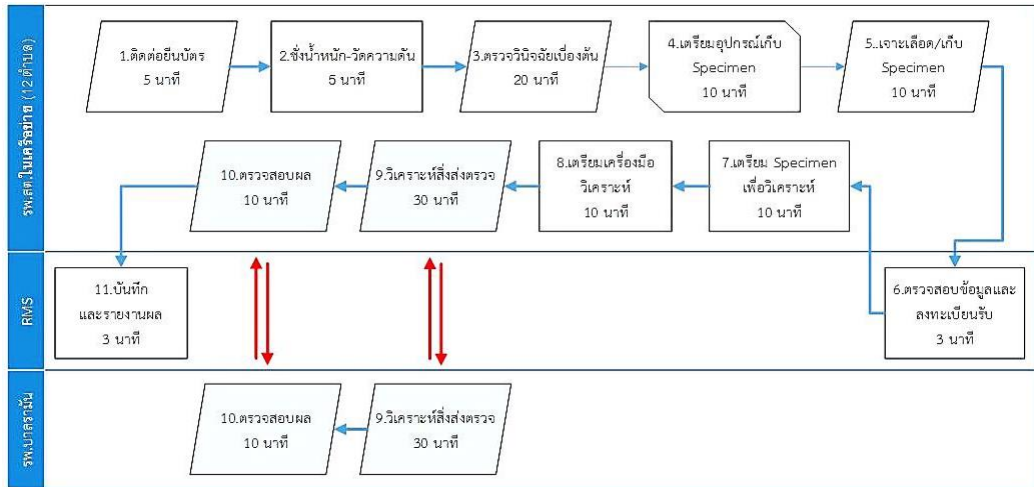


Figure 3 Post-lean

### สรุปและวิจารณ์

การบูรณาการไอทีคาเมราร่วมกับการออกแบบพัฒนาระบบสารสนเทศการจัดการทางไกลสำหรับทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์สามารถแก้ปัญหาการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการด้านคุณภาพและประสิทธิภาพสรุปได้จากผลการประเมินการดำเนินงานห้องปฏิบัติการด้วยหลักการสินค้าแสดงให้เห็นการปฏิบัติงานที่มีคุณภาพประสิทธิภาพโดยสามารถลดขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ 14 ขั้นตอน ลดระยะเวลาการดำเนินงานได้ถึง 169 นาที และลดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้บริการเฉลี่ย 966.11 บาทต่อครั้ง ที่สำคัญทำให้ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น 31.72 เปอร์เซ็นต์ แสดงรายละเอียดดัง Table 2

Table 2 สรุปผลการศึกษา

รูปแบบการประเมิน	Pre-lean	Post-lean	ผลต่างที่ได้
ขั้นตอนการดำเนินงาน	25	11	-14
ระยะเวลา (นาที)	285	116	-169
ค่าใช้จ่าย (บาท)	966.11	0	-966.11
ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)	32.94 %	64.66 %	+31.72 %

ผลการบูรณาการไอทีคาเมราร่วมกับการพัฒนาระบบสารสนเทศการจัดการทางไกลสำหรับทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์สามารถลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายให้กับโรงพยาบาลต้นสังกัด

และ รพ.สต. ในเครือข่ายซึ่งการที่ประชาชนคือผู้ได้รับประโยชน์อันสูงสุดเนื่องจากไม่ต้องเสียค่าเดินทางในการรับบริการสุขภาพด้านการตรวจวินิจฉัยโรค นอกจากนี้ผู้ชำนาญการสามารถติดตามเพื่อควบคุมดูแลคุณภาพและประสิทธิภาพการปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการทางไกลได้ ส่งผลให้การดำเนินงานรวดเร็วและเกิดความพึงพอใจต่อผู้รับบริการ

### เอกสารอ้างอิง

- Ali. Khader, Loai. Farajallah, Yousef. Shahin, Majed. Hababeh, Ishtaiwi. Abu-Zayed, Arata. Kochi, Anthony. D. Harries, Rony. Zachariah, Anil. Kapur, and Wendy. Venter, “Cohort monitoring of persons with hypertension: an illustrated example from a primary healthcare clinic for Palestine refugees in Jordan,” *Trop. Med. Int. Health*, vol. 17, no. 9, pp. 1163–1170, 2012.
- Bonnie. Spring, Judith. K. Ockene, Samuei. S. Gidding, Dariush. Mozaffarian, Shirley. Moore, Milagros. C. Rosal, Michael. D. Brown, Dorothea. K. Vafiadis, Debbie. L. Cohen, and Lora. E. Burke, “Better population health through behavior change in adults a call to action,” *Circulation*, vol. 128, no. 19, pp. 2169–2176, 2013.
- Francis. J. Baker and Reginald. E. Silverton, *Introduction to medical laboratory technology*. Butterworth-Heinemann, 2014.
- Henry. C. Hawthorne III and David. J. Masterson, “Lean health care,” *NC Med J*, vol. 74, no. 2, pp. 133–136, 2013.
- R. M. Kaplan and A. A. Stone, “Bringing the laboratory and clinic to the community: mobile technologies for health promotion and disease prevention a,” *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 64, pp. 471–498, 2013.
- Jayavardhana. Gubbi, Rajkumar Marusic. Buyya, Slaven. Marusic, and Marimuthu. Palaniswami, “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.



- 
- Michael. L. Emiliani, “Origins of lean management in America: The role of Connecticut businesses,” *J. Manag. Hist.*, vol. 12, no. 2, pp. 167–184, 2006.
- Robert. M. Kaplan and Aarthur. A. Stone, “Bringing the laboratory and clinic to the community: mobile technologies for health promotion and disease prevention a,” *Annu. Rev. Psychol.*, vol. 64, pp. 471–498, 2013.
- Zhibo. Pang, Lirong. Zheng, Junzhe. Tian, Sharon. Kao-Walter, Elena. Dubrova, and Qiang. Chen, “Design of a terminal solution for integration of in-home health care devices and services towards the Internet-of-Things,” *Enterp. Inf. Syst.*, vol. 9, no. 1, pp. 86–116, 2015.

---

การประยุกต์ใช้ G Suite แอปพลิเคชันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศโรงเรียน:

กรณีศึกษาโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ภูเก็ต

Applying G Suite Application to Improve Process Performance  
of School Document System:

A Case Study of Srinagarindra the Princess Mother School, Phuket

กนกนภัส สืบสิน\* และ สุรีนา มะตาหยง

Kanoknapat Suebsin\* and Sureena Matayong

การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Management of Information Technology, Faculty of Engineering,

Prince of Songkla University, Hat Yai Campus

\* Corresponding author: pohua4@gmail.com

---

### บทคัดย่อ

โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต เป็นโรงเรียนของรัฐ ใช้ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณในการบริหารงานเอกสาร เจ้าหน้าที่สารบรรณทำหน้าที่ลงทะเบียนหนังสือรับ-ส่งในสมุดทะเบียน และแจกจ่ายเอกสารไปยังฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองเวลาและทรัพยากร งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ใช้ G Suite แอปพลิเคชันในการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์ทดแทนการลงทะเบียนหนังสือรับ-ส่งแบบเดิม ผลการประเมินประสิทธิภาพด้วยหลักการลินแสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใช้ในการลงทะเบียนหนังสือรับลดลงร้อยละ 65 เวลาในการลงทะเบียนหนังสือส่งลดลงร้อยละ 55.56 และเวลาสำหรับค้นคืนหนังสือลดลง ร้อยละ 71.88 นอกจากนี้ระบบรองรับการจัดเก็บเอกสารในรูปแบบไฟล์ pdf ขนาด 100 MB ต่อเอกสาร จึงไม่ต้องสำเนาเอกสารแจกจ่ายไปยังฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ด้วยวิธีการนี้โรงเรียนสามารถลดการใช้เวลาและทรัพยากรในการดำเนินงานสารบรรณได้

**คำสำคัญ:** ลิน จีสูทแอปพลิเคชัน ระบบสารสนเทศโรงเรียน

## Abstract

Srinagarindra the Princess Mother School, Phuket is a public school that follows Regulations of the Office of the Prime Minister on document management. Formerly, staff recorded the received and sent documents in the register book then distributed them to relevant department. This process had wasted time and resources. Therefore, this research presents application of G Suite to develop an online document system management for the school in replacing old process. The results of the Lean performance evaluation show that the time spent on recording received document was decreased by 65 percent, the time to record sent document was decreased by 55.56 percent, and the time spent on book retrieval was decreased by 71.88 percent. In addition, the system supports 100 MB per pdf file so there is no need to copy the document to the relevant department. In this way, the school can reduce the amount of time and resources available to carry out the work.

**Keywords:** Lean, G Suite Application, School Document System

## บทนำ

โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน (งานสารสนเทศ 2560) การบริหารงานเอกสารเป็นไปตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ (ราชกิจจานุเบกษา 2526, 2548) มีการทำทะเบียนหนังสือรับและส่ง โดยเจ้าหน้าที่สารบรรณเป็นผู้เขียนลงในสมุดทะเบียนหนังสือรับหรือส่ง กรณีของหนังสือรับจะต้องมีการทำสำเนาเอกสารหากมีฝ่าย/บุคคลที่เกี่ยวข้องมากกว่า 1 จากนั้นจึงนำเอกสารไปส่งให้ฝ่าย/บุคคลที่เกี่ยวข้องโดยเจ้าหน้าที่สารบรรณไม่มีการเก็บต้นฉบับไว้ ส่วนของหนังสือที่จะส่งออกไปนั้น ฝ่าย/บุคคลเจ้าของเรื่องจะมาขอให้เจ้าหน้าที่สารบรรณเป็นผู้ออกเลขให้ และจะต้องเวลารอหากเจ้าหน้าที่สารบรรณไม่อยู่ การค้นคืนเอกสารใช้การหาจากทะเบียนหนังสือรับหรือส่ง ซึ่งจะทราบฝ่าย/บุคคลที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงไปขอเอกสารต้นฉบับจากฝ่าย/บุคคลนั้น จะเห็นว่ารูปแบบการบริหารเอกสารแบบเดิมนั้นทำให้โรงเรียนสิ้นเปลืองทรัพยากรและเวลา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะประยุกต์ใช้ G Suite แอปพลิเคชันปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสารบรรณโรงเรียนโดยใช้แนวการจัดการแบบลีน เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าในกระบวนการเดิมนั้นมีความสูญเปล่าอยู่จึงใช้ ECRS ปรับปรุง

กระบวนการตามแนวการจัดการแบบลีน (ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ 2009; Stoelb 2016) และ G Suite นั้น Google ให้บริการสถาบันการศึกษาโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย (Google ม.บ.ป.) มีการนำไปปรับใช้ในสถาบันการศึกษาหรือหน่วยงานอื่นๆ (เสาวภา 2016; อาพร และทัตทอง 2017; ชมพูนุช, เพียงขอบฟ้าและกมลชนก 2017)

## วิธีการศึกษา

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือประยุกต์ใช้ G Suite Application ปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสารบรรณโรงเรียน รายละเอียดเกี่ยวกับขอบเขตงานวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และระเบียบวิธีวิจัย มีดังนี้

### 1. ขอบเขตงานวิจัย

จัดทำระบบสำหรับงานสารบรรณกลางของโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต ในส่วนของการลงทะเบียนหนังสือ หนังสือส่ง และการค้นคืนหนังสือเท่านั้น

### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 Google Forms ใช้เป็นเครื่องมือรับข้อมูลของหนังสือราชการมาเก็บไว้ในระบบสามารถอัปโหลดไฟล์โดยจำกัดขนาดและจำนวนไฟล์ได้

2.2 Google Sheets ใช้จัดเก็บข้อมูลที่ได้จากผู้ใช้งาน Google Forms สามารถนำข้อมูลไปแสดงผลยังเว็บเพจได้แบบ real time

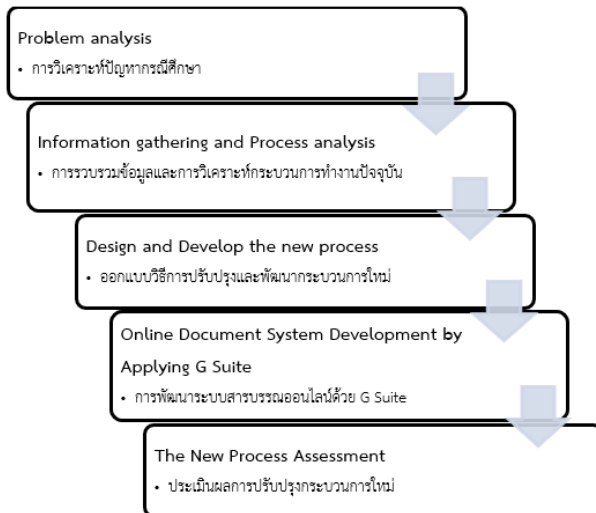
2.3 Google App Script มีพื้นฐานมาจาก Javascript ใช้เขียนคำสั่งเพิ่มเติมให้กับแอปพลิเคชันใน G Suite

2.4 Google Sites ใช้เป็นพื้นที่รวบรวมลิงค์ไปยังระบบลงทะเบียนหนังสือรับหนังสือส่ง และการค้นคืน เพื่อความสะดวกของผู้ใช้

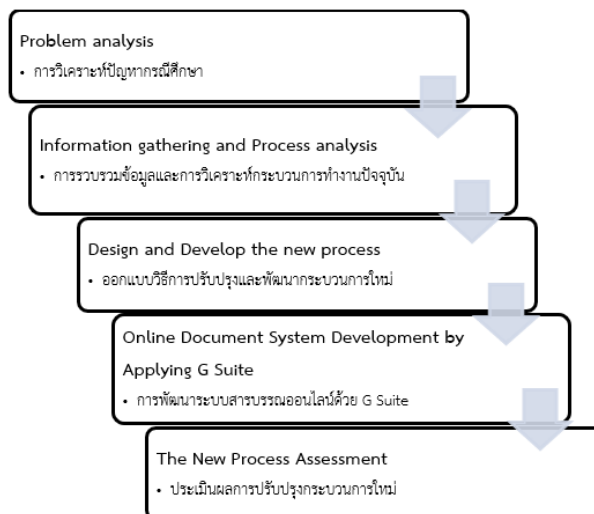
2.5 แนวคิดการบริหารแบบลีน นำมาใช้ในการวิเคราะห์ และปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อกำจัดความสูญเปล่า

### 3. ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการทำวิจัยนี้เป็นการประยุกต์มาจากแนวคิดการบริหารแบบลีนของ รศ.นพ. ธีวัช ชาญชญานนท์ (ม.ป.ป.) และ พ.ญ.พัชร์จิรา เจียรณิชานนท์ (2555) ดัง



รูปที่ 1 กระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสารบรรณโรงเรียน



รูปที่ 1 กระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสารบรรณโรงเรียน

**3.1 การวิเคราะห์ปัญหากรณีศึกษา (Problem analysis)** จากการสำรวจฝ่าย/งานภายในโรงเรียน พบว่างานสารบรรณเป็นงานที่เหมาะสมจะนำมาปรับปรุง เนื่องจากความล่าช้าจะส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อนักเรียน ครูและบุคลากรทางการศึกษา และผู้รับผิดชอบงานสารบรรณยินดีให้ความร่วมมือในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

**3.2 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์กระบวนการทำงานปัจจุบัน (Information gathering and Process analysis)** โดยสังเกตการทำงาน จดบันทึกขั้นตอน พร้อมจับเวลา เรียกวิธีการนี้ว่า Gemba walk (Hearne 2015; Tervene ม.ป.ป.; TRACC ม.ป.ป.) พบว่าความสูญเปล่าส่วนใหญ่มาจากการเคลื่อนไหวมากเกินไป (เดิน) และการรอ

**3.3 ออกแบบวิธีการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการใหม่ (Design and Develop the new process)** ผู้วิจัยปรับปรุงระบบสารบรรณด้วยกระบวนการ ECRS (Eliminate Combine Rearrange Simplify) (Miller 2008; Stoelb 2016; ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ 2009) เพื่อกำจัดขั้นตอนที่ไม่สร้างคุณค่า รวมขั้นตอนบางอย่างเข้าด้วยกัน จัดลำดับบางขั้นตอนใหม่ ทำให้การเข้าถึงข้อมูลเป็นไปโดยง่ายและป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น **Error! Reference source not found.**

**Error! Reference source not found.**

**ตารางที่ 1 การปรับปรุงระบบด้วยกระบวนการ ECRS**

การปรับปรุง	ขั้นตอน	รายละเอียด
Eliminate	การลงทะเบียนหนังสือส่ง	ตัดกระบวนการเดินเพื่อนำรายละเอียดหนังสือให้กับเจ้าหน้าที่สารบรรณ
	การค้นคืนหนังสือ	ตัดกระบวนการลงทะเบียนหนังสือส่งโดยเจ้าหน้าที่สารบรรณ
		ตัดกระบวนการเดิน/โทรศัพท์มาแจ้งเรื่องที่ต้องการค้นหาต่อเจ้าหน้าที่สารบรรณ
		ตัดกระบวนการที่เจ้าหน้าที่สารบรรณค้นหาหนังสือในทะเบียนหนังสือรับหรือส่ง
Combine	-	ตัดกระบวนการให้ผู้ที่ต้องการข้อมูลติดต่อฝ่าย/ผู้เกี่ยวข้อง
	-	-
Rearrange	-	-
Simplify	การลงทะเบียนหนังสือรับ	เปลี่ยนรูปแบบการส่งหนังสือให้ฝ่าย/ผู้เกี่ยวข้องจากการสำเนาไปส่งมอบให้แต่ละคน เป็นการส่งลิงค์ไปให้
	การลงทะเบียน	เปลี่ยนจากการเขียนลงทะเบียนหนังสือส่งโดยเจ้าหน้าที่สาร

การปรับปรุง	ขั้นตอน	รายละเอียด
	หนังสือส่ง	บรรณ เป็นการให้เจ้าของหนังสือกรอกข้อมูลผ่านระบบ โดยจะมีการแจ้งหมายเลขไว้ในหน้าเว็บไซต์
	การค้นคืนหนังสือ	นำระบบมาใช้แทนการค้นคืนหนังสือแบบเดิม

### 3.4 การพัฒนาระบบสารบรรณออนไลน์ด้วย G Suite (Online Document System Development by Applying G Suite)

ตารางที่ 2 Designing implementation by applying G Suite

ระบบเดิม	ระบบใหม่	G Suite
เจ้าหน้าที่สารบรรณ ลงทะเบียนหนังสือรับ แล้วทำสำเนาเดินไปส่ง มอบให้ฝ่าย/ผู้ที่ เกี่ยวข้อง	เจ้าหน้าที่สารบรรณ ลงทะเบียนหนังสือรับแล้ว นำลิ้งค์ส่งให้ผู้เกี่ยวข้อง	- ใช้ Site เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้ - ใช้ Form สำหรับการรับรายละเอียดของหนังสือ รับ และไฟล์ภาพหรือ .pdf ของหนังสือ - ใช้ Sheet เพื่อจัดเก็บแทนทะเบียนหนังสือรับ - เขียน App Script เพื่อช่วยในการรันเลขทะเบียน หนังสือรับ
ผู้เกี่ยวข้องเดิน/ โทรศัพท์ ให้ รายละเอียดเจ้าหน้าที่ สารบรรณในการ ลงทะเบียนหนังสือส่ง	ผู้เกี่ยวข้องลงทะเบียน หนังสือส่งผ่านระบบด้วย ตนเอง โดยจะได้เลข ทะเบียนหนังสือส่งจาก ระบบ	- ใช้ Site เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้ - ใช้ Form สำหรับการรับรายละเอียดของหนังสือ ส่ง และไฟล์ภาพหรือ .pdf ของหนังสือ - ใช้ Sheet เพื่อจัดเก็บแทนทะเบียนหนังสือส่ง - เขียน App Script เพื่อช่วยในการรันเลข ทะเบียนหนังสือส่ง
เจ้าหน้าที่สารบรรณค้น ข้อมูลหนังสือที่ต้องการ จากทะเบียนหนังสือ รับ/ส่ง แล้วติดต่อไปยัง ผู้ลงชื่อรับหนังสือเพื่อ ขอรายละเอียดใน หนังสือ	ผู้ที่ต้องการรายละเอียด จากหนังสือทำการค้นหาใน ทะเบียนหนังสือรับ/ส่ง ที่ อยู่ในระบบสารบรรณ ออนไลน์ผ่านทางหน้า เว็บไซต์ โดยสามารถคลิกดู รายละเอียดหนังสือได้ทันที	- นำไฟล์ Sheet ของทะเบียนหนังสือรับและ ทะเบียนหนังสือส่งไปแสดงไว้ใน Site - ผู้ที่ต้องการค้นหาหนังสือกด Ctrl+F เพื่อพิมพ์คำ สำคัญสำหรับค้นหาได้จากในระบบ โดยสามารถ คลิกลิ้งค์เอกสารดูได้ทันที

### 3.5 การประเมินผลการปรับปรุงกระบวนการใหม่ (The New Process Assessment)

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบจะใช้เวลาเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการก่อนสิ้น  
และหลังสิ้น โดยเก็บข้อมูลในช่วงเดือน มิถุนายน - ธันวาคม 2560

### ผลการศึกษา

จากการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการด้วยแนวคิดลีน และประยุกต์ใช้ G Suite Application ทำให้เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานลดลง ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** เปรียบเทียบ Pre Lean และ Post Lean ของแต่ละกิจกรรม

	ระยะเวลา (นาที)		
	การลงทะเบียนหนังสือรับ	การลงทะเบียนหนังสือส่ง	การค้นคืนหนังสือ
Pre lean	20	18	32
Post lean	7	8	9
ส่วนต่าง	-13	-10	-23
<b>ร้อยละ</b>	<b>65</b>	<b>55.56</b>	<b>71.88</b>

### วิจารณ์

งานวิจัยนี้ได้แนวคิดการปรับปรุงกระบวนการภายในองค์กรรัฐให้มีประสิทธิภาพจากงานวิจัยของ Radnor (2010) เพียงแต่ไม่ได้ใช้ร่วมกับ Six Sigma และมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเอกสาร โดยผู้วิจัยเลือกใช้ G Suite Application (Google ม.ป.ป.) เนื่องจากหน่วยงานการศึกษาสามารถใช้บริการได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย กำหนดสิทธิ์การเข้าถึงได้ ใช้ทักษะ ICT เพียงเล็กน้อย ดังนั้นโรงเรียนขนาดเล็กที่ไม่มีผู้เชี่ยวชาญด้าน ICT จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ เป็นข้อแตกต่างจากระบบจัดการเอกสารที่พบในปัจจุบัน (เพ็ญวิสาข์และวัชรวลี 2555; เอกสิทธิ์และรจนา 2559) ที่ต้องใช้ทักษะในการจัดทำเครื่องแม่ข่าย ฐานข้อมูล หรือเสียค่าจ้างผู้เชี่ยวชาญมาพัฒนาและดูแลระบบ

### สรุป

จากการประยุกต์ใช้ G Suite Application สร้างระบบสารบรรณโรงเรียน ทำให้เวลาที่ใช้ในการลงทะเบียนหนังสือรับลดลงร้อยละ 65 เวลาในการลงทะเบียนหนังสือส่งลดลงร้อยละ 55.56 และเวลาสำหรับค้นคืนหนังสือลดลง ร้อยละ 71.88 นอกจากนี้ระบบรองรับการจัดเก็บเอกสารในรูปแบบไฟล์ pdf ขนาด 100 MB ต่อเอกสาร จึงส่งลิงค์เอกสารให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ลดเวลาและทรัพยากรในการดำเนินงานสารบรรณได้



### เอกสารอ้างอิง

- งานสารสนเทศ. 2560. “สารสนเทศโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต”. Phuket. ชมพูนุช สราวุฒเดชา, เพียงขอบฟ้า ปัญญาเพชร และกมลชนก มาแสงตา. 2017. “การใช้ Cloud Computing ในการปฏิบัติงานของ ห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่”. *PULINET journal* 4 (1): 28–37.
- ธวัช ชาญชฎานนท์. ม.ป.ป. “LEAN สู่การปฏิบัติ”. สืบค้น 19 เมษายน 2017. <http://www.qa.psu.ac.th/LEAN /LEAN back office@psu.pdf>.
- ประเสริฐ อัครประดมพงศ์. 2009. “การลดความสูญเปล่า ด้วยหลักการ ECRS”. 2009. <https://cpico.wordpress.com/2009/11/29/การลดความสูญเปล่า-ด้วย/>.
- พัชรจิรา เจียรณิชาพันธ์. 2555. “องค์ประกอบโครงสร้างลีน (Lean House)”. การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของภาครัฐ (Lean Government) โดย สำนักงานข้าราชการกรุงเทพมหานคร. <http://www.lpthosp.go.th/webpage/images/pdf/lean/main.pdf>.
- เพ็ญวิสาข์ เอกกะยอ, และวัชรวลี ตั้งคุปตานนท์. 2555. “การใช้หลักการลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บเอกสาร และออกเลขหนังสือด้วยซอฟต์แวร์เสรี กรณีศึกษา สำนักงานโรงพยาบาลสงขลานครินทร์”. ใน *Graduate Research Conference*, 1061–66. Khon Kaen. <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/55/cdgrc13/files/hmo23.pdf>.
- ราชกิจจานุเบกษา. 2526. ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ พ.ศ.2526. <https://thainetizen.org/wp-content/uploads/2009/10/thailand-pm-office-document-admin-regulation-2526.pdf>.
- . 2548. ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ (ฉบับที่2) พ.ศ.2548. <https://thainetizen.org/wp-content/uploads/2009/10/thailand-pm-office-document-admin-regulation-2548.pdf>.
- เสาวภา เพ็ชรรัตน์. 2016. “การประยุกต์ใช้ Google Keep สำหรับจัดเก็บใบสมัครสมาชิกวารสาร”. *PULINET journal* 3 (1): 136–41.
- อาพร สุนทรวัฒน์ และ ทัดทอง พรหมณี. 2017. “การประยุกต์ใช้ Google Sheet ในการบริหารงบประมาณ (Applying Google Sheet in Budget Administration)”. *PULINET journal* 4 (3): 24–33.
- เอกสิทธิ์ เผ่าวัฒนา และรจนา คงสุข. 2559. “งานวิเคราะห์เรื่องประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานสารบรรณ ด้วยระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์”. <http://repository.li.mahidol.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1467/2/op-ana-akasite->

2559.pdf.

Google. ม.ป.ป. “G Suite | Google for Education”. สืบค้น 15 ตุลาคม 2017.  
[https://edu.google.com/k-12-solutions/g-suite/?modal\\_active=none](https://edu.google.com/k-12-solutions/g-suite/?modal_active=none).

Hearne, Rachel. 2015. “Go To Gemba!” Lean Laboratory. 2015.  
<http://lablean.blogspot.com/2015/03/gemba-is-japanese-word-which-means-at.html>.

Miller, Jon. 2008. “101 Kaizen Templates: ECRS Worksheet”. Gemba Academy. 2008.  
[https://blog.gembaacademy.com/2008/01/25/101\\_kaizen\\_templates\\_ecrs\\_analysis\\_sheet/](https://blog.gembaacademy.com/2008/01/25/101_kaizen_templates_ecrs_analysis_sheet/).

Radnor, Zoe. 2010. “Transferring Lean into government”. *Journal of Manufacturing Technology Management* 21 (3): 411–28. <https://doi.org/10.1108/17410381011024368>.

Stoelb, Daniel. 2016. “Don’t Forget The ECRS Steps When You Are Trying To Improve”. LinkedIn. 2016. <https://www.linkedin.com/pulse/dont-forget-ecrs-steps-when-you-trying-improve-daniel-stoelb>.

Tervene. ม.ป.ป. *A simple guide to Gemba Walk*. Tervene. สืบค้น 8 ธันวาคม 2017.  
<http://tervene.com/wp-content/uploads/2017/06/A-simple-guide-to-Gemba-Walk-ebook.pdf>.

TRACC. ม.ป.ป. “10 gemba walk questions”. TRACC solution. สืบค้น 8 ธันวาคม 2017. <https://traccsolution.com/resources/gemba-walk-questions/>.

การประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ (Usability) สำหรับระบบแบบสำรวจความพึงพอใจ

ออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

กรณีศึกษา: โรงพยาบาลอำเภอศรีสาคร จังหวัดนราธิวาส

Usability Evaluation for Online Satisfaction Survey System of Public  
Healthcare Service: A Case Study of Srisakhon Hospital, Narathiwat

สุวีณา ยูโซ๊ะ\* และ สุรีณา มะตาหยง

Suweena Yusoh\* and Sureena Matayong

การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Management of Information Technology, Faculty of Engineering,

Prince of Songkla University, Hat Yai Campus

\* Corresponding author: swnanoo@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการประเมินความพึงพอใจต่อการให้บริการของสถานบริการสาธารณสุขใช้วิธีการทำแบบสอบถามในรูปแบบเอกสาร ทำให้ไม่ได้รับความร่วมมือจากประชาชนผู้รับบริการเท่าที่ควร เนื่องจากต้องใช้เวลาในการทำแบบสอบถาม จากการวิเคราะห์ระบบแบบสอบถามออนไลน์ที่มีให้บริการทั่วไปอย่างหลากหลาย อาทิเช่น Google Form, SurveyCan, SurveyMonkey และอื่นๆ เราสามารถประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบสอบถามออนไลน์ได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามระบบเหล่านั้นยังมีข้อจำกัดในด้านความเป็นมิตรกับผู้ใช้ (Usability) ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาการต่อต้านและหลีกเลี่ยงการใช้งานเมื่อมีการสร้างระบบขึ้นมาใช้งานจริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดเพื่อตอบสนองการแก้ไขประเด็นดังกล่าวด้วยการออกแบบและพัฒนาระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุขเป็นแอปพลิเคชัน โดยยึดหลักการออกแบบและพัฒนาระบบตาม Heuristic Usability จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างการศึกษาเบื้องต้น (Pilot Study) ของประชาชนผู้มารับบริการของสถานบริการสาธารณสุข จำนวน 50 คน ผลประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ในด้านต่างๆ แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยที่อยู่ในเกณฑ์ดีจากค่าคะแนนสูงสุดคือ 5 ได้แก่ ความยืดหยุ่น 4.52 ความสะดวกสบายในการใช้งาน 4.50 การจดจำได้ง่าย 4.38 การป้องกันข้อผิดพลาด 4.28 และ ความสามารถในการเรียนรู้ 4.20 ตามลำดับ โดยรวมแล้วผู้ใช้มีความพึงพอใจระบบในระดับมาก

**คำสำคัญ:** แบบสำรวจความพึงพอใจ สถานบริการสาธารณสุข ความเป็นมิตรกับผู้ใช้

## Abstract

Currently, the satisfaction survey of public healthcare service is based on the questionnaire form. This cause patients unwilling to do questionnaires because it takes time to complete them. In fact, there are various online questionnaires such as Google Form, SurveyCan, SurveyMonkey that can be used to create an online system. However, these systems still have limitations on usability, which can cause problems of user dissatisfaction. In order to respond to the problem mentioned above, the researcher design and develop the online satisfaction survey system of the public healthcare service as a web based application. The application is based on the principle of designing and developing heuristic usability system. The collection of samples in pilot study from 50 public healthcare service users show the mean of usability item tests by maximum score is 5. The results show the average of each item as follow: Flexibility, 4.52 Comfort, 4.50 Memorability, 4.38 Error Prevention, 4.28 and Learnability, 4.20 respectively. The user are very satisfied with the system.

**Keywords:** Online Satisfaction Survey, Public Healthcare Service, Usability

## บทนำ

การดูแลสุขภาพเป็นองค์ประกอบสำคัญของโรงพยาบาลรัฐ ทำหน้าที่ด้านการรักษา และฟื้นฟูสภาพการเจ็บป่วยของประชาชนรวมถึงการป้องกันโรค การบริการด้านสุขภาพ หมายถึงผลประโยชน์ที่ไม่มีตัวตนซึ่งแตกต่างจากสินค้าอื่นๆ เนื่องจากไม่สามารถมองเห็น แต่สามารถรู้สึกและสัมผัสได้อย่างเห็นได้ชัด (Mitropoulos, Vasileiou, and Mitropoulos 2018) (Kleefstra et al. 2015) (Schoenfelder, Klewer, and Kugler 2017) ดังนั้นคุณภาพและประสิทธิภาพของการบริการขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ป่วย ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาความพึงพอใจของผู้ป่วยมีบทบาทสำคัญในการประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานที่ช่วยให้หน่วยงานและเจ้าหน้าที่ด้านการบริการสุขภาพก้าวไปข้างหน้า (Personal et al. 2011) (Pini et al. 2014) (Tountas, Lopatzidis, and Houliara 2003) ในความเป็นจริงมีหลายเทคนิคที่สามารถใช้ในการสำรวจความพึงพอใจของผู้รับบริการ อาทิเช่น แบบสอบถาม การสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์ เป็นต้น เทคนิคการสำรวจที่ใช้โดยทั่วไปคือ การใช้แบบสอบถามโดยเฉพาะรูปแบบของแอปพลิเคชันออนไลน์ซึ่งเป็นที่นิยมมากที่สุด

สำหรับการรวบรวมวิเคราะห์และประเมินข้อมูลที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆ (Sofaer and Firminger 2005) (Vogus and McClelland 2016) (Al-Refai 2011)

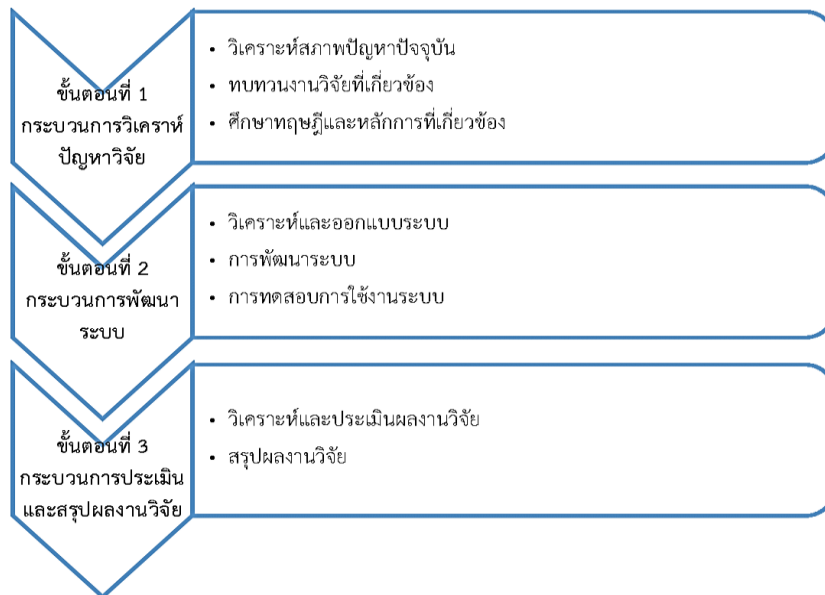
ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ระบบต่างๆ ถูกพัฒนาขึ้นมาให้ทันยุคทันสมัย เช่นเดียวกันกับการสำรวจความคิดเห็นของผู้รับบริการที่สามารถสำรวจผ่านโปรแกรมประยุกต์ที่เป็นเครื่องมือแบบสอบถามออนไลน์ อีกทั้งเป็นโปรแกรมฟรีแวร์ อาทิเช่น Google Form, Survey can, lime survey และอื่นๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตามโปรแกรมเหล่านี้ยังคงมีข้อจำกัดด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานกลุ่มต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาการต่อต้านและหลีกเลี่ยงการใช้งานระบบส่งผลให้ไม่พอใจที่จะใช้งานระบบ ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวคิดการประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ (Usability) ระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ โดยยึดหลักการออกแบบและพัฒนาาระบบตาม Heuristic Usability เพื่อให้ผู้ใช้พอใจในการใช้งานระบบมากที่สุด การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ กำหนดรูปแบบการประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ตามหลัก Usability ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ การรับรู้ถึงความง่ายและการรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งานระบบ ซึ่งประกอบด้วย ตัวชี้วัด 5 ด้าน ได้แก่ 1) การจดจำได้ง่าย 2) การป้องกันข้อผิดพลาด 3) ความสะดวกสบายในการใช้งาน 4) ความสามารถในการเรียนรู้ และ 5) ความยืดหยุ่น เพื่อพิสูจน์ว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอย่างน้อยเพียงใด อีกทั้งส่งเสริมให้สถานบริการนำผลวิจัยที่ได้เป็นองค์ความรู้ในการปรับปรุงแก้ไขการให้บริการต่อผู้รับบริการให้ดียิ่งขึ้น

### วิธีการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยเสนอระเบียบวิธีการวิจัย เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาระบบและประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ สามารถจำแนกขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน แสดงได้ดังรูปที่ 1

**ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาการวิจัย** ผู้วิจัยสำรวจและวิเคราะห์สภาพปัญหาเดิมของหน่วยงาน เพื่อวิเคราะห์ความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งานระบบ และทำการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีและหลักการที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาระบบเทคโนโลยี เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาระบบให้ผู้ใช้เกิดความพึงพอใจที่จะใช้งานระบบต่อไป จึงได้เสนอกรอบแนวคิดการวิจัยเพื่อเสนอรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับอธิบายการแก้ปัญหาความต้องการสารสนเทศของระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ ดังรูปที่ 2 โดยผู้วิจัยศึกษาทฤษฎีการวิจัยของ Usability ศึกษาถึงปัจจัยด้าน Usability ที่ส่งผลถึงความพึงพอใจต่อการ

ใช้งานระบบสารสนเทศ ได้แก่ ปัจจัยด้านการรับรู้ถึงความง่ายและปัจจัยด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งานระบบ ซึ่งประกอบด้วยตัวชี้วัดด้าน Usability 5 ตัวชี้วัด สามารถอธิบายการให้นิยามของตัวชี้วัดได้ดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

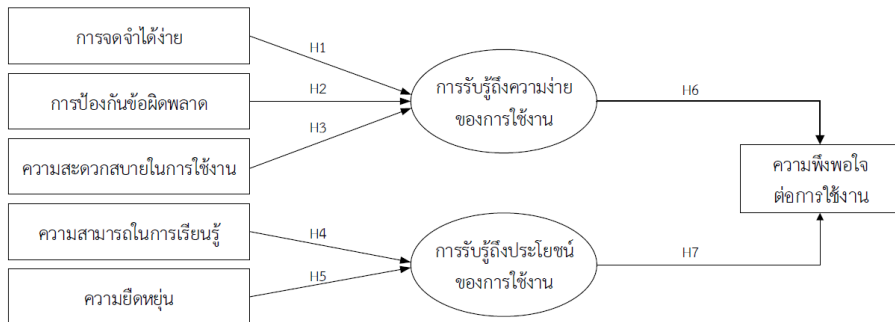
การจดจำได้ง่าย (Memorability): ผู้ใช้สามารถจำวิธีการใช้งานได้ง่ายและสามารถจดจำรูปภาพที่ใช้สื่อความหมายของเมนูได้ เช่น รูปผู้หญิงแทนเพศหญิง รูปแม่ค้าแทนอาชีพแม่ค้า เป็นต้น

การป้องกันข้อผิดพลาด (Error Prevention): ระบบมีการป้องกันข้อผิดพลาด เช่น มีการแนะนำหรือการเตือนความจำให้ผู้ใช้เพื่อช่วยในการใช้งานของผู้ใช้

ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Comfort): ระบบสามารถถูกใช้งานได้ง่ายโดยผู้ใช้เรียกใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลา ผ่านเว็บเบราว์เซอร์

ความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability): ผู้ใช้สามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้ง่ายเรียนรู้รูปภาพที่ใช้แทนเมนูต่างๆ ได้ง่าย

ความยืดหยุ่น (Flexibility): ระบบสามารถถูกใช้งานได้ง่ายโดยผู้ใช้และสามารถรองรับการเรียกใช้งานผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลาย



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากกรอบแนวคิดการวิจัยข้างต้นผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานเพื่อทดสอบตัวชี้วัดและปัจจัยที่กำหนดส่งผลทางบวกต่อความพึงพอใจในการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ ดังนี้

H1: ตัวชี้วัดด้านการจดจำได้ง่ายส่งผลต่อการรับรู้ถึงความง่ายของการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

H2: ตัวชี้วัดด้านการป้องกันข้อผิดพลาดส่งผลต่อการรับรู้ถึงความง่ายของการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

H3: ตัวชี้วัดด้านความสะดวกสบายในการใช้งานส่งผลต่อการรับรู้ถึงความง่ายของการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

H4: ตัวชี้วัดด้านความสามารถในการเรียนรู้ส่งผลต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

H5: ตัวชี้วัดด้านความยืดหยุ่นส่งผลต่อการรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

H6: ปัจจัยด้านการรับรู้ถึงความง่ายของการใช้งานส่งผลต่อความพึงพอใจของการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

H7: ปัจจัยด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งานส่งผลต่อความพึงพอใจของการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

**ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการพัฒนาระบบ** ผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้หลักการออกแบบความเป็นมิตรกับผู้ใช้ตามหลัก Heuristic Usability อาศัยเทคนิคการใช้ภาพเป็นตัวประสานกับผู้ใช้ GUI (Graphical User Interface) และการพัฒนาระบบแบบ

Responsive Web Design สามารถรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์ที่มีความละเอียดของหน้าจอที่หลากหลาย

ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มตัวอย่างการศึกษาเบื้องต้น (Pilot Study) จำนวน 50 คน จากประชาชนผู้รับบริการของสถานบริการสาธารณสุข เพื่อทดสอบการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์และสำรวจความพึงพอใจของประชาชนต่อการให้บริการของเจ้าหน้าที่ให้ผู้ใช้เกิดความพึงพอใจที่สุด

**ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการประเมินและสรุปผลงานวิจัย** ผู้วิจัยใช้เครื่องมือการวิจัย ประเภทแบบสอบถาม ในการประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ เพื่อให้ได้ระบบที่ Usability ต่อผู้ใช้ที่สุด นำไปสู่ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของผู้ใช้ต่อไป โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้ตามหลักสถิติด้วยโปรแกรมประยุกต์ SPSS และแปลผลเพื่อให้เกิดความเข้าใจปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจต่อระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์มากขึ้น ซึ่งผลการสำรวจจะถูกนำเสนอในหัวข้อผลการศึกษา

### ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้สามารถอธิบายผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

**ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ :** การออกแบบและพัฒนาระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ที่ใช้เทคนิคการใช้ภาพเป็นตัวประสานกับผู้ใช้ GUI และการพัฒนาระบบแบบ Responsive Web Design ทำให้ระบบมีอัตลักษณ์ที่สวยงามดึงดูดความน่าสนใจให้ใช้งาน อีกทั้งสามารถรองรับการแสดงผลหน้าจอของอุปกรณ์ที่มีความละเอียดของหน้าจอที่หลากหลาย ผลการพัฒนาระบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4

**ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ :** จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาเพื่ออธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจในการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 1





รูปที่ 3 หน้าจอแสดงความคิดเห็นในการรับบริการ



รูปที่ 4 หน้าจอระบบแสดงบนอุปกรณ์ที่มีความละเอียดของหน้าจอที่หลากหลาย

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการตอบแบบสอบถาม

Usability Evaluate	Mean	SD	ระดับความพึงพอใจ
1. การจดจำได้ง่าย (Memorability)	4.38	0.58	พอใจมาก
2. การป้องกันข้อผิดพลาด (Error Prevention)	4.28	0.52	พอใจมาก
3. ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Comfort)	4.50	0.46	พอใจมากที่สุด
4. ความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability)	4.20	0.60	พอใจมาก
5. ความยืดหยุ่น (Flexibility)	4.52	0.41	พอใจมากมากที่สุด

ตารางที่ 1 การแสดงผลการวิจัยพบว่า ตัวชี้วัดด้าน Usability ที่ส่งผลต่อความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ นั่นคือ ตัวชี้วัดด้านความยืดหยุ่นในการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.52) ผู้ใช้พึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งตัวชี้วัดดังกล่าวได้ถูกระบุในปัจจัยด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ของการใช้งาน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าผู้ใช้สามารถรับรู้ได้ถึงประโยชน์ของระบบสารสนเทศ รองลงมาคือด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.50) การจดจำได้ง่าย (ค่าเฉลี่ย 4.38) การป้องกันข้อผิดพลาด (ค่าเฉลี่ย 4.28) และความสามารถในการเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ย 4.20) ตามลำดับ

### วิจารณ์

จากการเสนอกรอบแนวคิดการวิจัยข้างต้นสอดคล้องกับการศึกษางานวิจัยด้าน Health IT ศึกษาการประเมินความสามารถในการใช้งานระบบด้านสุขภาพเพื่อเป็นการตอบสนองต่อช่องว่างในหน่วยงานที่ใช้เป็นช่องทางการสื่อสารและสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน อีกทั้งสามารถใช้งานระบบสารสนเทศให้เกิดประโยชน์ที่สุด (Brown et al. 2013) การประเมินที่ประยุกต์จากการประเมินตามมาตรฐาน ISO 9001:2015 มาตรฐานที่กำหนดความต้องการสำหรับระบบจัดการคุณภาพของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ที่สำคัญเป็นการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า ศึกษาตามหลักการนิยามการใช้งานจากรูปแบบทฤษฎีการยอมรับการใช้งาน TAM (Technology Acceptance Model) (Davis 1989) เป็นที่ยอมรับในการใช้เป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของการใช้งานระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถใช้พยากรณ์การยอมรับการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการพัฒนาอีตหลักตาม Heuristic Usability ของ Neilsen (Nielsen 1994) สามารถใช้เป็นหลักการในการประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวทางดังกล่าวประยุกต์ใช้กับการพัฒนาระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุข

### สรุป

การศึกษาครั้งนี้ประสบความสำเร็จด้านการประเมินความเป็นมิตรกับผู้ใช้ที่นำการประเมินความสามารถด้าน Usability ประยุกต์ใช้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถรับรู้ได้ถึงความสะดวกและรับรู้ได้ถึงประโยชน์ในการใช้งานระบบแบบสำรวจความพึงพอใจออนไลน์ของสถานบริการสาธารณสุขและพิสูจน์ได้ว่าสมมติฐานที่กำหนดของปัจจัยและตัวชี้วัดด้าน Usability ส่งผลบวกต่อความพึงพอใจในการใช้งานของผู้ใช้ได้จริง โดยค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านความยืดหยุ่น (ค่าเฉลี่ย 4.52) ซึ่งจัดอยู่ในปัจจัยหลักด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ในการใช้

งานที่ส่งผลบวกต่อความพึงพอใจต่อการใช้งานมากที่สุด รองลงมาคือตัวชี้วัดด้านความ สะดวกสบายในการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.50) จัดอยู่ในปัจจัยหลักด้านการรับรู้ถึงความง่ายในการ ใช้งานที่ส่งผลบวกต่อความพึงพอใจต่อการใช้งาน ตามลำดับ โดยผลสุดท้ายระบบที่พัฒนา สามารถสร้างความพึงพอใจต่อการใช้งานให้กับผู้ใช้เป็นระบบที่มีการออกแบบและพัฒนา ด้าน User Interface เพื่อให้เกิดความง่ายด้านการใช้งานตอบสนองความต้องการของใช้ในบริบทที่ ศึกษาได้อย่างชัดเจน และยังสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงานได้อย่างมี ประสิทธิภาพ

### เอกสารอ้างอิง

- Al-Refaie, Abbas. 2011. "A Structural Model to Investigate Factors Affect Patient Satisfaction and Revisit Intention in Jordanian Hospitals." *International Journal of Artificial Life Research* 2 (4): 43–56.
- Brown, William, Po Yin Yen, Marlene Rojas, and Rebecca Schnall. 2013. "Assessment of the Health IT Usability Evaluation Model (Health-ITUEM) for Evaluating Mobile Health (mHealth) Technology." *Journal of Biomedical Informatics* 46 (6). Elsevier Inc.: 1080–87.
- Davis, Fred D. 1989. "Perceived Usefulness , Perceived Ease of Use , and User Acceptance of Lnformation Technology." *MIS Quarterly* 13 (3): 319–40.
- Kleefstra, Sophia M., Linda C. Zandbelt, Hanneke J.C.J.M. de Haes, and Rudolf B. Kool. 2015. "Trends in Patient Satisfaction in Dutch University Medical Centers: Room for Improvement for All." *BMC Health Services Research* 15: 112.
- Mitropoulos, Panagiotis, Konstantinos Vasileiou, and Ioannis Mitropoulos. 2018. "Understanding Quality and Satisfaction in Public Hospital Services: A Nationwide Inpatient Survey in Greece." *Journal of Retailing and Consumer Services* 40 (July 2016). Elsevier Ltd: 270–75.
- Nielsen, Jakob. 1994. "Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics." *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems Celebrating Interdependence - CHI '94*, 152–58.
- Personal, Munich, Repec Archive, T Kundurjiev, and Petko Salchev. 2011. "In- and Out-Patient Satisfaction Assessment: The Case of a Greek

- General Hospital,” no. 28953.
- Pini, Anastasia, Pavlos Sarafis, Maria Malliarou, Andreas Tsounis, Michael Igoumenidis, Panagiotis Bamidis, and Dimitris Niakas. 2014. “Assessment of Patient Satisfaction of the Quality of Health Care Provided by Outpatient Services of an Oncology Hospital.” *Global Journal of Health Science* 6 (5): 196–203.
- Schoenfelder, Tonio, Joerg Klewer, and Joachim Kugler. 2017. “Determinants of Patient Satisfaction\_ a Study among 39 Hospitals in an in-Patient Setting in Germany \_ International Journal for Quality in Health Care \_ Oxford Academic” 23 (5): 503–9.
- Sofaer, Shoshanna, and Kirsten Firminger. 2005. “Patient Perceptions of the Quality of Health Services.” *Annual Review of Public Health* 26 (1): 513–59.
- Tountas, Y., A. Lopatzidis, and L. Houliara. 2003. “Degree of Satisfaction among IKA Beneficiaries Concerning Primary Health Care Services Offered.” *Archives of Hellenic Medicine* 20 (5): 497–503.
- Vogus, Timothy J., and Laura E. McClelland. 2016. “When the Customer Is the Patient: Lessons from Healthcare Research on Patient Satisfaction and Service Quality Ratings.” *Human Resource Management Review* 26 (1). Elsevier Inc.: 37–49.

## การศึกษาเซ็นเซอร์หลักการทางแสงราคาถูกลำดับงานตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ

### The Study of Low-Cost Optical Sensor for Air Bourn Particulate Matter Monitoring

ศาสตราจารย์ ดร. ปันตา อาทิตย์ ยาวูตตี\* พิศิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์ กิจจา ไชยทนต์ และ จักรินทร์ ถิ่นนคร

Sakorn Panta, Artit Yawootti, Pisit Wimonthanasit, Kitchar Chaithanu,

and Jakkarin Thinnakorn

ศูนย์แมคคาทรอนิกส์และอัตโนมัติ ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่

The Center of Mechatronics and Automation, Faculty of Engineering,

Rajamankala University of Technology LANNA, Chiangmai

\* Corresponding author: yartit@mutl.ac.th

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเซ็นเซอร์หลักการทางแสงราคาถูกลำดับงานตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ที่มีขายเชิงพาณิชย์ ได้แก่ Sharp Shinyie SAMYOUNG NOVA Fitness และ Plantower เพื่อแสดงความแตกต่างเชิงโครงสร้าง หลักการทำงานและสมรรถนะ เพื่อช่วยตัดสินใจเลือกเซ็นเซอร์สำหรับงานวัดฝุ่นละอองในอากาศ มีการศึกษากลุ่มเซ็นเซอร์ที่ใช้ตัวต้านทานทำให้เกิดกระแสความร้อน (ประมาณ 300 บาท) กับกลุ่มใช้พัดลมนำฝุ่นไปยังชุดตรวจจับไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดและโฟโตทรานซิสเตอร์ (ประมาณ 1,000 บาท) มีการทดสอบเบื้องต้นโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนรับค่าสัญญาณจากเซ็นเซอร์ จากนั้นแสดงค่าที่จอแสดงผลแอลซีดีและบันทึกลงการ์ดข้อมูล 8 กิกะไบต์ ผลการศึกษาพบว่าเซ็นเซอร์ทั้งหมดมีโครงสร้างและหลักการทำงานของฝุ่นที่ติดผ่านไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดเหมือนกัน การใช้งานเซ็นเซอร์วัดฝุ่นในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์กลุ่มแรกให้สัญญาณเอาต์พุตแบบแรงดันไฟฟ้าและสัญญาณพัลส์ ส่วนเซ็นเซอร์กลุ่มที่มีพัดลมให้ข้อมูลฝุ่นในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรได้ทันที การใช้งานภาคสนามแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เซ็นเซอร์วัดฝุ่นกลุ่มที่มีพัดลมขนาดเล็กวัดฝุ่น PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ในอากาศได้อย่างต่อเนื่องโดยค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองในอากาศราย 24 ชั่วโมงสอดคล้องกับเครื่องวัดฝุ่นชนิดเบต้าเรย์ของกรมควบคุมมลพิษ

**คำสำคัญ:** เครื่องวัดฝุ่น ฝุ่นละอองในอากาศ เซ็นเซอร์วัดฝุ่นหลักการทางแสง

## Abstract

This paper present a study of a low-cost optical sensor for commercially available PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> airborne particle detectors, including Sharp, Shinyie, SAMYOUNG, NOVA Fitness, and Plantower. They show a difference in structure, operation principle, and performance, that can help to choose a sensor for measuring airborne particulate matter. The sensors were studied in a group of sensors using a resistor for produces hot air (about 300 Baht) and a small fan group (about 1,000 Baht) that bringing the dust to an infrared light emitting diode and phototransistor. The preliminary test used an Arduino microcontroller for getting a signal, then it shows the results on the LCD display and record a data on 8 Gb high definition card. The result shows that the all of sensors have a structure and operating principle together by using a photo diode and lighting infrared diode. The laboratory test indicates the first group sensors had an output in voltage and pulse signal. The fan group sensors could show a data on a microgram per cubic meter rapidly. The field test shows the fan group sensors can measure PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in airborne continuously, the 24-hour average was according to the Beta Ray types of the Pollution Control Department.

**Keywords:** Dust sensor, Airborne particulate matter, Optical particle sensor

## บทนำ

ปัญหาฝุ่นละอองในอากาศทวีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะภาคเหนือของประเทศไทยที่มีค่าปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> เกินค่ามาตรฐานในช่วงฤดูแล้งหรือในระหว่างต้นเดือนพฤศจิกายนถึงปลายเดือนเมษายน (ขจรศักดิ์และเพชร, 2550) ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนและโรคระบบทางเดินหายใจต่าง ๆ (อุษณีย์และคณะ, 2550) ที่ทำให้ประเทศไทยเสี่ยงบประมาณมหาศาลด้านสาธารณสุขและขาดโอกาสในการพัฒนาประเทศจากการเจ็บป่วยของประชาชน มีความต้องการเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศเพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยต่อประชาชน แต่เครื่องวัดฝุ่นตามประกาศของกรมควบคุมมลพิษ มีราคาแพง ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2550) แม้ว่าจะจะมีการพัฒนาเครื่องวัดฝุ่นหลักการไฟฟ้าสถิตโดยคนไทย (พิสิษฐ์และคณะ,

2558) แต่ยังมีราคาแพงและข้อจำกัดในการใช้งานภาคสนาม เช่น เซอร์ตรวจวัดฝุ่นหลักการทางแสงมีการพัฒนาต่อเนื่องและมีราคาที่ถูกมาก (AQICN, 2018) อีกทั้งยังมีความเหมาะสมต่อการตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ตามมาตรฐานที่ประกาศโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2547; 2553) อย่างไรก็ตาม เซ็นเซอร์หลักการทางแสงมีหลากหลายผู้ผลิตและสัญญาณเอาต์พุต บทความนี้เป็นการศึกษาการใช้งานเซ็นเซอร์หลักการทางแสงราคาถูกสำหรับวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ที่มีขายเชิงพาณิชย์ ได้แก่ Sharp Shinyie SAMYOUNG NOVA Fitness และ Plantower โดยสัญญาณเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ถูกต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ เพื่อประมวลผล แสดงผลและบันทึกค่าการวัดฝุ่นลงในการ์ดข้อมูลแบบความละเอียดสูง

เซ็นเซอร์ Sharp โมเดล GP2Y1010 และโมเดล DN7C3CA ใช้หลักการของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (Infrared Emitting Diode; IRED) ส่งตัดผ่านอนุภาคฝุ่นทำให้เกิดการกระเจิงแสงไปยังโฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) จากนั้นขยายสัญญาณและแปลงเป็นแรงดันเอาต์พุต เซ็นเซอร์แบบนี้เหมาะสำหรับอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมาก (Very Fine Particles) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับควินบูหรี (0.1 – 1 μm) ลำดับขั้นการตรวจจับฝุ่นเป็นไปอย่างรวดเร็ว สัญญาณเอาต์พุตเป็นแรงดันอนาล็อกปกติจะอยู่ที่ระดับ 0.9 V สามารถต่อกับขาอนาล็อกของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความละเอียด 10 บิตหรือใช้โมดูล ADS1115 ที่มีความละเอียด 16 บิตร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ต i2c ได้ (Sharp, 2006)

เซ็นเซอร์ SAMYOUNG โมเดล DSM501A และเซ็นเซอร์ Shinyie โมเดล PPD42 มีสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นแบบ PWM เหมือนกัน มีโครงสร้างและลักษณะการทำงานคล้ายกันมาก ตัวต้านทานทำให้เกิดกระแสอากาศร้อนนำอนุภาคฝุ่นเคลื่อนที่ตัดผ่านแสงอินฟราเรดและเกิดการกระเจิงแสงไปยังโฟโตทรานซิสเตอร์ จากนั้นมีการขยายสัญญาณออกเป็น 2 วงจร เซ็นเซอร์มีความไวในการวัดมากกว่า 15,000 อนุภาคต่ออัตราการไหล 283 มิลลิลิตร (pcs/ml) เมื่อทำการทดสอบกับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน สัญญาณเอาต์พุตที่ V<sub>out2</sub> ขา 2 มีค่าความไวมากกว่ากับฝุ่นขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน ส่วนสัญญาณเอาต์พุตที่ V<sub>out1</sub> ขา 4 มีความไวกับฝุ่น PM<sub>2.5</sub> โดยสามารถปรับค่าความไวของ V<sub>out1</sub> ได้ ด้วยการปรับค่าความต้านทานระหว่างขา 1 กับกราวด์ การทำงานของเซ็นเซอร์ขณะที่ไม่มีฝุ่นจะมีแรงดันระดับ 3.6 ถึง 4.3 V แต่เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจเจอฝุ่นจะเกิดสัญญาณหายเป็นช่วง ๆ เป็นพัลส์ลบ หรือ Low Pulse Occupancy (LPO) (แต่น้อยกว่า 0.7 V) สามารถต่อสัญญาณนี้เข้าที่ขาดิจิตอลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และเขียนโค้ดโปรแกรมแปลงสัญญาณ LPO เป็นปริมาณฝุ่นตามที่คู่มือผลิตภัณฑ์แนะนำไว้ (SAMYOUNG, 2018)

เซ็นเซอร์ของบริษัท NOVA Fitness โมเดล SDS011 SD018 และ SDS021 มีโครงสร้างและหลักการทำงานที่เหมือนกัน เป็นเซ็นเซอร์หลักการทางแสงความละเอียดสูง สามารถตรวจวัดฝุ่นที่มีขนาด 0.3 ถึง 10  $\mu\text{m}$  ให้การตอบสนองเร็วประมาณ 1 s มีคอนโทรลเลอร์ในตัวและให้สัญญาณเอาต์พุตแบบพอร์ตอนุกรม (Rx/Tx) มีพัดลมดูดฝุ่นในอากาศที่ต้องการวัดเข้ามาในตัวเซ็นเซอร์ให้ตัดผ่านแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดและโฟโตทรานซิสเตอร์ เมื่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ควรใช้ความเร็ว Baud rate ที่ระดับ 9600 bps (Nova Fitness, 2015) เช่นเดียวกับเซ็นเซอร์ของบริษัท Plantower โมเดล PMSA003, PMS1003, PMS3003, PMS5003, PMS6003 และ PMS7003 ที่มีสัญญาณเอาต์พุตแบบอนุกรม แม้ว่าเซ็นเซอร์ของ Plantower จะสามารถรายงานฝุ่น  $\text{PM}_{1.0}$   $\text{PM}_{2.5}$  และ  $\text{PM}_{10}$  ได้ แต่มีความแยกชัดที่น้อยกว่าที่ระดับ 1.0  $\mu\text{m}$  (ไม่แสดงค่าทศนิยม) (Plantower, 2016) คุณสมบัติของเซ็นเซอร์ทั้งหมดแสดงการเปรียบเทียบในตารางที่ 1

### วิธีการศึกษา

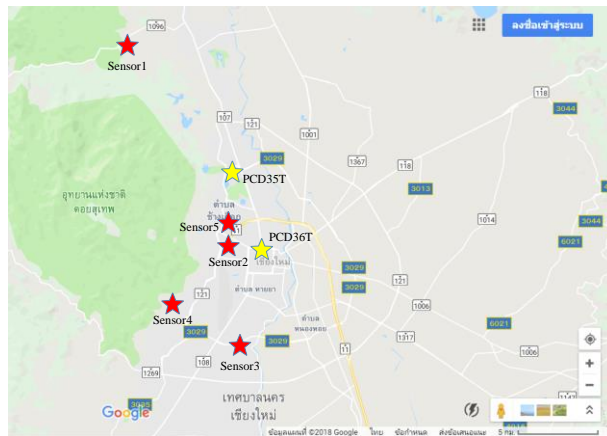
แยกเป็น (1) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (1.1) เป็นการตรวจสอบสัญญาณแรงดันอนาล็อกของเซ็นเซอร์บริษัท Sharp โมเดล GP2Y1010 โดยปิดช่องทางรับฝุ่นของเซ็นเซอร์เพื่อไม่ให้ฝุ่นในอากาศเข้าไปในระบบการวัด ทำการจ่ายสัญญาณพัลส์ที่ขา 3 ของเซ็นเซอร์เพื่อเปิดหลอด IRED จากนั้นหน่วงเวลา 250  $\mu\text{s}$  แล้ววัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 5 ของเซ็นเซอร์ และเมื่อเปิดช่องทางรับฝุ่นของเซ็นเซอร์แล้วทดสอบกับควีนบุทรี (Sharp, 2006) และ (1.2) ทดสอบอ่านค่าสัญญาณพัลส์ของเซ็นเซอร์บริษัท SAMYOUNG โมเดล DSM501A ทำการต่อขา 2 ของเซ็นเซอร์ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino วัดควีนบุทรีในอากาศในช่วงเวลาสั้น และ (2) การทดสอบภาคสนามใช้เซ็นเซอร์บริษัท NOVA Fitness โมเดล SDS021 ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino แบ่งการทดสอบเป็น 2 แบบ โดยแบบแรก (2.1) ใช้เซ็นเซอร์ 3 ชุดทำการวัดฝุ่นสถานที่เดียวกันระหว่างวันที่ 1 ถึง 3 มีนาคม 2561 และแบบที่ (2.2) ทำการวัดฝุ่นละอองในอากาศต่อเนื่องในสถานที่ต่าง ๆ ได้แก่ Sensor1 ติดตั้งที่ร้าน Between Café ต.แอมริม Sensor2 ติดตั้งที่บริษัท LIVEBOX คลองชลประทาน ต.สุเทพ Sensor3 ติดตั้งที่ บริษัทInnovation Village ต.ป่าแดด Sensor4 ติดตั้งที่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แม่เหียะ ต.สุเทพ และ Sensor5 ติดตั้งที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ต.ช้างเผือก ดังแสดงใน Figure 1 ระหว่างวันที่ 20 กุมภาพันธ์ ถึงวันที่ 18 มีนาคม 2561 มีการแสดงค่าที่จอแสดงผลแอลซีดีและบันทึกผลการวัดข้อมูล 8 กิกะไบต์ เปรียบเทียบกับเครื่องวัด



ฝุ่นมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษทั้งแบบ Beta Ray ที่สถานี PCD35T (ศาลากลาง) และ PCD36T (อนุสาวรีย์สามกษัตริย์) จังหวัดเชียงใหม่

**Table 1** Specification of the low cost optical sensor

Specification	Manufacturer / Model			
	GP2Y1010	PPD42NS	SDS021	PMS5003
Particle Size Range ( $\mu\text{m}$ )	0.8 to 2.5	> 1	PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub>	0.3 – 10
Measuring Range ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25 to 500	0 to 1,400	0 to 999	0 to 1,000
Power Supply (V)	2.5 – 5.5	5 $\pm$ 10%	5	5 $\pm$ 0.5
Output Signal	Analog	PWM	Serial Port	Serial Port
Operating Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	-10 to 65	-10 to 65	-10 to 50	-10 to 60
Operating Humidity (%)	n/a	< 95	< 70	< 99
Power Consumption (mA)	11	90	70 $\pm$ 10	< 100
Air Pressure (kPa)	n/a	n/a	86 – 110	n/a
Air Flow Equipment	Resistor	Resistor	Fan	Fan



**Figure 1** Map for Sensor installation

### ผลการศึกษา

ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (1.1) สำหรับเซ็นเซอร์ Sharp โมเดล GP2Y1010 โดยปิดและเปิดช่องทางรับฝุ่นพบว่าเซ็นเซอร์ให้สัญญาณแรงดันเอาต์พุตในช่วง 0.7 ถึง 3.7 โวลต์ ผลการทดสอบ (1.2) สำหรับเซ็นเซอร์ SAMYOUNG โมเดล DSM501A พบว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 2 เป็นแบบพัลส์ LPO ซึ่งเมื่อทำการวัดควันบุหรี่ โดยใช้โค้ดโปรแกรมตามที่คุณผลิตแนะนำพบว่าสามารถอ่านค่าฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน อยู่ระหว่าง 40 ถึง 150 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) การทดสอบภาคสนาม (2.1) ที่เป็นการเปรียบเทียบเซ็นเซอร์ SDS021 จำนวน 3 ชุด วัดฝุ่นละอองในอากาศสถานที่เดียวกันแสดงใน Figure 2 พบว่าค่าเฉลี่ย  $\text{PM}_{10}$  รายชั่วโมงมีการเปลี่ยนแปลงลดลงในช่วงเวลาประมาณ 15.00 น. และเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 8.00 น. และเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชุดตรวจวัดฝุ่น  $\text{PM}_{10}$  ได้ใกล้เคียงกันมากโดยมีค่าสหสัมพันธ์ (Correlation;  $R^2$ ) ของค่าเฉลี่ย  $\text{PM}_{10}$  รายชั่วโมงที่สูงในระดับ 0.9646 การทดสอบภาคสนาม (2.2) ใช้เซ็นเซอร์ SDS021 จำนวน 5 ชุดติดตั้งในสถานที่ต่างๆ ของจังหวัดเชียงใหม่ ดัง Figure 1 เปรียบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ พบว่าสามารถตรวจวัดค่าเฉลี่ย  $\text{PM}_{2.5}$  และ  $\text{PM}_{10}$  รายชั่วโมงสอดคล้องกันมาก และค่าเฉลี่ยราย 24 ชั่วโมง ทั้ง  $\text{PM}_{2.5}$  และ  $\text{PM}_{10}$  ของ Sensor4 ที่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แม่เหียะ สามารถวัดฝุ่นได้เทียบเคียงกับเครื่องวัดฝุ่นมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ PCD35T มาก โดยค่าสหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) มีค่าสูงถึง 0.9205 และ 0.8555 สำหรับ  $\text{PM}_{2.5}$  และ  $\text{PM}_{10}$  ดังแสดงใน Figure 3 (a) และ Figure 3 (a) ตามลำดับ

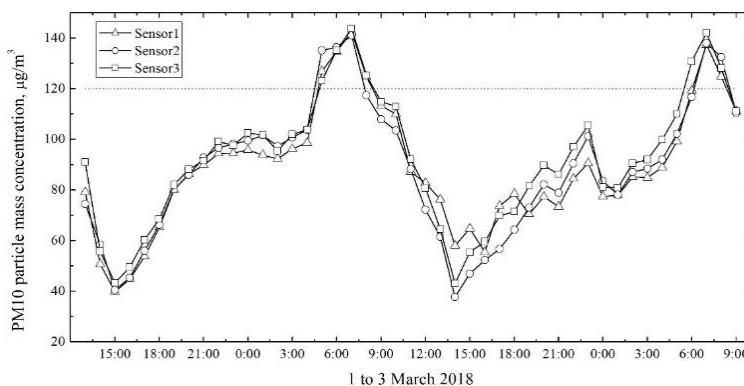
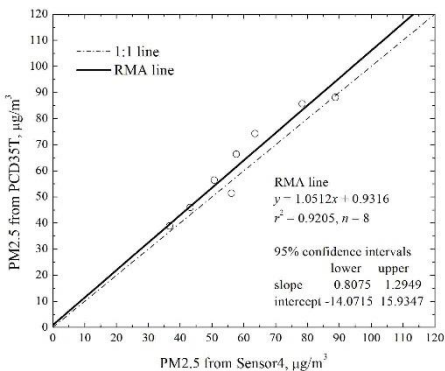
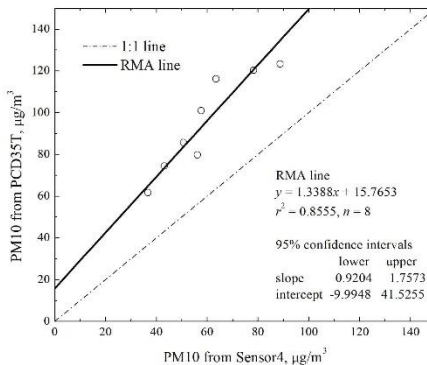


Figure 2  $\text{PM}_{10}$  of 3 sensors during 1 to 3 March 2018



(a) Correlation of PM<sub>2.5</sub>



(b) Correlation of PM<sub>10</sub>

Figure 3 Correlation between Sensor4 and PCD35T

### วิจารณ์

เซ็นเซอร์ GP2Y1010 มีหลักการการทำงานเหมือนกับโมเดล DN7C3CA ทุกประการ อีกทั้งมีเอาต์พุตเป็นแบบแรงดัน ไม่สามารถรายงานค่าฝุ่นละอองในอากาศในหน่วยค่าความเข้มข้นเชิงมวล (Particle Mass Concentration) หรือหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรได้ ซึ่งยากต่อการนำไปใช้งาน เซ็นเซอร์ DSM501A และ PPD42NS มีหลักการการทำงานที่เหมือนกันโดยให้สัญญาณเอาต์พุตแบบพัลส์ LPO สามารถวัดฝุ่นในอากาศที่มีขนาดมากกว่า 1 ไมครอน แต่ทั้งสองเซ็นเซอร์ ไม่เหมาะสมต่อการใช้วัด PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> อีกทั้งเซ็นเซอร์กลุ่มนี้ใช้หลักการความร้อนจากตัวต้านทานทำให้เกิดกระแสอากาศนำฝุ่นเข้ามาที่ชุดตรวจวัดฝุ่น ซึ่งมีความไวในการวัดน้อยมาก ส่วนเซ็นเซอร์ NOVA Fitness และ Plantower มีคอนโทรลเลอร์ภายใน ซึ่งบริษัทผู้ผลิตออกแบบให้สามารถวัดและรายงานค่าฝุ่น PM<sub>1.0</sub> PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> ได้

### สรุป

บทความนี้ได้ศึกษาเซ็นเซอร์หลักการทางแสงราคาถูกสำหรับวัดฝุ่นละอองในอากาศ PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub> ที่มีขายเชิงพาณิชย์ ได้แก่ Sharp Shinyie SAMYOUNG NOVA Fitness และ Plantower พบว่าการใช้เซ็นเซอร์ Sharp โมเดล GP2Y1010AU0F โมเดล DN7C3CA006 วัดฝุ่นละอองในอากาศ ได้เพียงแรงดันเอาต์พุตที่จำเป็นต้องมีการแปลงเป็นค่าความเข้มข้นเชิงมวล ส่วนเซ็นเซอร์ SAMYOUNG โมเดล DSM501A และเซ็นเซอร์ Shinyie โมเดล PPD42NS

ไม่สามารถวัดฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนได้ เซ็นเซอร์ NOVA Fitness และ Plantower มีชุดคอนโทรลเลอร์ภายใน สามารถวัดและรายงานฝุ่น PM<sub>1.0</sub> PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> ในอากาศได้ทันที ผลการทดสอบภาคสนามด้วยเซ็นเซอร์แบบเดียวกันวัดฝุ่นในสถานที่เดียวกันให้ผลการวัดที่คล้ายกันมาก มีค่าสหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ที่สูงในระดับ 0.9646 และเมื่อนำไปวัดเปรียบเทียบกับเครื่องวัดฝุ่นมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษพบว่าสามารถวัดค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงได้สอดคล้องกัน และค่าเฉลี่ยราย 24 ชั่วโมงมีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงถึง 0.9205 และ 0.8555 สำหรับ PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> ตามลำดับ

### คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ ศูนย์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change Data Center :CCDC) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เครื่องวัดฝุ่นละอองในอากาศขนาดเล็ก (DustBoy) และ ศูนย์แมคคาทรอนิกส์และอัตโนมัติ ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

### เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2550. เรื่องเครื่องวัดหาค่าเฉลี่ยของก๊าซหรือฝุ่นละออง. ประกาศกรมควบคุมมลพิษ. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 98 ง.
- ขจรศักดิ์ โสภการีย์ และ เพชร เฟิงชัย. 2550. โครงการสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ RDG4830010.
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2547. กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 121 ตอนพิเศษ 106 ง.
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2553. กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 127 ตอนพิเศษ 37 ง.
- พานิช อินต๊ะ และอาทิตย์ ยาวุฑฒิ. 2556. เครื่องวัดและวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> ในอากาศ. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย 9. นครนายก. หน้า 95.
- พิสิษฐ์ วิมนธนสิทธิ์ อาทิตย์ ยาวุฑฒิ และ พานิช อินต๊ะ. 2558. การเปรียบเทียบเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ 2 แบบสำหรับการวัด PM<sub>10</sub> ในอากาศโดยรอบ:

- เครื่องตรวจวัดแบบไฟฟ้าสถิตและแบบเทปเปอ อิลิเมนต์ ออสซิลเลตติ้ง ไมโครบาลานซ์.  
การประชุมวิชาการ เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย 11. ชลบุรี. 1330 - 1338.  
อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณและคณะ. 2550. การทำลายดีเอ็นเอของเซลล์ถูกลมนอกจากการออก  
ซิไดส์ด้วยสารสกัดจากฝุ่นขนาดเล็ก PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub> ในอากาศเชียงใหม่และลำพูน  
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ RDG4830013.  
AQICN. 2018. Air quality monitoring device & sensors research. Website:  
<http://aqicn.org/sensor/>. 27 March 2018.  
Nova Fitness. 2015. Model SDS021. Laser PM<sub>2.5</sub> Sensor Specification. Instruction  
Manual.  
Plantower. 2016. PMS 1003. Digital Universal Particle Concentration Sensor.  
Data Manual.  
SAMYOUNG. DSM501 Dust Sensor Module. Instruction Manual. Website: [www.samyongsnc.com](http://www.samyongsnc.com). 27 March 2018.  
Sharp. GP2Y1010AU0F. 2006. Compact Optical Dust Sensor. Instruction Manual.

การศึกษาเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่ใช้ค้นหาฟริควอนไอเท็มเซต  
สำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อย  
Compare Study of Frequent Itemsets Mining Algorithms  
for Sparse Datasets

ทวีศักดิ์ คงตุก\* วชิรี เพ็ชรวงษ์ และ วุฒิพงษ์ เชื้ออินดิน

Thaweesak Khongtuk\*, Watcharee Phetwong and Wuttipong Khuandin

สาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
ศูนย์สุพรรณบุรี

Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of  
Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Campus

\* Corresponding author: dragonsuphan69@gmail.com

บทคัดย่อ

การค้นหาฟริควอนไอเท็มเซต เป็นขั้นตอนแรกของการทำเหมืองข้อมูลกฎความสัมพันธ์ (Association Rule Mining) เพื่อค้นหาความรู้ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ที่เก็บรวบรวมไว้ ซึ่งปัจจุบันมีการนำเสนออัลกอริทึมมากมายสำหรับการค้นหาฟริควอนไอเท็มเซต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาเปรียบเทียบอัลกอริทึมสำหรับค้นหาฟริควอนไอเท็มเซต (Frequent Item Sets) สำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อย (Sparse Dataset) ซึ่งชุดข้อมูลประเภทนี้มักมีขนาดใหญ่ และมีความสัมพันธ์กันน้อย ทำให้มักใช้เวลาในการค้นหาและใช้หน่วยความจำสูง ถ้าเลือกใช้อัลกอริทึมที่ไม่เหมาะสม 2) ศึกษาคุณลักษณะของชุดข้อมูลเพื่อคัดเลือกข้อมูลสำหรับการทดสอบด้วยอัลกอริทึมสำหรับค้นหาฟริควอนไอเท็มเซต และ 3) สรุปผลได้ว่าอัลกอริทึมใด เหมาะกับชุดข้อมูลลักษณะแบบใด และอัลกอริทึมใดทำงานได้เร็วที่สุดและ/หรือใช้หน่วยความจำน้อยที่สุด

การทดลองนี้ใช้อัลกอริทึมทั้งหมด 6 อัลกอริทึม และใช้ชุดข้อมูลทดลองจาก UCI และ IBM รวมจำนวน 10 ชุดข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า 1) อัลกอริทึมสำหรับค้นหาฟริควอนไอเท็มเซต สำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อยหรือเบาบาง ถ้าใช้เกณฑ์ความเร็วเป็นหลัก อัลกอริทึมที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ Apriori dECLAT FIN และ PREPOST+ ตามลำดับ ถ้าใช้เกณฑ์หน่วยความจำเป็นหลัก อัลกอริทึมที่ใช้หน่วยความจำน้อยที่สุดตามลำดับได้แก่ Apriori และ FP-Growth 2) อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุดสำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่น

น้อยและมีขนาดใหญ่คือ Apriori PREPOST+ และ FP-Growth ตามลำดับ สำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดกลาง คือ อัลกอริทึม ECLAT Apriori FIN และ สำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดเล็กคือ dECLAT และ FIN ตามลำดับ 3) อัลกอริทึมที่ใช้ทรัพยากรหน่วยความจำน้อยที่สุดสำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อยและมีขนาดใหญ่คืออัลกอริทึม FP-Growth และ Apriori สำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดกลางคือ อัลกอริทึม Apriori และสำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดเล็กคือ อัลกอริทึม Apriori และ FP-Growth ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ฟริควเอนไอเท็มเซต กฎความสัมพันธ์ เหมืองข้อมูล

### Abstract

Frequent itemset mining is the first step of an association rule mining to find the hidden knowledge in a large dataset. There are currently many algorithms available for finding frequent itemsets. This research aims to 1) to compare the algorithm for finding frequent itemsets for sparse data sets. It often takes a lot of time to find and use high memory. 2) Study the characteristics of the data set for the selection of data for the test with the algorithm for finding the frequent itemset and 3) Summarize which algorithms are used. What type of data sets are available? And what algorithm works the fastest and / or uses the least memory. This experiment uses a total of 6 algorithms and uses 10 trial data sets from UCI and IBM. According to the findings of the study, they can be concluded that 1) Fast algorithm for finding frequent itemset for sparse data sets are Apriori, dECLAT, FIN, and PREPOST +, respectively. An efficient algorithm for low memory usage are Apriori and FP-Growth. 2) Fastest algorithms for sparse dataset and large dataset are Apriori, PREPOST +, and FP-Growth. Respectively. The best algorithm for medium data sets are ECLAT, Apriori and FIN algorithms, and the best algorithm for small data sets are dECLAT and FIN, respectively. 3) The least memory resource algorithm for sparse and large datasets are FP-Growth and Apriori. An algorithms for medium size of data is the Apriori algorithm, and the efficient algorithm for small datasets are Apriori and FP-Growth algorithms respectively.

**Keywords:** Frequent Itemsets, Association Rules Mining, Data Mining

## บทนำ

การทำเหมืองข้อมูลกฎความสัมพันธ์ (Association Rule Mining) เป็นเทคนิค หรือ ขั้นตอนที่ใช้ค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงในชุดข้อมูล เพื่อให้ได้กฎที่นำไปใช้ในการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ เช่นการวิเคราะห์ตะกร้าซื้อ การวินิจฉัยโรค การควบคุมสต็อกสินค้า การทำนายยอดขาย เป็นต้น การค้นหากฎความสัมพันธ์นั้นจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 คือการค้นหาฟรีเมวนไอเท็มเซต (Frequent itemset mining) และขั้นตอนที่ 2 การสร้างกฎความสัมพันธ์ (Rule Generation) ซึ่งระหว่างสองขั้นตอนนี้ ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลาและหน่วยความจำมากที่สุด ดังนั้น นักวิจัยจำนวนมากจึงมุ่งพัฒนาปรับปรุงที่ขั้นตอนแรกเป็นหลัก ทำให้มีอัลกอริทึมเกิดขึ้นมากมาย แต่ละอัลกอริทึมที่ใช้ค้นหาฟรีเมวนไอเท็มเซตนั้นโดยทั่วไป จะใช้ค่า minimum support เพื่อจำกัดรูปแบบหรือกฎที่ได้จากข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้ อัลกอริทึมแรกๆ ที่ได้รับความนิยมและรู้จักกันในการค้นหาฟรีเมวนไอเท็มเซต คืออัลกอริทึม Apriori (R. Agrawal and R. Srikant. 1994) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้โครงสร้างข้อมูลแบบแนวนอน และใช้วิธีทดสอบเพื่อหาฟรีเมวนไอเท็มเซต ตามลำดับจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง ตามลักษณะของโครงสร้างแลตทิซ นอกจากนี้ยังมีขั้นตอน การนับค่า support ด้วยวิธีการสแกนข้อมูลไปตามลำดับการอ่านเพื่อวนนับค่า support ซึ่งอาจทำให้อัลกอริทึมทำงานได้ช้ากรณีข้อมูลมีจำนวนมากหรือมีขนาดใหญ่ ดังนั้น ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาและนำเสนออัลกอริทึมมากมายอย่างต่อเนื่องได้แก่ ได้แก่ AprioriTid (R. Agrawal and R. Srikant. 1994), Eclat (M.J.Zaki and K.Gouda, 2000), dEclat (M.J.Zaki and K.Gouda. 2001), FIN (Deng Z. H., Lv S. L. 2014), FP-Growth (J.Han, J. Pei, and Y. Yin. 2000), และ PrePost+ (Deng Z. H., Lv S. L. 2015) เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความเร็ว และหน่วยความจำที่ใช้ในการค้นหาฟรีเมวนไอเท็มเซต

คุณลักษณะของชุดข้อมูล (Data Characteristic) เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการนำมาพิจารณาเพื่อเลือกใช้อัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะจะส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในด้านความเร็ว (Time) และทรัพยากรหน่วยความจำ (Memory) เช่น ชุดข้อมูลที่มีขนาดเล็ก และมีความหนาแน่นน้อยอาจจะเหมาะที่จะวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมหนึ่ง แต่เมื่อชุดข้อมูลมีขนาดใหญ่และมีความหนาแน่นน้อยอาจจะเหมาะกับการวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมอีกชนิดหนึ่ง เป็นต้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงต้องการเปรียบเทียบให้เห็นว่าอัลกอริทึมใด ควรเลือกใช้กับชุดข้อมูลที่มีคุณลักษณะแบบใดจึงจะเหมาะสม โดยพิจารณาในเรื่องของเวลาและหน่วยความจำที่ใช้ในการประมวลผล และเลือกใช้ชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อยมาทดสอบ เนื่องจากเป็นชุด



ข้อมูลที่ต้องกำหนดค่า minimum support ต่ำมากๆ เพื่อให้ได้รูปแบบ (Pattern) ที่น่าสนใจ ออกมา จึงมักต้องใช้เวลาและทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์สูงในการค้นหาเพื่อให้ค้นพบ ประโยชน์จากข้อมูลดังกล่าวที่ว่า เหมือนนมเข้มในมหาสมุทร ดังนั้น ถ้าผู้ใช้เลือกอัลกอริทึม ที่ไม่เหมาะสมกับชุดข้อมูลมาวิเคราะห์ ก็จะมีสิ่งเบี่ยงเบนหน่วยความจำและได้ผลลัพธ์ที่ ต้องการช้าลงไปด้วย

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษา และสำรวจอัลกอริทึมการค้นหาพรีเวนไอเท็มเซตที่นิยมใช้งาน
2. เพื่อทดสอบเปรียบเทียบความเร็วและการใช้หน่วยความจำของอัลกอริทึมการค้นหาพรีเวนไอเท็มเซต
3. เพื่อสรุปได้ว่าอัลกอริทึมใด เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อย และยังมี ลักษณะข้อมูลแบบใดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของอัลกอริทึมได้อีกบ้าง

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การค้นหาความสัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์จากข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อให้ได้ รูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลและนำไปใช้สำหรับวางแผนหรือตัดสินใจในเรื่องต่างๆ เช่น ด้านการตลาด ด้านการรักษาโรค ด้านการเลือกวิชาลงทะเลเบียนเรียน เป็นต้น ซึ่งการหาความสัมพันธ์นั้นประกอบด้วย 2 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนของการค้นหา frequent itemset และ ขั้นตอนการสร้างกฎความสัมพันธ์ ซึ่งขั้นตอนแรกคือการค้นหา frequent itemset เป็น ขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลข้อมูลค่อนข้างมาก จึงมีนักวิจัยได้เสนออัลกอริทึมใน ด้านนี้ออกมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอัลกอริทึมแรกๆที่รู้จักกันและเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายสำหรับ ใช้ค้นหาพรีเวนไอเท็มเซตคืออัลกอริทึม Apriori (R. Agrawal and R. Srikant. 1994) อัลกอริทึมนี้จะทำการหาพรีเวนไอเท็มเซตโดยเริ่มจากการสร้าง Candidate Itemsets ที่ระดับขั้น (Level Wise) ขึ้นมาทดสอบ เพื่อค้นหา Frequent Itemsets ซึ่งจะมีการวน อ่าน Transaction ทั้งหมดเพื่อนับค่า support และนำมาเปรียบเทียบกับค่าสนับสนุนขั้นต่ำ (minimum support) ที่ผู้ใช้กำหนด ถ้าพบว่ารูปแบบที่ได้มีค่าสนับสนุนเท่ากับหรือมากกว่า ค่าสนับสนุนขั้นต่ำ ก็จะถือว่าเป็น Frequent Itemsets ส่วนไอเท็มเซตตัวที่มีค่าสนับสนุน น้อยกว่าจะถูกตัดทิ้งไป (Pruning) ในระดับถัดไปจะสร้าง Candidate Itemsets จาก Frequent Itemset รอบที่ผ่านมาเพื่อช่วยลดจำนวน Candidate itemset อัลกอริทึม Apriori จะทำการสร้างและค้นหาว่าไอเท็มเซตเป็น Frequent Itemset หรือไม่ โดยการวน

นับ Transaction แบบนี้ไปเรื่อยๆ จนหมดข้อมูล และไม่สามารถสร้าง Candidate ที่ผ่านค่า minimum support ได้อีก การอ่าน transaction เพื่อหาค่าสนับสนุนทำให้ใช้เวลามาก ต่อมานักวิจัยทีมเดียวกันนี้ ได้ค้นพบถึงข้อเสียดังกล่าวจึงได้พัฒนาปรับปรุง โดยการเก็บลำดับหมายเลขทรานแซคชันไว้แล้วจับคู่ลำดับรายการที่ตรงกันเพื่อหาจำนวนที่ปรากฏร่วมกัน ในอัลกอริทึม AprioriTid (R. Agrawal and R. Srikant. 1994) ซึ่งจะช่วยลดการสแกน Transaction ลงได้มาก

ต่อมาได้มีการนำเสนออัลกอริทึม Eclat (M.J. Zaki and W.M. JR. 2014) ซึ่งใช้วิธีการนับค่า support ด้วยวิธีการ Intersection กัน ทำให้สามารถลด I/O ระหว่างหน่วยความจำหลักและดิสก์ลงไปได้มาก แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของหน่วยความจำหลักต้องมียากพอสำหรับชุดข้อมูล เพราะมีฉะนั้นอัลกอริทึมจะทำงานได้ช้า และ/หรือไม่สามารถทำงานได้ (Out of memory)

อัลกอริทึม FP-Growth (J.Han, J. Pei, and Y. Yin. 2000) เป็นอีกอัลกอริทึมหนึ่งที่ได้รับนิยามอย่างมาก เพื่อใช้หาฟรีเมอนไอเท็มเซต อัลกอริทึมนี้เมื่อมีการอ่านข้อมูลในรอบแรก จะมีการตัด itemset ที่ความถี่ต่ำกว่า minimum support ที่ผู้ใช้กำหนด และนำมาจัดเก็บในโครงสร้างของ Tree เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ โดยไม่มีการสร้าง Candidate Itemset ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะนี้เรียกว่า FP-Tree ทำให้ข้อมูลถูกบีบอัดเล็กลง และอัลกอริทึมทำงานได้เร็วมากขึ้น

อีกอัลกอริทึมที่ใช้โครงสร้างข้อมูลแบบ vertical layout อย่างเช่นอัลกอริทึม ECLAT คืออัลกอริทึม dECLAT M.J.Zaki and K.Gouda.(2001) แต่ต่างกันตรงที่อัลกอริทึม dECLAT เก็บข้อมูลไอเท็มเซตที่เป็น Different set เพื่อช่วยลดขนาดของข้อมูลลง ซึ่งอัลกอริทึมนี้ยังคงใช้วิธีการนับข้อมูลด้วยการ Intersection กันระหว่างเซตเช่นเดียวกับอัลกอริทึม ECLAT

ต่อมาได้มีการเสนอโครงสร้างข้อมูลเพื่อการค้นหาฟรีเมอนไอเท็มเซตขึ้นชื่อ Nodeset และใช้การกระจาย candidate set เพื่อทดสอบในลักษณะ preorder และ post order ซึ่งพัฒนาเป็นอัลกอริทึม FIN (Deng Z. H., Lv S. L. 2014) แต่ยังคงใช้หน่วยความจำค่อนข้างมาก จึงได้พัฒนาปรับปรุงมาเป็นอัลกอริทึม PrePost และ PrePost+ (PrePost+ (Deng Z. H., Lv S. L. 2015) เพื่อลดจำนวน itemset ที่ไม่จำเป็นลง จึงทำให้ใช้หน่วยความจำของเครื่องลดลงไปด้วย

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาความเป็นไปได้และกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ การออกแบบ ทดลองและวิเคราะห์และประเมินผลลัพธ์

### 2. เครื่องมือการวิจัย

การทดลองนี้ทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์ Acer Aspire E 15 Intel® Core™ i7-4712MQ 2.3 Ghz. RAM 8.00 Gb. DDR3 Operating System Windows 8, 64 –bit ภาษาที่ใช้พัฒนาโปรแกรมคือภาษาจาวา (Java language) โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล SPMF และใช้โปรแกรม NetBean IDE 8.0.2 สำหรับเขียนโค้ดโปรแกรมภาษาจาวา

### 3. กลุ่มเป้าหมาย

การทดลองนี้คัดเลือกชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อยจำนวน 10 ชุด จาก The UCI repository และ IBM ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 1 รายละเอียดชุดข้อมูลที่ใช้ทดลอง (Data Characteristic)

ชื่อชุดข้อมูล	ขนาดไฟล์ (kb)	จำนวน Record	จำนวน Items	มิติ (Dimension)	ขนาด (Size)
ONLINE RETAIL	11,118kb	540,455	2,603	1,406,804,365	Large
RETAIL	4,072kb	88,162	16,470	1,446,473,934	Large
CHAINSTORE	45,558kb	1,112,949	46,086	51,291,367,614	Large
BMS_ WEBVIEW2	2,263kb	77,512	3,340	258,890,080	Large
T20I6D100K	7,650kb	99,922	893	89,230,346	Medium
BMS_ WEBVIEW1	935kb	59,602	497	29,622,194	Medium
RECORDLINK	15,721kb	574,913	27	15,522,651	Medium
SKIN	2,392kb	245,057	12	2,940,684	Small
T25I10D10K	949kb	9,976	929	9,267,704	Small
FOODMART	81kb	4,141	1,559	6,455,819	Small

จากตารางที่ 1 ในการทดลอง กำหนดให้ขนาดของข้อมูล (Size) แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ - ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ (Large) หมายถึงข้อมูลที่มีมิติ (Dimension) มากกว่าหรือเท่ากับ 100,000,000

- ข้อมูลที่มีขนาดกลาง (Medium) หมายถึงข้อมูลที่มีมิติ (Dimension) มากกว่าหรือเท่ากับ 10,000,000 แต่น้อยกว่า 100,000,000

- ข้อมูลที่มีขนาดเล็ก (Small) หมายถึงข้อมูลมิติ (Dimension) น้อยกว่า 10,000,000  
หมายเหตุ มิติ (dimension) คำนวณได้จาก จำนวน Items x จำนวน Record

### การทดลอง (Experiment results)

การทดลองใช้อัลกอริทึมต่างๆ จำนวน 6 อัลกอริทึม ได้แก่ Apriori Eclat FP-Growth FIN PrePost+ และ dEclat เพื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผล (Time usage) และ หน่วยความจำที่ใช้ในการประมวลผล (Memory usage)

### ผลการวิจัย

เนื่องจากชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อย ดังนั้น ผู้วิจัยเลือกกำหนดค่า minimum support (minSup) ให้กับชุดข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้รูปแบบพรีเวอนไอเท็มเซตที่น่าสนใจ โดยกำหนดค่า minimum support เท่ากับ 0.01- 0.05 ยกเว้นชุดข้อมูล FOODMART กำหนด minimum support เท่ากับ 0.001-0.005 เนื่องจากเป็นชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นเบาบางมาก และเพื่อให้ได้ค่าความแม่นยำที่สุด ในแต่ละการทดลองจะรันผลลัพธ์จำนวน 3 รอบ เพื่อเก็บระยะเวลาที่ใช้ประมวลผล และหน่วยความจำที่ใช้ประมวลผลมาเฉลี่ยเพื่อทำกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ผลการทดลอง สำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อยทั้ง 10 ชุดข้อมูล พบว่าทุกอัลกอริทึมให้ผลลัพธ์ PATTERN จำนวนเท่ากันและตรงกันนั่นคือมีค่า ความถูกต้อง (ACCURACY) เท่ากับ 100% ส่วนประสิทธิภาพอัลกอริทึมด้านความเร็วและหน่วยความจำที่ใช้ แยกได้ดังนี้ คือ

1. สำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ (Large) ได้แก่ชุดข้อมูล ONLINE RETAIL RETAIL CHAINSTORE และ BMS\_WEBVIEW2 สรุปความเร็วและหน่วยความจำที่ใช้ สำหรับอัลกอริทึมที่ทำงานได้ดีที่สุด ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงการจับคู่อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุด และหน่วยความจำน้อยที่สุด สำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ (Large)

ชื่อชุดข้อมูล	อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้หน่วยความจำน้อยที่สุด
ONLINE RETAIL	FP-Growth, PREPOST+	FP-Growth
RETAIL	Apriori	Apriori
CHAINSTORE	Apriori	FP-Growth
BMS_WEBVIEW2	Apriori, PREPOST+	Apriori

2. สำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดกลาง (Medium) ได้แก่ชุดข้อมูล T20I6D100K BMS\_WEBVIEW1 และ RECORDLINK สรุปรูความเร็วและหน่วยความจำที่ใช้ สำหรับอัลกอริทึมที่ทำงานได้ดีที่สุด ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** แสดงการจับคู่อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุด และหน่วยความจำน้อยที่สุด สำหรับชุดข้อมูลขนาดกลาง (Medium)

ชื่อชุดข้อมูล	อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้หน่วยความจำน้อยที่สุด
T20I6D100K	ECLAT	Apriori
BMS_WEBVIEW1	Apriori	Apriori
RECORDLINK	FIN	Apriori

3. สำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดเล็ก (Small) ได้แก่ชุดข้อมูล SKIN T25I10D10K และ FOODMART สรุปรูความเร็วและหน่วยความจำที่ใช้ สำหรับอัลกอริทึมที่ทำงานได้ดีที่สุด ดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** แสดงการจับคู่อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุด และหน่วยความจำน้อยที่สุด สำหรับชุดข้อมูลขนาดกลาง (Small)

ชื่อชุดข้อมูล	อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้หน่วยความจำน้อยที่สุด
SKIN	FIN	Apriori
T25I10D10K	dECLAT	Apriori
FOODMART	dECLAT	FP-Growth

### อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า อัลกอริทึมที่เหมาะสมกับการค้นหาฟรีเมอนไอเท็มเซต สำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อยหรือเบาบาง อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุดได้แก่ Apriori dECLAT FIN และ PREPOST+ ตามลำดับ ถ้าพิจารณาถึงหน่วยความจำที่ใช้ อัลกอริทึม Apriori และ FP-Growth ใช้หน่วยความจำน้อยที่สุดตามลำดับ

อัลกอริทึมที่ทำงานได้เร็วที่สุดสำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อยและมีขนาดใหญ่คือ Apriori PREPOST+ และ FP-Growth ตามลำดับ สำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดกลางคืออัลกอริทึม ECLAT Apriori FIN และสำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดเล็กคือ dECLAT และ FIN ตามลำดับ อัลกอริทึมที่ใช้ทรัพยากรหน่วยความจำน้อยที่สุดสำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่น

น้อย และมีขนาดใหญ่คืออัลกอริทึม FP-Growth และ Apriori สำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดกลางคืออัลกอริทึม Apriori และสำหรับชุดข้อมูลที่มีขนาดเล็กคืออัลกอริทึม Apriori และ FP-Growth ตามลำดับ เป็นอัลกอริทึมที่ใช้หน่วยความจำน้อยที่สุด

จากการทดลองโดยภาพรวมแล้วอัลกอริทึมที่น่าจะศึกษาหรือนำมาพิจารณาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพสำหรับใช้วิเคราะห์ชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อย ได้แก่อัลกอริทึม Apriori dECLAT PREPOST+ และ FP-Growth ถ้านำข้อดีหรือนำอัลกอริทึมเหล่านี้มาบูรณาการร่วมกันเพื่อให้ได้อัลกอริทึมใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น น่าจะเป็นทิศทางในงานวิจัยด้านนี้ต่อไป

### ข้อเสนอแนะ

สำหรับชุดข้อมูลที่มีความหนาแน่นน้อย หรือเบาบางนั้น อัลกอริทึมควรจะทำ pruning ข้อมูลได้เร็วที่สุดจากการทดสอบความเป็น Frequent Itemset เพื่อลดขั้นตอนของการเปรียบเทียบ และคำนวณค่า support ดังนั้นงานวิจัยที่น่าสนใจในการวิเคราะห์และศึกษาต่อไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับอัลกอริทึม ในการวิเคราะห์ข้อมูลประเภทนี้ ควรจะเกี่ยวกับกระบวนการลดขั้นตอนเปรียบเทียบ หรือลดพื้นที่ค้นหา pattern (Search space reduction) ให้แคบลง หรือการตัด Itemset ที่ปรากฏน้อยในแต่ละลำดับชั้นของแลตทิซให้เร็วที่สุด น่าจะเป็นเกณฑ์ที่นำมาพิจารณาในการสร้างอัลกอริทึมใหม่เพื่องานวิจัยด้านนี้

### เอกสารอ้างอิง

- ทวีศักดิ์ คงตุก และคณะ. (2557). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมกฎความสัมพันธ์ (Comparative Study of Association Rule Mining Algorithm). การประชุมวิชาการระดับประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (National Conference on Information Technology: NCIT ครั้งที่ 6 เขาใหญ่ นครราชสีมา).
- ทวีศักดิ์ คงตุก. (2560). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมสำหรับค้นหาไอเท็มเซตที่ปรากฏร่วมกันบ่อย (Comparative Frequent Itemset Mining Algorithm). The 3<sup>rd</sup> National Conference on Technology and Innovation Management: NCTIM2017 ครั้งที่ 3 มหาสารคาม.
- C. Borgelt. (2005). Keeping Things Simple: Finding Frequent Item Sets by Recursive Elimination. University of Magdeburg, Germany.

- 
- Deng Z. H., Lv S. L. (2014). Fast mining frequent itemsets using Nodesets. Expert systems with Applications 41(2014) 4505-4512.
- Deng Z. H., Lv S. L. (2015). PrePost+: An efficient N-lists based algorithm for mining frequent itemsets via Children-Parent Equivalence pruning. Expert systems with Applications 42(2015) 5424-5432.
- F.Flouvat F., De Marchi J.-Marc Petit.(2010). A new classification of datasets for frequent itemsets. Intell Inf Syst (2010) 34:1–19. DOI 10.1007/-s10844-008-0077-0.
- J.Han, J. Pei, and Y. Yin (2000). Mining Frequent Patterns Without Candidate Generation Proc. ACM-SIGMOD Int'l Conf. Management of Data, pp. 1-12.
- J. Zhu. (2004). Efficiently Mining Frequent Itemsets From Very Large Databases. Phd. Thesis. Concordia University, Canada.
- K. Garg and D. Kumar. (2013). Comparing the Performance of Frequent Pattern Mining Algorithms. International Journal of Computer Applications (0975-8887). V. 69. No. 25.
- L.Vu, G.Alagband. Mining Frequent Patterns Based on Data Characteristics. IEEE Department of Computer Science and Engineering, University of Colorado Denver, Denver, CO, USA.
- M.J.Zaki and K.Gouda.(2001). Fast Vertical Mining Using Diffsets. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, USA. Kyushu University, Fukuoka Japan.
- M.J. Zaki and W.M. JR.(2014). Data Mining and Analysis Fundamental Concepts and Algorithms. Cambridge University Press. New York, NY 10013-2473, USA.
- R. Agrawal and R. Srikant (1994). Fast algorithms for mining association rules. In J.B. Bocca, Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Conference on Very Large Data Bases (VLDB'94), Santiago dc Chile, Morgan Kaufmann.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพหน่วยบันทึกข้อมูล iSCSI และ NFS กรณีศึกษา:  
การย้ายเครื่องเสมือนจริงแบบ Live Migration

A Performance Comparison between iSCSI and NFS Storage Case Study:  
Virtual Machine Live Migration

อติตญา จันทรแสง<sup>1</sup> สุชาติพิทย์ จันทรแก้ว<sup>1</sup> กฤษณ์วรา รัตนโอภาส<sup>1\*</sup> และ สุรรัตน์ แก้วศิริ<sup>2</sup>  
Atitaya Jansang<sup>1</sup>, Sutatip Jankaew<sup>1</sup> Kritwara Rattanaopas<sup>1\*</sup> and Sureerat Kaewkeeree<sup>2</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

<sup>2</sup>หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<sup>1</sup> Computer science, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University

<sup>2</sup> Computer Engineering, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering,  
Prince of Songkla University

\* Corresponding author: Kritwara.ra@skru.ac.th

### บทคัดย่อ

ความนิยมของเทคโนโลยีคลาวด์แบบ Infrastructure-as-a-Service (IaaS) และรู้จักกันใน  
กลุ่มธุรกิจได้แก่ Amazon EC2 มีบริการที่มีชื่อว่า Amazon S3 เป็นหน่วยบันทึกข้อมูลสำหรับการ  
ให้บริการควบคู่กับเครื่องแม่ข่ายเสมือนจริง (Virtualization) ทั้งศูนย์ข้อมูลส่วนตัวสำหรับในองค์กร  
และเชิงธุรกิจ โดยหน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่ายมีหน้าที่หลักในการจัดเก็บข้อมูลของเครื่องเสมือนจริง  
(Virtual Machine) ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเน้นศึกษาหน่วยบันทึกข้อมูลแบบเครือข่ายแบบ  
ซอฟต์แวร์ได้แก่ Block storage (iSCSI) และ File storage (NFS) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้วยภาระ  
งานเว็บในกรณีพร้อมการย้ายแบบ live migration บนโปรแกรมจัดการเครื่องเสมือนจริง KVM บน  
ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ การออกแบบทดสอบทำการศึกษาการเชื่อมต่อหน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่าย  
แบบ iSCSI และ NFS (sync/async) พบว่าหน่วยบันทึกแบบ NFS แบบ sync และแบบ async มี  
ประสิทธิภาพเท่ากันทุกค่าการทำงานได้แก่ 10 20 และ 30 threads โดยมีค่าเฉลี่ยแบนด์วิดท์สูงสุดที่  
10 MB/s ด้วยภาระงาน 30 threads บนเครือข่าย 100 Mbps สำหรับช่องทางสื่อสารชั้นพื้นฐาน ใน  
กรณีหน่วยบันทึกแบบ iSCSI ให้ผลที่ 9 requests per second ทุกกรณีของ threads แต่ให้ค่า  
แบนด์วิดท์เท่ากัน จึงสามารถสรุปว่าหน่วยบันทึกข้อมูลแบบ NFS สามารถให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่า  
ในชุดทดสอบนี้และบนการการย้ายเครื่องเสมือนจริงแบบ Live Migration

**คำสำคัญ:** หน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่าย iSCSI NFS การประมวลผลกลุ่มเมฆ



## Abstract

Infrastructure-as-a-Service (IaaS) of Cloud computing is widely used nowadays in data center. In commercial cloud computing (eg, Amazon EC2) used Amazon S3 to store the virtual machine images. The network storage is a major component of virtualization technology. This research focuses on network storage software which includes Block storage (iSCSI) and File storage (NFS) for evaluated performance of web server virtual machine on KVM hypervisor with live migration method. We used 3 types of storage include: iSCSI, NFS's sync and NFS's async. The results show that better performance in both types of NFS and maximum bandwidth 10 MB/s in 30 threads with 100 Mbps of a basic Ethernet. In iSCSI, it has only 9 MB/s and same bandwidth in all threads case. Concluding, the results can refer to both types of NFS that they have better performance than iSCSI in this test-bed with virtual machine live migration.

**Keywords:** Network Storage, iSCSI, NFS, Cloud computing

## บทนำ

ความนิยมของเทคโนโลยีคลาวด์ ได้รับความนิยมนอกจากผู้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหลากหลายรูปแบบได้แก่ Platform-as-a-Service (PaaS) Infrastructure-as-a-Service (IaaS) และ Software-as-a-Service (SaaS) ซึ่งผู้วิจัยต้องการศึกษากลุ่มของ IaaS สำหรับบริการที่ใช้โครงสร้างพื้นฐานทางคอมพิวเตอร์โดยประกอบด้วย หน่วยประมวลผล ระบบจัดเก็บข้อมูล ระบบเครือข่าย ในรูปแบบเครื่องแม่ข่ายเสมือน (Virtualization) ภายใต้โครงสร้างการให้บริการที่มีความซับซ้อนและจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมาก การให้บริการ IaaS จึงต้องมีขั้นตอนการโอนย้ายเครื่องเสมือนจริงในขณะให้บริการที่เรียกว่า “live migration” ขั้นตอนดังกล่าวนิยมนับที่ข้อมูลหรือสร้างหน่วยบันทึกไว้ในหน่วยบันทึกข้อมูลกลาง หรือหน่วยบันทึกเครือข่าย ซึ่งหน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่ายในรูปแบบอุปกรณ์คือ Storage Area Network (SAN) แต่สำหรับซอฟต์แวร์ที่มีความนิยมได้แก่ iSCSI และ NFS โดยปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีซอฟต์แวร์ใหม่ในกลุ่มนี้ โดยรูปแบบของหน่วยบันทึกที่นิยมแยกได้ 2 รูปแบบนั่นคือ Block storage (iSCSI) และ File storage (NFS) ซึ่งมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน

ดังนั้นจากประเด็นที่ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างหน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่ายทั้งสองบนเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชัน จึงเป็นวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้บริการเครื่องแม่ข่ายเสมือนจริงในขณะโอนย้ายข้ามเครื่องหลัก (live migration) บนหน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่ายแบบ iSCSI และ NFS ของเวอร์ชวลไลเซชัน ด้วยโปรแกรม KVM โดยขอกกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและแนวคิดในการทำวิจัยในหัวข้อการออกแบบการทดสอบและวิธีการวิจัยได้เขียนถึงโครงสร้างในการทดสอบและปัจจัยควบคุมเพื่อวัดประสิทธิภาพหน่วยบันทึก และนำเสนอผลการทดสอบในหัวข้อผลการวิจัย พร้อมกับหัวข้อวิจารณ์สรุปการวิจัยในส่วนท้ายสุด

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ด้วยทฤษฎีพื้นฐานที่เป็นหลักการในการนำมาพัฒนาออกแบบของผู้วิจัยเพื่อใช้วัดประสิทธิภาพของหน่วยบันทึก iSCSI และ NFS จึงต้องอธิบายเนื้อหาในส่วนนี้ก่อนเข้าสู่การออกแบบการวิจัยต่อไป

1. เวอร์ชวลไลเซชัน (Virtualization) เทคโนโลยีสำหรับการจำลองสภาพแวดล้อมให้เสมือนมีคอมพิวเตอร์หลายเครื่องทำงานอยู่ในคอมพิวเตอร์เครื่องหลัก เพื่อลดข้อจำกัดในเรื่องของอุปกรณ์พื้นฐานของเครื่องแม่ข่ายที่แตกต่างกันและเพิ่มความสามารถในการจัดสรรทรัพยากร โดยอาศัยการทำงานของซอฟต์แวร์ด้านเวอร์ชวลไลเซชัน หรือที่เรียกว่า hypervisor เป็นตัวจัดการ ฮาร์ดแวร์ ระบบปฏิบัติการ ระบบไฟล์ ระบบเครือข่าย และไฟล์วอลล์ ให้กับระบบเสมือนแต่ละตัวทำให้การเชื่อมต่อระบบจากภายนอกไม่สามารถแยกได้ว่ากำลังติดต่อกับระบบเสมือนหรือระบบจริง

สำหรับการทำงานเวอร์ชวลไลเซชันมีเครื่องแม่ข่ายหลักที่เรียกว่า host และเครื่องเสมือนจริงภายในเรียกว่า guest ซึ่งอาจเป็นระบบปฏิบัติการเดียวกันหรือคนละชนิดแล้วแต่ผู้ติดตั้ง เนื่องจากมีการจำลองทั้งหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำหลัก ให้กับเครื่องเสมือนจริงดังกล่าว

ขั้นตอนการทำ Live migration (IT Knowledge Provider, 2556) ถือเป็นเรื่องที่สำคัญและได้ใช้เป็นกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ คือการย้ายเครื่องเสมือนจากเครื่อง host ไปยังเครื่อง host อื่นในขณะที่ยังคงให้บริการ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้บริการ ณ ช่วงเวลานั้น การที่จะทำ Live Migration แบบนี้จะต้องอาศัยหรือจะต้องมี Host หรือเครื่องอย่างน้อย 2 เครื่องขึ้นไป

2. Network File System (NFS) หน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่ายในรูปแบบ NFSv4 ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในศูนย์ข้อมูล โดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและใช้งานได้ผ่านอินเทอร์เน็ต ความสามารถของ NFS คือบริการที่ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าถึงไฟล์และไดเรกทอรี บนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้เหมือนกับใช้งานเครื่องของตัวเอง โดยสามารถใช้บริการได้อย่างสะดวก และมีประสิทธิภาพที่ดีผ่านระบบเครือข่ายเน็ตเวิร์ค โดยการเก็บไฟล์จะจัดเก็บในรูปแบบ File storage ซึ่งไม่ต้องมีการจำกัดหรือระบุพื้นที่ให้กับหน่วยบันทึกข้อมูลแต่อย่างใด สามารถใช้งานพื้นที่บันทึกข้อมูลร่วมกับไฟล์ชนิดอื่นๆ

3. iSCSI ทำงานโดยการรับส่งข้อมูลแบบ Block storage ระหว่าง iSCSI initiator (ส่วนของแม่ข่ายให้บริการ) และ iSCSI target (ส่วนของ storage device) โดย iSCSI ทำการบริการแบบ encapsulate ซึ่งคำสั่ง SCSI มีหน้าที่แปลงข้อมูลในรูป packets เพื่อส่งผ่านเครือข่ายใน TCP/IP ในรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ point-to-point ข้อมูลส่งถึงปลายทางผ่านโพรโตคอล iSCSI และแปลงกับสู่รูปแบบที่ระบบปฏิบัติการสามารถเข้าถึงได้ จุดเด่นของหน่วยบันทึกนี้ คือการกำหนดพื้นที่ที่ชัดเจนสำหรับใช้จัดเก็บบนอุปกรณ์ โดยที่ผู้ที่เข้าถึงหน่วยบันทึกไม่สามารถเข้าถึงไฟล์ใน Block storage ได้

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เรื่องการวัดประสิทธิภาพหน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่ายด้วย Solid State Drive (SSD) สำหรับ Cloud computing (ฉันท วงศ์สวัสดิ์ และคณะ, 2559) โดยการนำเทคโนโลยีหน่วยบันทึกข้อมูล SSD แบบ SATA เปรียบเทียบบนหน่วยบันทึกเครือข่าย NFS บนเวอร์ชวลไลเซชันของ KVM พบว่าผลการทดสอบที่วัดด้วยค่า IOPS ของการอ่าน-เขียน SSD แบบ SATA ผ่าน NFS และ HDD แบบ SATA พบว่า SSD ผ่าน NFS มีค่า IOPS การอ่าน/เขียน สูงกว่าทุกกรณี และงานวิจัยเรื่องระบบศูนย์ข้อมูลแบบพร้อมใช้งานสูง โดยใช้เทคโนโลยีเฟลโอเวอร์คัลสเตอร์ (นิวัตร จารูวาระกุล และคณะ, 2559) ได้การพัฒนา ระบบศูนย์ข้อมูลแบบพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเฟลโอเวอร์คัลสเตอร์และเวอร์ชวลไลเซชันมาใช้งาน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านการใช้งานทรัพยากร และลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี โดยจำนวนของเครื่องแม่ข่ายเดิมที่เป็นแบบหนึ่งบริการต่อหนึ่งเครื่องแม่ข่ายของมหาวิทยาลัยมีจำนวนทั้งหมด 48 เครื่อง เปิดให้บริการสารสนเทศทั้งหมด 60 บริการ และเมื่อปรับเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีเฟลโอเวอร์คัลสเตอร์โดยนำมาใช้กับเทคนิคเวอร์ชวลไลเซชัน จำนวนเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการจะเหลือเพียง 5 เครื่องให้บริการจำนวน 60 บริการเท่าเดิม จะสังเกตได้ว่าจำนวนของเครื่องแม่ข่ายลดลงได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน่วยบันทึกเครือข่ายที่ถือเป็นหัวใจหลักของ Cloud computing

### วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยออกแบบโครงสร้างติดตั้งระบบปฏิบัติการ CentOS 7.4 และโปรแกรม KVM โดยสร้างเครื่องเสมือนจริงตาม Figure 1 เพื่อเชื่อมต่อเครื่อง host ไปยังหน่วยบันทึกข้อมูล iSCSI และ NFS ในการใช้ทดสอบและวัดประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่ายเสมือนจริงบริการเว็บบนเงื่อนไขของการทำการ Live Migration หรือการย้ายเครื่องเสมือนจริงระหว่างให้บริการ

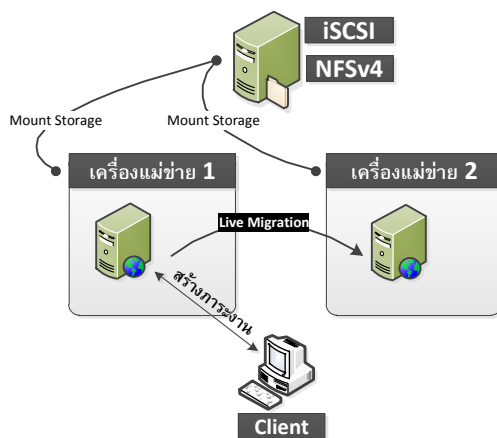


Figure 1 โครงสร้างการทดสอบงานวิจัย

1. โครงสร้างเครื่องแม่ข่ายในงานวิจัย อ้างอิงจากรูปที่ 1 เครื่องแม่ข่ายเสมือนจริงสำหรับวัดประสิทธิภาพในการโอนย้ายเครื่องเสมือนจริงระหว่างเครื่องแม่ข่าย ในขณะที่เครื่องเสมือนจริงกำลังทำงานอยู่ โดยรูปแบบในการทำงานจะย้ายเครื่องเสมือนจริงระหว่างเครื่องแม่ข่ายที่ 1 ไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ 2 โดยเครื่องแม่ข่ายที่ 1 และ 2 จะทำการ Mount Storage กับหน่วยบันทึกข้อมูลเครื่องข่าย iSCSI และ NFSv4 แยกตามการทดสอบ โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้บริการของเครื่องเสมือนจริง กับเครื่องลูกข่าย ด้วยโปรแกรม WRK2 ใช้ทดสอบภาระงานเว็บที่ติดตั้งบนเครื่องลูกข่าย

2. ชุดโปรแกรมสร้างภาระงานเว็บ WRK2 (Wikipedia, 2017) ที่มีการพัฒนามาสู่เวอร์ชัน 2 ที่สนับสนุนการทำงานแบบหลายเทรต และไฟล์สคริปต์การวัดประสิทธิภาพ การรายงานผลมีรายละเอียดได้แก่ เวลาเฉลี่ยต่อวินาที request เฉลี่ยต่อวินาที และจำนวน request ทั้งหมดที่มีรูปแบบคำสั่งคือ “wrk -t200 -c200 -d45s -R200 -s multiplepaths.lua http://192.168.10.1” ซึ่งมีตัวแปรควบคุมที่สำคัญคือ -t จำนวนเทรต -c จำนวนเครื่องลูกข่าย -d เวลาในการทดสอบ

-R อัตราการร้องขอต่อวินาที และกำหนดการทดสอบในหัวข้อถัดไป -s กรณีต้องการเลือกไฟล์สคริปต์สำหรับเรียกการ URL พร้อมกัน ในการทดสอบแบ่งไว้ดังนี้

- 1) เครื่องเสมือนจริงบนหน่วยบันทึก iSCSI ที่มีภาระหน้าเว็บ 200 และ 400 เครื่อง
- 2) เครื่องเสมือนจริงบนหน่วยบันทึก NFS ที่มีภาระหน้าเว็บ 200 และ 400 เครื่อง  
กรณี NFS แยกย่อยเป็นโหมด Asynchronous (Async) และ Synchronous (sync)

โดยทำการทดสอบซ้ำและนำผลการทดสอบมาเฉลี่ย ด้วยเงื่อนไขการย้ายเครื่องเสมือนจริงและกรณีที่ไม่ย้าย

### ผลการศึกษา

ตามรูปแบบและโครงสร้างใน Figure 1 เพื่อใช้วัดประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่ายเสมือนจริง โดยผลการวัดประสิทธิภาพนำเสนอสองส่วนคือ ค่าเฉลี่ยเวลาในการตอบสนองการร้องขอบริการหน้าเว็บ และความสามารถในการให้บริการค่าเฉลี่ยจำนวนการร้องขอต่อวินาที เพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างหน่วยบันทึกเครือข่าย iSCSI และ NFS ภายใต้เงื่อนไขการย้ายเครื่องเสมือนจริงแบบ Live-Migration

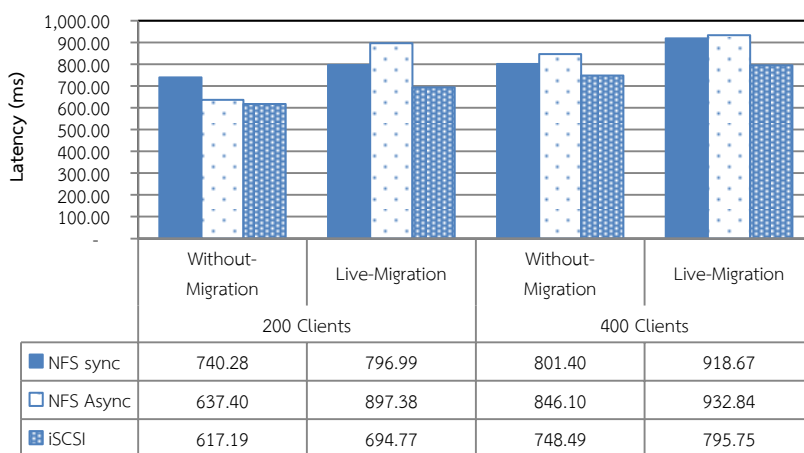


Figure 2 ค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองหน้าเว็บแยกตามประเภทหน่วยบันทึกข้อมูล

จาก Figure 2 เวลาเฉลี่ยในการตอบสนองให้ค่าดีที่สุดที่ลูกข่าย 200 เครื่องบนหน่วยบันทึกแบบ iSCSI ทั้งกรณีย้ายและไม่ย้ายเครื่อง ผลการทดสอบพบว่า ขณะย้ายเครื่องแบบ

Live-Migration เวลาตอบสนองเพิ่มขึ้น เช่น หน่วยบันทึก NFS โหมด Sync จาก 740.28 มิลลิวินาที ไปเป็น 796.99 มิลลิวินาที ที่ลูกข่าย 200 เครื่อง และหน่วยบันทึก iSCSI จาก 748.49 มิลลิวินาที ไปเป็น 795.75 มิลลิวินาที ที่ลูกข่าย 400 เครื่อง และเมื่อเครื่องลูกข่ายเพิ่มขึ้นเวลาตอบสนอง ลดลงทุกประเภทของหน่วยบันทึก สำหรับใน Figure 3 เป็นผลของประสิทธิภาพการให้บริการ

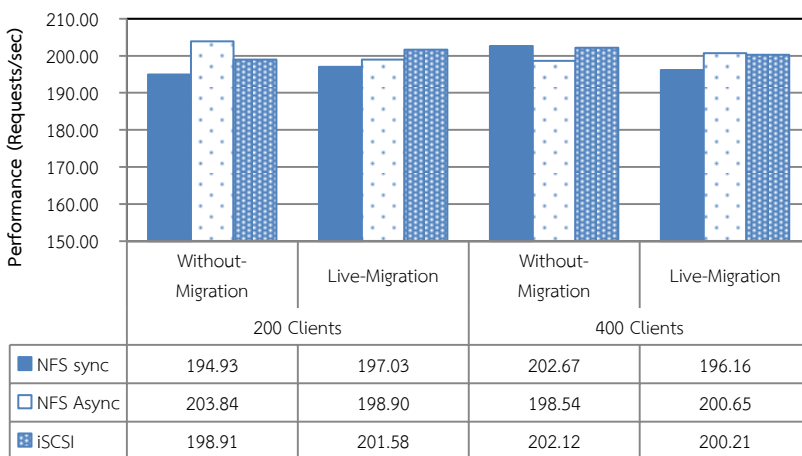


Figure 3 ประสิทธิภาพอัตราการร้องขอต่อวินาทีตามประเภทหน่วยบันทึกข้อมูล

สำหรับประสิทธิภาพมีค่าสูงสุดที่ NFS โหมด Async กรณีไม่ย้ายเครื่องที่ลูกข่าย 200 เครื่อง ที่ 203.84 Requests/sec ซึ่งโดยรวมแล้วผลประสิทธิภาพมีค่าใกล้เคียงกันทุกหน่วยบันทึก โดยหน่วยบันทึก NFS โหมด Sync กรณีไม่ย้ายเครื่องได้ 194.93 Requests/sec และย้ายเครื่องได้ 197.03 Requests/sec เช่นเดียวกับหน่วยบันทึก iSCSI กรณีไม่ย้ายเครื่องมีค่า 202.12 Requests/sec และย้ายเครื่องได้ 200.21 Requests/sec ที่ลูกข่าย 400 เครื่อง สำหรับประสิทธิภาพของหน่วยบันทึกแต่ละประเภทมีความใกล้เคียงกัน

### สรุปและวิจารณ์

จากสมมติฐานของการวัดประสิทธิภาพของหน่วยบันทึกเครือข่ายที่แตกต่างกัน ระหว่าง iSCSI และ NFS ที่มีสถาปัตยกรรมแตกต่างกัน ร่วมกับเทคโนโลยีเวอร์ช่วลไลเซชัน โดยศึกษากรณีย้ายเครื่องเสมือนจริง ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการให้บริการของศูนย์ข้อมูล Cloud computing ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน พบว่าผลการทดสอบของค่าเฉลี่ยเวลา

ตอบสนองการให้บริการเว็บให้ผลเวลาน้อยที่สุดในหน่วยบันทึก iSCSI และ สำหรับ NFS โหมด Async มีค่าเวลาตอบสนองที่ดีกว่า NFS โหมด Sync จึงสามารถสรุปได้ว่า iSCSI ให้ประสิทธิภาพในการอ่านเขียนที่ดีกว่า NFS สำหรับปริมาณการร้องขอการให้บริการ มีค่าใกล้เคียงกันทุกหน่วยบันทึก จึงถือว่าไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งโดยพื้นฐานบริการเว็บในส่วนของเครื่องแม่ข่ายมีส่วนของหน่วยความจำหลักที่ขึ้นกลางระหว่างหน่วยบันทึกกับผู้ใช้บริการ และไม่อาจหลีกเลี่ยงผลกระทบของแคชที่เกิดขึ้น จึงอาจส่งผลตามผลการทดสอบ จากปัญหาส่วนนี้ อาจนำไปทดสอบกับชุดทดสอบภาระงานประเภทอื่นต่อไป

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าหน่วยบันทึกเครือข่ายแบบไฟล์อย่าง NFS และ แบบบล็อกอย่าง iSCSI มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันสำหรับการให้บริการเว็บของเครื่องเสมือนจริง โปรแกรม KVM ซึ่งในการพัฒนาต่อยอด ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเวอร์ชวลไลเซชันอย่างต่อเนื่องพร้อมไปกับหน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่ายแบบใหม่ที่ถูกนำมาเผยแพร่อย่าง Ceph HDFS และ Glusterfs เพื่อวัดประสิทธิภาพร่วมกับบริการอื่นๆ ต่อไป

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาที่ให้โอกาสสนับสนุนนักศึกษาในการทำงานวิจัยและนำเสนอผลงาน

### เอกสารอ้างอิง

ธันท์ วงศ์สวัสดิ์, นิธิสมาน ตูเวงิจิง, กฤษณ์วรา รัตนโอภาส และสุภาวดี มากอัน. 2559, การวัดประสิทธิภาพหน่วยบันทึกข้อมูลเครือข่ายด้วย Solid State Drive สำหรับศูนย์ข้อมูล Cloud ใน การประชุมวิชาการระดับประเทศทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (NCIT) ครั้งที่ 8, ระเบียบ: 187-191.

นิวัตร จารูวาระกุล,เขาวลิต สมบูรณ์พัฒนากิจ และเชวงศักดิ์ คงเกิด. 2559, ระบบศูนย์ข้อมูลแบบพร้อมใช้งานสูงโดยใช้เทคโนโลยีเฟลโอเวอร์คลัสเตอร์ ใน การประชุมวิชาการงานวิจัย และการพัฒนาเชิงประยุกต์ (ECTI-CARD) ครั้งที่ 8, ระเบียบ: 649-652.

IT Knowledge Provider. 2556. สํารวจ Windows Server 2012 ตอนที่ 12. Retrieved from <https://itgeist5blog.blogspot.com/2013/03/windows-server-2012-12.html>

Wikipedia. 2017. Wrk2. Retrieved from <https://github.com/giltene/wrk2>

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพขั้นตอนการแบ่งภาระงานสมดุลที่มีการควบคุมน้ำหนักของ  
เว็บไซต์ด้วยโปรแกรม HAproxy

A Performance Comparison of Weighted Control Load-balance Algorithm  
for Websites with HAproxy

ราเชน หมัดอ่ำ กิตติศักดิ์ เบ็ญจตุส เกษณวรา รัตนโอภาส\* และ สารณี จุลแก้ว

Rachen Madadam, Kittisak Bendusah, Kritwara Rattanaopas\* and Sarapee Chunkaew

หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

Information technology, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University

\* Corresponding author: kritwara.ra@skru.ac.th

บทคัดย่อ

เว็บไซต์ Google Youtube และ Facebook ที่ได้รับความนิยม มีโครงสร้างแบบแบ่งภาระสมดุล (Load-Balance) ที่มีการพัฒนาและหลายหลายรูปแบบโดยมีส่วนประกอบหลักคือ ส่วนหน้า (Frontend) หรือตัวจัดการภาระงาน และเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์จริงส่วนหลัง (Backend) ที่ได้รับความนิยมประเภทหนึ่งด้วยเทคนิค Reverse proxy โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม HAproxy ที่มีขั้นตอนวิธีการกระจายภาระงานได้แก่ round-robin least-connections source และ uri-depth ซึ่งผู้วิจัยเน้นในการแบ่งภาระงานที่มีการควบคุมน้ำหนัก (Weight Control) เพื่อกระจายภาระงานในลักษณะไม่สมดุล ด้วยเครื่องส่วนหลังที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ในการทดสอบพบว่า การกระจายงานสู่เครื่องส่วนหลังจำนวน 3 เครื่อง ดีที่สุดในขั้นตอนวิธี round-robin และ least-connections ได้รับคำร้องขอตามสัดส่วนที่กำหนด คือ 33%-33%-33% 17%-33%-50% และ 17%-17%-66% สำหรับขั้นตอนวิธี source กระจายการร้องขอไปเฉพาะเครื่องที่มีน้ำหนักมากหรือ 2 เครื่องเท่านั้นและไม่ตรงตามร้อยละที่กำหนดเช่นเดียวกับขั้นตอน URI-depth ซึ่งเน้นระดับขั้นการเก็บไฟล์ สำหรับปริมาณแบนด์วิดท์ทุกกรณีเท่ากันโดยเฉลี่ยที่ 112 MBytes/second และประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 660 requests/second การพัฒนาต่อยอดงานวิจัยไปยังกลุ่มบริการอื่นเนื่องจากเลือกทดสอบเฉพาะบริการเว็บ แต่การกระจายภาระงานแบบสมดุลใช้ได้กับทุกบริการในศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ

**คำสำคัญ:** การแบ่งภาระงานสมดุล ขั้นตอนวิธีการกระจายงาน HAproxy เว็บไซต์



## Abstract

Google, YouTube and Facebook websites are more popular nowadays. Their infrastructures base on load-balance technique. The load-balance has more various types that it's architecture including front-end server or distributed agent and web server in back-end. The most famous technique of load-balance is reverse-proxy method. This research chooses HAproxy program which one popular on reverse-proxy software. It has more distributed algorithms including round-robin, least-connections, source and uri-depth. We focus on weight control of all algorithms for distributes different workload to each back-end server. The results shown round-robin and least-connections algorithm can distribute workload correct with weight control in all scenarios which including 33%-33%-33% 17%-33%-50% and 17%-17%-66%. In sour algorithm results can distribute workload on only 2 of 3 back-end server as incorrect with weight control. In addition, URI-depth algorithm is focus on depth level of URI path. Meanwhile, bandwidth results have similarly average 112.30 MBytes per second and web performance is average 660 requests per second. Future work, we evaluate only web service, however, others service in data center need to use load-balance technique for distributed workload.

**Keywords:** Load-balance, Distributed algorithm, HAproxy, Web

## บทนำ

เว็บไซต์ที่นิยมเช่น google.com youtube.com และ facebook.com ให้บริการผ่านโปรแกรมบริการเว็บที่ได้รับการพัฒนาต่อยอดจากโปรแกรม Apache หรือ Nginx โดยโปรแกรมทั้งสองรองรับบริการการหน้าเว็บไซต์ที่เขียนและออกแบบด้วยภาษา ได้แก่ HTML5 PHP JavaScript และ CSS ที่มีโครงสร้างแบบแบ่งภาระงานสมดุล ซึ่งทั้งสองส่วนหลักได้แก่ เครื่องแม่ข่ายส่วนหน้า (Frontend Server) ที่ทำหน้าที่กระจายการร้องขอ (request) จากเครื่องลูกข่าย และเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง (Backend Server) ที่ให้บริการเว็บไซต์จริงเพื่อรองรับผู้เข้าชมจำนวนมาก หลักการหรือรูปแบบการแบ่งภาระงานสมดุล (Load Balance) ที่มีวิธีการกระจายภาระงานที่นิยมได้แก่ Round-robin และ Least connect ด้วย

วัตถุประสงค์ในการแบ่งภาระงานบริการเว็บไซต์ของเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ส่วนหลังให้สมดุลเท่ากันทุกเครื่อง

ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกนำขั้นตอนวิธีการกระจายภาระงานพร้อมการควบคุมน้ำหนักในการกระจายภาระงาน เพราะเครื่องแม่ข่ายบริการเว็บส่วนหลังอาจมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถแบ่งภาระงานที่เท่ากัน ซึ่งแตกต่างไปจากงานวิจัยของ Mazedur Rahman (Mazedur Rahman et al., 2014) โดยสำหรับเครื่องส่วนหน้าเลือกใช้โปรแกรม HAproxy ที่พัฒนาสำหรับทำหน้าที่เป็นตัวกระจายภาระงานแบบ Reverse proxy เช่นเดียวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Sarthak Shah et al., 2016) และใช้เป็นสมมติฐานในงานวิจัย เพื่อต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมทั้งสอง ด้วยวิธีการกระจายภาระงานแบบ Round-robin และ Least-connect ที่มีการควบคุมน้ำหนักของการกระจายภาระงาน (Weight-control) ซึ่งโปรแกรม HAproxy มีขั้นตอนวิธีการกระจายภาระงานเพิ่มเติมที่น่าสนใจได้แก่ Source และ URI-depth โดยการออกแบบการให้บริการส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปเพียงการกระจายภาระงานที่มีค่าเหมาะสม แต่ยกเว้นการควบคุมน้ำหนักให้กับเครื่องแม่ข่ายส่วนหลังแต่อย่างใด ดังนั้นการพิจารณาปัจจัยอื่น หรือค่าควบคุมในการออกแบบในงานวิจัยได้ถูกกล่าวถึงในส่วนถัดไป

เนื้อหาของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เป็นพื้นฐานของแนวคิดในการทำวิจัย และการออกแบบการทดสอบในหัวข้อวิธีการดำเนินงานวิจัย และนำเสนอผลประสิทธิภาพในหัวข้อผลการวิจัย พร้อมกับหัวข้อวิจารณ์ และ สรุปผลการวิจัย เพื่อขยายความรู้จากการทดสอบการวิจัย

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ด้วยแนวคิดพื้นฐานและหลักการในการนำมาพัฒนาออกแบบของผู้วิจัยเพื่อให้สามารถทราบถึงที่มาของงานวิจัยและเครื่องมือในการใช้ทดสอบ

1. Apache คือ ซอร์ฟแวร์ที่ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์โดยให้บริการ protocol HTTP ที่ port 80 ลักษณะเด่น คือ เป็นซอร์ฟแวร์แบบ Opensource ติดตั้งมาพร้อมกับระบบปฏิบัติการ linux และมีมีการใช้กันอย่างแพร่หลายและมากที่สุดในโลก Webserver คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ให้บริการข้อมูล แก่ เครื่องลูกข่าย หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ขอรับบริการในรูปแบบสื่อผสม ผ่านระบบเครือข่าย โดยสามารถแสดงผล ผ่านโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ (The Apache Software Foundation, 2017)

2. Haproxy เป็นซอฟต์แวร์ฟรีที่เปิดแหล่งที่มาของซอฟต์แวร์ที่ให้บริการพร้อมใช้งานสูง และ load balance เซิร์ฟเวอร์พร้อมสำหรับ Transmission Control Protocol (TCP) และการกระจายการร้องขอ HTTP ผ่านเซิร์ฟเวอร์หลายเครื่อง และมีชื่อเสียงในด้านความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (HAproxy community, 2018)

3. ขั้นตอนการกระจายภาระงาน load-balance ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการให้บริการเว็บแบบแบ่งภาระงานสมดุล ซึ่งในความเป็นจริงไม่จำเป็นต้องทำการกระจายแบบสมดุล เพราะสามารถกำหนดน้ำหนักให้กับเครื่องแม่ข่ายส่วนหลังในการให้บริการ ซึ่งขั้นตอนวิธีที่ถือเป็นพื้นฐานสำหรับการจัดภาระงานคือ Round-robin และ Least-connect

สำหรับแบบ Round-robin กล่าวถึงรูปแบบได้ว่า การร้องขอจากเครื่องลูกข่ายถูกส่งไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยเครื่องแม่ข่ายมีไม่น้อยกว่า 2 เครื่อง เพื่อส่งคำร้องขอเวียนสลับไปยังเครื่องแม่ข่าย เช่นเครื่องแม่ข่ายที่ 1 รับคำร้องขอเครื่องลูกข่ายเครื่องที่ 1 3 และ 5 ส่วนเครื่องลูกข่ายเครื่องที่ 2 4 และ 6 ส่งคำร้องขอไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ 2 ทำการวนโดยการสลับกันไปมาแบบนี้เรื่อยๆ

ในแบบ Least-connect พิจารณาจากการเชื่อมต่อที่นานกว่า เช่น เครื่องลูกข่ายที่ 2 4 5 และ 6 เชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายที่ 1 และเครื่องลูกข่ายที่ 3 และ 1 เชื่อมต่อในช่วงเวลาสั้น จะถูกจัดไปเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายที่ 2 เพื่อพยายามกำหนดการเชื่อมต่อที่น้อยที่สุดไปให้แม่ข่าย ซึ่งในปัจจุบันขั้นตอนการแบ่งภาระงานมีรูปแบบใหม่ที่พัฒนามาพร้อมกับโปรแกรม HAproxy เช่น Source ที่พิจารณาจากเครื่องลูกข่ายเป็นหลัก และ URI คือข้อความร้องขอไฟล์ที่ส่งไปยังเครื่องแม่ข่าย และงานวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนเหล่านี้มาวัดประสิทธิภาพ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับการวิจัยของ Mazedur Rahman และคณะ ได้ศึกษาบริการภาระงานสมดุลบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ (Mazedur Rahman et al., 2014) ในการให้บริการที่มีชื่อว่า เครื่องแบ่งภาระงานสมดุล (Load Balancing as a Service; LBaaS) ที่มีการแข่งขันในการเพิ่มบริการประเภทนี้ในเชิงธุรกิจได้แก่ Amazon-ELB Windows-Azure Rackspace HP-CLB และ GoGrid ที่มีข้อจำกัดแตกต่างกัน และความสามารถในการรองรับบริการแบบแบ่งภาระงานที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผู้ให้บริการเปิดให้ทดลองใช้เช่น Amazon-ELB และ Windows-Azure ในงานวิจัยของ Sarthak Shah et al. (2016) นำรูปแบบกระจายภาระงานมาประยุกต์ใช้กับระบบให้บริการทางการแพทย์ร่วมกับขั้นตอนวิธีของฟิชชี่ลอจิก ให้ผลการแบ่งภาระงานที่สมดุล ซึ่งในงานวิจัยนี้เน้นในการควบคุมน้ำหนักสำหรับเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง นำไปเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีของโปรแกรม HAproxy

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยออกแบบโครงสร้างบริการเว็บบนระบบเครื่องเสมือนจริงของโปรแกรม KVM ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับบริการ Cloud computing ที่ให้บริการเว็บ โดยแบ่งเครื่องแม่ข่าย 2 ส่วนตาม Figure 1 โดยเครื่องแม่ข่ายหลักมีคุณสมบัติ Intel i7 CPUs 4 CPU RAM 8 GB และการ์ดเชื่อมต่อเครือข่าย Gigabit Ethernet 2 ชุด เพื่อให้ได้ช่องสื่อสารขนาด 2 Gbps

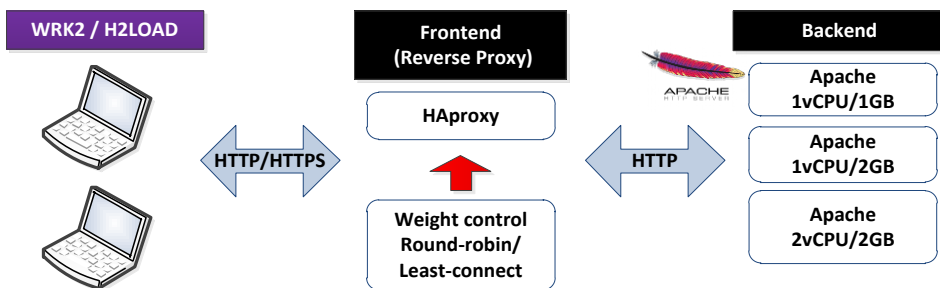


Figure 1 โครงสร้างการทดสอบงานวิจัย

จาก Figure 1 เครื่องแม่ข่ายส่วนหน้ามีคุณสมบัติ 4 CPU RAM 4 GB พร้อมติดตั้งระบบปฏิบัติการ CentOS 7.4 และโปรแกรม HAProxy สำหรับเครื่องส่วนหลังมีคุณสมบัติแตกต่างกันดังนี้ 1 CPU RAM 1 GB / 1 CPU RAM 2 GB / 2 CPU RAM 2 GB ชนิดละ 1 เครื่องและติดตั้งโปรแกรม Apache 2.4 เพื่อให้บริการเว็บ โดยผู้วิจัยเลือกหน้าเว็บ Bootstrap ติดตั้งไว้สำหรับใช้ทดสอบการเรียกหน้าเว็บ

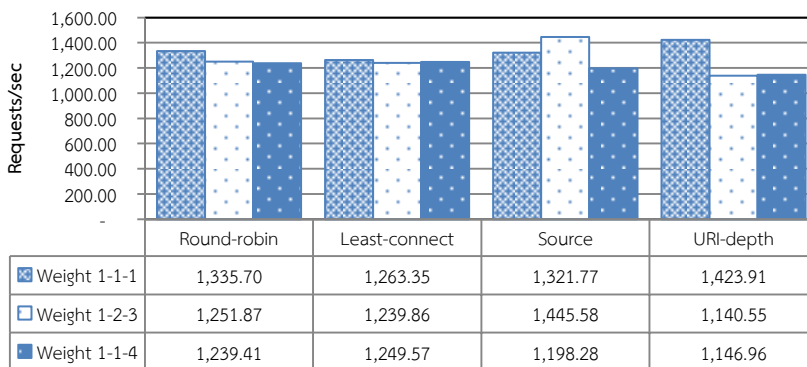
1. โปรแกรม WRK2 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพเว็บหรือบริการเว็บ ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจาก Apache ได้แก่ Apache benchmark (ab) และ Jmeter สำหรับ wrk2 (Wikipedia, 2017) ที่มีการพัฒนามาสู่เวอร์ชัน 2 ที่สนับสนุนการทำงานแบบหลายเทรตและเสริมด้วยสคริปต์เพื่อกำหนดรูปแบบการวัดประสิทธิภาพ การรายงานผลให้ข้อมูลที่มีรายละเอียดหลายอย่างได้แก่ เวลาเฉลี่ยต่อวินาที request เฉลี่ยต่อวินาที และจำนวน request ทั้งหมด ที่มีรูปแบบคำสั่งคือ “wrk -t2 -c100 -d30s -R2000 http://192.168.5.5/index.html” ซึ่งมีตัวแปรควบคุมที่สำคัญคือ -t จำนวนเทรต -c จำนวนเครื่องลูกข่าย -d เวลาในการทดสอบ -R อัตราการร้องขอต่อวินาที และกำหนดการทดสอบในหัวข้อถัดไป

2. การวัดประสิทธิภาพหน้าเว็บ การทดสอบแบ่งตามขั้นตอนวิธี ได้แก่ Round-robin

Least-connect Source และ URI-depth และการกำหนดน้ำหนักมี 3 กรณี คือ Weight 1-1-1 (33%-33%-33%) Weight 1-2-3 (17%-33%-50%) และ Weight 1-1-4 (17%-17%-66%) ทำการทดสอบด้วยคำสั่ง wrk เพื่อวัดค่าประสิทธิภาพ แบนด์วิดธ์ และการจัดการงานไปยังเครื่องลูกข่าย

### ผลการศึกษา

ผู้วิจัยแบ่งผลการทดสอบไว้ 3 กรณีคือ อัตราการร้องขอเฉลี่ยต่อวินาที ค่าแบนด์วิดธ์ และจำนวนภาระงานที่กระจายไปตามเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง ซึ่งนำเสนอผลของประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการกระจายภาระงานแต่ละแบบที่มีการควบคุมน้ำหนักแตกต่างกัน จากโครงสร้างใน Figure 1 ผ่านเครื่องลูกข่ายจำนวน 2 เครื่องเพื่อให้สร้างการจราจรระดับ 2 Gbps เพื่อให้เหมาะสมกับแม่ข่ายส่วนหลัง 3 เครื่อง



**Figure 2** ค่าเฉลี่ยปริมาณการร้องขอ Requests/sec ตามน้ำหนักควบคุมและขั้นตอนการกระจายภาระงาน

จาก Figure 2 มีประสิทธิภาพแต่ละขั้นตอนวิธีอยู่ในช่วง 1,198.28-1,445.58 Requests/sec และให้ค่าสูงสุดที่ Weight 1-2-3 ที่ 1,445.58 Requests/sec และในขั้นตอนวิธี URI-depth Weight 1-1-1 มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 1,423.91 Requests/sec สำหรับขั้นตอนวิธี Least-connect มีค่าใกล้เคียงกันโดยประมาณ 1,255 Requests/sec สำหรับใน Figure 3 นำเสนอค่าแบนด์วิดธ์ที่แต่ละขั้นตอนวิธีใช้เพื่อให้บริการ

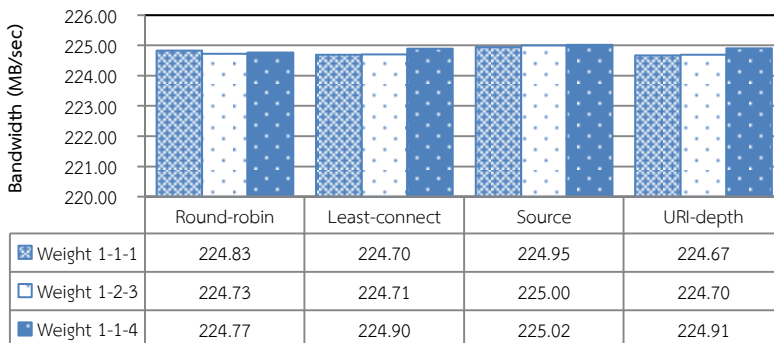


Figure 3 ค่าเฉลี่ยแบนด์วิดท์ MB/sec ตามน้ำหนักควบคุมและขั้นตอนการกระจายภาระงาน

ค่าแบนด์วิดท์เฉลี่ยของเครือข่าย 2 Gbps โดยประมาณที่ 220 MB/sec ซึ่งสูงสุดที่ Weight 1-1-4 ด้วยขั้นตอนวิธี Source ที่ 225.02 MB/sec ซึ่งไม่แตกต่างกับขั้นตอนวิธีอื่นๆ เช่น Least-connect ที่ 224.90 MB/sec และ Round-robin ที่ 224.77 MB/sec สำหรับใน Figure 4 ผู้วิจัยต้องการนำเสนอปริมาณจำนวนการร้องขอที่ส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง

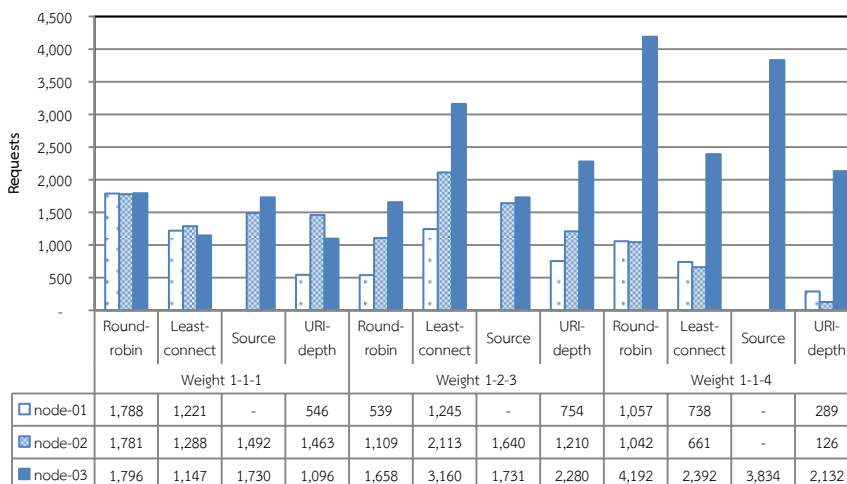


Figure 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณการร้องขอ Requests ระบุเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง ตามน้ำหนักควบคุมและขั้นตอนการกระจายภาระงาน

การกระจายคำร้องขอให้เครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง พบว่าขั้นตอนวิธี Round-robin มีอัตราส่วนเป็นไปตามน้ำหนัก 1,788-1,781-1,796 requests สำหรับ Weight 1-1-1 และ 1,057-1,042-4,192 requests สำหรับ 1-1-4 แต่ขั้นตอนวิธี Source ให้ผลที่แตกต่างด้วยค่า 0-0-3,834 Requests สำหรับ Weight 1-1-4 เช่นเดียวกับ URI-depth ให้ค่า 289-126-2,132 requests ที่ Weight 1-1-4 ดังนั้นขั้นตอนวิธีมีผลกับการกระจายภาระงานตามผลการทดสอบอย่างชัดเจน

### สรุปและวิจารณ์

จากผลการทดสอบด้วยประสิทธิภาพเบื้องต้นในการให้บริการเว็บตามโครงสร้าง Figure 1 มีค่าใกล้เคียงกันทั้งปริมาณการร้องขอต่อวินาทีและค่าแบนด์วิดท์ แต่ในการกระจายภาระงาน ขั้นตอนวิธี Round-robin และ Least-connect สามารถกระจายงานได้ตามอัตราส่วนของน้ำหนักที่ผู้วิจัยกำหนด ในทางกลับกันขั้นตอนวิธี Source ที่คำนึงถึงปัจจัยของผู้เรียกใช้บริการ เนื่องจากชุดทดสอบเกิดจากเครื่องลูกข่ายจริง 2 เครื่องทำให้มีการกระจายงานไปยังเครื่องแม่ข่ายส่วนหลังไม่เท่ากัน โดยตามผลการทดสอบเกิดเครื่องแม่ข่ายที่มีภาระงานเป็นศูนย์ เช่นเดียวกับ URI-depth ที่คำนึงถึงเฉพาะที่เก็บไฟล์ที่มีความลึกตามลำดับไต่แรกทอรี่ จึงสามารถสรุปได้ว่าการควบคุมน้ำหนักสามารถทำได้กับเฉพาะขั้นตอนวิธี Round-robin และ Least-connect เท่านั้น หากขั้นตอนวิธีอื่นๆ มีปัจจัยที่แตกต่างอาจให้ผลการกระจายภาระงานที่แตกต่างกันไป

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาที่ให้โอกาสสนับสนุนนักศึกษาในการทำงานวิจัยและนำเสนอผลงาน

### เอกสารอ้างอิง

HAproxy community. 2018. The Reliable, High Performance TCP/HTTP Load Balancer. Retrieved from <http://www.haproxy.org/#news>

Mazedur, R., Samira, I., and Jerry, G. 2014. Load Balancer as a Service in Cloud Computing in Service Oriented System Engineering (SOSE), 2014 IEEE 8<sup>th</sup> International Symposium, Oxford, UK: 204-211.

- 
- Sarthak, S., and Nidhi, G. 2016. Load Balancing for an Online Medical Consultation System Using Server System Architecture in International Journal of Engineering Science and Computing, 6(5): 5817-5820.
- The Apache Software Foundation. 2017. Apache HTTP Server Version 2.4 Documentation. Retrieved from [https://httpd.apache.org/ABOUT\\_APACHE.html](https://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html)
- Wikipedia. 2017. Wrk2. Retrieved from <https://github.com/giltene/wrk2>



ทัศนคติและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บญวนอบแห้งจาก  
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย

Consumer Attitude and Acceptance towards Vietnamese Noodle Dried  
from Riceberry Rice Flour Mixed with Pandan Juice

ภัทราวดี วงษ์วาศ<sup>1\*</sup> และ นิภาพร เมษา<sup>2</sup>

Pattarawadee Wongvas<sup>1\*</sup> and Nipaporn Mesa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม

<sup>2</sup>สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร

<sup>1</sup>Research and Development Institute, Nakhon Phanom University

<sup>2</sup>Department of Food Technology, Faculty of Natural Resources and Agro-Industry,  
Kasetsart University Chalerm Phrakiat, Sakon Nakhon Province Campus

\* Corresponding author: psripanya@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บญวนอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตยพบว่า หนึ่งหน่วยบริโภค (50 กรัม) ให้พลังงาน 171.35 กิโลแคลอรี โปรตีน 2.28 กรัม ไขมันทั้งหมด 0.47 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 39.49 กรัม โยอาหาร 0.60 กรัม เหล็ก 1.44 มิลลิกรัม ไม่พบโคเลสเตอรอล และแคลเซียม 25.47 มิลลิกรัม ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน ต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ พบว่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ และความพอใจโดยรวม อยู่ในระดับชอบปานกลาง ผู้บริโภคร้อยละ 100 ยอมรับผลิตภัณฑ์ ปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อ คือ คุณค่าทางโภชนาการ  
คำสำคัญ: ก๋วยจั๊บญวน แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ น้ำใบเตย

Abstract

The objective of this study was to analyze the nutritional value and consumer acceptance of Vietnamese noodle dried from riceberry rice flour mixed with Pandan Juice. The nutritional value found amount per serving (50

g), total energy 171.35 kcal, protein 2.28 g, total fat 0.47 g, total carbohydrate 39.49 g, dietary fiber 0.60 g, iron 1.44 mg, cholesterol not detected and calcium 25.47 mg. Consumer test was conducted with a total of 100 panelists and it found that most consumers generally the acceptance of developed product was at medium liking level in terms of color, flavor, taste and overall liking. Consumers (100.0%) were willing acceptance of developed product. Nutritional value was the major determinant for buying decision.

**Keywords:** Vietnam paste, Riceberry flour, Pandan juice

### บทนำ

เส้นก๋วยจั๊บน้ำร้อน (ก๋วยจั๊บน้ำร้อน ต้มเส้น ข้าวเป็ยก) เป็นเส้นที่มีลักษณะคล้ายขนมจีนแต่มีขนาดใหญ่กว่า แตกต่างจากเส้นขนมจีนตรงที่แป้งไม่ผ่านการหมัก เส้นก๋วยจั๊บน้ำร้อนนี้ใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนประกอบหลัก มีการผสมแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเหนียว (ศรีวรสเด็ต, 2558) ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาจากข้าวเจ้าหอมนิล ม. เกษตรศาสตร์ (พันธุ์พ่อ) กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 สถาบันวิจัยข้าว (พันธุ์แม่) ลักษณะประจำพันธุ์ ความสูงประมาณ 106 ซม. อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 130 วัน เมล็ดเรียวยาว สีม่วงดำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีใยอาหารที่อยู่ในรำข้าวสูงจึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวขัดทั่วไป จึงเหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคอเลสเตอรอล ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (ดวงจันทร์, 2557) จากคุณสมบัติของข้าวไรซ์เบอร์รี่ เมื่อนำแป้งของข้าวไรซ์เบอร์รี่มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ก๋วยจั๊บน้ำร้อนเส้นสด เป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคได้ อีกทั้งยังเพิ่มคุณค่าทางอาหารในก๋วยจั๊บน้ำร้อนเส้นสดด้วยสมุนไพรต่างๆ เช่น ขมิ้นซึ่งมีสารประกอบที่สำคัญ ที่เรียกว่าเคอร์คูมิน มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและต้านอนุมูลอิสระ (จินดาพร, 2551) ใบเตย (*Pandanus amaryllifolius*) เป็นพืชที่พบอยู่ทั่วไปในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อน ใบเตยหอมมักใช้เป็นสารให้กลิ่นในอาหาร ทั้งเครื่องต้ม และส่วนผสมในอาหารอีกหลายอย่าง อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยาช่วยลดไข้ บรรเทาอาหารไม่ย่อย และอาการท้องอืด (Nor et al., 2008) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำร้อนอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตยที่ได้ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นมาจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ถือเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้เส้น

กล้วยจีบที่มาจากแป้งข้าวที่ติดต่อสุขภาพ เพิ่มกลิ่นหอมจากสมุนไพรได้แก่ ใบเตย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

### วิธีการศึกษา

**การเตรียมน้ำสมุนไพร** คัดเลือก ใบเตย ล้างน้ำทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำมาบดด้วยเครื่องปั่นอาหาร โดยใช้อัตราส่วน 1: 1 (สมุนไพร 100 กรัมต่อน้ำสะอาด 100 กรัม) กรองด้วยกระชอน และผ้าขาวบาง แยกกากออก

**การผลิตเส้นกล้วยจีบ** ส่วนผสมได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เกลือ และน้ำใบเตย ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน เติมน้ำเดือด จากนั้นนวดส่วนผสมจนเนียน พักแป้งไว้ 20 นาที นำก้อนแป้งที่ได้เข้าเครื่องรีด ขึ้นรูปให้เป็นแผ่น โดยใช้เครื่องขึ้นรูปให้เป็นแผ่นที่ความหนาเท่ากับ 3 มิลลิเมตร และขึ้นรูปแผ่นแป้งให้เป็นเส้นกล้วยจีบได้กล้วยจีบญวนเส้นสด จากนั้นนำมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิที่ 70 °C เป็นระยะเวลาการอบ 30 นาที (ดัดแปลงมาจาก นุชรินทร์, 2552)

**การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเส้นกล้วยจีบญวนจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำสกัดใบเตยอบแห้ง** โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2016), ไขมัน (AOAC, 2012), คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1993), โยอาหาร (AOAC, 2016), เหล็ก (AOAC, 2016), โคลเลสเตอรอล (AOAC, 2016), แคลเซียม (AOAC, 2016), และพลังงานทั้งหมด (AOAC, 1993)

**การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นกล้วยจีบญวนจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำสกัดใบเตยอบแห้ง**

**ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย** ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนม โดยแจกแบบสอบถามร่วมกับการทดสอบชิมตามสถานศึกษา แหล่งท่องเที่ยว ห้างสรรพสินค้า และหน่วยงานราชการ

**เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล** ได้แก่ แบบสอบถาม (questionnaires) โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ รายได้ สถานะภาพ จำนวนสมาชิกในครอบครัว

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์เส้นกล้วยจีบญวน

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นกล้วยจีบญวนอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยเตรียมเส้นกล้วยจีบญวน ลวกใน

น้ำเดือด เป็นเวลา 3 นาที แล้วปล่อยให้สะเด็ดน้ำ 1 นาที เสิร์ฟตัวอย่างพร้อมน้ำซุ๊ป โดยใช้สเกลคะแนนแบบ Hedonic 9 Point Scale มีระดับคะแนนเป็น 9 ระดับ คือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมกับการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์

### ผลการศึกษา

คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำใญ่อบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย

คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำใญ่อบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย พบว่า หนึ่งหน่วยบริโภค (50 กรัม) ให้พลังงาน 171.35 กิโลแคลอรี โปรตีน 2.28 กรัม ไขมันทั้งหมด 0.47 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 39.49 กรัม โยอาหาร 0.60 กรัม เหล็ก 1.44 มิลลิกรัม ไม่พบโคเลสเตอรอล และแคลเซียม 25.47 มิลลิกรัม (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นก๋วยจั๊บน้ำใญ่อบแห้งทั่วไปตามท้องตลาดให้พลังงาน 235 กิโลแคลอรี ซึ่งเส้นก๋วยจั๊บน้ำใญ่อบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตยดังกล่าวนี้ให้พลังงานที่ต่ำกว่า และอุดมด้วยธาตุเหล็กและแคลเซียมจึงเหมาะที่จะเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้

**Table 1** The nutritional value and consumer acceptance of vietnamese noodle dried from riceberry rice flour mixed with Pandan juice per serving 50 g.

Quality	Content
Total Energy	171.35 Kcal
Protein	2.28 g
Total Fat	0.47 g
Total Carbohydrate	39.49 g
Dietary Fiber	0.60 g
Iron	1.44 mg
Cholesterol	Not Detected
Calcium	25.47 mg

## การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย

### ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 51 มีอายุระหว่าง 31-40 ปี (ร้อยละ 33) รองลงมา อายุระหว่าง 41-50 ปี (ร้อยละ 27) มีการศึกษาระดับมัธยมศึกษา/ปวช. (ร้อยละ 36) รองลงมาปริญญาตรี (ร้อยละ 24) อาชีพส่วนใหญ่เกษตรกร (ร้อยละ 31) ข้าราชการ (ร้อยละ 15) มีรายได้ต่อเดือน 5,001-10,000 บาท (ร้อยละ 39) ผู้มีรายได้ต่อเดือน 10,001-15,000 บาท (ร้อยละ 33) มีสถานะภาพสมรส (ร้อยละ 61) สมาชิกในครอบครัว 3-5 คน (ร้อยละ 56) และมีสมาชิกในครอบครัว 1-3 คน คิดเป็นร้อยละ 23

### ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็น

จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นในด้านความชอบในการบริโภคผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามชอบบริโภคผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นคิดเป็นร้อยละ 99 และไม่ชอบบริโภคผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นคิดเป็นร้อยละ 1 ประเภทก๋วยจั๊บน้ำเย็น ผู้บริโภคนิยมเส้นแห้งคิดเป็นร้อยละ 52 และผู้ทดสอบมีความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นที่สุดคือ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 45 ส่วนใหญ่รับประทานในมือกลางวัน คิดเป็นร้อยละ 57 โดยรับประทานก๋วยจั๊บน้ำเย็นนอกบ้าน ตามร้าน คิดเป็นร้อยละ 57 และผู้บริโภคเคยซื้อก๋วยจั๊บน้ำเย็น มาประกอบอาหารเอง 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 45 โดยมีแหล่งที่ซื้อ คือ ห้างสรรพสินค้า คิดเป็นร้อยละ 45 ความคาดหวังในการรับประทานก๋วยจั๊บน้ำเย็นแต่ละครั้งผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณค่าทางโภชนาการ คิดเป็นร้อยละ 57

### ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย

พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ และคิดว่าจะซื้อคิดเป็นร้อยละ 100 โดยขนาดบรรจุที่ 150-180 กรัม (ปรุงได้ 3 จาน) คิดเป็นร้อยละ 79 และบรรจุที่เสนอแนะ คือ ถุงพลาสติกใสแต่ให้ความหนาแน่นมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 52 ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำเย็นผสมสมุนไพรอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่คุณค่าทางโภชนาการ คิดเป็นร้อยละ 73 และข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ผลการให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น กลิ่นรส ลักษณะปรากฏรวม และความพอใจโดยรวมในระดับความชอบปานกลาง (Table 2)

**Table 2** Sensory evaluation of vietnamese noodle dried from riceberry rice flour mixed with Pandan juice

Attributes	Result ( $\bar{X} \pm SD$ )	Scale
Color	7.22±0.67	Like moderately
Flavor	7.39±0.60	Like moderately
appearance	7.32±0.54	Like moderately
Overall liking	7.57±0.53	Like moderately

### สรุป

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำหนึบอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย ด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำหนึบอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย พบว่าหนึ่งหน่วยบริโภค (50 กรัม) ให้พลังงาน 171.35 กิโลแคลอรี โปรตีน 2.28 กรัม ไขมันทั้งหมด 0.47 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 39.49 กรัมใยอาหาร 0.60 กรัม เหล็ก 1.44 มิลลิกรัม ไม่พบโคเลสเตอรอล และแคลเซียม 25.47 มิลลิกรัม พฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำหนึบ ผู้ตอบแบบสอบถาม คือผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน ในเขตจังหวัดนครพนมชอบบริโภคผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำหนึบคิดเป็นร้อยละ 99 ประเภทก๋วยจั๊บน้ำหนึบ ร้อยละ 52 นิยมเส้นแห้ง ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำหนึบที่สุดคือ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 45 ส่วนใหญ่รับประทานในมือกลางวัน คิดเป็นร้อยละ 57 โดยรับประทานก๋วยจั๊บน้ำหนึบนอกบ้าน ตามร้าน คิดเป็นร้อยละ 57 และผู้บริโภคเคยซื้อก๋วยจั๊บน้ำหนึบ มาประกอบอาหารเอง 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 45 โดยมีแหล่งที่ซื้อคือ ห้างสรรพสินค้า คิดเป็นร้อยละ 45 ความคาดหวังในการรับประทานก๋วยจั๊บน้ำหนึบแต่ละครั้งผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณค่าทางโภชนาการ ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำหนึบอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ และคิดว่าจะซื้อคิดเป็นร้อยละ 100 โดยขนาดบรรจุที่ 150-180 กรัม (ปรุงได้ 3 งาน) คิดเป็นร้อยละ 79 และบรรจุที่เสนอแนะ คือ ถุงพลาสติกใสแต่ให้มีความหนามากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 52 ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำหนึบอบแห้งจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมน้ำใบเตย ได้แก่ คุณค่าทางโภชนาการ คิดเป็นร้อยละ 73 และผลการทดสอบการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ พบว่าคะแนนความชอบใน

ทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ และความพอใจโดยรวม อยู่ในระดับขอบปานกลาง ผู้บริโภคร้อยละ 100.0 ยอมรับผลิตภัณฑ์ คุณค่าทางโภชนาการ เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อ

### เอกสารอ้างอิง

- ศรีวรรสเด็ด. 2558. เมนูอร่อย อาหารเวียดนาม, บริษัทพิมพ์ดี จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. 2557. ข้าวต้านเบาหวาน อาหารที่คุณเลือกได้, วารสารอาหาร., เมษายน-มิถุนายน, 44(2): 15-18.
- จินดาพร คงเดช. 2551. การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและสารต้านอนุมูลอิสระจากพืช เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องสำอางค์, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นุชรินทร์ กาพเนตร, อรุวารรณ มุลสุรินทร์, นภมณี มงคลประเสริฐ, และ กิตติพร สุพรรณผิว. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยจั๊บน้ำจืดจากแป้งข้าวกล้องเสริมงาดำ, วารสารการเกษตรราชภัฏ, 8(2): 15-25.
- Nor, F.M., Mohamed, S., Idiris, N.A. and Ismail, R. 2008. Antioxidative properties of *Pandanus amaryllifolius* leaf extracts in accelerated oxidation and deep-frying studies. Food Chemistry, 110, 319–327.

---

สื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ  
Multimedia for Learning Enterprise for Goat Meat Entrepreneurs

วรกมล วัชรพิมลมิตร สายฝน ย้งนา ทวีศักดิ์ คงตุก\* และ บารมี โอสธีรกุล  
Worakamon Watcharapimonmit, Saifon Yungna, Thaweesak Khongtuk\*  
and Baramee Osateerakul

สาขาวิชาการบริหารสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
ศูนย์สุพรรณบุรี

Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of  
Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Campus

\* Corresponding author: dragonsuphan69@gmail.com

---

**บทคัดย่อ**

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาแผ่นพับสำหรับบริการความรู้ด้าน การเลี้ยงแพะเนื้อเพื่อให้ได้มาตรฐานตามกรมปศุสัตว์ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและผู้สนใจ ให้สามารถแสดงผลข้อมูลที่ปรับเปลี่ยนแบบสถานการณ์จริง (Real-time) ในรูปแบบของวิดีโอ รูปภาพ เสียงและ ข้อความ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงสื่อความรู้ ข้อมูลรายละเอียดที่ไม่ สามารถใส่ไว้ในเนื้อที่อันจำกัดของสื่อสิ่งพิมพ์นั้นๆ ผ่านทางสมาร์ตโฟน (Smart phone) ของ ตนเองได้ ซึ่งเป็นการประยุกต์นำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศบน Smart Phone มาใช้เพื่อ เชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเอกสารแผ่นพับ กับแหล่งจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติมใน อินเทอร์เน็ต ช่วยให้ผู้ที่สนใจทั่วไปได้เข้าถึงข้อมูล ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงแพะเนื้อเพื่อให้ได้ มาตรฐานตามกรมปศุสัตว์ที่ให้รายละเอียดมากกว่าภาพนิ่งและข้อความ ทำให้สะดวกใน การศึกษา และเกิดความน่าสนใจมากกว่า โดยการนำเอาเทคโนโลยี AR (Augmented Realities) ที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้ ผลการดำเนินงานพบว่า เครื่องมือดังกล่าวช่วยดึงดูดผู้ใช้ และส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงแพะเนื้อเพื่อให้ได้มาตรฐานกรมปศุสัตว์ได้เป็นอย่างดี โดย ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จำนวน 30 ท่าน ผลการประเมินประสิทธิภาพอยู่ใน ระดับดี ( $x = 4.20$ ) และได้รับการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งประกอบด้วยอาจารย์ผู้ชำนาญ จำนวน 3 ท่านอยู่ในระดับดี ( $x=4.16$ )

**คำสำคัญ:** วิสาหกิจชุมชน แพะเนื้อ เทคโนโลยีสารสนเทศ

---



## Abstract

The purpose of this study was to design and develop a brochure for the goat raising knowledge to standards of the department of livestock development. For community and community groups, real-time information can be displayed in the form of video, audio, and text, so that users can access the media. Detailed information that cannot be placed in the limited space of the printed media through their own smart phone, which is the application of information technology on the Smart Phone used to link information between brochures. More information on the Internet. Helps people who are interested in accessing information. Knowledge of goat meat raising to standards of the department of livestock gives more details than slides and text. Make it easy to study and more interesting by applying advanced AR (Augmented Realities) technology. According to the findings of the study, the performance was found, this tools help attract users and can be promote the knowledge of goat raising to get the standards of the department of livestock as well. The results of the evaluation of user satisfaction were good ( $x = 4.15$ ) and were evaluated by 3 IT experts at the level of good ( $x = 4.16$ ).

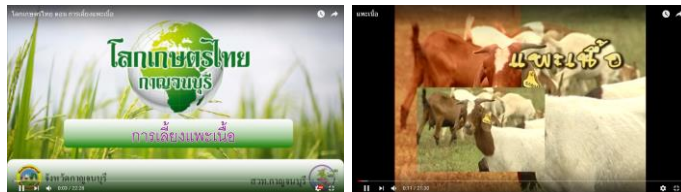
**Keywords:** Community enterprise, Goat meat, Information

## บทนำ

กระแสเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล (Digital Economy หรือ DE) เป็นกระแสที่กำลังมาแรงและเปลี่ยนแปลงโลก เนื่องจากเป็นกระแสแห่งการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น การแพทย์และสุขภาพ (Smart Health) การโฆษณาดิจิทัล (Digital Advertising) เงินดิจิทัล (Digital Money) การตลาดดิจิทัล (Digital Marketing) รวมถึงการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce) ประกอบกับการเติบโตของสื่อออนไลน์ที่เข้ามามีอิทธิพลในชีวิตประจำวัน ในระบบเศรษฐกิจปัจจุบัน จากกระแสเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัลที่กำลังมาแรงนั้น ได้กลายเป็น นโยบายเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัลของรัฐบาล ที่จะชี้นำทิศทางการพัฒนาให้แก่ หน่วยงานทั้งภาครัฐบาลและเอกชน เพื่อขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ยุคเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัลอย่างเต็มตัว “ประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0)” ซึ่งเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล เป็นระบบเศรษฐกิจและสังคมที่ใช้เทคโนโลยี

สารสนเทศและการสื่อสาร เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และสังคม อื่นๆ ที่ส่งผลต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคม และ การจ้างงานที่เพิ่มขึ้น (กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2559)

เนื่องจากการเลี้ยงแพะในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังเลี้ยงปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติ ลักษณะการเลี้ยงของเกษตรกรยังขาดการใช้หลักวิชาการ เพราะมักจะเข้าใจว่าแพะสามารถหากินได้เก่ง ถึงกับมีคำกล่าวที่ว่าแพะเป็นสัตว์ล้างโลกกินทุกอย่างที่ขวางหน้า หรือเปรียบแพะเป็นเทศบาลเก็บขยะข้างถนน เนื่องจากเห็นแพะเที่ยวหากินเศษพืชผัก เปลือกผลไม้ กระดาษ หรือแม้กระทั่งถุงพลาสติกตามตลาดสด ซึ่งความจริงแล้วแพะเป็นสัตว์ที่ ช่างเลือกกินถ้ามีพืชอาหารให้เลือกมันจะเลือกกินส่วนใบและยอดอ่อน แต่จะไม่กินส่วนก้าน หรือลำต้น ดังนั้นหากผู้เลี้ยงไม่เอาใจใส่ในการเลี้ยงให้ถูกต้อง ผลตอบแทนที่ได้จากแพะจะ น้อยลงเป็นเงาตามตัว เช่น สุขภาพทั่วไปไม่สมบูรณ์ ให้ลูกตัวเดียวแทนที่จะเกิดลูกแฝด อัตรา การตายของลูกระยะก่อนหย่านมสูง เป็นต้น



รูปที่ 1 การเลี้ยงแพะเนื้อ ในการโฆษณาประชาสัมพันธ์

จากบริบทด้านเนื้อหา การเลี้ยงแพะเนื้อ จังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการประยุกต์ใช้ สื่อ การตูนแอนิเมชันในภาพเสมือนจริง เพื่อนำเสนอข้อมูลการเลี้ยงแพะเนื้อให้ดูน่าสนใจนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการประยุกต์ใช้ความเป็นจริงเสริม (AR-Code) เพื่อสร้างต้นแบบการ นำเสนอข้อมูลการเลี้ยงแพะเนื้อ เช่น เป้าหมายในการเลี้ยงแพะ ช่วงการผสมพันธุ์ วิธีการ จัดการดูแลด้านอาหาร และสาเหตุการติดต่อโรค ในรูปแบบภาพ/ภาพเคลื่อนไหว (วีดีโอ) แบบสื่อการตูนแอนิเมชัน เพื่อเป็นการสร้างประสบการณ์ในการรับรู้ข้อมูลในรูปแบบใหม่ ให้กับผู้เลี้ยงและผู้ที่สนใจ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายที่เป็นคนรุ่นใหม่ ที่ชอบ และสนใจในความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี

### การทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในประเทศไทยส่วนใหญ่การเลี้ยงแพะยังเลี้ยงปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติ ลักษณะการเลี้ยงของเกษตรกรยังขาดการใช้หลักวิชาการ เพราะมักจะเข้าใจว่าแพะสามารถหากินได้เก่ง ถึงกับมีคำกล่าวที่ว่าแพะเป็นสัตว์ล้างโลกกินทุกอย่างที่ขวางหน้า เนื่องจากเห็นแพะเที่ยวหากินเศษพืชผัก เปลือกผลไม้ กระดาษ หรือแม้กระทั่งถุงพลาสติก ซึ่งความจริงแล้วแพะเป็นสัตว์ที่ช่างเลือกกินถ้ามีพืชอาหารให้เลือกมันจะเลือกกินส่วนใบและยอดอ่อน แต่จะไม่กินส่วนก้านหรือลำต้น ดังนั้นหากผู้เลี้ยงไม่เอาใจใส่ในการเลี้ยงให้ถูกต้อง ผลตอบแทนที่ได้จากแพะจะน้อยลง เช่น สุขภาพทั่วไปไม่สมบูรณ์ ให้ลูกตัวเดียวแทนที่จะเกิดลูกแฝด เป็นต้น

เป้าหมายในการเลี้ยงแพะ เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อปีให้สูงขึ้น มีดังนี้ (กองบำรุงพันธุ์สัตว์กรมปศุสัตว์, 2550)

1. ลดช่วงห่างการให้ลูกลงจาก 10-12 เดือน เป็น 7-8 เดือน โดยดูแลจัดการเรื่องการผสมพันธุ์ ให้พ่อแม่พันธุ์มีความสมบูรณ์

2. เพิ่มจำนวนลูกต่อครอกให้สูงขึ้น โดยคัดเลือกลูกแพะที่เกิดจากลูกแฝด ดูแลการให้อาหารพิเศษแก่แม่พันธุ์

3. ลดอัตราการตายของลูกแพะ โดยให้ความอบอุ่นลูกแพะและดูแลความสะอาด

Augmented Reality ได้ถูกนิยามขึ้นโดย Ronald T. Azuma (1997) ซึ่งเป็นผู้คิดค้น และทำงานกับAugmented Reality ว่าเป็น เทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกแห่งความจริง และโลกเสมือน (Real and Virtual Environment) ไว้ด้วยกัน โดยใช้วิธีซ้อนภาพ สองมิติ ที่อยู่ในโลกเสมือน ให้อยู่บนภาพที่เห็นจริง ต่อมาเมื่อนักวิจัยหลาย ๆ ท่านได้นำแนวคิดนี้ไปขยายและต่อยอดในการศึกษาวิจัย ในหลากหลายรูปแบบ เช่น ในด้านของการการศึกษา การผลิต การตลาด การท่องเที่ยว การแพทย์ การแสดง ความบันเทิง และวิศวกรรมโยธา เป็นต้น ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ Augmented Reality มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทย ได้ บัญญัติศัพท์ Augmented Reality ในพจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ ปรับปรุง 19 มิถุนายน 2544 เป็นภาษาไทยว่า “ความเป็นจริงเสริม” (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2544) ซึ่งการพัฒนาความเป็นจริงเสริมในปัจจุบัน

### วิธีการศึกษา

การศึกษาคำกร่อนแอนิเมชันนี้เป็นการพัฒนาให้เกิดประโยชน์แก่ผู้รับชมที่ต้องการจะศึกษาหาความรู้จากการรับชมการ์ตูน ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ คือ การ์ตูนแอนิเมชัน

สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม Adobe Flash CS6 และโปรแกรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องอีกมากมาย  
ขั้นตอนการดำเนินโครงการ มีดังนี้

### 1. ศึกษารายละเอียดและรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่วิสาหกิจชุมชน พบว่ามีกลุ่มสมาชิกทั้งหมด 10 คน โดยสมาชิก  
แต่ละคนมีจำนวนแพะประมาณ 10-30 ตัว จากการสอบถามสมาชิกมักเลี้ยงโดยปล่อยให้  
หากินเองตามธรรมชาติ และยังขาดความรู้ด้านการเลี้ยงที่ถูกต้อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษา  
ค้นคว้า เพื่อรวบรวมข้อมูลการเลี้ยงแพะให้ได้มาตรฐานปศุสัตว์ เพื่อจัดทำสื่อความรู้แก่กลุ่ม  
วิสาหกิจ



รูปที่ 2 ตัวอย่างสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ

### 2. การออกแบบ และจัดทำชิ้นงาน ด้วยโปรแกรม Adobe Flash CS6

เมื่อเรียบเรียงข้อมูลครบถ้วนแล้วจึงเริ่มจัดทำการ์ตูนเพื่อสร้างสื่อแอนิเมชันเพื่อการ  
เรียนรู้สำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ให้ได้ตามจุดประสงค์ของเนื้อหาที่วางไว้

### 3. การพัฒนา

ในส่วนนี้ แบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การพัฒนาสมาร์ทโปสเตอร์นี้พัฒนา  
ตามแนวคิด Augmented Reality ที่ต้องกำหนด Maker ที่จดจำเพื่อเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่  
ต้องการให้แสดงผลผ่านทางโทรศัพท์ ทั้งนี้ในส่วนของจุด Maker ใช้ Adobe Photoshop  
CS6 2) ส่วนของเนื้อหาสื่อแอนิเมชันเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ  
ใช้ซอฟต์แวร์ Adobe Flash Professional CS6

#### 4. การติดตั้ง (Implement)

ในส่วนของการติดตั้งนี้ได้นำผลการพัฒนาในขั้นตอนที่ 3 คือ โปสเตอร์และสื่อสื่อแอนิเมชันเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อมาเชื่อมโยงกันตามแนวคิด Augmented Reality ทั้งนี้ใช้บริการ aurasma จาก url (<https://studio.hpreveal.com>) โดยกำหนดการเผยแพร่ข้อมูลแบบสาธารณะ ผู้ใช้งาน สามารถ download แอปพลิเคชัน HP Reveal ได้ทั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ IOS และสื่อบันทึก account worakwiwa1996 เพื่อทำการ following ก็สามารถใช้งานได้ทันที

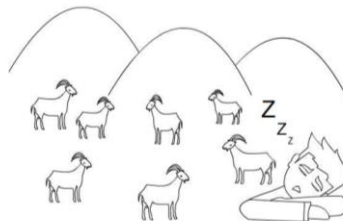
Subject	สื่อการตูนแอนิเมชัน	Multimedia File Name	
Title	การเลี้ยงแพะ	Sound	Happy.mp4
File Name: 3.swf	Page no: 60		
File In From	File out to	Image/ Animation	
59.jpg	60.jpg	VDO	8.mov

Subject	สื่อการตูนแอนิเมชัน	Multimedia File Name	
Title	การเลี้ยงแพะ	Sound	Happy.mp4
File Name: 3.swf	Page no: 67		
File In From	File out to	Image/ Animation	
66.jpg	67.jpg	VDO	8.mov



Screen Show Out:  
1. แสดงข้อความ "แพะเป็นสัตว์สร้างโลก" และภาพลูกโลก

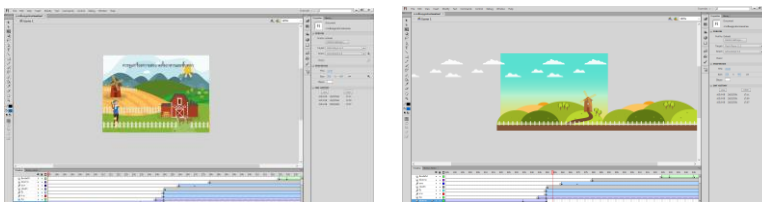
Narration Script:  
บรรยาย : ถึงกับมีคำกล่าวว่แพะเป็นสัตว์สร้างโลก กินหญ้าที่ไร่แห่งนี้



Screen Show Out:  
1. แสดงภาพแพะเลี้ยงในไร่และ

Narration Script:  
บรรยาย : คำนึงกัญชือไม่แกล้งได้ขูดค้อนที่ได้จากการเลี้ยงแพะจะผลิตผล

#### รูปที่ 3 ตัวอย่างการออกแบบ Story Board



#### รูปที่ 4 ตัวอย่างการจัดทำชิ้นงาน ด้วยโปรแกรม Adobe Flash CS6

## 5. ประเมินผล สรุปผล และวิเคราะห์ผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ในขั้นตอนนี้ได้นำสมาร์ทโพลสเตอร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความพึงพอใจ ทั้งนี้ประเมินจากผู้ใช้ 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิค ได้แก่ อาจารย์ประจำสาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 3 ท่าน ใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง อาจารย์ที่มีผลงานทางด้านมัลติมีเดีย และ 2) กลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ และบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คนใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ คือ แบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้สถิติเชิงพรรณนาค่าเฉลี่ย

### ผลการศึกษา

ในการดำเนินโครงการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริงเพื่อนำเสนอข้อมูลสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ จังหวัดสุพรรณบุรี ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการนำเสนอข้อมูลไว้ 2 ส่วนคือ

**ตารางที่ 1** แบบสอบถามความพึงพอใจด้านเนื้อหาสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ

ด้านการประเมิน	$\bar{x}$	ความหมาย
<b>ด้านเนื้อหา</b>		
1. ความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.15	ดี
2. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.00	ดี
3. การเรียบเรียงเนื้อหาที่เข้าใจง่าย	4.20	ดี
4. เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ	4.30	ดี
5. เนื้อหามีสาระและประโยชน์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในชีวิตประจำวัน	4.45	ดี
6. การเล่าเรื่องสามารถดึงดูดความสนใจได้	4.10	ดี
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>4.20</b>	<b>ดี</b>

จากการสรุปผลแบบประเมินการต้นแอนิเมชัน จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินการทำสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ด้านเนื้อหาโดย

ผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเท่ากับ 4.20 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความคิดเห็นแล้วการ์ตูนแอนิเมชัน มีด้านเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดี

**ตารางที่ 2** แบบสอบถามความพึงพอใจด้านนำเสนอสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับ  
 วิชาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ

<b>ด้านการนำเสนอ</b>		
1. มีความชัดเจนของภาพ หรือตัวอักษร	4.19	ดี
2. เสียงประกอบ มีความเหมาะสม	4.30	ดี
3. ตัวละคร มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.25	ดี
4. ความกลมกลืนของภาพรวมมีความเหมาะสม	3.92	ดี
5. การใช้ภาษาถูกต้องเหมาะสม	3.90	ดี
6. ความน่าสนใจและเทคนิคที่ใช้ในชิ้นงาน	4.30	ดี
7. การดำเนินเรื่องอย่างต่อเนื่องเหมาะสมกับเวลา	4.22	ดี
8. การจัดวางองค์ประกอบเหมาะสม	4.20	ดี
<b>เฉลี่ย</b>	<b>4.16</b>	<b>ดี</b>

จากการสรุปผลแบบประเมินการ์ตูนแอนิเมชัน จากตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินการทำสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิชาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ด้านการนำเสนอ โดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นเท่ากับ 4.16 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความคิดเห็นแล้วการ์ตูนแอนิเมชัน มีด้านเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดี

### สรุป

โครงการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับวิชาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ โดยการนำเอาเทคโนโลยี (Augmented Reality: AR-Code) ที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้ เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกแห่งความจริง และโลกเสมือนเข้าไว้ด้วยกัน โดยใช้วิธีซ้อนภาพ สองมิติหรือ ที่อยู่ในโลกเสมือนจริง ให้อยู่บนภาพที่เห็นจริง เพื่อนำเสนอข้อมูลการเลี้ยงแพะเนื้อ ประกอบไปด้วย การเลี้ยงและวิธีการดูแลแพะเนื้อ เช่น เป้าหมายในการเลี้ยงแพะ ช่วงการผสมพันธุ์ และสาเหตุการติดต่อโรค เพื่อนำเสนอข้อมูลให้กับผู้ที่เลี้ยง

หรือสนใจ หลังจากที่ได้ทดสอบระบบ โดยสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ พบว่าผู้  
มีความพึงพอใจในรูปแบบการนำเสนอข้อมูลสมัยใหม่ ซึ่งเป็นการช่วยนำเสนอข้อมูลให้กับ  
ผู้เลี้ยงแพะได้อย่างน่าสนใจ

### ข้อเสนอแนะ

ในการสร้างสื่อแอนิเมชันเพื่อการศึกษาเรื่อง สื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้สำหรับ  
วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ครั้งนี้ผู้พัฒนาได้พบข้อเสนอนี้ ดังนี้

1. ควรศึกษาและรวบรวมข้อมูลให้ครบถ้วนเพื่อที่จะได้นำข้อมูลมาจัดทำแอนิเมชันได้  
อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ควรคิดออกแบบและจินตนาการเนื้อหาให้ออกมาเป็นภาพก่อน เพื่อให้ง่ายต่อการ  
สร้างแอนิเมชัน
3. ควรพัฒนาเสียงพากย์ให้เหมาะสมกับเนื้อหา

### เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2559. เศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล (Digital  
Economy) [Online] เข้าถึงได้จาก: [http://www.mict.go.th/view/1/Digital  
Economy](http://www.mict.go.th/view/1/DigitalEconomy). ค้นเมื่อ [2561, มีนาคม 27]
- กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. 2550. การเลี้ยงแพะ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์  
การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- ชลพรรษ ดวงปัญญา. 2553. ทฤษฎีการเขียนสตอรี่บอร์ด. สืบค้นจาก:  
[www.pwschool.ac.th/files/1105031111143479\\_12112012120403.docx](http://www.pwschool.ac.th/files/1105031111143479_12112012120403.docx)  
(วันที่ค้นข้อมูล 15 มีนาคม 2561)
- รุ่งโรจน์ เพ็ชรกุล และมณีนุช สมานหนู. 2555. ตัดต่อวิดีโอง่ายๆ ด้วย Corel Video Studio  
ProX6. กรุงเทพมหานคร: ชิมพลิฟาย. (วันที่ค้นข้อมูล 22 มีนาคม 2561)
- สุภัทรวดี คำภูมิ. 2555. หลักการออกแบบตัวละครและฉาก. สืบค้นจาก:  
[http://www.inter.siam.edu/wp-content/uploads/2015/05/05\\_ch35.pdf](http://www.inter.siam.edu/wp-content/uploads/2015/05/05_ch35.pdf)  
(วันที่ค้นข้อมูล 15 มีนาคม 2561)
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2544. ศัพท์บัญญัติราชบัณฑิตยสถาน [Online] Available:  
<http://rirs3.royin.go.th/coinages/webcoinage.php> ค้นเมื่อ [2559, มกราคม 17]



- อภิวัฒน์ วงศ์กัณหา. 2557. โปรแกรม Adobe Flash CS6. สืบค้นจาก:  
<http://www.apivat.com/joomla/index.php>. (วันที่ค้นข้อมูล 17 มีนาคม 2561)
- Dartmouth College Library Research Guides. (2011). Augmented Reality: About AR.  
Available: <http://researchguides.dartmouth.edu/c.php?g=59732&p=382858>  
ค้นเมื่อ [2018, March 18].
- Jung, T., Chung, N. & Leue, M. 2015. The Determinants of Recommendations to  
Use Augmented Reality Technologies - The Case of a Korean Theme Park,  
Tourism Management. Vol. 49, pp. 75-86.
- MJ Anderson. 2015 . "Augmented or Virtual? How do you like your reality?".  
[Online] Available: <http://smartideasblog.trekk.com/augmented-or-virtual-how-do-you-like-yourreality>. ค้นเมื่อ [2018, March 27]
- Murat, A., Gokce, A., & Huseyin, M.P. 2016. Augmented reality in science  
laboratories: The effects of augmented reality on university students'  
laboratory skills and attitudes toward science laboratories. Computers in  
Human Behavior Volume 57, April 2016, Pages 334–342"
- Nissan augmented reality. 2010. Nissan augmented reality. [Online] Available:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Hv32V3EYaul> ค้นเมื่อ [2016, January 27]
- Ronald, T. A. 1997. A Survey of Augmented Reality. [Online] Available:  
<http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf> ค้นเมื่อ [2018, March 17].

## สมาร์ตโปสเตอร์ เรื่องเตือนภัยใกล้ตัว

### Smart Poster to Present Knowledge for Alert Around Your Daily Life

วัชรพันธ์ พันธุ์บุบผา สุขใจ ดวงตาเสื่อ ทวีศักดิ์ คงตุก\* และ อนูทิตา เล็กเพชร  
Watcharaphan Phanbhupha, Sukjai Daungtasua, Thaweesak Khongtuk\*  
and Anutita Lekpech

สาขาวิชาการระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
ศูนย์สุพรรณบุรี

Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of  
Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Campus

\* Corresponding author: dragonsuphan69@gmail.com

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโปสเตอร์สำหรับเตือนภัยใกล้ตัว สำหรับใช้เตือนภัยให้ประชาชนทั่วไปได้ตระหนักถึงภัยต่างๆ รอบตัว อาทิเช่น เตือนภัยเกี่ยวกับการใช้ตู้ ATM, เตือนภัยเกี่ยวกับการซื้อสินค้าออนไลน์ เป็นต้น เพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูล ในรูปแบบของวิดีโอ รูปภาพ เสียงและ ข้อความ โดยการใช้สมาร์ตโฟนส่งไปที่เนื้อหาในโปสเตอร์แล้วสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบมัลติมีเดียที่น่าสนใจ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนร่วมกับโปสเตอร์ ช่วยให้ผู้คนทั่วไปที่มีอุปกรณ์สมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) หรือระบบไอโอเอส (IOS) ได้เข้าถึงข้อมูลแหล่งความรู้ ที่มีรายละเอียดและความน่าสนใจมากกว่าภาพนิ่งที่ปรากฏในโปสเตอร์ปกติ ทำให้สามารถดึงดูดใจในความใคร่รู้ โดยการนำเอาเทคโนโลยี AR (Augmented Realities) ที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้ ผลการดำเนินงานพบว่า เครื่องมือดังกล่าวช่วยดึงดูดผู้ใช้ให้เรียนรู้และตระหนักถึงภัยต่างๆ ที่อยู่ใกล้ตัวเราในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จำนวน 30 ท่าน ผลการประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ( $x = 4.16$ ) และได้รับการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งประกอบด้วยอาจารย์ผู้ชำนาญ จำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับดี ( $x = 4.15$ )

**คำสำคัญ:** โปสเตอร์อัจฉริยะ เตือนภัยใกล้ตัว เทคโนโลยีความจริงเสมือน

## Abstract

The purpose of this study was to design and develop a poster for close warning. To alert the general public to be aware of the various hazards around, such as warning about the use of ATMs, alarms about online purchases, etc., to be able to display information. In the form of videos, images, sounds and text, using smartphones to navigate the content of the poster can be displayed in a compelling multimedia format. This is the application of virtual reality technology with poster. It allows people with smartphones (Androids or IOS) access to knowledge resources. The details and more interesting than the slide appear in the regular poster. It can be attractive in the know. By applying advanced AR (Augmented Realities) technology to apply. According to the findings of the study, the performance was found this tool helps attract users to learn and recognize the dangers. We are close to ourselves in daily life very well. The results of the evaluation of the satisfaction of the users were 30 ( $x = 4.16$ ). The evaluation was done by experts who consisted of 3 professors at good level ( $x = 4.15$ )

**Keywords:** Smart poster, Alert around your daily life, AR technology

## บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามาสอดแทรกและผสมผสานไปกับการใช้ชีวิตประจำวันจนเป็นเรื่องปกติและขาดกันไม่ได้ เห็นได้ชัดเจน จากรายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยปี 2560 พบว่าคนไทยใช้อินเทอร์เน็ตเพิ่มมากขึ้นเกือบทุกปี โดยในปี 2556 คนไทยใช้อินเทอร์เน็ตโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4 ชม. 36 นาทีต่อวัน ปี 2557 เพิ่มขึ้นเป็นใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 7 ชม. 12 นาทีต่อวัน ปี 2558 ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 6 ชม. 54 นาที ต่อวัน ปี 2559 ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 6 ชม. 24 นาทีต่อวัน และปี 2560 พบว่า ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตใช้เวลาไปกับการใช้อินเทอร์เน็ตในช่วงวันหยุดโดยเฉลี่ยต่อวันมากกว่าช่วงวันทำงาน/วันเรียนหนังสือเพียงเล็กน้อย โดยในวันทำงาน/วันเรียนหนังสือใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 6 ชม. 30 นาทีต่อวัน และวันหยุดใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 6 ชม. 48 นาทีต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี 2559 ที่พบว่าใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 6 ชั่วโมง 24 นาทีต่อวันเท่านั้น (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2560) ในขณะที่มีสัดส่วนในการใช้งานอินเทอร์เน็ตสูง แต่ยังคงขาดเรื่องความตระหนักถึงภัยจากอินเทอร์เน็ต ซึ่งผลการศึกษาพฤติกรรม

เสี่ยงบนโลกออนไลน์ของเด็กและเยาวชนที่พบว่าเยาวชนอายุระหว่าง 8-12 ปี ทั่วโลก มีร้อยละ 56 ที่มีความเสี่ยงจากโลกออนไลน์อย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ 1) เคยตกเป็นเหยื่อและ ถูกคุกคามออนไลน์ในปีที่ผ่านมา Cyber-bullying 2) เคย chat และออกไปพบคนแปลกหน้า ในโลกความจริง หรือ Offline Meeting 3) เสพติดการเล่นเกมออนไลน์ Video game addiction และ 4) เคยมีส่วนร่วมในพฤติกรรมทางเพศในโลกออนไลน์ Online sexual behavior สำหรับประเทศไทย พบว่าเยาวชนไทยมีความเสี่ยงต่อภัยคุกคามในโลกออนไลน์ ประมาณร้อยละ 60 ขณะที่ประเทศที่มีความเสี่ยงสูงที่สุดในโลก คือ ประเทศโอมาน เยาวชนมีความเสี่ยงร้อยละ 70 จึงเห็นได้ว่าเยาวชนไทยมีความเสี่ยงต่อภัยคุกคามบนโลกออนไลน์เกิด ค่าเฉลี่ยระดับโลก (Praornpit Katchwattana, 2561)

จากปัญหาดังกล่าว OECD จึงมีแนวคิดได้สร้างอัจฉริยภาพทางดิจิทัล (Digital Intelligence Quotient: DQ) ซึ่งเป็นการวัดระดับความฉลาดทางดิจิทัลของมนุษย์ ซึ่งเป็นทักษะที่ต้องบ่มเพาะให้เกิดขึ้นในเยาวชนไทย หรือทักษะการเป็นพลเมืองดิจิทัลที่มีทั้งหมด 8 ประการ ได้แก่ 1) รู้จักการบริหารตัวตนบนโลกออนไลน์และโลกความเป็นจริง 2) รู้จักการบริหารเวลาในการใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีในการเข้าสู่โลกไซเบอร์ 3) รู้จักรับมือเมื่อถูกกลั่นแกล้งบนโลกไซเบอร์ 4) รู้จักป้องกันตัวเองจากภัยบนโลกไซเบอร์ 5) มีน้ำใจ มีมารยาทกับผู้อื่นในโลกไซเบอร์ 6) มีวิจารณญาณในการเสพสื่อออนไลน์ 7) รู้จักบริหารจัดการหลักฐานทางดิจิทัล หรือคอมพิวเตอร์ และ 8) รู้จักบริหารจัดการข้อมูลส่วนตัว ทั้งนี้การที่จะพัฒนาให้เกิดทักษะเหล่านี้ได้นั้น สามารถดำเนินได้ 3 ลักษณะใหญ่ๆ ได้แก่ จัดทำเป็นหลักสูตร จัดทำเป็นสื่อการเรียนการสอน และงานวิจัย (Praornpit Katchwattana, 2561)

จากข้างต้นที่สามารถใช้สื่อการสอนเป็นเครื่องมือที่ทำให้เกิดทักษะการเรียนรู้ที่เป็นพลเมืองดิจิทัลได้นั้น ปัจจุบันเทคโนโลยี Augmented Reality เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้เข้าถึงเนื้อหาได้ง่ายและมีความน่าสนใจและสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์ตลอดเวลา ดังนั้น งานนี้จึงพัฒนาสมาร์ทโปสเตอร์ เรื่องเตือนภัยใกล้ตัวขึ้นเพื่อเป็นสื่อที่ทำให้เกิดทักษะการเป็นพลเมืองดิจิทัลได้

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาโปสเตอร์สำหรับการใช้สมาร์ทโฟนส่องไปที่เนื้อหาในโปสเตอร์แล้วสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบมัลติมีเดียที่น่าสนใจ
2. เพื่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนร่วมกับโปสเตอร์ ให้สามารถแสดงผลข้อมูล ในรูปแบบของวิดีโอ รูปภาพ เสียงและ ข้อความ

3. เพื่อให้สามารถดึงดูดใจในความใคร่รู้ โดยการนำเอาเทคโนโลยี AR (Augmented Realities) ที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Augmented Reality ได้ถูกนิยามขึ้นโดย Ronald T. Azuma (1997) ซึ่งเป็นผู้คิดค้น และทำงานกับ Augmented Reality ว่าเป็น เทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกแห่งความจริง และโลกเสมือน (Real and Virtual Environment) ไว้ด้วยกัน โดยใช้วิธีซ้อนภาพ สองมิติหรือสามมิติที่อยู่ในโลกเสมือน ให้อยู่บนภาพที่เห็นจริง ที่สามารถโต้ตอบได้ทันที (Interactive in Real Time) ต่อมา มีนักวิจัยหลายๆ ท่านได้นำแนวคิดนี้ไปขยายและต่อยอดในการศึกษาวิจัย ในหลากหลายรูปแบบ เช่น ในด้านของการการศึกษา การผลิต การตลาด การท่องเที่ยว การแพทย์ การทหาร การแสดง ความบันเทิง หุ่นยนต์ การวางผังเมือง และวิศวกรรมโยธา เป็นต้น ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ Augmented reality มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทยได้บัญญัติศัพท์ Augmented reality ในพจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ ปรับปรุง 19 มิถุนายน 2544 เป็นภาษาไทยว่าความเป็นจริงเสริม (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2544) ซึ่งการพัฒนาความเป็นจริงเสริม ในปัจจุบันสามารถจำแนกประเภทได้ 2 ประเภท คือ 1) ใช้สัญลักษณ์ (Marker-Based) เป็นสื่อ เช่น ภาพ 2 มิติ QR Code หรือ สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการอ้างอิงข้อมูลที่ต้องการอธิบายหรือแสดงผล และ 2) ไม่ใช้สัญลักษณ์ (Marker-less หรือ Location or Position based) การทำงานความเป็นจริงเสริมในรูปแบบนี้ ทำงานโดยใช้อุปกรณ์บางอย่าง เช่น อุปกรณ์ในการระบุตำแหน่ง (GPS) หรือเครื่องวัดความเร็ว เป็นต้น ซึ่งการทำงานในรูปแบบ ความเป็นจริงเสริม ทั้งสองรูปแบบ อาจมีข้อจำกัดอยู่บ้าง ยกตัวอย่างเช่น ทั้งสองรูปแบบต้องการใช้อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (4G) ในการการค้นหาข้อมูลในการแสดงผลจากฐานข้อมูลในเครื่องแม่ข่าย (Server) (Dartmouth College Library Research Guides., 2011)




รูปที่ 1 ตัวอย่างการใช้เทคโนโลยี AR

### วิธีการศึกษา

งานนี้ใช้วิธีการศึกษาตัวแบบ ADDIE ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา 5 ขั้นตอน สรุปรการศึกษาในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ดิจิทัลที่เสี่ยงอันตราย** จากการศึกษาจากข่าวสารต่างๆ และพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ดิจิทัลที่ไม่ระหนกถึงความปลอดภัย อาจจะนำมาซึ่งภัยต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ได้กำหนดพฤติกรรมที่มีความเสี่ยง 5 ประเภท ได้แก่ การซื้อของออนไลน์ การใช้โทรศัพท์ การใช้บัตรเครดิต การดูแลข้อมูล และการทำงานให้ปลอดภัยจากแฮกเกอร์

**ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ** แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก กล่าวคือ 1) การออกแบบสมาร์ทโปสเตอร์ที่เป็นช่องทางหรือเครื่องมือที่ทำให้เข้าถึงเนื้อหาได้เร็วขึ้น 2) สื่อพฤติกรรมดิจิทัลแบบปลอดภัย ดังรูปที่ 2

 <p><b>Smart Poster</b> เตือนภัยใกล้ตัว (ภัยดิจิทัล)</p> <p>1. ทรูสคูลออนไลน์ 2. มอโมล่าฟาร์มอีทีเอไอเอส 3. บัตรเครดิตออนไลน์ 4. 55 โอนเงินรายชื่อบุคคล 5. 55 โอนเงินวงเงินกด</p>	<table border="1"> <tr> <th>Subject</th> <td>อินโฟกราฟิกส่งเสริมความเตือนภัยใกล้ตัว (บทที่ 1-3)</td> <th colspan="2">Multimedia File Name</th> </tr> <tr> <th>Title</th> <td>3.เมื่อโอนแล้วผู้ขายหายตัวไม่รับโทรศัพท์ และปิดโทรศัพท์</td> <th rowspan="2">Sound</th> <td>s3.mp3</td> </tr> <tr> <th>File Name: 1.5.swf</th> <td>Page No : 6</td> <td>si.mp3</td> </tr> <tr> <th>File In From</th> <td>File Out To</td> <th rowspan="2">Image</th> <td></td> </tr> <tr> <td>1.4.swf</td> <td>1.6.swf</td> <td>VDO</td> </tr> </table>	Subject	อินโฟกราฟิกส่งเสริมความเตือนภัยใกล้ตัว (บทที่ 1-3)	Multimedia File Name		Title	3.เมื่อโอนแล้วผู้ขายหายตัวไม่รับโทรศัพท์ และปิดโทรศัพท์	Sound	s3.mp3	File Name: 1.5.swf	Page No : 6	si.mp3	File In From	File Out To	Image		1.4.swf	1.6.swf	VDO
	Subject	อินโฟกราฟิกส่งเสริมความเตือนภัยใกล้ตัว (บทที่ 1-3)	Multimedia File Name																
Title	3.เมื่อโอนแล้วผู้ขายหายตัวไม่รับโทรศัพท์ และปิดโทรศัพท์	Sound	s3.mp3																
File Name: 1.5.swf	Page No : 6		si.mp3																
File In From	File Out To	Image																	
1.4.swf	1.6.swf		VDO																
<p>สมาร์ทโปสเตอร์</p>	 <p>5. เมื่อโอนแล้วผู้ขายไม่รับโทรศัพท์ และปิดโทรศัพท์</p> <p>สื่อพฤติกรรมดิจิทัลแบบปลอดภัย</p>																		

รูปที่ 2 ตัวอย่างการออกแบบ Smart poster

**ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา** ในส่วนนี้ แบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การพัฒนาสมาร์ทโปสเตอร์นี้พัฒนาตามแนวคิด Augmented Reality ที่ต้องกำหนด Maker ที่จดจำเพื่อเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่ต้องการให้แสดงผลผ่านทางโทรศัพท์ ทั้งนี้ในส่วนของจุด Maker

ใช้ Adobe Photoshop cs 2) ส่วนของเนื้อหาพฤติกรรมดิจิทัลที่ปลอดภัย ใช้ซอฟต์แวร์  
Adobe Flash cs



รูปที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานสื่อมัลติมีเดีย

**ขั้นตอนที่ 4 การติดตั้ง (Implement)** ในส่วนของการติดตั้งนี้ได้นำผลการพัฒนาในขั้นตอน  
ที่ 3 คือ โปสเตอร์และสื่อพฤติกรรมดิจิทัลแบบปลอดภัยมาเชื่อมโยงกันตามแนวคิด  
Augmented Reality ทั้งนี้ใช้บริการ aurusma จากเว็บไซต์  
<https://studio.hpreveal.com> โดยกำหนดการเผยแพร่ข้อมูลแบบสาธารณะ ผู้ใช้งาน  
สามารถ download แอปพลิเคชัน HP Reveal ได้ทั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ IOS  
และสื่อบัน account: sukjai.daungtasua เพื่อทำการ following ก็สามารถใช้งานได้ทันที

**ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล (Evaluation)** ในขั้นตอนนี้ได้นำสมาร์ทโปสเตอร์ไปให้ผู้  
ประเมินความพึงพอใจ ทั้งนี้ประเมินจากผู้ใช้ 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิค  
ได้แก่ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจจำนวน 3 ท่าน ใช้  
วิธีการสุ่มแบบเจาะจงอาจารย์ที่มีผลงานทางด้านมัลติมีเดีย และ 2) กลุ่มผู้ใช้งานกำหนดขนาด  
ตัวอย่างจำนวน 30 คนใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความ  
พึงพอใจ คือ แบบประเมินความพึงพอใจวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้สถิติเชิงพรรณนาและหาค่าเฉลี่ย

### ผลการศึกษา

ผลการศึกษานี้พบว่าได้สมาร์ทโปสเตอร์ที่เป็นเครื่องมือช่วยดึงดูดผู้ใช้ให้เรียนรู้  
และตระหนักถึงภัยต่างๆ ที่อยู่ใกล้ตัวเราในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี และเรียนรู้พฤติกรรม  
ดิจิทัลที่ปลอดภัยควรทำอย่างไรบ้าง ในส่วนของผลการศึกษาความพึงพอใจ พบว่าผู้ใช้  
พึงพอใจโดยรวมในระดับมาก ( $x = 4.16$ ) ทั้งนี้ผลการศึกษารายด้านนำเสนอตามตารางที่ 1 - 4

**ตารางที่ 1** ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจภาพรวม (Functional Test)

รายการ	$\bar{X}$	SD	แปลงผล
1. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน (Functional Test)	4.11	0.42	มาก
2. ด้านประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Test)	4.13	0.44	มาก
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.24	0.29	มาก
รวม	4.16	0.23	มาก

จากตารางความพึงพอใจภาพรวม พบว่าผู้ใช้พึงพอใจทุกด้านในระดับมากและมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยมากกว่า 4 ในทุกด้าน ทั้งนี้ด้านความง่ายต่อการใช้งานมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุด 4.24

**ตารางที่ 2** ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน (Functional Test)

รายการ	$\bar{X}$	SD	แปลงผล
1. ความสามารถในการใช้มือถือสแกนภาพ	4.30	0.56	มาก
2. ความสามารถในการแสดงเนื้อหา	4.39	0.20	มาก
3. ความสามารถในการเปิดดูรูปภาพ	3.30	0.49	ปานกลาง
4. ความสามารถในการเข้าสู่เพื่อการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม	3.45	0.45	ปานกลาง
รวม	4.11	0.42	มาก

จากตารางความพึงพอใจด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน พบว่าผู้ใช้พึงพอใจในด้านนี้ในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.11) ทั้งนี้ผู้ใช้พึงพอใจความสามารถในการแสดงเนื้อหามีคะแนนความพึงพอใจมากที่สุด 4.39 และผู้ใช้พึงพอใจในความสามารถการเปิดดูรูปภาพมีความพึงพอใจต่ำที่สุด 3.30 อยู่ในระดับปานกลาง

**ตารางที่ 3** ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Test)

รายการ	$\bar{X}$	SD	แปลงผล
1. ความถูกต้องเมื่อเปิดแสดงข้อมูล	4.30	0	มาก
2. ส่งข้อความที่ง่ายต่อการสอบถามข้อมูล	3.70	0.64	ปานกลาง
3. ความเร็วในแสดงรูปภาพบนโทรศัพท์มือถือ	4.40	0.70	มาก
รวม	4.13	0.44	มาก



จากตารางความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Test) พบว่าผู้ใช้พึงพอใจในด้านนี้โดยรวมในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.13) ทั้งนี้ผู้ใช้พึงพอใจความเร็วในแสดงรูปภาพบนโทรศัพท์มือถือสูงสุด (คะแนนเฉลี่ย 4.40)

#### ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)

รายการ	$\bar{X}$	SD	แปลผล
1. ความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.24	0.70	มาก
2. ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตตัวอักษร	4.20	0.70	มาก
3. ความเหมาะสมในการเลือกใช้นิตตัวอักษรบนจอภาพ	3.60	0.50	ปานกลาง
4. ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษร	4.68	0.40	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมในการใช้รูปภาพประกอบเปรียบเทียบ	4.45	0.40	มาก
6. ความเหมาะสมในแสดงเนื้อหา	4.25	0.40	มาก
7. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ	4.30	0.40	มาก
รวม	4.24	0.29	มาก

จากตารางความพึงพอใจด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) พบว่าผู้ใช้พึงพอใจในด้านนี้โดยรวมในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.24) ทั้งนี้ผู้ใช้พึงพอใจความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรระดับมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 4.68)

#### วิจารณ์

งานนี้มีเป้าหมายหลักเพื่อพัฒนาสมาร์ตโปสเตอร์ที่สามารถเป็นช่องทางให้ข้อมูลที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Augmented reality ทำให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้สะดวกผ่านทางโทรศัพท์เปรียบเหมือนกับการนำข้อมูลที่มีประโยชน์มาให้พร้อมให้บริการมากขึ้น ทั้งนี้งานที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Augmented reality มักเป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาต่างๆ ในระดับชั้นแตกต่างกันไป ยังมีงานไม่มากนักที่ให้ข้อมูลที่ทุกคนควรรู้และตระหนักถึงความสำคัญและปัญหาที่อาจละเลยได้

ผลการศึกษานี้พบว่าสมาร์ตโปสเตอร์เป็นเครื่องมือที่ผู้ใช้พึงพอใจในระดับมากทั้งด้านฟังก์ชัน ด้านประสิทธิภาพการทำงาน และด้านความง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยประเภทผลผลิตสื่อตามแนวคิด Augmented reality ได้แก่ พรทิพย์ ปรีวาทิต และ

วิชัย นภาพงศ์ (2559) ที่ศึกษาผลของการใช้บทเรียน Augmented reality code เรื่องคำ ศัพท์ภาษาจีนพื้นฐานสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล ๒ วัดตานีนรสโมสร พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียน AR code เรื่องนี้ในระดับมากที่สุด และผู้เรียนสนใจในการเรียนรู้รูปแบบนี้เพราะมีสีสันภาพการ์ตูนที่น่ารัก ทำให้อยากเรียนมากขึ้น ทำให้การเรียนภาษาจีนไม่น่าเบื่อ มีความสนุกสนาน สามารถนำกลับไปทบทวนเองที่บ้านได้ เช่นเดียวกับ ญาณวุฒิ ไชโยโย และ วีรพันธ์ ศิริฤทธิ์ (2560) ที่ศึกษาการพัฒนาหนังสือความจริงเสมือนสามมิติเรื่องสมุนไพรจีนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะแพทยตะวันออก วิทยาลัยเชียงราย พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือความจริงเสมือนสามมิติเรื่องสมุนไพรจีนอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ชาตรี ชัยลอม และคณะ (ม.ป.ป.) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนาสื่อการสอนระบบเทคโนโลยี AR โดยการผลิตสื่อสามมิติระบบปฏิสัมพันธ์เรื่องหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยใช้เทคโนโลยี AR บนมือถือที่พบว่านักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศมีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนระบบเทคโนโลยี AR โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 (S.D.= 0.49) และ ครูวิทยาลัยเทคนิคแพร่มีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนระบบเทคโนโลยี AR โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 (S.D.= 0.79) จึงเห็นว่างานที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AR เป็นงานที่ส่งเสริมเพื่อให้ผู้ใช้ได้เข้าถึงเนื้อหาได้สะดวกขึ้นและขณะเดียวกับผู้ใช้ก็พึงพอใจกับเทคโนโลยีนี้

### สรุป

งานนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาสมาร์ตโปสเตอร์ที่สามารถเชื่อมโยงเข้าถึงสื่อมัลติมีเดียที่นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมดิจิทัลที่ใช้สมาร์ตโฟนส่งไปที่เนื้อหาบนโปสเตอร์แล้วสามารถแสดงผลที่โทรศัพท์ได้เลย ซึ่งงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนร่วมกับโปสเตอร์ช่วยให้ผู้คนทั่วไปที่มีอุปกรณ์สมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Androids) หรือระบบไอโอเอส (IOS) ได้เข้าถึงข้อมูลแห่งความรู้และจากการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้ พบว่าเครื่องมือดังกล่าวช่วยดึงดูดผู้ใช้ให้เรียนรู้และตระหนักถึงภัยต่างๆ ที่อยู่ใกล้ตัวเราในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 30 ท่าน ผลประเมินประสิทธิภาพในระดับดี ( $x = 4.16$ ) และได้รับการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งประกอบด้วยอาจารย์ผู้ชำนาญ จำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับดี ( $x = 4.15$ )

### เอกสารอ้างอิง

- คมกฤษ จิระบุตร และคณะ. การสร้างสื่อแผนที่ท่องเที่ยว โดยการใช้เทคโนโลยี Augmented Reality เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย. รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ (Proceedings) การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17.
- ชาตรี ชัยลอม และคณะ. การพัฒนาสื่อการสอนระบบเทคโนโลยี AR โดยการผลิตสื่อสามมิติ ระบบปฏิสัมพันธ์ เรื่องหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยใช้เทคโนโลยี AR บนมือถือ. <http://branch.phraetc.itbaseth.com/11/public/source/16/AR.pdf>
- ญาณวุฒิ ไชโย และ วีรพันธุ์ ศิริฤทธิ์. 2560. การพัฒนาหนังสือความจริงเสมือนสามมิติเรื่อง สมุนไพรจีนสำหรับนักศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะแพทยศาสตร์ วิทยาลัย เชียงราย. Veridian E-Journal, Silpakorn University ISSN 1906 - 3431 ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม - เมษายน 2560.
- นิตยา วงศ์ใหญ่. 2560. แนวทางการพัฒนาทักษะการรู้ดิจิทัลของดิจิทัลเนทีฟ. Veridian E-Journal, Silpakorn University. ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2560.
- พรทิพย์ ปรีวาทิต และ วิชัย นภาพงศ์. 2559. ผลของการใช้บทเรียน Augmented Reality Code เรื่องคำ ศัพท์ภาษาจีนพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล ๒ วัดตานีนรสโมสร. วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 27(1): 9-17.
- สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. 2560. รายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้ อินเทอร์เน็ต ในประเทศไทย ปี 2560. กรุงเทพฯ
- Praornpit Katchwattana. 2018. เปิดพฤติกรรมเสี่ยงโลกดิจิทัล อุปสรรคบนเส้นทางสร้าง “อัจฉริยะภาพดิจิทัล”. url: <https://www.salika.co/2018/02/08/meeting-the-challenges-of-digital-citizenship/>

---

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AR เพื่อนำเสนอสื่อความรู้และวินัยทางจราจร  
Application of AR Technology to Present Traffic Knowledge and Discipline

ธัญจิรา อยู่เกิด ศิริพร เจริญรัก ทวีศักดิ์ คงตุ๊ก\* และ วรณυχ จันทร์โอ

Thanjira Yookert, Siripon Charenrak, Thaweesak Khongtuk\* and Woranuch Chan-O

สาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ศูนย์สุพรรณบุรี

Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of  
Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Campus

\* Corresponding author: dragonsuphan69@gmail.com

---

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโปสเตอร์ส่งเสริมวินัยและความรู้ด้านจราจร ให้สามารถแสดงผลข้อมูลที่ปรับเปลี่ยนแบบสถานการณ์จริง (Real-time) ในรูปแบบของวิดีโอ รูปภาพ เสียงและข้อความ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงสื่อความรู้ ข้อมูลรายละเอียดที่ไม่สามารถใส่ไว้ในเนื้อที่อันจำกัดของสื่อสิ่งพิมพ์นั้นๆ ผ่านทางสมาร์ทโฟน (Smart phone) ของตนเองได้ ซึ่งเป็นการประยุกต์นำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศบนสมาร์ตโฟน มาใช้เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างโปสเตอร์หรือสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ กับแหล่งจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติมในอินเทอร์เน็ต ช่วยให้ประชาชนทั่วไปได้เข้าถึงข้อมูล ความรู้และวินัยด้านการจราจรที่ให้รายละเอียดมากกว่าภาพนิ่งและข้อความ ทำให้เกิดความใคร่รู้และความน่าสนใจมากกว่า โดยการนำเอาเทคโนโลยีเออาร์ (AR: Augmented Realities) และคิวอาร์โค้ด (QR code) ที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้ ผลการดำเนินงานพบว่าเครื่องมือดังกล่าวช่วยดึงดูดผู้ใช้ และส่งเสริมความรู้ด้านวินัยจราจรได้เป็นอย่างดี ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันโดยผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยอาจารย์ผู้ชำนาญด้านไอที และเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานที่ขนส่งรวมจำนวน 5 ท่าน อยู่ในระดับดี ( $x = 4.17$ ) และผลการประเมินความพึงพอใจภาพรวมของผู้ใช้งานจำนวน 30 ท่าน อยู่ในระดับดี ( $x = 4.38$ )

**คำสำคัญ:** เทคโนโลยีเสมือนจริง คิวอาร์โค้ด สมาร์ตโฟน

---

## Abstract

The purpose of this study was to design and develop posters promoting traffic discipline and knowledge. Real-time information can be displayed in the form of video, audio, and text, so that users can access the media. Detailed information cannot be placed in the limited space of the media through its own smart phone, which is the application of information technology on the Smart Phone used to link information between the poster or the printed media. More information on the Internet. Helps the public get access to information. Knowledge and disciplines that provide details over slides and text. It is more interesting and interesting, by applying advanced AR (Augmented Realities) and QR Code technology. According to the findings of the study, this tools help attract users to promote the knowledge of discipleship as well. The results of the evaluation of the satisfaction of the total of 30 users were very good ( $x = 4.38$ ) and evaluated by experts, including IT experts and transport workers 5 persons were at a good level ( $x = 4.17$ ).

**Keywords:** AR, QR code, Smartphone

## บทนำ

การใช้รถบนถนนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบันและผู้ใช้รถบางคนอาจยังไม่รู้เรื่องกับป้ายจราจร การใช้รถบนถนนมากพอจึงอาจจะก่อให้เกิดปัญหาการใช้รถบนถนนและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุบนถนนได้เครื่องหมายจราจรเป็นเรื่องที่ถือว่าใกล้ตัวเรามากที่สุดเรื่องหนึ่งก็ว่าได้ เพราะคนเราทุกวันนี้ต้องใช้รถใช้ถนนในการเดินทางไปไหนมาไหน ดังนั้นแล้ว การศึกษาเรื่องเครื่องหมายจราจรทางบก จึงเป็นเรื่องที่ควรจะทำไม่เพียงแต่เฉพาะผู้ที่ใช้รถเท่านั้นที่ควรรู้เรื่องเครื่องหมายจราจรแต่เป็นทุกคนที่ใช้ถนนร่วมกัน ควรจะเรียนรู้สัญญาณจราจรและเครื่องหมายจราจร (Traffic Sign) สัญลักษณ์ทางจราจรที่ใช้ในการควบคุมการจราจรมักเป็นสัญญาณแสงหรือป้าย มีจุดประสงค์เพื่อกำหนดหรือบังคับการเคลื่อนตัวของจราจร การจอด หรืออาจเป็นการเตือน หรือแนะนำทางจราจร เป็นต้น

ป้ายจราจรประเภทป้ายเตือนแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ ป้ายเตือนตามรูปแบบและลักษณะที่กำหนดป้ายเตือนที่แสดงด้วยข้อความ และ/หรือสัญลักษณ์ ป้ายเตือนในงานก่อสร้างต่างๆ มีทั้งหมด ดังนั้นหากผู้ที่ไม่รู้เรื่องเกี่ยวกับป้ายจราจรอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุด้านการใช้รถ

ใช้ถนนซึ่งทำลายชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน เกิดจากการขาดความรู้ด้านกฎจราจร การฝ่าฝืนกฎจราจรโดยเฉพาะขาดความรู้เรื่องป้ายจราจรที่สำคัญ เช่น ป้ายสัญญาณไฟ ป้ายหยุด ป้ายจำกัดความเร็ว ป้ายสามแยก ป้ายโรงเรียนระวังเด็ก ป้ายห้ามใช้เสียง ป้ายจำกัดน้ำหนัก เมื่อผู้ขับขี่เห็นป้ายเหล่านี้จะต้องปฏิบัติตามข้อบังคับตามที่ป้ายจราจรชนิดบังคับนี้แสดงไว้ เนื่องจากป้ายจราจรชนิด ป้ายบังคับนี้มีกฎกติกางานภายนอกอาคารจึงมีวัสดุพิเศษประเภท โลหะปลอดสนิม และวัสดุสะท้อนแสงเกรดวิศวกรรม

จากข้างต้นที่สามารถใช้สื่อการสอนเป็นเครื่องมือที่ทำให้เกิดทักษะการเรียนรู้ที่เป็นประชาชนในยุคดิจิทัล ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยี Augmented reality เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้เข้าถึงเนื้อหาได้ง่ายและมีความน่าสนใจ ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์แทบตลอดเวลา ดังนั้นงานนี้จึงพัฒนาสมาร์ตโปสเตอร์ขึ้นเพื่อส่งเสริมวินัยและให้ความรู้ด้านจราจรเพื่อเป็นสื่อที่ทำให้เกิดทักษะความรู้ เหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้คนในยุคนี้

### วิธีการศึกษา

งานนี้ใช้วิธีการศึกษาตัวแบบ ADDIE ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา 5 ขั้นตอน สรุปการศึกษาในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์สมาร์ตโฟน** จากการศึกษาจากข่าวสารต่างๆ การสังเกต และการรวบรวมข้อมูลจากสถานที่ต่างๆ ที่สำคัญได้แก่ ชนสงและแหล่งชุมชนต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี

**ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ** แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก กล่าวคือ 1) การออกแบบโปสเตอร์เกี่ยวกับสื่อความรู้และรณรงค์เรื่องวินัยจราจร และ 2) การออกแบบสมาร์ตโปสเตอร์ที่เป็นช่องทางหรือเครื่องมือที่ทำให้เข้าถึงเนื้อหาได้เร็วขึ้นผ่านเทคโนโลยีสมาร์ตโฟน และ AR

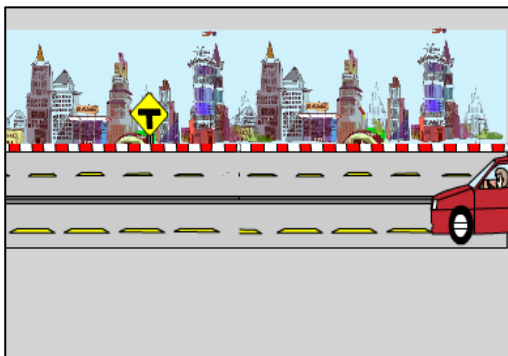
**ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา** โดยแบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การพัฒนาสมาร์ตโปสเตอร์นี้พัฒนาตามแนวคิด Augmented reality ที่ต้องกำหนด Marker ที่จดจำเพื่อเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่ต้องการให้แสดงผลผ่านทางโทรศัพท์ ทั้งนี้ในส่วนของจุด Marker ใช้ Adobe Photoshop และ Adobe Flash cs

**ขั้นตอนที่ 4 การติดตั้ง (Implement)** ในส่วนของการติดตั้งนี้ได้นำผลการพัฒนาในขั้นตอนที่ 3 คือ โปสเตอร์และสื่อพฤติกรรมดิจิทัลแบบปลอดภัยมาเชื่อมโยงกันตามแนวคิด Augmented reality ทั้งนี้ใช้บริการ aurasma จาก url: <https://studio.hpreveal.com> โดยกำหนดการเผยแพร่ข้อมูลแบบสาธารณะ

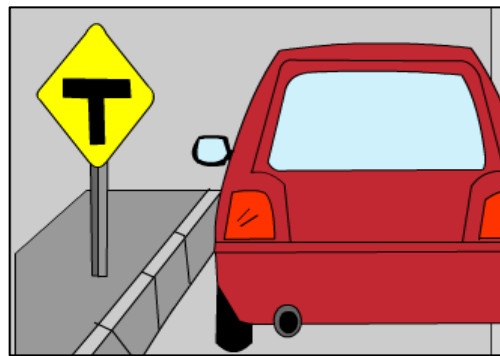
**ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล (Evaluation)** ในขั้นตอนนี้ได้นำสมาร์ทโปสเตอร์ไปให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจ ทั้งนี้ประเมินจากผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิค ได้แก่ อาจารย์ประจำสาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ และเจ้าหน้าที่ที่ทำงานที่ขนส่งรวมจำนวน 5 ท่าน ใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจงอาจารย์ที่มีผลงานทางด้านมัลติมีเดีย และ 2) กลุ่มผู้ใช้งานกำหนดขนาดตัวอย่างจำนวน 30 คนใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ คือ แบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้สถิติเชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ย

### ผลการศึกษา

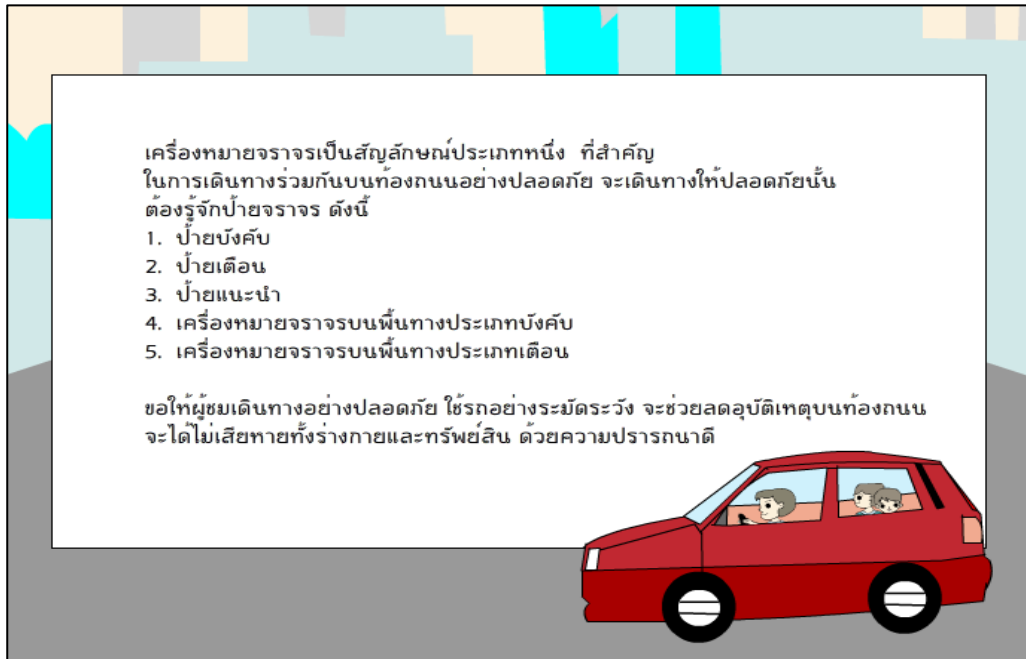
ผลการศึกษาการออกแบบและพัฒนาโปสเตอร์ส่งเสริมวินัยและความรู้ด้านจราจรพบว่าได้โปสเตอร์ในกระดาษและสื่อในสมาร์ทโฟนเป็นเครื่องมือช่วยดึงดูดผู้ใช้ให้เรียนรู้และตระหนักถึงการมีวินัยจราจรที่พบตามสถานที่ต่างๆ และการเดินทางในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 1 แสดงภาพรถไปเจอป้ายแรก



รูปที่ 2 แสดงภาพเจอป้ายสามแยก



รูปที่ 3 แสดงภาพบอกความหมายของป้ายทั้งหมด

ในส่วนของผลการศึกษาความพึงพอใจ พบว่าผู้ใช้พึงพอใจโดยรวมในระดับมาก ( $x = 4.17$ ) ทั้งนี้ผลการศึกษารายด้านนำเสนอตามตารางที่ 1 - 4

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจภาพรวม (Functional Test)

รายการ	$\bar{X}$	แปลงผล
1. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน (Functional Test)	4.12	มาก
2. ด้านประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Test)	4.14	มาก
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.25	มาก
รวม	4.17	มาก

จากตารางความพึงพอใจภาพรวม พบว่าผู้ใช้พึงพอใจทุกด้านในระดับมากและมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยมากกว่า 4 ในทุกด้าน ทั้งนี้ด้านความง่ายต่อการใช้งานมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุด 4.25



## ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจด้านการงานได้ตามฟังก์ชัน (Functional Test)

รายการ	$\bar{X}$	แปลงผล
1. ความสามารถในการใช้มือถือสแกนภาพ	4.38	มาก
2. ความสามารถในการแสดงเนื้อหา	4.43	มาก
3. ความสามารถในการเปิดดูรูปภาพ	4.32	มาก
4. ความสามารถในการเข้าสู่เพื่อการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม	4.39	มาก
รวม	4.38	มาก

จากตารางความพึงพอใจด้านการงานได้ตามฟังก์ชัน พบว่าผู้ใช้พึงพอใจในด้านนี้ในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.38) ทั้งนี้ผู้ใช้พึงพอใจความสามารถในการแสดงเนื้อหาที่มีคะแนนความพึงพอใจมากที่สุด 4.43 และผู้ใช้พึงพอใจในความสามารถการเปิดดูรูปภาพมีความพึงพอใจต่ำที่สุด 4.32 อยู่ในระดับมาก

### วิจารณ์

งานนี้มีเป้าหมายหลักเพื่อพัฒนาสมาร์ตปอสเตอร์ที่สามารถเป็นช่องทางให้ข้อมูลที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Augmented reality ทำให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้สะดวกผ่านทางสมาร์ตโฟน ทำให้มีความเพลิดเพลินและดึงดูดใจในการอยากศึกษาหาความรู้ ทั้งนี้งานที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Augmented reality มักเป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาต่างๆ ในระดับชั้นแตกต่างกันไป ยังมีงานไม่มากนักที่ให้ข้อมูลที่ทุกคนควรรู้เกี่ยวกับการใช้ชีวิตประจำวันที่ต้องเดินทางไปพบเจอปอสเตอร์ตามที่ต่างๆ ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าสมาร์ตปอสเตอร์เป็นเครื่องมือที่ผู้ใช้พึงพอใจในภาพรวมระดับมาก ทั้งด้านฟังก์ชันด้านประสิทธิภาพการทำงาน และด้านความง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยประเภทผลผลิตสื่อตามแนวคิด Augmented reality ในปัจจุบัน

### สรุป

งานนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาสมาร์ตปอสเตอร์ที่สามารถเชื่อมโยงเข้าถึงสื่อมัลติมีเดียที่นำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับความรู้และวินัยการจราจร โดยใช้สมาร์ตโฟนส่งไปที่เนื้อหาบนปอสเตอร์แล้วสามารถแสดงผลที่โทรศัพท์ได้เลย ซึ่งงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนร่วมกับปอสเตอร์ ช่วยให้ผู้คนทั่วไปที่มีอุปกรณ์สมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Androids) หรือระบบไอโอเอส (IOS) ได้เข้าถึงข้อมูลแห่งความรู้ และจากการ

ประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน พบว่าเครื่องมือดังกล่าวช่วยดึงดูดผู้ใช้ให้เรียนรู้และตระหนักถึงภัยต่างๆ ที่อยู่ใกล้ตัวเราในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี โดยผลการประเมินความพึงพอใจด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันโดยผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยอาจารย์ผู้ชำนาญด้านไอทีและเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานที่ขนส่งรวมจำนวน 5 ท่าน อยู่ในระดับดี ( $x = 4.17$ ) และผลการประเมินความพึงพอใจภาพรวมของผู้ใช้งานจำนวน 30 ท่าน อยู่ในระดับดี ( $x = 4.38$ )

### เอกสารอ้างอิง

- ชาตรี ชัยลอม และคณะ. การพัฒนาสื่อการสอนระบบเทคโนโลยี AR โดยการผลิตสื่อสามมิติระบบปฏิสัมพันธ์ เรื่อง หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้เทคโนโลยี AR บนมือถือ. <http://branch.phraetc.itbaseth.com/11/public/source/16/AR.pdf>
- ญาณวุฒิ ไชโย และ วีรพันธุ์ ศิริฤทธิ์. 2560. การพัฒนาหนังสือความจริงเสมือนสามมิติเรื่อง สมุนไพรจีน สำหรับนักศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะแพทยตะวันออก วิทยาลัย เชียงราย. Veridian E-Journal, Silpakorn University ISSN 1906 - 3431 ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – เมษายน 2560.
- พรทิพย์ ปรีวาทิต และ วิชัย นภาพงศ์. 2559. ผลของการใช้บทเรียน Augmented Reality Code เรื่องคำศัพท์ภาษาจีนพื้นฐานสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล ๒ วัดตานีนรสโมสร. วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 27(1): 9-17.

การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ  
กรณีศึกษา ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

Development of Information System for Goat Meat Community Enterprise  
Case study in Sri Prachan, Suphanburi

ธนวัฒน์ สว่างศรี จิรวัดน์ ดีเป้า ทวีศักดิ์ คงตุง\* และ ไกรสร สว่างศรี

Thanawat Sawangsri, Jirawat Deepao, Thaweesak Khongtuk\* and Kraisor Sawangsri  
สาขาวิชาการระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
ศูนย์สุพรรณบุรี

Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of  
Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Campus

\* Corresponding author: dragonsuphan69@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ มีที่มาจากการลงไปศึกษากลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี เกิดจากการรวบรวมความต้องการของกลุ่มสมาชิก ที่ต้องการให้มีระบบที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลประวัติของสมาชิก และประวัติแพะแต่ละตัวที่ทางกลุ่มได้เลี้ยง เพื่อให้ข้อมูลถูกรวบรวมที่เดียวกัน เพื่อให้สะดวกในการดูแลรักษา และป้องกันข้อมูลสูญหาย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังนี้ 1) ศึกษา วิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศวิสาหกิจชุมชน กลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ตามวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC: System development life cycle) 2) พัฒนาโปรแกรมเพื่อการบริหารงานวิสาหกิจชุมชนสำหรับกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี และ 3) สรุปและประเมินผลระบบสารสนเทศวิสาหกิจชุมชน กลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้รับความรู้ ความเข้าใจระบบงานในระบบงานที่ศึกษา และสามารถพัฒนาระบบได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จำนวน 10 ท่าน ผลการประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก ( $x = 4.36$ ) และได้รับการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับดี ( $x=4.16$ ) 2) ได้เครื่องมือสำหรับบริหารงานระบบสารสนเทศวิสาหกิจชุมชน กลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ช่วยให้ระบบงานมีประสิทธิภาพ ทำงานได้สะดวก รวดเร็ว สามารถออกรายงาน

ที่ต้องการได้อย่างถูกต้องสวยงาม และ 3) สามารถใช้เป็นต้นแบบในการปรับปรุงบริหารงาน  
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจที่ใกล้เคียงกันเช่น กลุ่มผู้เลี้ยงแพะอื่นๆ หรือกลุ่มผู้เลี้ยงวัว เป็นต้น  
**คำสำคัญ:** วิสาหกิจชุมชน แพะเนื้อ ระบบสารสนเทศ

### Abstract

Development of information system for goat meat community enterprise. The origin of goat meat in Suphanburi is the result of gathering the needs of the members. The system requires an electronic record of the member's records. And each goat's history for information to be collected at the same. To facilitate the maintenance. And prevent data loss. The purpose of this research are to 1) study, analyze and design enterprise information system for meat goats 2) Develop a program for community enterprise management for meat goats according to the system development life cycle (SDLC). 3) Summarize and evaluate the community enterprise information system for meat goats Sriprachan, Suphanburi.

According to the findings of the study, they can be concluded that 1) To get knowledge understanding the system. The results of the evaluation of the users' satisfaction were very good ( $x = 4.36$ ) and evaluated by 3 experts at a good level ( $x = 4.16$ ). 2) Tools for managing enterprise information systems for meat goats Sriprachan, Suphanburi helps system efficiency. It is easy to get the report right and, 3) Can be used as a model for the management of similar enterprises such as other goats farm or cows farm, etc.

**Keywords:** Community enterprise, Meat goats, Information system

### บทนำ

จากข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อ โดยคุณวรัตน์ บุญทองเนียม (2560) ศูนย์สารสนเทศและการสื่อสาร ข้อมูลจากกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แสดงให้เห็นว่ายอดรวมของแพะทั้งหมด 652,964 ตัว และมีผู้เลี้ยงถึง 51,851 ราย ซึ่งมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นกรมปศุสัตว์จึงได้ออกเผยแพร่ แนะนำ และสอนให้เกษตรกรได้บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับแพะ และผู้เลี้ยงแพะไว้เพื่อใช้ประโยชน์ ให้ได้มาตรฐานตามที่กรมปศุสัตว์กำหนด

การเลี้ยงแพะ-แกะกำลังได้รับความนิยม แต่ศาสตร์การเลี้ยงแพะ-แกะในประเทศไทยค่อนข้างมีจำกัด รวมทั้งนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญด้านนี้ยังมีน้อย อ.ดร.ปราโมทย์ พวงคำ (2547) จึงได้จัดทำคู่มือเอกสารสำหรับเลี้ยงแพะ-แกะขึ้นมา ซึ่งช่วยให้มองเห็นภาพรวมและลักษณะข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต้องจัดเก็บและใช้งานสำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการทำงานอย่างมาก สามารถเก็บข้อมูลที่สำคัญให้กับงานต่างๆ เช่น งานด้านการค้าขาย งานด้านการบริการ หรือแม้กระทั่งงานด้านเอกสาร ทั้งนี้เพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้งานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังทำให้ข้อมูลไม่สูญหาย

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ-นม อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ได้มีการรวมกลุ่มผู้ที่ทำการเลี้ยงแพะ ทั้งแพะเนื้อและแพะนมเป็นวิสาหกิจชุมชนขึ้นมา แต่ยังมีเก็บข้อมูลโดยใช้การจดบันทึกกันเองอยู่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาในการจัดเก็บและการสืบค้นข้อมูลที่ล่าช้า ทำให้การทำงานล่าช้าลงไปด้วย ทั้งนี้ถ้าหากได้ระบบสารสนเทศเข้าไปช่วยในการทำงาน จะทำให้การทำงานนั้นมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ทางกลุ่มผู้จัดทำเห็นปัญหาข้อนี้ จึงได้คิดทำระบบสารสนเทศสำหรับกลุ่มผู้เลี้ยงแพะขึ้นมา เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น ทั้งนี้ยังช่วยให้ข้อมูลไม่สูญหายอีกด้วย

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจและศึกษาปัญหาการเก็บข้อมูลของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงแพะ
2. เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบระบบและ การพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำไปใช้ในงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงแพะ
3. เพื่อทดสอบและประเมินผลการใช้งานระบบ

### วิธีการดำเนินงาน

#### 1. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.1 ผู้พัฒนาระบบได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ ว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนนั้นมีความรู้ด้านเทคโนโลยีมากน้อยเพียงใด รวมไปถึงศึกษาวิธีการจัดการข้อมูลของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนด้วย

1.2 ผู้พัฒนาระบบได้ทำการศึกษารายละเอียดและเก็บรวบรวมข้อมูลสำคัญของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงแพะ ทั้งข้อมูลของผู้เลี้ยง ข้อมูลแพะ ประวัติการรักษา และการซื้อขายแพะของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

1.3 ผู้พัฒนาระบบได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมา และออกแบบระบบการทำงาน โดยการออกแบบตารางข้อมูล พร้อมเชื่อมความสัมพันธ์ข้อมูลด้วย ER Diagram และวาดผังงานระบบการทำงานของโปรแกรมแต่ละส่วน

1.4 ทำการพัฒนาในระบบสารสนเทศในรูปแบบของโปรแกรม

1.5 ผู้พัฒนาระบบได้ทำการทดลองใช้โปรแกรม และนำไปเสนอต่อประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงแพะ อ.ศรีประจันต์ พร้อมทั้งนำข้อติชมมาปรับปรุงระบบสารสนเทศให้มีการทำงานที่สะดวกมากยิ่งขึ้น

## 2. เครื่องมือที่ใช้

2.1 โปรแกรมสำหรับทำสารสนเทศ Visual Studio 2012

2.2 โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล Microsoft Access 2012

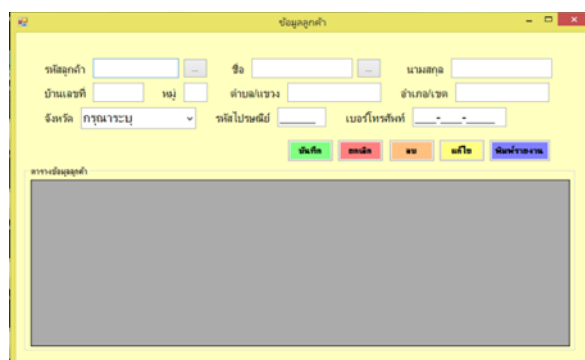
2.3 โปรแกรมเสริมสำหรับทำรายงาน Crystal Report

## 3. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงแพะ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

### ผลการดำเนินงาน

ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลระบบสารสนเทศสำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อเนื้อ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี



รูปที่ 1 หน้าจอแสดงโปรแกรมในส่วนของการจัดการข้อมูลลูกค้า



รูปที่ 2 หน้าจอแสดงโปรแกรม  
ในส่วนของการจัดการข้อมูลแพะ



รูปที่ 3 หน้าจอแสดงผลโปรแกรม  
ในส่วนของการจัดการข้อมูลเจ้าของแพะ

### วิจารณ์

ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้รับความรู้ ความเข้าใจระบบงานในระบบงานที่ศึกษา และสามารถพัฒนาระบบได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จำนวน 10 ท่าน ผลการประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก ( $x = 4.36$ ) และได้รับการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับดี ( $x=4.16$ ) 2) ได้เครื่องมือสำหรับบริหารงานระบบสารสนเทศวิชาหกิจชุมชน กลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ช่วยให้ระบบงานมีประสิทธิภาพ ทำงานได้สะดวก รวดเร็ว สามารถออกรายงานที่ต้องการได้อย่างถูกต้องสวยงาม และ 3) สามารถใช้เป็นต้นแบบในการปรับปรุงบริหารงานสำหรับกลุ่มวิสาหกิจที่ใกล้เคียงกันเช่น กลุ่มผู้เลี้ยงแพะอื่นๆ หรือกลุ่มผู้เลี้ยงสัตว์อื่นๆ

กลุ่มผู้เลี้ยงแพะ และประธานวิสาหกิจชุมชนมีความพึงพอใจ เนื่องจากระบบสารสนเทศนั้นใช้งานง่าย สามารถเข้าไปจัดการข้อมูลได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ช่วยลดระยะเวลาการทำงานลง อีกทั้งยังรักษาข้อมูลมิให้สูญหายได้อีกด้วย ส่งผลทำให้ระบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานได้โดยมีประสิทธิภาพ

### ข้อเสนอแนะ

1. การนำโปรแกรม ระบบสารสนเทศสำหรับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ไปใช้ ช่วยให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นฐานข้อมูลไว้ใช้งาน ทำให้รวดเร็วในการค้นหา แก้ไข และรายงานติดตามผล ทั้งกับสมาชิกผู้เลี้ยงแพะและแพะ

แต่ละตัว สำหรับการพัฒนาต่อยอดต่อไป ควรมีการจัดการข้อมูลของแพะชนิดอื่น เช่น แพะนม หรือแพะประกวด ฯ จัดการข้อมูลการซื้อขายนมแพะและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนมแพะ

2. การออกรายงานของระบบยังจำกัดอยู่คือ ผู้พัฒนาไม่ได้ออกแบบชื่อกลุ่มผู้เลี้ยงแพะไว้ในฐานข้อมูล ทำให้หวัตรายงานไม่สามารถเปลี่ยนได้ ดังนั้นการพัฒนาต่อไปเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานกับที่อื่นได้ ควรทำการออกแบบให้สามารถเปลี่ยนหวัตรายงานต่างๆ ได้ ไม่ควรเฉพาะเจาะจงเฉพาะกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผู้เลี้ยงแพะศรีประจันต์ เพียงทีเดียว

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณท่านประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้อ ต.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ที่ให้ข้อมูลสำคัญมาพัฒนาระบบ ทำให้การพัฒนาระบบงานมีคุณภาพ และสามารถนำไปใช้งานสำหรับบริหารแก่กลุ่มสมาชิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### เอกสารอ้างอิง

- ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน, M.d. Farm, (2559), การจัดการข้อมูลวิสาหกิจชุมชน, สุพรรณบุรี: เอกสารข้อมูลของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี.
- ปราโมทย์ แพงคำ, (2547), เอกสารประกอบการสอนวิชา 303 436 การผลิตแพะ-แกะ. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- วรัตน์ บุญทองเนียม, (2560), ข้อมูลผู้เลี้ยงสัตว์ระดับจังหวัด, สืบค้นจาก : [ict.dld.go.th/](http://ict.dld.go.th/) (วันที่สืบค้น 13 พฤษภาคม 2561)
- สรณัฐ เสาร์บาง, (2556), โปรแกรม Visual Studio 2012, สืบค้นจาก: <https://www.youtube.com/watch?v=17c2yI7xHLc> (วันที่สืบค้น 13 มีนาคม 2561)
- Bizcom, ( 2553), หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบ, สืบค้นจาก: <https://www.gotoknow.org/posts/378954> (วันที่สืบค้น 13 มีนาคม 2561)



คุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัล  
ที่รวมผลกระทบของราโดม

Radiation Properties of DTV Transmitting Antenna  
Taken into Account Radome Effect

บัญชา เหลือแดง<sup>1\*</sup> สิทธิชัย เด่นตรี<sup>2</sup> และ ชวงค์ พงศ์เจริญพาณิชย์<sup>3</sup>

Bancha Luadang<sup>1\*</sup> Sitthichai Dentri<sup>2</sup> and Chuwong Phongcharoenpanich<sup>3</sup>

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin.

<sup>2</sup>วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

<sup>2</sup>College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

<sup>3</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>3</sup>Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok.

\*Corresponding author: bancha.lua@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของราโดมที่มีผลกระทบสายอากาศ เพื่อให้ได้สายอากาศที่มีคุณสมบัติที่ดี งานวิจัยที่นำเสนอจะออกแบบ วิเคราะห์ราโดมเพื่อใช้กับสายอากาศแถวลำดับสำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล จากการศึกษาพบว่าคุณสมบัติของวัสดุและรูปร่างของราโดมที่นำมาออกแบบจะมีผลโดยตรงต่อคุณลักษณะการแผ่พลังงานและอัตราขยายของสายอากาศ ในงานวิจัยนี้สายอากาศที่นำเสนอมีการแผ่พลังงาน  $\geq 90\%$  ครอบคลุมความถี่ตั้งแต่ 470 ถึง 862 MHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่สำหรับโทรทัศน์ระบบดิจิทัล โดยที่ไม่มีผลต่อช่วงกว้างความถี่ของสายอากาศ ซึ่งอัตราขยายต่ำสุดและสูงสุดของสายอากาศที่มีราโดม มีค่าอยู่ที่ 12.81 และ 16.18 dBi ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** สายอากาศสถานีฐาน สายอากาศโทรทัศน์ดิจิทัล ราโดมแบบบาง สายอากาศแถบความถี่กว้าง

Abstract

This research presents the electromagnetic properties of radome with antenna effect in order to achieve the optimum designed. The proposed

antenna contributes the design and analysis of radome characteristic to use with the antenna array of digital television (DTV). According to the study, it was found that the material properties and shapes of the radomes were directly influenced by the radiated power and the antenna gain. The proposed antenna has a radiated power of  $\geq 90\%$ , covering frequencies from 470 to 862 MHz for digital television operation with no any affect to the impedance bandwidth. The antenna produces the minimum and maximum gains with radome were 12.81 and 16.18 dBi, respectively.

**Keywords:** Base station antenna, DTV antenna, Electrically thin radome, wideband antenna

### บทนำ

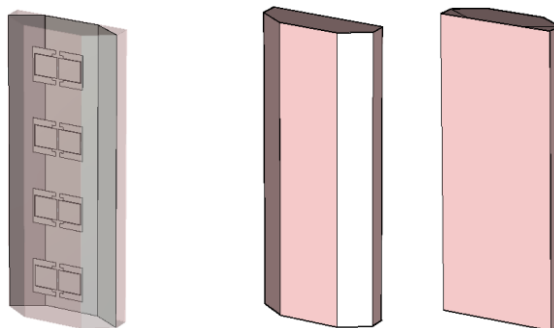
การใช้งานสำหรับสายอากาศที่จะนำไปติดตั้งนอกอาคารหรือกลางแจ้งจำเป็นต้องได้รับการป้องกันความเสียหายของสายอากาศจากสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงได้พิจารณาฝากรอบสำหรับสายอากาศหรือราโดมที่เหมาะสม ราโดม (Radar dome: Radome) หรือฝากรอบ วัตถุประสงค์หลักของราโดม คือป้องกันสายอากาศเพื่อไม่ให้ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ อันได้แก่ ลม ฝุ่น ฝน ลูกเห็บ หิมะ รังสีอัลตราไวโอเล็ต ความผันผวนของอากาศ ตลอดจนสัตว์ปีกหรือแมลง ซึ่งส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อสายอากาศได้ นอกจากนี้ราโดมยังได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีความคุ้มค่า เมื่อพิจารณาเรื่องค่าใช้จ่ายเทียบกับอายุการใช้งาน เนื่องจากสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของระบบให้น้อยลงได้ ดังนั้นการเลือกราโดมที่เหมาะสม จึงช่วยปรับปรุงระบบโดยรวมให้มีประสิทธิภาพได้ [1-2] โดยส่วนใหญ่ราโดมที่ใช้กันจะมีโครงสร้างผนังที่แข็งแรง ซึ่งราโดมเหล่านี้ ได้แก่ ราโดมที่มีขนาดทางไฟฟ้าแบบบาง (Electrically thin:  $<0.1\lambda$ ) หรือแบบชั้นเดียว (Single layer) แบบครึ่งคลื่น (Half-wave) แบบเอ-แซนวิช (A-Sandwich) แบบบี-แซนวิช (B-Sandwich) แบบซี-แซนวิช (C-Sandwich) และแบบอื่นๆ สำหรับการใช้งานราโดมขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและความถี่ปฏิบัติการของการใช้งานนั้นๆ [3]

### วิธีการศึกษา

ในวิจัยนี้พัฒนามาจาก [4] ใช้การจำลองด้วยราโดมที่มีขนาดทางไฟฟ้าแบบบางหรือแบบชั้นเดียว โดยเลือกใช้วัสดุ ABS ซึ่งอ้างอิงจากเอกสาร [5] ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

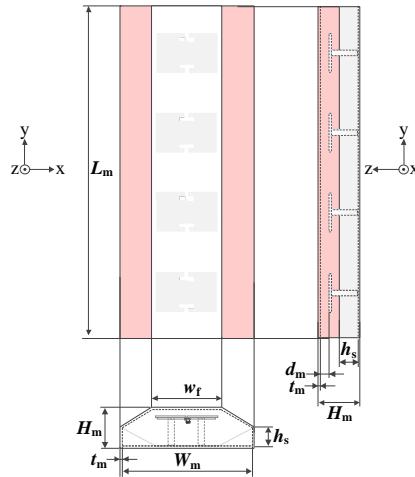
$\epsilon_r = 2.7$  ในความถี่ย่าน 100–1000 MHz [6] โครงสร้างของราโดมดังรูปที่ 1 จากรูปที่ 1 โครงสร้างราโดมของสายอากาศแถวลำดับที่นำเสนอ มีลักษณะครอบคลุมโครงสร้างสายอากาศ ซึ่งบริเวณตรงกลางด้านหน้ามีลักษณะแบนเรียบและมีมุมลาดเอียงบริเวณขอบทั้ง 2 ข้าง เพื่อลดแรงปะทะจากแรงลม ในขณะที่พื้นด้านหลังราโดมเป็นแบบแบนเรียบตลอดแนว โดยจำลองกำลังงานที่แผ่กระจาย (Radiated power) ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน MIL-R-7705B สำหรับราโดมชนิดบรอดแบนด์ (Type V: Broadband radomes) กำหนดให้ผลของกำลังงานส่งที่แผ่กระจายออกไป  $\geq 70\%$  และกำลังงานส่งเฉลี่ย  $\geq 80\%$  [3] แต่สำหรับในวิทยานิพนธ์กำหนดให้ผลกำลังงานส่งที่แผ่กระจาย  $\geq 90\%$  นอกจากนี้ยังได้นำผลจำลองอัตราขยายที่ได้มาประกอบการพิจารณาความหนาระาโดม ( $t_m$ ) และระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงาน ( $d_m$ ) ที่เหมาะสม ตามลำดับ

จากรูปที่ 1 โครงสร้างราโดมของสายอากาศแถวลำดับที่นำเสนอ มีลักษณะครอบคลุมโครงสร้างสายอากาศ ซึ่งบริเวณตรงกลางด้านหน้ามีลักษณะแบนเรียบและมีมุมลาดเอียงบริเวณขอบทั้ง 2 ข้าง เพื่อลดแรงปะทะจากแรงลม ในขณะที่พื้นด้านหลังราโดมเป็นแบบแบนเรียบตลอดแนว โดยจำลองกำลังงานที่แผ่กระจาย (Radiated power) ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน MIL-R-7705B สำหรับราโดมชนิดบรอดแบนด์ (Type V: Broadband radomes) นอกจากนี้ยังได้นำผลจำลองอัตราขยายที่ได้มาประกอบการพิจารณาความหนาระาโดม ( $t_m$ ) และระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงาน ( $d_m$ ) ที่เหมาะสม ตามลำดับ



(ก) การจัดวางสายอากาศภายในราโดม

(ข) โครงสร้างด้านหน้าและด้านหลังราโดม



(ค) โครงสร้างราโดม

รูปที่ 1 โครงสร้างราโดมสำหรับสายอากาศแฉวลำดับที่นำเสนอ

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### ความหนาของราโดม ( $t_m$ )

ความยาวคลื่นในวัสดุราโดม ( $\lambda_m$ ) มีความสำคัญ ซึ่งความยาวคลื่นในวัสดุจะสั้นกว่าความยาวคลื่นในอากาศว่างเสมอ โดยขึ้นอยู่กับค่า Relative permittivity  $\epsilon_r$  (หรือที่เรียกว่าค่าคงที่ไดอิเล็กตริก) และความหนาวัสดุราโดมแบบบางที่มีขนาดทางไฟฟ้า  $< 5\% \lambda_m$  หรือ  $0.05 \lambda_m$  ซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพในการแผ่คลื่นที่ดี ดังนั้นจะได้

$$\lambda_0 = \frac{c_0}{f_H} = \frac{3 \times 10^8}{862 \times 10^6} = 348 \text{mm}$$

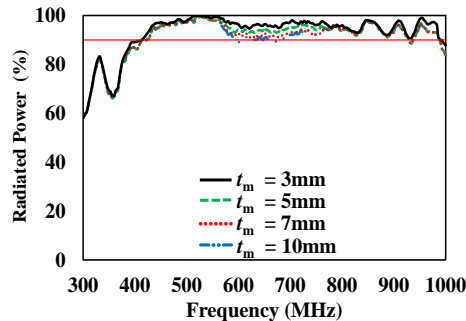
$$\lambda_m = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{348}{\sqrt{2.7}} = 211.8 \text{mm}$$

เมื่อ  $\lambda_m$  = ความยาวคลื่นในวัสดุ

$$\frac{0.05\lambda_m}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{17.4}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$t_m < \frac{17.4}{\sqrt{2.7}}$$

ดังนั้นขนาดความหนาหาราโดม  $t_m < 10.6$  mm จากการคำนวณขนาดความหนาหาราโดมที่ใช้ ต้องมีขนาด  $< 10.6$ mm ซึ่งการกำหนดให้ราโดมมีความบางจนเกินไป ก็จะส่งผลให้ราโดมมีความแข็งแรงน้อยลง หากราโดมมีความหนาเกินไปก็จะส่งผลให้ราโดมมีน้ำหนักมากขึ้นและต้นทุนสูงขึ้น ดังนั้นในการจำลองกำลังงานที่แผ่กระจายและอัตราขยาย จึงได้กำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของขนาดราโดม ดังนี้  $L_m=1286$ mm,  $W_m=510$ mm,  $W_f=270$ mm,  $h_s=78$ mm,  $d_m=174$ mm ( $d_m < \lambda_H/2$ ) เมื่อ  $\lambda_H$  คือความยาวคลื่นในอากาศว่างที่ความถี่ปฏิบัติการด้านความถี่สูง เพื่อหาขนาดความหนาของราโดมที่เหมาะสม โดยกำหนด  $t_m=3, 5, 7$  และ  $10$ mm ตามลำดับ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลจำลองกำลังงานที่แผ่กระจาย เมื่อราโดมมีขนาดความหนาต่างกัน ( $t_m$ )

จากรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาผลของกำลังงานที่แผ่กระจายและอัตราขยาย พบว่าเมื่อความหนาหาราโดมมากขึ้น ส่งผลให้กำลังงานที่แผ่กระจายลดลง ในช่วงความถี่ย่าน 550–770MHz ในขณะที่อัตราขยายมีค่าลดลง ที่แถบความถี่ด้านสูงของความถี่ปฏิบัติการ ดังนั้นจึงได้เลือกความหนาหาราโดม  $t_m=3$ mm ซึ่งมีค่ากำลังงานที่แผ่กระจาย  $\geq 90\%$  เมื่อเปรียบเทียบกับ  $t_m=5, 7$  และ  $10$ mm และด้วยเหตุผลทางด้านน้ำหนักโดยรวมของสายอากาศ ตลอดจนความแข็งแรงซึ่งเพียงพอป้องกันความเสียหายของสายอากาศได้หลังจาก

เมื่อได้ความหนาของราโดมที่เหมาะสมแล้ว จากนั้นเป็นการหาระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงาน ( $d_m$ ) ที่เหมาะสม ดังหัวข้อถัดไป

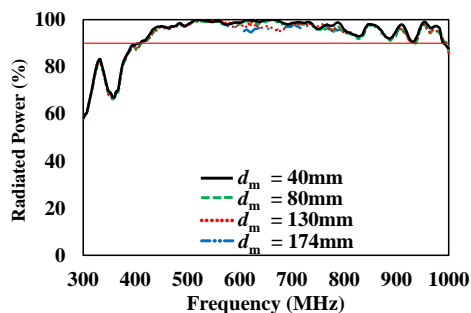
### ระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงาน ( $d_m$ )

ระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงานหรือระยะ  $d_m$  ที่เหมาะสม ซึ่งหมายถึงระยะที่มีการสะท้อนกลับที่เกิดจากราโดมน้อยที่สุด นั่นคือระยะที่คลื่นสะท้อนกลับมีเฟสตรงกัน (In phase) กับคลื่นส่ง จึงกำหนดให้ระยะ  $d_m < \frac{\lambda_0}{2}$  จะได้

$$\frac{\lambda_0}{2} = \frac{348}{2} = 174\text{mm}$$

เมื่อ  $\lambda_0$  = ความยาวคลื่นในอากาศว่างที่ความถี่ด้านสูงของความถี่ปฏิบัติการ 862 MHz

ดังนั้นระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงาน  $d_m < 174\text{mm}$  สำหรับการจำลองผลกำลังงานที่แผ่กระจายและอัตราขยาย ได้กำหนดระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงาน  $d_m = 40, 80, 130$  และ  $174$  mm ตามลำดับ ดังรูปที่ 3



### รูปที่ 3 ผลจำลองกำลังงานที่แผ่กระจาย เมื่อราโดมมีระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงาน ต่างกัน ( $d_m$ )

จากรูปที่ 3 พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างราโดมกับตัวแผ่พลังงานมากขึ้น ส่งผลให้กำลังงานที่แผ่กระจายลดลง ในช่วงความถี่ 560–800 MHz ในขณะที่ระยะห่างระหว่างราโดมและตัวแผ่พลังงาน  $d_m = 40$  mm มีกำลังงานที่แผ่กระจายค่อนข้างคงที่ ในช่วงความถี่ 500–670 MHz และสามารถส่งกำลังได้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ  $d_m = 80, 130$  และ  $174$  mm ดังนั้นจึงได้เลือก  $d_m = 40$  mm ซึ่งมีระยะห่างเพียงพอป้องกันความเสียหายของสายอากาศได้ และขนาดความสูงของราโดมไม่มากจนเกินไป

## สรุป

งานวิจัยที่นำเสนอจะออกแบบ วิเคราะห์เสาอากาศเพื่อใช้กับสายอากาศแถวลำดับสำหรับ โทรศัพท์ระบบดิจิตอล จากการศึกษาพบว่าคุณสมบัติของวัสดุและรูปร่างของเสาอากาศที่นำมา ออกแบบจะมีผลโดยตรงต่อคุณลักษณะการแผ่พลังงานและอัตราขยายของสายอากาศ สายอากาศที่ได้รับการออกแบบเสาอากาศอย่างเหมาะสม จะให้ประสิทธิภาพการแผ่พลังงานที่ดีที่สุด และเสาอากาศยังปกป้องสายอากาศจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจะยืดอายุการใช้งานของ สายอากาศและส่วนประกอบอื่นๆทั้งหมด ในงานวิจัยนี้เสาอากาศที่นำเสนอมีการแผ่พลังงาน อยู่ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 90% ครอบคลุมความถี่ตั้งแต่ 470 ถึง 862 MHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ สำหรับโทรศัพท์ระบบดิจิตอล โดยที่ไม่มีผลต่อช่วงกว้างความถี่ของสายอากาศ ซึ่งอัตราขยาย ต่ำสุดและสูงสุดของสายอากาศที่มีเสาอากาศ มีค่าอยู่ที่ 12.81 และ 16.18 dBi ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำไปใช้ในการพัฒนาสายอากาศสำหรับโทรศัพท์ดิจิตอลต่อไปในอนาคต

## เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.radomeservices.com/what-is-a-radome/>
- [2] <http://rfandwireless.com/antennas/radomes/>
- [3] U.S. Department of Defense. "MIL-R-7705B: General specification for radomes," U.S. Government Printing Office, Jan. 1975.
- [4] P. Osklang and C. Phongcharoenpanich, "Broadband Planar Dipole Array Antenna with Double C-Shaped Slit Elements for Digital TV Broadcasting Transmission", *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, Vol. 26, No. 5, 2016, pp.466-478
- [5] RFbeam Microwave GmbH. "Application note AN-03," [Online]. Available:<http://www.rfbeam.ch/fileadmin/downloads/appnotes/AN-03-Radome.pdf>. Sep. 2015.
- [6] D. V. Rosato, N. R. Schott, and M. G. Rosato. *Plastics engineering manufacturing and data handbook*/Plastics Institute of America. 2001 ed., Boston: Kluwer Academic Publishers. 2001

---

## การรวบรวมมรดกภูมิปัญญาและแนวทางการอนุรักษ์การต่อเรือพื้นบ้านสุพรรณบุรี Data Acquisition on Intellectual Heritage and Conservative Guideline of Ship Construction in Suphanburi Province

วัชร เพ็ชรวงษ์\* จันทรเพ็ญ วรรณารักษ์ และ เบ็ญจมาศ นาควงษ์

Watcharee Phetwong\*, Junphen Wannarak and Benjamas Nakwong

คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี  
Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of  
Technology Suvarnabhumi, Suphanburi Campus

\*Corresponding author: phetwong.watcharee@gmail.com

---

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมภูมิปัญญาเรือพื้นบ้านไทยและเสนอแนะแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาช่างต่อเรือพื้นบ้านไทย ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ทั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูล 2 กลุ่ม คือ 1) ช่างต่อเรือพื้นบ้านสุพรรณบุรี 4 ราย ใช้วิธีการสัมภาษณ์อย่างแบบ snow ball และใช้วิธีสัมภาษณ์ช่างต่อเรือเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล แบบ สัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเป็นเครื่องมือทั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย 2) กลุ่มชุมชน 4 ชุมชน เลือก ชุมชนใช้วิธีแบบเจาะจง โดยประชุมแบบมีส่วนร่วมกับชุมชน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์แบบอุปนัย ผลการศึกษาพบว่า 1) ภูมิปัญญาการต่อเรือพื้นบ้านที่พบเป็นขั้นตอนการต่อเรือซึ่งแบ่งการต่อเรือออกเป็น 4 ระยะหลัก ได้แก่ ระยะที่ 1 การต่อโครงเรือ ด้านล่าง ระยะที่ 2 การติดตั้งส่วนภายในเรือ ระยะที่ 3 การติดตั้งโครงเรือด้านบน และระยะที่ 4 การปรับแต่ง เรือให้สวยงามและคงทน ทั้งนี้ในแต่ละระยะมีขั้นตอนการต่อเรือย่อยอีก งานช่างต่อเรือเป็นงานศิลปะและงาน แก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เพราะลักษณะไม้ที่นำมาต่อเรือแตกต่างกันออกไปในแต่ละครั้ง เช่น การนำเรือเก่ามาต่อ เป็นเรือใหม่ บางครั้งไม้ไม่สมบูรณ์ต้องต่อไม้ เข้าไม้อุดไม้ แล้วแต่กรณีเพื่อเตรียมไม้ให้สมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปต่อเรือ 2) งานวิจัยนี้เสนอแนะแนวทางการอนุรักษ์การต่อเรือพื้นบ้านไทยสุพรรณบุรีว่า ควรสร้างกิจกรรมเชิงรุก เกี่ยวกับเรือทั้งต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ กล่าวคือ 1) กิจกรรมเชิงรุกต้นน้ำ ได้แก่ กิจกรรมการสืบทอดเรียนรู้ ภูมิปัญญาช่างต่อเรือพื้นบ้าน การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ช่างต่อเรือพื้นบ้าน 2) กิจกรรมเชิงรุกกลางน้ำ ได้แก่ การประกวดเรือโบราณ การแข่งเรือ การรณรงค์การสัญจรทางน้ำ และ 3) กิจกรรมเชิงรุกปลายน้ำ ได้แก่ การเรียนรู้ การดูแลรักษาเรือจากช่างต่อเรือโบราณ การแข่งขันยาเรือ เป็นต้น

**คำสำคัญ:** เรือพื้นบ้าน ต่อเรือ ภูมิปัญญา

---



## Abstract

This research aimed to acquire Thai ship construction intellectual heritage and propose its conservative guideline. This qualitative study recruited data from two sample groups including 1) 4 ship builders in Suphanburi province with snow ball technique, semi-structure interview and analyze data with Analytical Induction method. 2) 4 communities recruited with specific random method, collect data by group discussion and analyze data with analytical induction method. Findings revealed that 1) found ship construction intellectual heritage included 4 stages. Stage 1) constructing below ship structure, Stage 2) assembling interior parts of the ship, Stage 3) assembling the upper part of the ship and Stage 4) decorating. There were different details in each stage. Ship construction was, therefore, an art and problem solving because wood for the construction was different. Wood for old ship re-construction, for instance, was not complete. The builder had to join, assemble or decorate in different circumstances; 2) In order to develop a guideline to preserve ship construction in Suphanburi province, we should have some progressive activities as a whole process those are 1) progressive activity at the beginning included activity for inheriting, learning ship construction intellectual heritage and developing its learning sources; 2) progressive activity at the middle included antique ship contest, ship competition, campaign for water transportation; and 3) progressive activity at the end included learning maintenance knowledge from former ship builders or ship caulk competition.

**Keywords:** Thai ship, Ship construction, Intellectual heritage

## บทนำ

จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นจังหวัดที่มีวิถีชีวิตเกี่ยวพันกับน้ำมาตั้งแต่อดีต เพราะจังหวัดสุพรรณบุรีมีแม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณไหลผ่าน แม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำสำคัญที่หล่อเลี้ยงชีวิตชาวสุพรรณบุรีเพื่อใช้ประโยชน์ทั้งในมิติเศรษฐกิจและสังคม การปกครองจังหวัดสุพรรณบุรีแบ่งออกเป็น 10 อำเภอ ซึ่งมีอำเภอที่มีแม่น้ำสายหลักนี้ไหลผ่าน 6 อำเภอ จึงอาจ

กล่าวได้ว่า พื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นแหล่งน้ำกว่าร้อยละ 50 เพราะจากการวิเคราะห์ข้อมูลอาณาเขตพื้นที่โครงการชลประทานสุพรรณบุรีพบว่า จังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่การปกครองทั้งสิ้น 5,358.008 ตารางกิโลเมตร ทั้งนี้เป็นพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา 3,019.16 ตารางกิโลเมตรจึงเห็นได้ว่า จังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่ที่เป็นแหล่งส่งน้ำถึงร้อยละ 56.35 ของพื้นที่การปกครองจังหวัดสุพรรณบุรี โครงการชลประทานสุพรรณบุรี (2557)

เรื่องจึงเป็นยานพาหนะหลักของชุมชนที่ติดกับแหล่งน้ำในอดีต แต่ปัจจุบันด้วยความเจริญก้าวหน้าสภาพสังคมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม มีถนนหนทาง มีการพัฒนาระบบโครงข่ายถนนในพื้นที่ชุมชนที่ถนนตัดผ่าน ชุมชนจึงใช้รถแทนเรือ เพราะสะดวกสบายกว่าใช้เรือมีผลทำให้วัฒนธรรมและศิลปะการใช้เรือลดน้อยถอยลง จิรัฎฐ์ เหมือนนิหาร (2553) และด้วยวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเป็นสร้างเรือต้องใช้ไม้ ซึ่งมีราคาสูงและหาได้ยาก จึงทำให้การต่อเรือมีอยู่ungk จำกัดเฉพาะบ้านเรือนที่ยังคงมีวิถีชีวิตริมน้ำ เช่น อาชีพปลูกผักบุ้ง ผักกระเฉด ที่ต้องใช้เรือเป็นเครื่องมือในการเก็บเกี่ยว อาชีพหาปลาที่ใช้เรือเป็นพาหนะไปยังแหล่งน้ำต่าง ๆ ซึ่งปัจจุบันก็เดินทางได้ยาก เพราะมีการสร้างถนนปิดกั้นทุ่งน้ำต่าง ๆ จึงทำให้ชาวบ้านเข้าถึงแหล่งน้ำเพื่อหาปลาได้ยากขึ้น

เมื่อพฤติกรรมการใช้เรื่อน้อยลงด้วยข้อจำกัดข้างต้น ช่างต่อเรือ ซึ่งทำหน้าที่เป็นวิศวกรผู้ประดิษฐ์สร้างสรรค์เรือก็ลดลงตามไปด้วย ทั้งที่ ช่างต่อเรือ เป็นมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมในกลุ่มสาขางานช่างฝีมือดั้งเดิม ซึ่งหมายถึง “ภูมิปัญญา ทักษะฝีมือช่าง การเลือกใช้วัสดุ และกลวิธีการสร้างสรรค์ที่แสดงถึงอัตลักษณ์ สะท้อนพัฒนาการทางสังคม และวัฒนธรรมของกลุ่มชน” โดยจัดเป็นงานช่างประเภทเครื่องไม้ ซึ่งหมายถึง งานฝีมือช่างที่ใช้เทคนิคการแกะ สลัก สับ ขุด เจาะ กลึง ถาก ขุด และขัด เป็นต้น จากไม้ซุงหรือไม้แปรรูปเป็นท่อนหรือเป็นแผ่น เพื่อใช้ในงานช่างก่อสร้างประเภทเครื่องสับ เครื่องเรือน เครื่องบูชา เครื่องตั้ง เครื่องประดับ เครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องศาสตรา เครื่องดนตรี เครื่องเล่น และยานพาหนะ เป็นต้น มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม (2557)

จิรัฎฐ์ เหมือนนิหาร(2553) พบว่า การถ่ายทอดวิชาความรู้การต่อเรือพื้นบ้านนั้นอยู่ในวงจำกัด จะเป็นการถ่ายทอดให้เฉพาะลูกหลาน เครือญาติและผู้ที่มีอาชีพต่อเรือที่มีความผูกพันกันเท่านั้น ซึ่งการถ่ายทอดเป็นในลักษณะการบอกกล่าวและการลงมือปฏิบัติ เท่านั้น ผลการศึกษาของจิรัฎฐ์ เหมือนนิหาร (2553)ตอกย้ำให้เห็นว่าอาชีพช่างต่อเรือกำลังสูญหายไปและควรค่าแก่การอนุรักษ์ รวมทั้งผลการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับช่างต่อเรือและเรือพื้นบ้านทั้งจากการสืบค้นข้อมูลงานวิจัยและสืบค้นข้อมูลจากกระทรวงวัฒนธรรม พบว่า มีการรวบรวมจัดเก็บข้อมูลช่างต่อเรือและเรือพื้นบ้านไว้น้อยมาก กล่าวคือ จากการสืบค้นข้อมูลงานวิจัย

พบว่า มีงานวิจัย 2 เรื่องที่ศึกษาเกี่ยวกับเรือไทยพื้นบ้าน ได้แก่ 1) อรวรรณ สมใจนิก (2547) ศึกษาวิจัยเรื่อง เรือไทย : กรณีศึกษาเรือไทยพื้นบ้านในพิพิธภัณฑ์เรือพื้นบ้านวัดยาง ณ รั้งสี จังหวัดลพบุรี. และ 2) จิรัฏฐ์ เหมือนวิหาร (2553) ศึกษาวิจัยเรื่องการจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง ส่วนการสืบค้นข้อมูลจากกระทรวงวัฒนธรรมซึ่งศึกษาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ 1) มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมและ 2) ศูนย์ข้อมูลกลาง กระทรวงวัฒนธรรม พบข้อมูลเกี่ยวกับช่างต่อเรือและเรือพื้นบ้านน้อยและเป็นข้อมูลที่ไม่ได้สะท้อนวิธีการหรือความรู้เกี่ยวกับช่างต่อเรือและเรือพื้นบ้าน

จากความสำคัญของช่างต่อเรือซึ่งเป็นมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมสาขาช่างฝีมือดั้งเดิมนั้น ผนวกกับปัจจุบันยังขาดการรวบรวมข้อมูลความรู้ของช่างต่อเรือ คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญดังกล่าวจึงจะดำเนินการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลความรู้ของช่างต่อเรือพื้นบ้านจังหวัดสุพรรณบุรี

### วิธีการศึกษา

งานนี้ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ทั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูล 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีวิธีการศึกษาดังนี้

#### 1. กลุ่มช่างต่อเรือพื้นบ้าน

การลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลช่างต่อเรือพื้นบ้าน ใช้เทคนิค Snow ball โดยการสืบหาช่างต่อเรือพื้นบ้านจากช่างต่อเรือไปเรื่อยๆ ทั้งนี้ช่างต่อเรือพื้นบ้านชุมชนคลองสองพี่น้องที่เก็บข้อมูลได้มีจำนวนทั้งสิ้น 4 ราย ตามลำดับการจัดเก็บข้อมูล ได้แก่ 1) ช่างจิต 2) ช่างชาญ 3) ช่างอ่อง และ 4) ช่างสิทธิ

**ประเด็นที่รวบรวม** ได้แก่ ชื่อ สกุล อายุ ประสบการณ์การการต่อเรือ การสืบทอดองค์ความรู้การต่อเรือ วิธีการต่อเรือ เครื่องมือที่ใช้ในการต่อเรือ การถ่ายทอดอาชีพช่างต่อเรือ เป็นต้น

**เครื่องมือที่ใช้** ได้แก่ แนวคำถาม กล้องบันทึกภาพ กล้องบันทึกวีดิโอพร้อมเสียง เป็นต้น

**วิธีการวิเคราะห์** ใช้วิธีวิเคราะห์แบบอุปนัย

#### 2. กลุ่มชุมชนที่ใช้คลองสองพี่น้อง

การลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมจากชุมชน โดยแบ่งชุมชนตามช่วงคลองสองพี่น้อง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่วงคลอง คือ ช่วงต้นคลอง ช่วงกลางคลอง และปลายคลองและเลือกชุมชนแบบเจาะจง 4 ชุมชนเป็นตัวแทน ได้แก่ 1) ช่วงต้นคลองสองพี่น้อง คือ

ชุมชนบางบอน 2) ช่วงกลางคลองสองพี่น้อง คือ ชุมชนไผ่หมู่และชุมชนบางพลับ 3) ช่างปลาย  
คลองสองพี่น้อง คือ ชุมชนบ้านใหม่

**วิธีการลงพื้นที่ในแต่ละชุมชน** ทำโดยประสานงานกับตัวแทนในชุมชนเพื่อเชิญชวน  
ชาวบ้านในชุมชนเข้าร่วมประชุมแสดงความคิดเห็นแบบมีส่วนร่วม ชุมชนละประมาณ 10 คน  
พร้อมทั้งนัดวันเวลา และสถานที่ที่ใช้จัดการประชุมแบบมีส่วนร่วม

#### **ประเด็นที่รวบรวม ได้แก่**

– สภาพการใช้เรือในปัจจุบันของชุมชน กล่าวคือ ชุมชนใช้เรือเพื่อวัตถุประสงค์ใด แต่  
ละบ้านมีเรือจำนวนเท่าใดชุมชนมีการดูแลรักษา การซ่อมบำรุงเรืออย่างไร

– ช่างต่อเรือในชุมชน

– ปัญหาและอุปสรรคการใช้เรือ

– ปัญหาของเรือไม้

– แนวทางการอนุรักษ์และส่งเสริมการใช้เรือและช่างต่อเรือ

**เครื่องมือที่ใช้** ได้แก่ แนวคำถาม กล้องบันทึกภาพ กล้องบันทึกวีดิโอพร้อมเสียง สมุด  
จดบันทึก โดยใช้ผู้ช่วยในการเก็บข้อมูลจำนวน 3คน

**วิธีการวิเคราะห์** ใช้วิธีวิเคราะห์อุปนัยและนำเสนอข้อมูลแบบบรรยาย

### **ผลการศึกษา**

1) **ผลการรวบรวมภูมิปัญญาช่างต่อเรือพื้นสุพรรณบุรี** พบว่า จากการสัมภาษณ์  
ช่างต่อเรือพื้นบ้าน พบว่างานต่อเรือเป็นงานที่ทำด้วยมือ (Handmade) เป็นงานประดิษฐ์ทุก  
ขั้นตอน เป็นงานแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ไม่สามารถกำหนดแม่แบบ แม่พิมพ์ได้ และเป็นงานที่  
ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด กล่าวคือ การใช้ไม้กระดานที่มีขนาดแตกต่างกันมา  
ต่อให้เป็นเรือให้สามารถใช้สัญจร ประกอบอาชีพได้ เพราะไม้ที่นำมาต่อเรือส่วนใหญ่มักนำมา  
จากเรือเก่า โดยนำเรือเก่ามาต่อเป็นเรือใหม่ และใช้ไม้จากเรือเก่าผสมกับไม้ใหม่หรือไม้จาก  
เรืออีกลำหนึ่ง หรือจากไม้ที่มีอยู่มาตัดต่อให้เป็นเรือใหม่ขึ้น จึงทำให้งานต่อเรือมีความแตกต่าง  
กันไปตามหน้าที่ช่างต่อเรือต้องแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้านั้น อีกทั้งเรือมีหลายชนิด หลาย  
ประเภทหลายขนาด และยังคงต่อเรือตามความต้องการของลูกค้า

ทั้งนี้ เก็บรวบรวมขั้นตอนการต่อเรือเข้มน ซึ่ง เป็นเรือพื้นบ้านที่นิยมใช้ในสุพรรณบุรี  
เนื่องจากเป็นเรือเนกประสงค์ มีขนาดไม่เล็กและใหญ่เกินไป สามารถใช้งานได้หลากหลาย  
วัตถุประสงค์ เช่น การสัญจร การประกอบอาชีพต่างๆ เช่น หาปลา ตัดผักบุง ตัดผักกระเฉด

เป็นต้น ทั้งนี้การต่อเรือเข็มมีขั้นตอนมากและมีความละเอียดในแต่ละขั้นตอน จึงสรุประยะเวลาการต่อเรือเข็มออกเป็น 4 ระยะ ทั้งนี้สามารถอธิบายสรุปแต่ละระยะได้ดังนี้

ระยะที่ 1 การต่อโครงเรือเข็มด้านล่าง เป็นระยะแรกของการต่อเรือ ซึ่งเป็นการนำไม้กระดานมาเรียงให้มีความโค้งตามที่ต้องการ ตั้งแต่แผ่นแรกที่เรียกว่ากระดูกงูไปจนถึงกระดานข้างดั่งภาพ ทั้งนี้ระยะนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้ - การตั้งม้า-การทำกระดานท้องเรือ - การติดกระดานท้องเรือกับม้า - การเตรียมกระดานข้าง - การติดมอบ-การติดกระดานข้างกับโครงเรือ



รูปที่ 1 การต่อโครงเรือเข็มด้านล่าง

ระยะที่ 2 การติดชิ้นส่วนภายในเรือ (ภายในเรือ) ซึ่งเป็นการนำชิ้นส่วนต่างๆ ของเรือมาติดภายในเรือ เพื่อประโยชน์การใช้งานและเพิ่มเติมความแน่นหนาของเรือ ทั้งนี้ระยะนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้ - การติดกงจุด - การติดกระหมอนหัวท้าย - การติดกงนอน - การติดกระทง - การติดจุดหัวอุดท้าย



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนในระยะเวลาที่ 2 การติดชิ้นส่วนภายในเรือ (ภายในเรือ)

ระยะที่ 3 การติดโครงเรือด้านบน ซึ่งเป็นการนำไม้กระดานมาเรียงต่อจากโครงเรือด้านล่างเพื่อให้พื่นน้ำ และเสริมความแข็งแรงของเรืออีก ทั้งนี้ระยะนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้ - การติดไม้ทับมอบ - การติดไม้บังใบ - การติดไม้ทับบังใบ - การติดมือลึง



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนในระยะที่ 3 การติดโครงเรือด้านบน

ระยะที่ 4 การปรับแต่งเรือให้สวยงามและคงทนพร้อมใช้งาน หลังจากระยะที่ 3 จะได้เรือที่เป็นรูปร่างชัดเจนแล้ว แต่ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่จะเก็บรายละเอียดเพื่อให้พร้อมใช้งาน ทั้งนี้ระยะนี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้ - การเก็บรายละเอียดท้องเรือ - การตัดกระดานปูเรือช่วงหัวและท้ายเรือ - การตัดกระดานเรือปูช่วงท้องเรือ - ยาเรือ ทาน้ำมัน ตัดเหลี่ยมเหล็ก



รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนในระยะที่ 4 ปรับแต่งเรือให้สวยงามและคงทนพร้อมใช้งาน

สำหรับเครื่องมือช่างต่อเรือมีหลากหลายประเภทตามวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกันไป ได้แก่

**ประเภทเลื่อย** เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่แบ่งไม้ ฝ่าไม้ให้แยกออกจากกัน ทั้งนี้เลื่อยมีหลายชนิดได้แก่ เลื่อยยก เลื่อยล่อ เลื่อยลันดา เลื่อยชักแนวเลื่อยอีโต้ เป็นต้น

**ประเภทกบ** เป็นเครื่องมือในการไสไม้และแต่งไม้ให้เรียบเป็นเนื้อไม้แผ่นเดียวกัน การต่อเรือใช้กบหลายชนิด ได้แก่ กบเหล็ก/กบชุดกบสั้นกบยาว

**ประเภทสวน**เป็นอุปกรณ์เจาะรูและใช้ตะปูตีลงไปเพื่อยึดให้ไม้แต่ละแผ่นติดกันให้แน่น การต่อเรือใช้สวนหลายชนิด ได้แก่ สวนไฟฟ้าสวนมือบินลา

**ประเภทค้อน**เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตีตะปูเพื่อยึดเรือให้แน่นขึ้น การต่อเรือใช้ค้อนมีหลายชนิด ได้แก่ ค้อนปอนด์ ค้อนตีตะปู

**ประเภทวัตรระยะการต่อเรือ**มีรายละเอียดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ในเรือจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งของกะทง กงนอน กงอุด กระหมอนหัวและท้าย จึงการจะใส่ชิ้นส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้วัตรระยะ ซึ่งมีหลายชนิด ได้แก่ ตลับเมตร ฉากอ่อน ฉากปรอท ดิ่ง

**ประเภททำรอยการต่อเรือใช้เครื่องมือ**ในการทำรอยหลายชนิด ได้แก่ ขอลากปักเต้า

**ประเภทคิมอุปกรณ์ประเภทคิม**เป็นอุปกรณ์ช่วยทำให้การทำงานไม่รวดเร็วขึ้น ได้แก่ คิมปากนกแก้ว คิมปากจิ้งจก คิมลือค

**ประเภทปากกา**เป็นอุปกรณ์ที่ไว้จับไม้ ประสานไม้ให้ต่อ แน่นสนิทเป็นแผ่นเดียวกันคือ ปากกา

**ประเภท ลีว** เป็นอุปกรณ์ถากไม้ ลีวและ**ประเภทตะใบ** ได้แก่ บุ้งตะใบสามเหลี่ยม กระดาษทราย ลูกหมู

2) ผลการศึกษาแนวทางการอนุรักษ์การต่อเรือพื้นบ้านไทยสุพรรณบุรีควรสร้างกิจกรรมเชิงรุก เกี่ยวกับเรือทั้งต้นน้ำ กลางน้ำและท้ายน้ำ ได้แก่

- กิจกรรมเชิงรุกต้นน้ำ ได้แก่ กิจกรรมการสืบทอดเรียนรู้ ภูมิปัญญาช่างต่อเรือพื้นบ้าน การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ช่างต่อเรือพื้นบ้าน

- กิจกรรมเชิงรุกกลางน้ำ ได้แก่ การประกวดเรือโบราณ การแข่งเรือ การรณรงค์การสัญจรทางน้ำ

- กิจกรรมเชิงรุกท้ายน้ำ ได้แก่ การเรียนรู้ การดูแลรักษาเรือจากช่างต่อเรือโบราณ การแข่งขันยาเรือ เป็นต้น

นอกจากกิจกรรมเชิงรุกในส่วนของวิถีชีวิตของชุมชนริมน้ำยังคงมีความผูกพันและใช้ประโยชน์จากแม่น้ำลำคลองเสมอ ดังนั้นควรบำรุงรักษาแม่น้ำ คลอง ต่าง ๆ ให้สามารถสัญจรหรือใช้งานได้ ทั้งการกำจัดวัชพืช คุณภาพของน้ำ รวมไปถึงการรณรงค์การรักษาความสะอาดอย่างมีส่วนร่วมให้คนในชุมชนมีความเป็นเจ้าของร่วมกัน จากการลงพื้นที่มีชุมชนที่มีอาชีพปลูกผักบุ้งริมน้ำ ในช่วงที่ประสบปัญหาวัชพืชเต็มคลอง ชาวชุมชนรวมตัวกันช่วยกันกำจัด ทำให้คลองกลับมาใช้งานได้เหมือนเดิม ทุกคนได้ประโยชน์ร่วมกัน

## วิจารณ์

จากการศึกษาอาชีพช่างต่อเรือพื้นบ้านพบว่า เป็นอาชีพที่ขาดการสืบทอดจากคนรุ่นหลัง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ จิรัฏฐ์ เหมือนนิหาร (2553) ที่พบว่า การถ่ายทอดวิชาความรู้การต่อเรือพื้นบ้านนั้นอยู่ในวงจำกัด จะเป็นการถ่ายทอดให้เฉพาะลูกหลาน เครือญาติ และผู้ที่มีอาชีพต่อเรือที่มีความผูกพันกันเท่านั้น ซึ่งการถ่ายทอดเป็นในลักษณะการบอกกล่าว และการลงมือปฏิบัติ เท่านั้น ผลการศึกษาของจิรัฏฐ์ เหมือนนิหาร (2553) ตอกย้ำให้เห็นว่าอาชีพช่างต่อเรือกำลังสูญหายไปและควรค่าแก่การอนุรักษ์

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในการอนุรักษ์การต่อเรือพื้นบ้านที่ควรมีกิจกรรมเชิงรุกนั้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ จิรัฏฐ์ เหมือนนิหาร (2553) ที่พบว่าแนวทางการใช้ความรู้วัฒนธรรมเรือพื้นบ้านเพื่อการสืบทอด นั้นสามารถกำหนดเป็นหลักสูตรระดับชาติหรือท้องถิ่น เพื่อให้เยาวชนตระหนักถึงความสำคัญของอัตลักษณ์ของท้องถิ่นตน โดยบรรจุความรู้ในหลักสูตร ให้ความยกย่องที่เป็นผู้มีภูมิปัญญาชาวบ้านทำให้เกิดกระบวนการสืบทอดอย่างยั่งยืน ตั้งแต่กระบวนการใช้งานแต่ละประเภท วิธีการต่อเรือ การซ่อมเรือ วัสดุที่ใช้ในการซ่อมเรือ การจัดทำพิพิธภัณฑ์เรือพื้นบ้าน เป็นต้นถึงแม้จะชุมชนจะสนับสนุนให้มีการสร้างแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับเรือพื้นบ้าน จากการศึกษาของ เพลินพิศสมสกุลการ (2559) ที่ศึกษาพิพิธภัณฑ์เรือพื้นบ้านวัดยาง ณ รังสี พบว่า แหล่งเรียนรู้นี้ ปัญหาและอุปสรรค คือ ขาดบุคลากรที่มีความรู้เกี่ยวกับเรือ และงบประมาณไม่เพียงพอซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องตระหนักและวางแผนและเตรียมการในระยะยาว

## สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมภูมิปัญญาเรือพื้นบ้านไทยและเสนอแนะแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาช่างต่อเรือพื้นบ้านไทย ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ทั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูล 2 กลุ่ม คือ 1) ช่างต่อเรือพื้นบ้านไทยสุพรรณบุรี 4 ราย ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ snow ball และใช้วิธีสัมภาษณ์ช่างต่อเรือเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล แบบ สัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเป็นเครื่องมือทั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์เนื้อหา 2) กลุ่มชุมชน 4 ชุมชน เลือก ชุมชนใช้วิธีแบบเจาะจง โดยประชุมแบบมีส่วนร่วมกับชุมชน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์แบบอุปนัย

ผลการศึกษาพบว่า 1) ภูมิปัญญาการต่อเรือพื้นบ้านที่พบ ขั้นตอนการต่อเรือซึ่งแบ่งการต่อเรือออกเป็น 4 ระยะหลัก ได้แก่ ระยะที่ 1 การต่อโครงเรือ ด้านล่าง ระยะที่ 2 การติดชิ้นส่วนภายในเรือ ระยะที่ 3 การติดโครงเรือด้านบน และระยะที่ 4 การปรับแต่ง เรือให้



สวยงามและคงทน ทั้งนี้ในแต่ละระยะมีขั้นตอนการต่อเรือย่อยอีก งานช่างต่อเรือเป็นงานศิลปะและงาน แก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เพราะลักษณะไม้ที่นำมาต่อเรือแตกต่างกันออกไปแต่ละครั้ง เช่น การนำเรือเก่ามาต่อ เป็นเรือใหม่ บางครั้งไม้ไม่สมบูรณ์ต้องต่อไม้ เข้าไม้ อุดไม้แล้วแต่กรณีเพื่อเตรียมไม้ให้สมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปต่อเรือ 2) แนวทางการอนุรักษ์การต่อเรือพื้นบ้านไทยภาคกลางควรสร้างกิจกรรมเชิงรุก เกี่ยวกับเรือทั้งต้นน้ำ กลางน้ำและท้ายน้ำ กล่าวคือ 1) กิจกรรมเชิงรุกต้นน้ำ ได้แก่ กิจกรรมการสืบทอดเรียนรู้ ภูมิปัญญาช่างต่อเรือพื้นบ้าน การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ช่างต่อเรือพื้นบ้าน 2) กิจกรรมเชิงรุกกลางน้ำ ได้แก่ การประกวดเรือโบราณ การแข่งเรือ การรณรงค์การสัญจรทางน้ำ และ 3) กิจกรรมเชิงรุกท้ายน้ำ ได้แก่ การเรียนรู้ การดูแลรักษาเรือจากช่างต่อเรือโบราณ การแข่งขันยาเรือ เป็นต้น

### เอกสารอ้างอิง

- โครงการชลประทานสุพรรณบุรี. 2557. ข้อมูลอาณาเขตพื้นที่โครงการชลประทานสุพรรณบุรี. ژیรัฐเหมือนวิหาร. 2553. การจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านไทยภาคกลางวารสารศรีนครินทร์วิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์). 2(3): 69-86.
- \_\_\_\_\_. 2554. การจัดการความรู้เรือพื้นบ้านเพื่อการออกแบบอาคาร. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. 4(2):34-45.
- \_\_\_\_\_. 2555. การจัดการความรู้เรือพื้นบ้านไทยเพื่อพัฒนาออกแบบเป็นองค์การแห่งการเรียนรู้. ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร. 14(2):100-106.
- เพลินพิศ สมสกุลการ. 2559. บริหารจัดการแหล่งเรียนรู้ในชุมชนประเภทพิพิธภัณฑ์และวัดกรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี. กระแสวัฒนธรรม. 17(32) :31-43.
- มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม. ม.ป.ป. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2558. <http://ich.culture.go.th/>
- ศูนย์ข้อมูลกลาง กระทรวงวัฒนธรรม. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2558. <http://www.m-culture.in.th/>
- อรรธรณ สมใจนึก. 2547. เรือไทย : กรณีศึกษาเรือไทยพื้นบ้านในพิพิธภัณฑ์เรือพื้นบ้าน วัดยาง ณ รังสี จังหวัดลพบุรี. มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

การศึกษาทวิวิธีการเรียนรู้คันจิของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยในระดับอุดมศึกษา:  
เปรียบเทียบระหว่างผู้ที่มีความสามารถทางคันจิสูงและต่ำ  
A Study of Japanese Kanji Learning Strategies Used by Thai  
Undergraduates at an Intermediate Level: A Comparison of Groups with High  
and Low Scores

คูมิโกะ มิชิมะ\* และ ยูพกา ฟุกุชิม่า

Kumiko Mishima\* and Yupaka Fukushima

ภาควิชาภาษาตะวันออก คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Eastern Language, Faculty of Humanity, Kasetsart University

\*Corresponding author: nira-chan@live.jp

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ทวิวิธีการเรียนรู้คันจิของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยที่มีความสามารถทางคันจิสูงและต่ำกลุ่มตัวอย่างได้แก่นักศึกษาภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางที่มีผลสอบวัดระดับความสามารถทางภาษาญี่ปุ่น (JLPT) ในระดับ N3 หรือ N2 จำนวน 102 คน จาก 6 มหาวิทยาลัยรัฐบาลในกรุงเทพฯและปริมณฑลที่เปิดสอนภาษาญี่ปุ่นเป็นวิชาเอกแล้วแบ่งกลุ่มผู้ที่มีความสามารถทางคันจิออกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มที่ได้คะแนนสูงและต่ำ ตามคะแนนจากแบบทดสอบคันจิระดับชั้นกลางผลการศึกษาพบว่า ทวิวิธีการเรียนรู้คันจิที่กลุ่มที่ได้คะแนนสูงใช้แตกต่างจากกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ 1) การเชื่อมโยงคันจิที่มีเสียงอ่านเหมือนกัน 2) การเขียนคันจิซ้ำไปซ้ำมา และ 3) การยืมสื่อการเรียนรู้จากห้องสมุด

**คำสำคัญ:** ทวิวิธีการเรียนรู้คันจิ ผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทย ความสามารถทางคันจิ

Abstract

This research attempts to study and analyze Kanji Learning Strategies used by Thai undergraduates studying the Japanese Language at an Intermediate level between the groups of high and low scores according to a Kanji test scores. The groups of Japanese learners were qualified by Japanese-Language Proficiency Test at the level of N3 or N2, the study was 102 Thai

university students in the Japanese language department from 6 national universities in Bangkok and the suburbs of Bangkok, and then classified into 2 groups according to the Intermediate Kanji test; high score and low score groups. The result showed that the groups of high and low score students were different in 1) Kanji association of the same reading; 2) Frequency by writing numerous times; and 3) Borrowing the Kanji learning resources from the library with the level of significance .05.

**Keywords:** Kanji learning strategies, Intermediate Japanese learners in Thailand, Kanji ability

## บทนำ

การเรียนรู้คันจิเป็นเรื่องยากสำหรับผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวไทยและประเทศที่ไม่ได้ใช้คันจิในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้เนื่องจากคันจิ 1 ตัวมีรายละเอียดเป็นจำนวนมาก ประกอบด้วยโครงสร้างเสียงอ่าน ความหมาย และวิธีใช้ ต่างกับตัวอักษรไทยที่มีเฉพาะเสียงอ่านเท่านั้น จึงเป็นเรื่องยากที่จะเรียนรู้และใช้คันจิอย่างมีประสิทธิภาพ (Kanou, 2001)

คันจิที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นขั้นต้นมีประมาณ 300 - 500 ตัว เมื่อเรียนถึงชั้นกลาง ผู้เรียนควรมีความรู้คันจิถึง 1000 ตัว เห็นได้ว่าปริมาณคันจิที่จำเป็นต้องเรียนเพิ่มขึ้นมากอย่างก้าวกระโดดกลายเป็นภาระสำหรับผู้เรียนยิ่งไปกว่านั้นการที่เวลาเรียนในห้องเรียนมีจำกัด ทำให้ผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวไทยจำเป็นต้องเรียนรู้คันจิเพิ่มเติมด้วยตนเอง

ในงานวิจัยของ Hamakawa (2010) ได้มีการกล่าวถึงความคิดเห็นบางส่วนเกี่ยวกับการเรียนรู้คันจิของผู้เรียนชาวไทยว่า “คิดว่าคนที่เริ่มเรียนรู้คันจิส่วนใหญ่มักจะคุ้นเคยกับกลวิธีการเรียนรู้คันจิแบบท่องจำเท่านั้น” “ปกติเรียนคันจิด้วยตนเอง แต่ไม่ทราบว่า จะเรียนด้วยตนเองอย่างไรดี จึงใช้วิธีท่องจำเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเลยรู้สึกไม่ชอบตัวคันจิ”

เมื่อปริมาณคันจิที่จำเป็นต้องเรียนมีจำนวนเพิ่มขึ้นมากอย่างก้าวกระโดด ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้จักใช้กลวิธีการเรียนรู้คันจิที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษากลวิธีการเรียนรู้คันจิของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวไทย โดยมุ่งเน้นศึกษากลวิธีที่มีประสิทธิภาพจากผู้เรียนที่มีคะแนนการทดสอบคันจิสูง เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนการสอนคันจิและนำไปพัฒนาสื่อการเรียนรู้คันจิที่เหมาะสมกับผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวไทยต่อไป

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยที่มีคะแนนการทดสอบคําค้นจึสูง
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยที่มีคะแนนการทดสอบคําค้นจึต่ำ
3. เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึระหว่างผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยของกลุ่มที่มีคะแนนการทดสอบคําค้นจึสูงและกลุ่มที่มีคะแนนต่ำ

### การทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิดการวิจัย

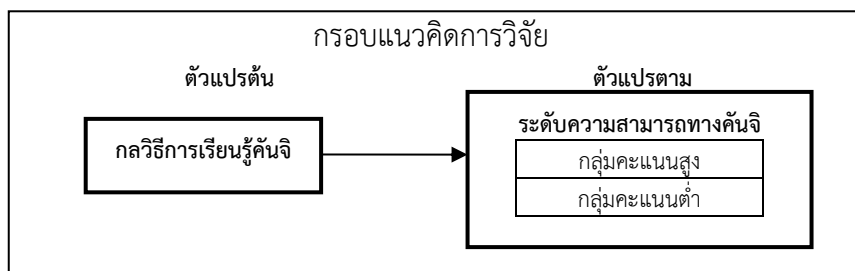
การวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึ มีกรอบแนวคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้ภาษาที่สองที่ว่าปัจจัยของผู้เรียน เช่น เพศ อายุ ความถนัด ความเชื่อ แรงจูงใจ หรือพฤติกรรมการเรียนรู้ช่วยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึนั้นมีผู้ให้คําค้นจึความว่า "พฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึ" หมายถึง "ขั้นตอนหรือพฤติที่ทำให้คําค้นจึอย่างเป็นระบบซึ่งผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นนำมาใช้ในการเรียนรู้คําค้นจึโดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจ" (Kawaguchi, Kanou & Sakai, 1995) เครื่องมือที่ใช้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึ ช่วงแรกจะใช้แบบวัดที่ดัดแปลงคําค้นจึจากแบบวัด The Strategy Inventory for Language Learning (SILL) ของ Oxford (1990) ให้เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึต่อมา Bourke (1996) ได้พัฒนาแบบวัดที่ใช้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึโดยตรง สำหรับผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นในกลุ่มประเทศที่ไม่ได้ใช้คําค้นจึในชีวิตประจำวันชื่อว่า Strategy Inventory for Learning Kanji (SILK)

Ulambayar (2009) ได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้คําค้นจึของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวต่างชาติและสรุปว่าผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นที่มีความสามารถทางคําค้นจึสูงมีแนวโน้มในการใช้พฤติที่เชื่อมโยงคําค้นจึตัวนั้นๆ กับประโยคหรือบริบท

Taniguchi (2016) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้คําค้นจึของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นต้นชาวมาเลเซียระดับมหาวิทยาลัยที่ไม่เคยเรียนวิชาคําค้นจึมาก่อน โดยใช้แบบวัด SILK และใช้คะแนนสอบคําค้นจึของมหาวิทยาลัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม (กลุ่มคะแนนสูงกับกลุ่มคะแนนต่ำ) พบว่ากลุ่มคะแนนสูงใช้พฤติที่ "จำลำดับเส้นการเขียนคําค้นจึ" "ใช้คําค้นจึเท่าที่จะทำได้" "พยายามจำคําค้นจึที่ใช้บ่อย" และ "จำคําค้นจึตัวนั้นได้เพราะยาก" มากกว่ากลุ่มคะแนนต่ำ ด้านผู้เรียนกลุ่มคะแนนต่ำพบว่า ใช้พฤติที่ "เชื่อมโยงเสียงของคําค้นจึกับคําค้นจึภาษาอังกฤษ" และ "เชื่อมโยงเสียงอ่านของคําค้นจึกับความหมายของคําค้นจึภาษาอังกฤษ"

สำหรับงานวิจัยที่มีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนชาวไทยได้แก่ รุ่งธัญ นิธิธรรม์ (2555)ซึ่งได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้คณิศรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบวัดที่ดัดแปลงคำถามจากแบบวัด SILL และใช้แบบทดสอบซึ่งนำมาจากข้อสอบ JLPT<sup>1</sup> แบบเก่า ทำการเปรียบเทียบการใช้พฤติกรรมการเรียนรู้คณิศรโดยแบ่งกลุ่มเป้าหมายตามผลการทดสอบออกเป็น 4 กลุ่ม (กลุ่มดีเยี่ยม ดี ผ่านเกณฑ์ และไม่ผ่านเกณฑ์) พบว่ากลวิธีที่กลุ่มดีเยี่ยม ใช้มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ “ถามครูหรือเพื่อนเมื่ออ่านหรือเขียนคณิศรไม่ได้” “ใส่คำอ่านคณิศรด้านข้างหรือด้านบนของคณิศรที่ไม่คุ้นเคย” และ “ใช้คำศัพท์หรือข้อความรอบข้างช่วยเดาความหมายหากเป็นคณิศรที่ไม่คุ้น” ขณะที่ผู้เรียนกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ จะใช้มากที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ “ถามครูหรือเพื่อนเมื่ออ่านหรืออ่านหรือเขียนคณิศรไม่ได้” “จำคณิศรตัวใหม่จากรูปร่าง” และ “จดจำสถานที่ที่พบเห็นคณิศรตัวนั้นเป็นครั้งแรก”

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปกรอบแนวคิดการวิจัยดังต่อไปนี้



### สมมุติฐานการวิจัย

ผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยที่มีความสามารถทางคณิศรสูงและต่ำเลือกใช้กลวิธี การเรียนรู้คณิศรแตกต่างกัน

<sup>1</sup>การสอบวัดระดับความสามารถทางภาษาญี่ปุ่น โดย Japan Foundation

## วิธีการศึกษา

### 1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างได้แก่ผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยที่กำลังศึกษาอยู่ในสถาบันอุดมศึกษาในกำกับของรัฐในกรุงเทพฯ และปริมณฑล 102 คนโดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย และได้เก็บข้อมูลทั้งหมด 6 มหาวิทยาลัย<sup>2</sup>

### 2. เครื่องมือวิจัย

2.1. แบบสอบถามกลวิธีการเรียนรู้คั่นจิจซึ่งดัดแปลงจากแบบวัด SILK (Bourke1996) ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อคำถามทั้งหมด 32 ข้อ<sup>3</sup> การเลือกตอบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 4 ระดับ ได้แก่ “ใช้เสมอ” “ใช้บ่อย” “ใช้บางครั้ง” “ไม่เคยใช้”

2.2. แบบทดสอบคั่นจิจซึ่งดัดแปลงจากแบบทดสอบในหนังสือ Intermediate Kanji Book เล่ม 1 โดย Kanou et al. (1993) ซึ่งมีคะแนนเต็ม 50 คะแนนเพื่อทดสอบความสามารถทางคั่นจิจของผู้เรียน

### 3. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

3.1. ผู้วิจัยอธิบายวิธีการเก็บข้อมูลให้นักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง 5 นาที

3.2. ดำเนินการทดสอบคั่นจิจประมาณ 15 นาที

3.3. ดำเนินการแบบสอบถามกลวิธีการเรียนรู้คั่นจิจประมาณ 15 นาที

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มผู้เรียนตามคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ เป็นกลุ่มคะแนนสูงและต่ำ วิเคราะห์ผลของแบบสอบถามกลวิธีการเรียนรู้คั่นจิจโดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่ได้คะแนนสูงและต่ำด้วย T-TEST แบบ Independent

## ผลการศึกษา

จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 102 คน สามารถแบ่งเป็นกลุ่มคะแนนสูงซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 39 คะแนน และกลุ่มคะแนนต่ำซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 20 คะแนน กลุ่มละ 32 คนเท่ากัน สำหรับการใช้กลวิธีการเรียนรู้คั่นจิจโดยรวม 32 หัวข้อ กลุ่มคะแนนสูงและกลุ่มคะแนน

<sup>2</sup> ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัย 6 แห่งดังนี้ 1.มหาวิทยาลัยศิลปากร 2. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 3. มหาวิทยาลัยรามคำแหง 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 5. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และ 6. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>3</sup> ซึ่งแบ่งประเภทได้ 12 กลุ่มตามการจัดประเภทของ Bourke (1996) ได้แก่ 1. การเชื่อมโยง 2. การจำโดยเชื่อมโยงกับเรื่องราว 3. การจำบุช 4. ความถี่ 5. การจำเป็นภาพ 6. การจดจำ 7. การใช้บริบทและคำศัพท์ 8. การใช้เสียง 9. การเขียนตามลำดับเส้น 10. การวางแผนการเรียน 11. การประเมินผลการเรียน และ 12. การร่วมมือกับผู้อื่น

ต่ำ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมใกล้เคียงกันคือ 2.73 และ 2.56<sup>4</sup> ตามลำดับ อย่างไรก็ตามกลวิธีที่มีการใช้มากที่สุด 5 อันดับแรกมีความแตกต่างกันตามที่แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

**ตารางที่ 1** กลวิธีการเรียนรู้คณิจิที่กลุ่มคะแนนสูงใช้มากที่สุด 5 อันดับ

ข้อที่	กลวิธีการเรียนรู้คณิจิ (ประเภทกลวิธี)	Mean	S.D.
11	ฉันจำคณิจิโดยการเขียนเข้าไปซ้ำมา (ความถี่)	3.69	.702
13	ฉันใส่คำอ่านคณิจิ บริเวณด้านข้างหรือด้านบนของคณิจิที่ไม่คุ้น (การใช้เสียง)	3.66	.755
20	ฉันใช้บริบท (ข้อความรอบข้าง) เพื่อเดาความหมายของคณิจิที่ไม่รู้ (การใช้บริบทและคำศัพท์)	3.56	.620
21	ฉันพยายามจำคณิจิที่ใช้บ่อย (ความถี่)	3.53	.675
3	ฉันเชื่อมโยงคณิจิตัวใหม่ที่เรียนกับคณิจิตัวที่ความหมาย คล้ายกัน (การเชื่อมโยง)	3.44	.672

**ตารางที่ 2** กลวิธีการเรียนรู้คณิจิที่กลุ่มคะแนนต่ำใช้มากที่สุด 5 อันดับ

ข้อที่	กลวิธีการเรียนรู้คณิจิ (ประเภทกลวิธี)	Mean	S.D.
13	ฉันใส่คำอ่านคณิจิบริเวณด้านข้างหรือด้านบนของคณิจิที่ไม่คุ้น (การใช้เสียง)	3.56	.801
21	ฉันพยายามจำคณิจิที่ใช้บ่อย (ความถี่)	3.41	.875
15	ฉันถามคนอื่นเมื่อไม่มั่นใจว่าเขียนคณิจิตัวนั้นอย่างไร (การขตเคย)	3.38	.942
17	ฉันถามคนอื่นเมื่อไม่มั่นใจว่าความหมายอะไรคณิจิตัวนั้น (การขตเคย)	3.31	.965
16	ฉันถามคนอื่นเมื่อไม่มั่นใจว่าเสียงอ่านคณิจิตัวนั้นอย่างไร (การขตเคย)	3.25	1.078

สำหรับกลวิธีที่กลุ่มคะแนนสูง และกลุ่มคะแนนต่ำใช้น้อยที่สุด 5 อันดับ เป็นไปตามตารางที่ 3 และตารางที่ 4

**ตารางที่ 3** กลวิธีการเรียนรู้คณิจิที่กลุ่มคะแนนสูงใช้น้อยที่สุด 5 อันดับ

ข้อที่	กลวิธีการเรียนรู้คณิจิ (ประเภทกลวิธี)	Mean	S.D.
29	แต่ละสัปดาห์ฉันตั้งเป้าหมายในการเรียนรู้คณิจิ (การวางแผนการเรียน)	1.75	.973
32	ฉันฝึกการเรียนรู้คณิจิกับเพื่อนเช่นสลับกันตั้งคำถามให้ตอบ (การร่วมมือกับผู้อื่น)	1.78	.920
28	ฉันยืมหนังสือหรืออุปกรณ์เพื่อการเรียนรู้คณิจิจากห้องสมุด (การวางแผนการเรียน)	1.84	.920
30	ฉันทดสอบตนเองเป็นประจำเพื่อตรวจว่าตนเองจำคณิจิได้หรือไม่ (การประเมินผลการเรียน)	2.06	1.016
31	ฉันจดบันทึกรายการคณิจิที่รู้ (การประเมินผลการเรียน)	2.13	1.221

<sup>4</sup> ผู้วิจัยตีความระดับค่าเฉลี่ยดังนี้ 3.50-4.00 หมายถึง “ใช้เสมอ” 2.50-3.49 หมายถึง “ใช้บ่อย” 1.50-2.49 หมายถึง “ใช้น้อย” และ 1.00-1.49 หมายถึง “ไม่ใช่เลย”

**ตารางที่ 4** กลวิธีการเรียนรู้คັນจิที่กลุ่มคะแนนต่ำใช้น้อยที่สุด 5 อันดับ

ข้อที่	กลวิธีการเรียนรู้คันจิ (ประเภทกลวิธี)	Mean	S.D.
28	ฉันทิมหนังสือหรืออุปกรณ์เพื่อการเรียนรู้คันจิจากห้องสมุด (การวางแผนการเรียน)	1.41	.560
29	แต่ละสัปดาห์ฉันตั้งเป้าหมายในการเรียนรู้คันจิ (การวางแผนการเรียน)	1.63	.707
31	ฉันจดบันทึกรายการคันจิที่รู้ (การประเมินผลการเรียน)	1.69	.859
30	ฉันทดสอบตนเองเป็นประจำเพื่อตรวจว่าตนเองจำคันจิได้หรือไม่ (การประเมินผลการเรียน)	1.69	.821
32	ฉันฝึกการเรียนรู้คันจิกับเพื่อนเช่นสลับกันตั้งคำถามให้ตอบ (การร่วมมือกับผู้อื่น)	1.84	.920

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่ามี 3 กลวิธีที่กลุ่มคะแนนสูง ใช้มากกว่ากลุ่มคะแนนต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มคะแนนสูงกับกลุ่มคะแนนต่ำ

ข้อที่	กลวิธีการเรียนรู้คันจิ (ประเภทกลวิธี)	T	p-value
5	ฉันเชื่อมโยงคันจิตัวใหม่ที่เรียนกับคันจิตัวที่มีเสียงอ่านเหมือนกัน (การเชื่อมโยง)	4.29	.000
11	ฉันจำคันจิโดยการเขียนซ้ำไปซ้ำมา (ความถี่)	2.58	.010
28	ฉันทิมหนังสือหรืออุปกรณ์เพื่อการเรียนรู้คันจิจากห้องสมุด (การวางแผนการเรียน)	1.92	.033

ดังนั้นสำหรับสมมุติฐานการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยที่มีความสามารถทางคันจิสูงและต่ำเลือกใช้กลวิธีการเรียนรู้คันจิแตกต่างกันบางกลวิธี ซึ่งได้แก่ “ฉันเชื่อมโยงคันจิตัวใหม่ที่เรียนกับคันจิตัวที่มีเสียงอ่านเหมือนกัน” “ฉันจำคันจิโดยการเขียนซ้ำไปซ้ำมา” และ “ฉันทิมหนังสือหรืออุปกรณ์เพื่อการเรียนรู้คันจิจากห้องสมุด”

**วิจารณ์**

จากตารางที่ 1 พบว่า กลวิธีการเรียนรู้คันจิที่ผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงใช้มากเป็นอันดับแรกคือ “ฉันจำคันจิโดยการเขียนซ้ำไปซ้ำมา” ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนรู้คันจินั้น สิ่งสำคัญคือต้องจดจำตัวอักษรนั้น ๆ ให้ได้ ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องใช้กลวิธีการฝึกเขียนซ้ำๆ เพื่อให้คุ้นมือ ซึ่งจะช่วยให้จดจำตัวอักษรนั้นได้ในที่สุดทั้งนี้ขณะที่เขียนซ้ำไปซ้ำมาตามลำดับเส้น ผู้เรียนจะรับรู้และเข้าใจโครงสร้างคันจิไปพร้อมๆ กัน โดย Yamagata (2008) ระบุว่าความสามารถดังกล่าวเป็นทักษะหนึ่งที่สำคัญในการอ่านภาษาญี่ปุ่น

กลวิธีการเรียนรู้คันจิที่ผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงใช้มากเป็นอันดับที่ 2 ได้แก่ “ฉันใส่คำอ่านคันจิ บริเวณด้านข้างหรือด้านบนของคันจิที่ไม่คุ้น” ทั้งนี้เนื่องจากคำอ่านของคันจิเป็นข้อมูลสำคัญที่จะช่วยให้สามารถอ่านออกเสียงคำศัพท์ หรือตรวจสอบความหมายของคำศัพท์



นั้นๆ จากพจนานุกรมได้ อีกทั้งการอ่านอักษรคันจิในภาษาญี่ปุ่นมี 2 แบบ คือการอ่านแบบจีน และการอ่านแบบญี่ปุ่นซึ่งเป็นภาระและเป็นเรื่องยากที่จะจดจำ เมื่อพบคันจิตัวใหม่หรือคันจิที่ไม่คุ้นเคย ผู้เรียนจึงต้องเขียนคำอ่านกำกับไว้เสมอจนกว่าจะจดจำคำอ่านของคันจิตัวนั้น ๆ ได้ ยิ่งกว่านั้นผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลาง จะมีโอกาสอ่านภาษาญี่ปุ่นมากขึ้น เพราะฉะนั้น การรู้เสียงอ่านของคันจิจึงมีความจำเป็นที่ขาดไม่ได้

กลวิธีการเรียนรู้คันจิที่ผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงใช้มากเป็นอันดับที่ 3 ได้แก่ “ฉันใช้บริบท (ข้อความรอบข้าง) เพื่อเดาความหมายของคันจิที่ไม่รู้” ซึ่งเป็นกลวิธีที่สำคัญและจำเป็นอย่างมากต่อการพัฒนาทักษะการอ่าน ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนชั้นกลางจึงมีคลังคำศัพท์มากเพื่อที่จะเดาความหมายของคำศัพท์จากบริบทได้ ทั้งนี้ Ulambayar (2013) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการสอนวิธีการเดาความหมายของคันจิ โดยใช้ในการเดาจากบริบทพบว่า ผู้เรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกให้เดาความหมายของคันจิจากผู้สอนจะสามารถเดาความหมายคันจิที่ไม่รู้ได้ถูกต้องมากกว่าผู้เรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก

เมื่อพิจารณาวิธีการเรียนรู้คันจิ 1 ถึง 3 อันดับแรกร่วมกัน อาจกล่าวได้ว่าผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยกลุ่มคะแนนสูง ใช้กลวิธีการเรียนรู้คันจิที่มีความสัมพันธ์กับการอ่านภาษาญี่ปุ่น

กลวิธีการเรียนรู้คันจิที่ผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงใช้มากเป็นอันดับที่ 4 คือ “ฉันพยายามจำคันจิที่ใช้อยู่” สอดคล้องกับกลวิธีที่ใช้มากเป็นอันดับที่ 1 คือ “ฉันจำคันจิโดยการเขียนซ้ำไปซ้ำมา” สะท้อนความคิดของผู้เรียนที่เชื่อว่า สิ่งสำคัญต่อการเรียนคันจิคือต้องจดจำตัวอักษรนั้น ๆ ให้ได้

กลวิธีการเรียนรู้คันจิที่ผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงใช้มากเป็นอันดับที่ 5 คือ “ฉันเชื่อมโยงคันจิตัวใหม่ที่เรียนกับคันจิตัวที่ความหมายคล้ายกัน” ซึ่งแสดงถึงการที่ผู้เรียนกำลังพยายามเรียนรู้คันจิอย่างเป็นระบบโดยสังเกตโครงสร้างและบุขุ (ส่วนประกอบของคันจิที่มีความหมาย) ที่คล้ายคลึงกันเพื่อจัดระเบียบความเหมือน และความต่างของคันจิหลายๆ ตัวที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน

ผลการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า กลุ่มคะแนนสูงใช้กลวิธีการเรียนรู้คันจิที่หลากหลาย ได้แก่การฝึกเขียนซ้ำๆ การพยายามจดจำ การเดาความหมายโดยใช้บริบท และจัดกลุ่มจากการเชื่อมโยงคันจิ

จากตารางที่ 2 พบว่ากลวิธีการเรียนรู้คันจิที่ผู้เรียนกลุ่มคะแนนต่ำใช้มาก 2 อันดับแรกคือกลวิธีการจดจำ ได้แก่ “ฉันใส่คำอ่านคันจิบริเวณด้านข้างหรือด้านบนของคันจิที่ไม่คุ้น” และ “ฉันพยายามจำคันจิที่ใช้อยู่” ทั้งนี้การเขียนเสียงอ่านกำกับอักษรคันจิเป็นกลวิธีที่ผู้เรียน

ชาวไทยชั้นต้นใช้บ่อยตามผลการวิจัยของไชยเชตธนัง (2551) จึงกล่าวได้ว่าผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวไทยใช้กลวิธีนี้ต่อเนื่องมาจนถึงการเรียนระดับชั้นกลาง ส่วนกลวิธีลำดับที่ 3 ถึง 5 เป็นการถามผู้อื่นเมื่อไม่มั่นใจการเขียน ความหมาย หรือเสียงอ่านของคันจิ ซึ่งเป็นกลวิธีที่ช่วยให้แก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ง่ายและรวดเร็ว

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกลวิธีเรียนรู้คันจิที่ผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูง และกลุ่มคะแนนต่ำใช้มากที่สุด 5 อันดับแรก (ตารางที่ 1 และตารางที่ 2) พบว่ากลุ่มคะแนนสูงใช้กลวิธีที่หลากหลายกว่ากลุ่มคะแนนต่ำโดยให้ความสนใจในโครงสร้าง เสียงอ่าน ความหมาย และวิธีใช้ของคันจิสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ulambayar (2005) ซึ่งศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้คันจิของนักศึกษามหาวิทยาลัยมอญโกเลีย และพบว่ากลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถทางคันจิสูงใช้กลวิธีที่หลากหลายร่วมกันเช่นการแบ่งกลุ่มคันจิ การเดาความหมายจากบริบท เป็นต้น

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาตารางที่ 3 และตารางที่ 4 จะพบว่าทั้งกลุ่มคะแนนสูง และกลุ่มคะแนนต่ำใช้กลวิธีเกี่ยวกับการวางแผนการเรียน การประเมินผลการเรียนซึ่งเป็นกลวิธีเหนือการรู้คิด ค่อนข้างต่ำ Kobayashi (2002) กล่าวว่ากลวิธีเหนือการรู้คิดในการเรียนรู้คันจิแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านที่เกี่ยวกับความรู้ซึ่งเรียกว่า “ความรู้เหนือการรู้คิด” เช่น “การรู้ว่าการไปจำคันจิอย่างไร” “การรู้ว่าเป้าหมายของการเรียนรู้คันจิคืออะไร” “การรู้ว่าควรใช้กลวิธีแบบใดที่จะช่วยให้ตัวเองจำคันจิได้” และ 2. ด้านที่เกี่ยวกับทักษะซึ่งเรียกว่า “ทักษะเหนือการรู้คิด” เช่น “การสังเกตตนเองว่ากำลังเรียนรู้คันจิอย่างไร” “การวางแผนเพื่อให้รู้ว่าควรเรียนรู้คันจิอย่างไรให้ประสบผลสำเร็จ” เป็นต้น ซึ่งกลวิธีเหล่านี้จำเป็นสำหรับการเรียนให้ประสบผลสำเร็จ ผู้เรียนที่รู้จักวางแผนการเรียน และประเมินผลการเรียนรู้ จะรู้ว่าตัวเองเรียนรู้ได้ดีหรือไม่ดีอย่างไร นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนา กลวิธี รูปแบบการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามแผนการที่วางไว้

จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มคะแนนสูงและกลุ่มคะแนนต่ำด้วย T-TEST ตามผลในตารางที่ 5 พบว่า หัวข้อกลวิธีการเรียนรู้คันจิที่กลุ่มคะแนนสูงมีระดับการใช้สูงกว่ากลุ่มคะแนนต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ กลวิธี “ฉันเชื่อมโยงคันจิตัวใหม่ที่เรียนกับคันจิตัวที่มีเสียงอ่านเหมือนกัน” “ฉันจำคันจิโดยการเขียนซ้ำไปซ้ำมา” และ “ฉันยืมหนังสือหรืออุปกรณ์เพื่อการเรียนรู้คันจิจากห้องสมุด”

สำหรับกลวิธี “ฉันเชื่อมโยงคันจิตัวใหม่ที่เรียนกับคันจิตัวที่มีเสียงอ่านเหมือนกัน” สอดคล้องกับกลวิธี “ฉันเชื่อมโยงคันจิตัวใหม่ที่เรียนกับคันจิตัวที่มีความหมายคล้ายกัน” ที่ผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงใช้มากเป็นลำดับที่ 5 จึงกล่าวได้ว่าผู้เรียนที่มีคะแนนสูงพยายามใช้กลวิธีที่จะช่วยให้การเรียนรู้คันจิเป็นระบบมากกว่าผู้เรียนกลุ่มคะแนนต่ำ โดยการเชื่อมโยงเสียงอ่าน

(onpu : เช่น 「交」ปรากฏใน「校」「効」「郊」จึงอ่านว่า “kou” เหมือนกัน) หรือ ความหมายของคันจิที่คล้ายกัน

สำหรับกลวิธี “ฉันทน์จำคันจิโดยการเขียนเข้าไปซ้ำมา” ช่วยให้ผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงจำ คันจิได้ดีกว่ากลุ่มคะแนนต่ำ นอกจากนี้ กลวิธี “ฉันทน์ยืมหนังสือหรืออุปกรณ์เพื่อการเรียนรู้คันจิ จากห้องสมุด” แสดงให้เห็นว่ากลุ่มคะแนนสูงมีความกระตือรือร้นที่จะพัฒนาการเรียนคันจิ ของตัวเองโดยการหาสื่อการเรียน หรือวิธีการเรียนรู้คันจิใหม่ๆ ที่เหมาะกับตนเองมากกว่า ผู้เรียนกลุ่มคะแนนต่ำ

### ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้คันจิของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชั้นกลางชาวไทยสามารถสรุปได้ว่าผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้คันจิโดยเลือกใช้กลวิธีต่างๆ ผสมผสานเข้าด้วยกัน ได้แก่การฝึกเขียนซ้ำๆ การพยายามจดจำ การเดาความหมายโดยใช้บริบท และจัดกลุ่มจากการเชื่อมโยงคันจิ มากกว่ากลุ่มคะแนนต่ำที่เน้นการจดจำ และการสอบถามผู้อื่นเป็นหลัก

อย่างไรก็ตามทั้งสองกลุ่มใช้กลวิธีเกี่ยวกับกลวิธีเหนือการรู้คิด ซึ่งได้แก่การวางแผนการเรียน และการประเมินผลการเรียนค่อนข้างน้อย

จากผลการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่อการจัดการเรียนการสอนคันจิสำหรับผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวไทยดังนี้

ผู้สอนควรเสนอแนะพฤติกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย และเหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน เช่นแนะนำผู้เรียนที่ยังอ่อนคันจิให้ลองจัดกลุ่มคันจิ โดยเชื่อมโยงคันจิที่เคยเรียน ลองฝึกเดาความหมายคันจิจากบริบทรอบข้าง กำหนดเป้าหมายจำนวนคันจิที่ต้องเขียนเข้าไปซ้ำมาในแต่ละวันซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักเกี่ยวกับโครงสร้าง เสียงอ่าน ความหมาย และวิธีใช้ของคันจิเพิ่มขึ้น สำหรับผู้เรียนที่เรียนคันจิได้ดีอยู่แล้วในระดับหนึ่ง ควรให้ผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้คันจิของตัวเองว่าสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ ถ้ายังไม่สำเร็จควรพิจารณาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนอย่างไร เป็นต้น ทั้งนี้ผู้สอนจำเป็นต้องสำรวจความพร้อมด้านคันจิของผู้เรียนก่อนเป็นลำดับแรก

สำหรับการต่อยอดงานวิจัยในครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาว่าพฤติกรรมการเรียนรู้คันจิ 3 ลำดับแรกของผู้เรียนกลุ่มคะแนนสูงใช้ มีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาทักษะการอ่านมากน้อยเพียงใด

### เอกสารอ้างอิง

- ชนัญญธร รุ่งธัญญนิธิธรรณ. 2555. การศึกษากลวิธีเรียนคันจิของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์การศึกษาตามหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.
- สมชาย ไชยเขตธนัง. 2551. ความเชื่อและกลยุทธ์ในการเรียนคันจิของผู้เรียนชาวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- Bourke, B. 1996. Maximising Efficiency in The Kanji Learning Task. Doctoral Dissertation. Queensland: University of Queensland.
- Hamakawa, Yukiyo. hencho. 2010. Nihongo kyoshi no tame no jissen, kanji shido. Kuroshioshuppan; Tokyo.(in Japanese).
- Kanou, Thieko. 2001. On the Information Processing of Kanji by Foreign Learners: Toward Measurement and Evaluation of Kanji Processing Skills. Studies in language and literature.Language. 39: 45-60.(in Japanese).
- Kanou, Thieko et al. 1993. Intermediate Kanji Book (kanji 1000 Plus) vol.1. BONJINSHA: Tokyo.(in Japanese).
- Kawaguchi, Yoshikazu. Kanou, Thieko and Sakai, Junko.1995. Nihongo Kyoshi no Tame no Kanji ShidoAideaBukku. Sotakusha: Tokyo. (in Japanese)
- Kobayashi, Yukiko. 2002. Role of ‘Metacognition’ Study for kanji Learning and Teaching. Journal of Japanese education methods. 9(2): 14-15. (in Japanese).
- Oxford, R. L. 1990. Language learning strategies: What every teacher should know. Boston: Heinle & Heinle.
- Taniguchi, Miho. 2016. Kanji Learning Strategies of Malaysian Students in a Preparatory Course for Japanese Universities: How the Use of Strategies Change Over Time and How It Varies Between High and Low Achievers. The Japan Foundation Japanese-Language Education Bulletin. 12: 7-23. (in Japanese)
- Ulambayar, Tsetsegdulam. 2005. Mongoruouritsukagakugijyutsudaigaku no daigakuseigashiyoushiteiru kanji gakushusutorateji: kanji shirabasu no

---

sakuseinimukete. Journal of Japanese Language and Culture. 1: 201-228.(in Japanese).

Ulambayar, Tsetsegdulam. 2009. Current state and issues of research on learning strategy of Kanji: the effective Kanji strategy for a learner's with no Kanji background. Journal of Japanese Language and Culture. 5: 43-52. (in Japanese).

Ulambayar, Tsetsegdulam. 2013. The Efficacy of Instruction Encouraging Lexical Inference of the Meaning of Unknown Kanji Words: From the perspective of the use and accuracy of knowledge sources at lexical inference. Acquisition of Japanese as a Second Language.16: 178-195. (in Japanese).

Yamagata, Junko. 2008. Japanese learners' lexical inferencing in text comprehension: the effects of L2 linguistic knowledge and native language background. Journal of Japanese language teaching. Nihongo Kyoiku. 139: 42-51. (in Japanese).

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Factor Influencing Alcohol Drinking Behavior among the Students in  
Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

ณวิสาร จุลเพชร\* รจนา คณากุล และ ณัฐริกา ชอบกาน

Nawisa Jullapech\*, Rochana Kanakoon and Nattarika Chorbkan

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

\*Corresponding author : nawisa.ju@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการ  
จำแนกการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช  
กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 370 คน เลือกรandom  
ตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ โดยให้คณะเป็นตัวแทนระดับชั้นภูมิ และใช้วิธีการเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่าย  
แต่ละชั้นภูมิ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น 0.95 วิเคราะห์  
ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ร้อยละและการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบ  
สองกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยเพศหญิง คณะวิทยาการจัดการ ศาสนาพุทธ ด้านผลกระทบ  
และทัศนคติ และด้านความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อน เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มี  
แอลกอฮอล์ของนักศึกษา และตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบสองกลุ่มสามารถ  
จำแนกกลุ่มได้ถูกต้อง 75.94% สามารถทำนายโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ได้  
55.00% และสามารถทำนายโอกาสในการไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ได้ 87.40% โดยมี  
อัตราความผิดพลาดในการจัดกลุ่ม 24.05%

**คำสำคัญ:** ปัจจัยอิทธิพล เครื่องดื่มแอลกอฮอล์

Abstract

The purpose of this research was to study the behaviors and factors  
influencing the alcoholic beverage classification among Nakhon Si Thammarat

Rajabhat University students. The samples were 370 students from Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. They were selected by using stratified random sampling; the faculty is a variable layer and simple random sampling was used for each stratum. The research instrument was a questionnaire with reliability of 0.95. The data were analyzed by using descriptive statistics consist of frequency, percentage, and binary logistic regression analysis. The research found that female gender, faculty of Management, Buddhism religion, impact and attitude and the relationships with friends were the factors influencing alcohol drinking behavior among the students. And the two groups of logistic regression models were able to identify correctly at 75.94%. The results can predict a chance student will drink alcohol beverages with the percentage of 55%, a chance students will not drink alcohol beverages with the percentage of 87.40%. The error rate in the grouping was 24.05%.

**Keywords:** Factor, The influence, Alcoholic drinking

## บทนำ

เนื่องจากสภาพสังคมในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจึงทำให้มนุษย์มีการปรับตัวเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้มนุษย์จึงเกิดความเครียดและมีการแก้ปัญหาของตนเองโดยยึดหลักค่านิยมที่ผิด เช่น การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ซึ่งในอดีตการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อาจเป็นเรื่องของผู้ใหญ่เพราะเป็นวัยทำงานต้องเข้าสังคม แต่ในปัจจุบันจากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติพบว่า เด็กรุ่นใหม่มีแนวโน้มดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เพิ่มมากขึ้นและเริ่มดื่มที่อายุน้อยลงซึ่งอาจเป็นสาเหตุจากเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย มีราคาไม่สูง หาซื้อได้ง่ายและพบได้ทั่วไป จากสถิติการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในจังหวัดนครศรีธรรมราชในปี 2554 ของสำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พบว่าเพศชายในช่วงอายุ 15-19 ปี มีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 19.70% ส่วนเพศหญิงมีการดื่ม 0.2% เพศชายช่วงอายุ 20-39 ปี มีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 55.70% ส่วนเพศหญิงมีการดื่ม 7.50% เพศชายช่วงอายุ 40-59 ปี มีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 47.10% ส่วนเพศหญิงมีการดื่ม 6.20% เพศชายช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป มีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 22.80% ส่วนเพศหญิงมีการดื่ม 3.00% ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มี

อิทธิพลต่อการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์ที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เพื่อศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำหน่ายการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์ที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และเพื่อนำผลวิจัยมาเป็นแนวทางในการสร้างความตระหนักให้กับนักศึกษาในการหลีกเลี่ยงการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์แอลกอฮอล์ โดยการใช้การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกแบบสองกลุ่มจำหน่ายนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่ตีพิมพ์และไม่ตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์ที่มีแอลกอฮอล์

### วิธีการศึกษา

**ประชากร (population)** ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาปริญญาตรีภาคปกติที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 8,735 คน (ข้อมูลจากสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช)

**กลุ่มตัวอย่าง (sample)** ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชจำนวน 370 คน โดยใช้วิธีการคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการประมาณค่าสัดส่วน (มัลลิกา, 2551) และทำการเลือกหน่วยตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) โดยให้คณะเป็นตัวแทนแปรชั้นภูมิ และใช้วิธีการเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่ายแต่ละชั้นภูมิ

**เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล**ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำหน่ายการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์ที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชโดยทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาด้วยการหาค่า IOC จากการให้คะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และทำการตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) มีค่าเท่ากับ 0.95 ซึ่งแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือได้

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเก็บแบบสอบถามนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 370 คน เป็นระยะเวลา 1 เดือนตั้งแต่วันที่ 1-30 พฤศจิกายน 2560 จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลกำหนดรหัสของข้อมูล และทำการบันทึกข้อมูลลงคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล

**การวิเคราะห์ข้อมูล**ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ร้อยละ และการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบสองกลุ่ม (Binary Logistic Regression Analysis) จำแนกนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่ตีพิมพ์และไม่ตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์ที่มีแอลกอฮอล์



### ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำแนกการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชโดยทำการรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษา จำนวน 370 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

ผลการศึกษาพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษา พบว่า ใน 1 ปีที่ผ่านมา นักศึกษาส่วนใหญ่เคยดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ 61.89% เครื่องดื่มที่ดื่มมากที่สุดคือ เบียร์ 58.51% โดยส่วนใหญ่ดื่มเดือนละครั้ง 24.02% มีเพื่อนชักชวน 72.93% โดยดื่มกับเพื่อน 93.01% มักจะดื่มที่สถานบันเทิง 61.13% และส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์จากสื่อสังคมออนไลน์ 69.43%

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษา พบว่า ปัจจัยเพศหญิง ( $x_1$ ) คณะวิทยาการจัดการ ( $x_2$ ) ศาสนาพุทธ ( $x_3$ ) ด้านผลกระทบและทัศนคติ ( $x_4$ ) และด้านความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อน ( $x_5$ ) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ซึ่งสามารถสร้างตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบสองกลุ่ม สำหรับการพยากรณ์การดื่มหรือไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ดังนี้

$$P(y) = \frac{1}{1 + e^{-w}}$$

โดย  $w = -6.250 - 1.240 x_1 + 1.061 x_2 + 0.927 x_3 + 1.489 x_4 + 0.565 x_5$

ซึ่งปัจจัยทั้งหมดสามารถทำนายความผันแปรของการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้ 31.90% (Nagelkerke  $R^2 = 0.319$ ) และสามารถทำนายโอกาสในการดื่มและไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้ดังนี้

จากตารางที่ 1 ผลการทำนายโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ พบว่า ตัวแบบการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression) สามารถทำนายโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ได้ 55.00% ทำนายโอกาสในการไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาได้ 87.40% โดยเฉลี่ยสมการถดถอยโลจิสติกสามารถทำนายโอกาสที่ดื่มและไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาได้ 75.94% และสามารถคำนวณความผิดพลาดในการจัดเข้ากลุ่ม

(Apparent Error Rate) ได้เท่ากับจำนวนที่จัดเข้ากลุ่มผิดหารด้วยจำนวนตัวอย่างทั้งหมดซึ่งในการจำแนกกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกแบบสองกลุ่มในการศึกษาครั้งนี้มีอัตราความผิดพลาดในการจัดเข้ากลุ่มเท่ากับ  $(59+30)/370 = 0.2405$  หรือ 24.05%

### ตารางที่ 1 การทำนายโอกาสในการดื่มและไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษา

พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	ผลการทำนายโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์		
	ไม่ดื่ม	ดื่ม	%ความถูกต้อง
ไม่ดื่ม	209	30	87.40
ดื่ม	59	72	55.00
รวม			75.94

### วิจารณ์

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช พบว่าอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาส่วนใหญ่มาจากเพื่อนชักชวนให้ดื่ม 72.93% และดื่มร่วมกับเพื่อนถึง 93.01% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัมมันดา และอมรา (2560) ที่สรุปว่าส่วนใหญ่ นักศึกษาดื่มแอลกอฮอล์ร่วมกับเพื่อน 78.70% และสอดคล้องงานวิจัยของ อังสุมาลิน และคณะ (2560) ที่สรุปว่าบุคคลที่นักศึกษาร่วมดื่มด้วยคือเพื่อน 84.00% ประเภทเครื่องดื่มที่นักศึกษาดื่มมากที่สุดคือเบียร์ 58.51% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของลักษณะและคณะ (2551) ที่สรุปว่าประเภทของสุราที่นักศึกษาดื่มมากที่สุดคือเบียร์ 61.3% และสอดคล้องงานวิจัยของปรียากร (2560) ที่สรุปว่ากลุ่มตัวอย่างนิยมดื่มเบียร์มากที่สุด สถานที่ที่ดื่มเครื่องดื่มส่วนใหญ่จะดื่มในสถานบันเทิง 61.13% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุทธิรักษ์และคณะ (2553) ที่สรุปว่าการดื่มสุราของนักศึกษาส่วนใหญ่จะดื่มที่ผับ บาร์ เคาท์ 31.30% และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประไพรัตน์ (2554) ที่สรุปว่านิสัยปริญญาดรส่วนใหญ่จะดื่มกับเพื่อนที่สถานบันเทิงและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) มี 5 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยเพศ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของลักษณะและคณะ (2551) ที่สรุปว่าเพศมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดื่มสุราของนักศึกษาและสอดคล้องกับงานวิจัยของดรณวรรณ (2560) ที่สรุปว่าเพศมีผลต่อพฤติกรรมการป้องกันการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัย ปัจจัยคณะ ปัจจัยศาสนา ปัจจัยด้านความสัมพันธ์

กับกลุ่มเพื่อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรัตติยาและเชษฐ (2555) ที่สรุปว่าแรงสนับสนุนจากกลุ่มเพื่อนมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักศึกษา ปัจจัยด้านผลกระทบและทัศนคติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรัตติยา และเชษฐ (2555) ที่สรุปว่าทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยระดับปริญญาตรี และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรเมศวร์และคณะ (2560) ที่สรุปว่าปัจจัยด้านทัศนคติต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนซึ่งปัจจัยทั้งหมดสามารถทำนายความผันแปรของการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้ 31.90% โดยสามารถทำนายโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาได้ 55.00% และโอกาสในการไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาได้ 87.40% โดยเฉลี่ยสามารถทำนายโอกาสในการดื่มและไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาได้ 75.94%

### สรุป

จากผลการศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำแนกการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช สามารถสรุปผลได้ดังนี้

พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของของนักศึกษา พบว่าใน 1 ปีที่ผ่านมา นักศึกษาส่วนใหญ่เคยดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ 61.89% เครื่องดื่มที่ดื่มมากที่สุดคือ เบียร์ 58.51% โดยส่วนใหญ่ดื่มเดือนละครั้ง 24.02% มีเพื่อนชักชวน 72.93% โดยดื่มกับเพื่อน 93.01% มักจะดื่มที่สถานบันเทิง 61.13% และส่วนใหญ่รับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์จากสื่อสังคมออนไลน์ 69.43%

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามี 5 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยเพศหญิงคณะวิทยาการจัดการ ศาสนาพุทธ ปัจจัยด้านผลกระทบและทัศนคติและปัจจัยด้านความสัมพันธ์กับกลุ่มเพื่อนซึ่งปัจจัยทั้งหมดสามารถทำนายความผันแปรของการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้ 31.90% ( $Nagelkerke R^2=0.319$ ) โดยสามารถทำนายโอกาสในการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาได้ 55.00% และโอกาสในการไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาได้ 87.40% โดยเฉลี่ยสามารถทำนายโอกาสในการดื่มและไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาได้ 75.94%

### ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยในครั้งนี้ทำการศึกษาพฤติกรรมการดื่มหรือไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาเท่านั้น ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษาแต่ละชั้นปีหรือแต่ละคณะหรือของกลุ่มวัยรุ่น เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในกลุ่มนักศึกษาและกลุ่มวัยรุ่นต่อไป

2. ควรทำการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับแนวทางในการอบรมเลี้ยงดูบุตรหลานในกลุ่มผู้ปกครองที่มีบุตรหลานไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เพื่อนำไปพัฒนาโปรแกรมสำหรับการดูแลอบรมเลี้ยงดูบุตรหลานเผยแพร่ในกลุ่มผู้ปกครอง

### เอกสารอ้างอิง

ดร.ฉนวนวรรณ สมใจ. 2560. พฤติกรรมป้องกันการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัย: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง. วารสาร มจร.วิชาการ. 20(40): 127-139.

ปรียากร ลังกา. 2560. “พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจังหวัดแม่ฮ่องสอน”. กลุ่มงานเทคโนโลยีสารสนเทศและสนับสนุนวิชาการ โรงพยาบาลธัญญารักษ์แม่ฮ่องสอน, แม่ฮ่องสอน.

ประไพรัตน์ คาวินวิทย์. 2554. “ปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ”. สารนิพนธ์หลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

มัลลิกา บุณนาค. 2551. สถิติเพื่อการวิจัยและตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 7. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

รัตติยา บัวสอน และเชษฐ รัชดาพรธนาธิกุล. 2555. พฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยระดับปริญญาตรีในเขตกรุงเทพมหานคร. รามาธิบดีพยาบาลสาร. 18(2): 259-271.

ลักษณะ อินทร์กลับ อัญชลี จงอรจันทรโก อารังศักดิ์ กรรณาริก กษวรรณ ขจรเสรี พจนีย์ ศรีศรี ออินทรา มีอินทร์เกิด วารุณี สิงห์เสน่ห์ และสุนทร อเนก. 2551. “พฤติกรรมการดื่มสุราและการรับรู้ผลกระทบจากการดื่มสุราของนักศึกษาสถาบันอุดมศึกษาเอกชนในเขตกรุงเทพตะวันตกและปริมณฑล”. มหาวิทยาลัยคริสเตียน, กรุงเทพมหานคร.

- สุรเมศวร์ ฮาซิม รัตนา เลิศสุวรรณศรี และรมิดา ศรีเหรา. 2560. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์แอลกอฮอล์ของนักเรียนชั้นมัธยมปลาย จังหวัดปทุมธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.6(1): 1-10.
- สุทธิรักษ์ ไชยรักษ์ สมชาย รักกลาง พงศ์มิตร โพธิ์กลาง สุปรีชา เครือคนโท รัชดา อนงค์เวช สืบศักดิ์ มีพวงพินธุ์ และเอนก ทองไทย. 2553. “พฤติกรรมกรรมการตีพิมพ์สุราของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2551”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- อังสมาลีณ จันทรมณี สุกัญญา โลจนาภิวัดน์ และจุฑารัตน์ สถิรปัญญา. 2560. ปัจจัยและพฤติกรรมกรรมการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์แอลกอฮอล์ของวัยรุ่นหญิงในสถาบันอาชีวศึกษาระดับศึกษาจังหวัดสงขลา. วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 28(2): 117-129.
- อัมมندا ไชยกาญจน์ และ อมรา ไชยกาญจน์. 2560. พฤติกรรมการตีพิมพ์เครื่องตีพิมพ์แอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์). 7(1): 103-113.

**ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบ  
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช**  
**Factors Related to Health Behavior of the Elderly in the Area of  
Responsibility the Sub-district Thangam Health Promoting Hospital,  
Muang District, Nakhon Si Thammarat Province**

ณวิสาร จุลเพชร\* เรวดี พ่วงแมกLONG ฤทัยวรรณ สุดชู และ กาญจนา ยีสมัน  
Nawisa Jullapech\*, Rewadee Puangmaeklong, Ruthaiwan Sadchu  
and Kanjana Yeesaman

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช  
Faculty of Science and Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

\*Corresponding author : dennapa.j@gmail.com

**บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ ผู้สูงอายุจำนวน 150 คน โดยเลือกตัวอย่างแบบอย่างง่ายด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์ ผลการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุเป็นเพศหญิง 51.30% เป็นเพศชาย 48.70% มีอายุอยู่ในช่วง 60-69 ปี มากที่สุด 42.67% โดยส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส เรียนจบชั้นประถมศึกษา มีครอบครัวเป็นผู้ดูแล ไม่มีโรคประจำตัว และมีสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งผู้สูงอายุมีระดับความคิดเห็นต่อพฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับมากโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 โดยพฤติกรรมสุขภาพด้านจิตใจและอารมณ์มีความสัมพันธ์กับอายุ พฤติกรรมสุขภาพด้านความสัมพันธ์ทางสังคมมีความสัมพันธ์กับโรคประจำตัว พฤติกรรมสุขภาพด้านการรับประทานอาหารมีความสัมพันธ์การดูแลผู้สูงอายุและโรคประจำตัว พฤติกรรมสุขภาพด้านการจัดการความเครียดมีความสัมพันธ์กับเพศ และพฤติกรรมสุขภาพด้านสภาพสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับอายุและระดับการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

**คำสำคัญ:** พฤติกรรมสุขภาพ ผู้สูงอายุ ความสัมพันธ์

## Abstract

The purposes of this research were to study the relationships of factors related to health behavior of the elders in the responsible area, Thangam Sub-district Health Promoting Hospital, Muang Nakhon Si Thammarat District Nakhon Si Thammarat Province. A sample of 150 elders were drawn from using simple random sampling. Questionnaire with reliability of 0.78 was a tool in this research. Frequency, percentage, mean, and standard deviation were used to analyze the data. Then Chi-square test was used in the correlation analysis. The results revealed that there were 51.30% of female elders and 48.70% of male elders, age between 60-69 years old had the highest population with 42.67%. Most of them were married, primary school graduated, received care from family, no disease, and their health were moderate. Their concerns on health behavior were quite high with the mean of 3.89 and the standard deviation of 0.46. Their health behaviors in mental and emotional were correlated to age. Then health behaviors according to social relationship were related to their diseases. Their health behaviors in eating were related with received care and their disease. Their health behaviors according to stress management were related to their gender. Lastly, their health behaviors due to environment were related to their age and education level ( $P < 0.05$ ).

**Keywords:** Health behavior, Elders, Relationship

## บทนำ

ประเทศไทยก้าวสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging Society) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 และมีแนวโน้มสถานการณ์ผู้สูงอายุเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งจำนวนและสัดส่วน โดยพบว่าประชากรมีอายุ 65 ปีขึ้นไป 7.4% และอายุ 60 ปีขึ้นไป 12% มีการคาดการณ์ว่าอีก 20 ปีข้างหน้า ประเทศไทยจะเป็นสังคมสูงวัยระดับสุดยอด (Super Aged Society) กล่าวไว้ในอีก 7 ปีข้างหน้า ประเทศไทยจะกลายเป็นสังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ (Aged Society) ในขณะที่มีแนวโน้มผู้สูงอายุอยู่คนเดียวหรืออยู่ลำพังกับคู่สมรสมากขึ้น ซึ่งมีผลต่อการให้การดูแลผู้สูงอายุทั้งด้านร่างกายและจิตใจ โดยเฉพาะการเจ็บป่วยเป็นโรคเรื้อรัง เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน หรือโรค

ไข่มุนในเส้นเลือดสูง ซึ่งโรคเหล่านี้มีแนวโน้มสูงขึ้นและเป็นโรคที่รักษาไม่หาย จึงทำให้มีความต้องการดูแลอย่างต่อเนื่องและระยะยาว และหลังจากการดำเนินงานตามแผนงานส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและผู้พิการระยะเวลา 1 ปี สำนักส่งเสริมกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข มีนโยบายด้านสุขภาพ จึงจัดทำ “โครงการสำรวจสุขภาพผู้สูงอายุไทยปี พ.ศ.2556 ภายใต้แผนงานส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและผู้พิการ” โดยมุ่งเน้น เพื่อนำประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินงานตามแผนงาน ไปปรับปรุงและพัฒนาแผนคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุและคนพิการระยะต่อไป (แผนงานส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและผู้พิการ, 2556) ต่อมาในปี พ.ศ.2558 พบว่า จังหวัดนครศรีธรรมราชมีจำนวนผู้สูงอายุทั้งหมด 232,722 คน ซึ่งพบว่า มีปัญหาผู้สูงอายุที่ยากจนและมีภาวะเสี่ยงดูบุตรหลาน จำนวน 9,904 คน 54.24% มีปัญหาผู้สูงอายุที่ยังไม่ได้แจ้งจดทะเบียนเพื่อรับเบี้ยยังชีพ ได้ไปแจ้งจดทะเบียนเพื่อรับเบี้ยยังชีพตามกำหนด จำนวน 4,820 คน 26.39% และมีผู้สูงอายุที่ไม่สามารถเข้าถึงบริการกิจกรรมสำหรับผู้สูงอายุในด้านต่างๆ เช่น ด้านฝึกอาชีพ ด้านสุขภาพ และด้านนันทนาการ จำนวน 2,639 คน 14.45% (แผนยุทธศาสตร์ผู้สูงอายุจังหวัดนครศรีธรรมราช ปี 2558-2560)

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม อำเภอมะเอนก จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการวางแผนการส่งเสริมสุขภาพให้กับผู้สูงอายุในชุมชนให้มีพฤติกรรมดูแลสุขภาพที่เหมาะสม

### วิธีการศึกษา

**ประชากร (population)** ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม อำเภอมะเอนก จังหวัดนครศรีธรรมราช ทั้งหมดจำนวน 457 คน (ข้อมูลจากเทศบาลตำบลท่างาม ณ วันที่ 27 กันยายน 2560)

**กลุ่มตัวอย่าง (sample)** ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม จำนวน 150 คน โดยคำนวณขนาดตัวอย่างจากสูตรทาโรยามาเน่ (Taro Yamane) (ธานินทร์,2552:45) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และใช้วิธีการเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่าย

**เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล**ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริม



สุขภาพตำบลบ้านท่างาม อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาด้วยการหาค่า IOC จากการให้คะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และทำการตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) มีค่าเท่ากับ 0.78 ซึ่งแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือได้

**การเก็บรวบรวมข้อมูล** การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเก็บแบบสอบถามผู้สูงอายุในหมู่ที่ 5 และหมู่ที่ 6 ในเขตความรับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม จำนวน 150 คน เป็นระยะเวลา 1 เดือนตั้งแต่วันที่ 1-30 ธันวาคม 2560 จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล กำหนดรหัสของข้อมูล และทำการบันทึกข้อมูลลงคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล

**การวิเคราะห์ข้อมูล** ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์

### ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็น การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราชโดยทำการรวบรวมข้อมูลผู้สูงอายุ จำนวน 150 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้สูงอายุกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน พบว่า เป็นผู้สูงอายุเพศหญิง 51.30% เป็นเพศชาย 48.70% มีอายุอยู่ในช่วง 60-69 ปี มากที่สุด 42.67% โดยส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส 74.70% มีสถานภาพหย่าร้าง/หม้าย 23.30% มีสถานภาพแยกกัน 1.30% และมีสถานภาพโสดน้อยที่สุด 0.70% ผู้สูงอายุเรียนจบชั้นประถมศึกษามากที่สุด 72.70% เป็นผู้สูงอายุไม่ได้เรียน 22.00% และเป็นผู้สูงอายุเรียนจบมัธยมขึ้นไป 5.3% ส่วนใหญ่มีครอบครัวเป็นผู้ดูแล 98.00% และไม่มีผู้ดูแล 2.00% ซึ่งผู้สูงอายุไม่มีโรคประจำตัว 28.00% และมีโรคประจำตัว 72.00% อาทิเช่น โรคความดันโลหิตสูง 22.70% โรคข้อเข่าเสื่อม 11.20% และโรคอื่นๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคหอบ โรคหัวใจ โรคภูมิแพ้ เป็นต้น 38.10% และผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุมีระดับความคิดเห็นต่อพฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับมากโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เท่ากับ 0.46 ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่ผู้สูงอายุออกกำลังกายสม่ำเสมอ 60.00% ออกกำลังกาย บางครั้ง 32.70% และไม่ออกกำลังกายเลย 7.30% โดยผู้สูงอายุมักออกกำลังกายด้วยวิธีการเดิน แกว่งแขนหรือแกว่งขาประมาณ 30 นาที/วัน มีผู้สูงอายุไม่สูบบุหรี่ 66.70% สูบบุหรี่อย่าง สม่ำเสมอ 22.70% และสูบบุหรี่บางครั้ง 10.60% โดยผู้สูงอายุมักสูบบุหรี่ใบจากประมาณ 10-20 มวน/วัน ส่วนใหญ่ผู้สูงอายุที่ไม่ดื่มสุรालะเลย 82.70% ดื่มสุรบบางครั้ง 13.30% และดื่มสุรา สม่ำเสมอ 4.00% โดยผู้สูงอายุมักดื่มเหล้าขาว 35 ดีกรีประมาณ 2-3 วัน/สัปดาห์ ผู้สูงอายุมี การตรวจสุขภาพสม่ำเสมอ 84.00% ตรวจสุขภาพบางครั้ง 6.00% และไม่ตรวจสุขภาพเลย 10.00% โดยผู้สูงอายุจะไปตรวจสุขภาพที่โรงพยาบาลมาราชาและโรงพยาบาลส่งเสริม สุขภาพตำบลบ้านท่างามประมาณ 2 ครั้ง/ปีและผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีการเข้าร่วมกิจกรรมของ หมู่บ้านอย่างสม่ำเสมอ 47.30% ผู้สูงอายุเข้าร่วมกิจกรรมของหมู่บ้านบางครั้ง 26.70% และ ผู้สูงอายุไม่เข้าร่วมกิจกรรมของหมู่บ้านเลย 26.00% โดยผู้สูงอายุเข้าร่วมกิจกรรมการประชุม หมู่บ้านและเข้าร่วมกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุประมาณ 1 ครั้ง/เดือน

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุมีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพด้าน สภาพแวดล้อมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาด้านความสัมพันธ์ทางสังคม ด้านการออกกำลังกาย ด้านการรับประทานอาหาร ด้านจิตใจและอารมณ์ ด้านการป้องกันโรค และด้านการ จัดการความเครียดน้อยที่สุด

และผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพื้นฐานกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับ พฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ พบว่า อายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ ด้านจิตใจและอารมณ์มีค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 22.773 ( $P$ -value=0.040) อายุมี ความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุด้านสภาพสิ่งแวดล้อมมีค่าสถิติไคสแควร์ เท่ากับ 9.950 ( $P$ -value = 0.019) เพศมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุด้าน การจัดการความเครียดมีค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 10.404 ( $P$ -value = 0.034)การดูแล ผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุด้านการรับประทานอาหารมีค่าสถิติ ไคสแควร์เท่ากับ 9.570 ( $P$ -value = 0.048) โรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรม สุขภาพของผู้สูงอายุด้านความสัมพันธ์ทางสังคมมีค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 6.516 ( $P$ -value = 0.038) โรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุด้านการ รับประทานอาหารมีค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 13.872 ( $P$ -value = 0.008) และระดับ

การศึกษามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุด้านสภาพสิ่งแวดล้อมมีค่าสถิติไคส  
แควร์เท่ากับ 35.997 ( $P$ -value=0.000) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

### วิจารณ์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ ใน  
เขตความรับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม อำเภอเมือง จังหวัด  
นครศรีธรรมราชพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับ  
เนตรดาว (2557) ที่ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ  
ที่ว่าผู้สูงอายุมีพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพอยู่ในระดับปานกลางซึ่งสอดคล้องกับ ภรณ์ และ  
วิมลฤดี (2558) ที่ศึกษาพฤติกรรมดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุ ที่ว่าผู้สูงอายุมีระดับพฤติกรรม  
การดูแลสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับมนทิญาและจรรยา (2558) ที่ว่าผู้สูงอายุ  
มีพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพอยู่ในระดับปานกลางผู้สูงอายุมีระดับความคิดเห็นต่อพฤติกรรม  
สุขภาพอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับอนุสรณ์และคณะ (2558) ที่ว่าผู้สูงอายุมีพฤติกรรม  
ส่งเสริมสุขภาพอยู่ในระดับมากและอายุของผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพด้าน  
จิตใจและอารมณ์และพฤติกรรมสุขภาพด้านสภาพสิ่งแวดล้อมโรคประจำตัวของผู้สูงอายุมี  
ความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพด้านความสัมพันธ์ทางสังคมและพฤติกรรมสุขภาพด้านการ  
รับประทานอาหารการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์พฤติกรรมสุขภาพด้านการรับประทานอาหาร  
อาหาร เพศของผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพด้านการจัดการความเครียดและ  
ระดับการศึกษาของผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพด้านสภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่ง  
สอดคล้องกับ นิทรา และศันสนีย์ (2559) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสุขภาพของผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่  
ในชุมชน ที่ว่าปัจจัยโรคประจำตัวและระดับการศึกษาที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพ

### สรุป

จากผลการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขต  
ความรับผิดชอบโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านท่างาม ตำบลท่าจั่ว อำเภอเมือง จังหวัด  
นครศรีธรรมราช สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ผู้สูงอายุเป็นเพศหญิง 51.30% เป็นเพศชาย 48.70% มีอายุอยู่ในช่วง 60-69 ปี มาก  
ที่สุด 42.67% โดยส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส 74.70% เรียนจบชั้นประถมศึกษา 72.70% มี

ครอบครัวเป็นผู้ดูแล 98.00% มีโรคประจำตัว 72.00% และส่วนใหญ่มีสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง 50.60%

ผู้สูงอายุมีระดับความคิดเห็นต่อพฤติกรรมสุขภาพอยู่ในระดับมากโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 ซึ่งส่วนใหญ่ผู้สูงอายุออกกำลังกายสม่ำเสมอ 60.00% โดยผู้สูงอายุมักออกกำลังกายด้วยวิธีการเดินแกว่งแขนหรือแกว่งขาประมาณ 30 นาที/วัน มีผู้สูงอายุส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ 66.70% และไม่ดื่มสุราเลย 82.70% ผู้สูงอายุมีการตรวจสุขภาพสม่ำเสมอ 84.00% โดยผู้สูงอายุจะไปตรวจสุขภาพที่โรงพยาบาลมาราชและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านทำงานประมาณ 2 ครั้ง/ปีและยังพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีการเข้าร่วมกิจกรรมของหมู่บ้านอย่างสม่ำเสมอ 47.30% โดยผู้สูงอายุเข้าร่วมกิจกรรมการประชุมหมู่บ้านและเข้าร่วมกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุประมาณ 1 ครั้ง/เดือน และผู้สูงอายุมีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพด้านสภาพแวดล้อมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาด้านความสัมพันธ์ทางสังคม ด้านการออกกำลังกายด้านการรับประทานอาหาร ด้านจิตใจและอารมณ์ ด้านการป้องกันโรค และด้านการจัดการความเครียดน้อยที่สุด

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพื้นฐานกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุพบว่า พฤติกรรมสุขภาพด้านจิตใจและอารมณ์มีความสัมพันธ์กับอายุ พฤติกรรมสุขภาพด้านความสัมพันธ์ทางสังคมมีความสัมพันธ์กับโรคประจำตัว พฤติกรรมสุขภาพด้านการรับประทานอาหารมีความสัมพันธ์การดูแลผู้สูงอายุและโรคประจำตัว พฤติกรรมสุขภาพด้านการจัดการความเครียดมีความสัมพันธ์กับเพศ และพฤติกรรมสุขภาพด้านสภาพสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับอายุและระดับการศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

### ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ควรศึกษาประสิทธิภาพของการดูแลผู้สูงอายุ โดยการนำปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุไปเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย
2. ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านทำงานเท่านั้น ควรทำการศึกษากลุ่มผู้สูงอายุในเขตความรับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอื่นเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง และนำไปวางแผนในการปรับปรุงและพัฒนาสุขภาพของผู้สูงอายุ

### เอกสารอ้างอิง

- กนกทิพย์ พัฒนาพัวพัน. 2554. สถิติเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์ไพบูลย์เซียวิ,  
กรุงเทพมหานคร.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554. หลักการสถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 13. บริษัทธรรมสารจำกัด,  
กรุงเทพมหานคร.
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2552. การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 10.  
ปิสชินเนสอาร์แอนด์ดี, กรุงเทพมหานคร.
- นิทรา กิจธีระวุฒิมิวงษ์, และศันสนีย์ เมฆรุ่งเรืองวงศ์. 2559. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสุขภาพของ  
ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชน. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา. 11(1): 65.
- เนตรดาว จิตโสภาคกุล. 2557. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุใน  
ชุมชนหมู่ที่ 6 ตำบลบึงศาล อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก. วารสารวิชาการ  
มหาวิทยาลัยปทุมธานี. 6(3): 171.
- ภรณ์ ตั้งสุรัตน์. 2558. พฤติกรรมการดูแลสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลตำบลบางเมือง  
อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการและงานวิจัย. 20.
- มนทิญา กงลา และจรรยา กงลา. 2558. พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขต  
รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลท่าโฮ อำเภอศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี.  
วารสารวิชาการงานวิจัย. 2: ภาคโปสเตอร์.
- อนุสรณ์ เป้าสูงเนิน วาริน แนวกลาง วีรยา ย่อยกระโทก สมพิช คามณี อรรอุมา เดชทุ่งคา  
และอารญา สิมมา. 2558. พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่  
รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลกุดจิกอำเภอสูงเนิน จังหวัด  
นครราชสีมา. วารสารวิชาการ. น. 1339-1349. ใน: การประชุมมหาดใหญ่วิชาการ  
ระดับชาติ. ครั้งที่ 6 วันที่ 26 มิถุนายน 2558. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, สงขลา.

ผลกระทบของพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่  
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต  
Impacts of Using Internet through Mobile Electronic Devices to Learning  
Result of Dhurakij Pundit University Students

ปิยลักษณ์ พงษ์ทวีวิรัตน์ และ สำราญ ไผ่นวล\*

Piyalak Pongtawevirat and Sumran Phainoun\*

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

College of Innovative Technology and Engineering Dhurakij Pundit University

\* Corresponding author: Sumran.pha@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ชั้นปีที่ 2 จำนวน 364 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบสมมติฐานด้วย t-test และ F-test เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ผลการวิจัยพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คณะบริหารธุรกิจเกรดเฉลี่ยรวม (GPA) คือ 2.85 รายได้ต่อเดือน อยู่ในช่วง 5,001 บาทขึ้นไป โดยมีแหล่งที่มาของรายได้มาจากผู้ปกครอง และใช้ Smart Phone อุปกรณ์เชื่อมต่อ ตอนที่ 2 พฤติกรรมการใช้ประโยชน์จากอินเทอร์เน็ตเพื่อความรู้ด้านการศึกษาพบว่า ใช้เพื่อค้นหาข้อมูลงานหรือการบ้านที่ได้มอบหมาย มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 3.83$ , S.D. = 0.57) พฤติกรรมด้านการติดต่อสื่อสารและบันเทิงใช้เพื่อติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายสังคมออนไลน์ ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.13$ , S.D. = 0.57) และ ตอนที่ 3 พฤติกรรมด้านผลกระทบจากการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ ส่งผลกระทบต่อด้านการศึกษา สุขภาพ และด้านสังคม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 3.37$ , S.D. = 0.71)

**คำสำคัญ:** พฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ต อินเทอร์เน็ต สื่อสังคมออนไลน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## Abstract

The Objective of this research was to study the impact of mobile Internet usage behavior on the academic achievement of students at Dhurakij Pundit University. The sample group of this research consisted of 364 sophomores at Dhurakij Pundit University. The statistics involved in the analysis of this research include percentage, average, standard deviation, testing hypothesis with t-test and F-test. Questionnaire, which organized into three sections, was used as a tool for the survey. The first section inquired individual factors. Most of the samples were female students from the faculty of Business Administration with average GPA. of 2.85 and average monthly income of more than 5,001 baht. Mainly, such income was from their parents. The majority of the samples connected to the Internet by using smartphones. The second section collected how the Internet was used for educational purposes. It revealed that the usage level of the Internet for information searching was high ( $\bar{x}$ =3.83, S.D. = 0.57). Similarly, the usage level of the Internet to connect with social media for communication and entertainment was, also, high ( $\bar{x}$ =4.13, S.D. = 0.57). Finally, the findings from the third section showed that the impact of mobile Internet usage behavior on education, health, and social life was high ( $\bar{x}$ = 3.37, S.D. = 0.71)

**Keywords:** Internet usage behavior, Internet, Social media, Academic achievement

## บทนำ

จากรายงานผลสำรวจพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ต ปี 2559 พบว่า มีการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่และคอมพิวเตอร์ เฉลี่ยอยู่ที่ 45.0 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ คิดเป็นการใช้งานเฉลี่ย 6.4 ชั่วโมงต่อวัน อุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อคือสมาร์ทโฟน โดยมีจำนวนผู้ใช้งานมากถึงร้อยละ 85.5 คิดเป็นการใช้งานเฉลี่ย 6.2 ชั่วโมงต่อวัน ช่วงเวลาที่ใช้งานมากที่สุดคือ 16.00 น.–8.00 น.กิจกรรมที่คนไทยนิยมอันดับ 1 Social Network 96.1 % อันดับ 2 YouTube 88.1% อันดับ 3 Search 7% (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2559)

จากรายงานสถิติดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อระบบการเรียนการสอน จากผลงานวิจัยของสิริพรรณ

แช่ติ่ม และคณะ (2553) ได้วิจัยเรื่องผลกระทบของพฤติกรรมการเสพอินเทอร์เน็ตและ  
กิจกรรมบนอินเทอร์เน็ตต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
วิทยาเขตตรัง ได้ทำการศึกษาพบว่ากิจกรรมบางประเภทบนอินเทอร์เน็ตมีผลต่อผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียนซึ่งสอดคล้องกับ อมร โตะทอง (2555) พฤติกรรมและผลกระทบจากการใช้  
อินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ของวัยรุ่นในเขตกรุงเทพมหานครได้ทำการศึกษาพบว่าการใช้  
อินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีผลเสียต่อผลการเรียนอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยที่  
3.47 และผลวิจัยของเสาวภาคย์ แผลมเพ็ชร(2559) พฤติกรรมและผลกระทบจากการใช้  
เครือข่ายสังคมออนไลน์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดนนทบุรี พบว่า  
การใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ทำให้นักเรียนได้รับผลกระทบทางด้านการศึกษาในระดับต่ำ

จากแนวโน้มดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาผลกระทบของพฤติกรรมการใช้  
อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษ  
ามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ด้านการศึกษา ด้านการติดต่อสื่อสารและบันเทิง เพื่อทราบว่า  
พฤติกรรมเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือไม่ อย่างไร และเพื่อเป็นข้อมูล  
เบื้องต้นสำหรับผู้บริหาร คณาจารย์และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของมหาวิทยาลัยนำไปใช้ในการ  
วางแผนเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ของ  
นักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
2. เพื่อศึกษาผลกระทบจากการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่มี  
ต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

### สมมติฐานการวิจัย

1. นักศึกษาที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน และผลการเรียนที่  
แตกต่างกันจะมีพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ต่างกัน
2. พฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ ส่งผลกระทบต่อ  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



## วิธีการศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ชั้นปีที่ 2 ภาค  
ปกติจำนวน 4,003 คน กลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ภาคปกติ  
จำนวน 364 คน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในปีการศึกษา 2/2559 ผู้วิจัยใช้การกำหนด  
ขนาดตัวอย่างโดยการใช้ตารางสำเร็จรูปของยามาเน่ (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น  
ร้อยละ 95% เมื่อความคลาดเคลื่อนเป็น 5% การสุ่มตัวอย่างจะทำการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ  
หลายชั้น (Two-stages Stratified Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ  
แบบสอบถามเกี่ยวกับผลกระทบของพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์  
เคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ซึ่งแบ่ง  
ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของนักศึกษาและพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ต ผ่านอุปกรณ์  
อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามที่ใช้วัดพฤติกรรมและผลกระทบการใช้ประโยชน์จากระบบ  
อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อความรู้ด้านการศึกษา การติดต่อสื่อสารและบันเทิง

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงใน  
เนื้อหาและได้ทดสอบหาความเชื่อมั่นโดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว ไปทดสอบ  
กับนักศึกษาจำนวน 50 คน ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach = 0.795

## ผลการศึกษา

จากการศึกษาผลกระทบของพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์  
เคลื่อนที่ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตพบว่านักศึกษา  
ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 364 คน โดยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง และเกรดเฉลี่ย (GPA) เท่ากับ  
2.85 ซึ่งแหล่งรายได้ส่วนใหญ่มาจากผู้ปกครอง และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 5,000  
บาทขึ้นไป สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ ที่ใช้เป็นประจำมากที่สุด คือ Smart  
Phone (ตารางที่ 1)

สำหรับพฤติกรรมการใช้ประโยชน์จากระบบอินเทอร์เน็ตพบว่า นักศึกษามีพฤติกรรม  
การใช้ประโยชน์จากระบบอินเทอร์เน็ตทั้งทางด้านการศึกษา (ระดับพฤติกรรมค่าเฉลี่ยเท่ากับ  
3.83 และด้านการติดต่อสื่อสารและบันเทิง (ระดับพฤติกรรมค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 อยู่ในระดับ  
มากทั้ง 2 ด้าน (ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบจากการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ในภาพรวมพบว่ามีระดับผลกระทบเฉลี่ยเท่ากับ 3.37 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาจำแนกตามด้านพบว่าการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่มีผลต่อด้านการศึกษามากที่สุด (ระดับผลกระทบเฉลี่ยเท่ากับ 3.69 ซึ่งอยู่ในระดับมาก) รองลงมาคือด้านสุขภาพ (ระดับผลกระทบเฉลี่ยเท่ากับ 3.54 ซึ่งอยู่ในระดับมาก) และด้านสังคม (ระดับผลกระทบเฉลี่ยเท่ากับ 2.88 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

### ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	134	36.8
หญิง	230	63.2
2. เกรดเฉลี่ยรวม (GPA)	2.85	-
3. แหล่งที่มาของรายได้		
ผู้ปกครอง	313	86.0
ทุนการศึกษา	4	1.1
เงินกู้ยืมเพื่อการศึกษา	19	5.2
การทำงานพิเศษ	28	6.7
4. รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 3,000	58	15.9
3,001 – 4,000	74	20.3
4,001 – 5,000	86	23.6
มากกว่า 5,000	146	40.1
5. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ ที่ใช้เป็นประจำ		
Notebook	29	8.0
Tablet	6	1.1
Smart Phone	329	90.4
<b>รวม</b>	<b>364</b>	<b>100.0</b>

### ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับพฤติกรรมการใช้ประโยชน์จากระบบอินเทอร์เน็ต จำแนกตามด้าน

พฤติกรรมการใช้ประโยชน์จากระบบอินเทอร์เน็ต	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
ด้านการศึกษา	3.83	0.568	มาก
ด้านการติดต่อสื่อสารและบันเทิง	4.13	0.574	มาก

### ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบที่เกิดจากการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ จำแนกตามด้าน

ด้านผลกระทบจากการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ผลกระทบด้านการศึกษา	3.69	0.685	มาก
2. ผลกระทบด้านสุขภาพ	3.54	0.972	มาก
3. ผลกระทบด้านสังคม	2.88	1.050	ปานกลาง
รวม	3.37	0.707	มาก

และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยค่าสถิติ t-test และ F-test พบว่า ในด้านการศึกษา เพศที่แตกต่างกันจะมีระดับพฤติกรรมการใช้การใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ขณะที่ด้านการติดต่อสื่อสารนั้นพบว่าประสบการณ์ในการใช้งานที่แตกต่างกันจะมีระดับพฤติกรรมเฉลี่ยของการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 และสุดท้ายด้านผลกระทบการใช้งานก็พบว่า ประสบการณ์ในการใช้งานที่แตกต่างกันจะมีระดับพฤติกรรมเฉลี่ยของการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 เช่นกัน (ตารางที่ 4)

สำหรับผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีพฤติกรรมและผลกระทบของการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษา โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยมีสมการดังนี้

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

โดยที่ Y คือ ผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ซึ่งในที่นี้ คือ เกรดเฉลี่ย (GPA)  
 $X_1$  คือ พฤติกรรมด้านการศึกษา  
 $X_2$  คือ พฤติกรรมด้านการติดต่อสื่อสารและบันเทิง  
 $X_3$  คือ ผลกระทบจากการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่

และจากการทดสอบว่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 สามารถอธิบายตัวแปรตามได้ในภาพรวมหรือไม่ ซึ่งผลการทดสอบในภาพรวม (Overall Significant) พบว่า  $F = 4.896$  และ  $P\text{-value} = 0.028$  ซึ่งค่า  $P\text{-value}$  มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า สมการถดถอยที่สร้างขึ้นนี้ สามารถอธิบายตัวแปรตามได้ในภาพรวม

**ตารางที่ 4** ผลการทดสอบสมมติฐานของระดับพฤติกรรมและผลกระทบเฉลี่ยเกี่ยวกับการใช้อินเตอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

ปัจจัยส่วนบุคคล	ด้านการศึกษา		ด้านการติดต่อสื่อสาร	ด้านผลกระทบการใช้งาน	
	t	Ft	F	t	F
เพศ	2.044*		0.378	-0.138	
คณะ		1.520		1.162	1.410
รายได้ต่อเดือน		1.971		1.489	1.922
แหล่งที่มาของรายได้		1.603		0.468	0.596
อุปกรณ์ฯ ที่ใช้ประจำ		0.105		0.424	2.309
ประสบการณ์ในการใช้งาน		0.193		3.068*	2.207*
วัตถุประสงค์ในการใช้งาน		3.884		4.276	1.431
ระยะเวลาโดยเฉลี่ย		0.891		1.156	1.180
ช่วงเวลา		1.578		0.481	1.544
ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อ		1.078		0.653	0.103

หมายเหตุ \*  $P < 0.05$

จากค่า Adjusted R Square เท่ากับ 0.011 อธิบายได้ว่า ตัวแปรอิสระทั้งสามตัวนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ 1.1% และมีสมการดังนี้

$$\hat{Y} = 3.353 - 0.122X_2 R_{adj}^2 = 0.011$$

$$(14.571)^* (-2.213)^*$$

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่า t-statistic

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากค่า  $b_2 = -0.122$  ซึ่งมีค่าเป็นลบ อธิบายได้ว่าพฤติกรรมด้านการติดต่อสื่อสารและบันเทิงมีอิทธิพลทางลบต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ซึ่งหมายความว่า หากนักศึกษามีพฤติกรรมด้านการติดต่อสื่อสารและบันเทิงเพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนลดลง

**สรุป**

จากผลการศึกษาพบว่า เพศที่แตกต่างกันจะมีระดับพฤติกรรมการใช้งานอินเตอร์เน็ตผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ด้านการศึกษา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และ ประสบการณ์ในการใช้งาน ที่แตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อการใช้งาน และทำให้มีระดับ

พฤติกรรมการใช้งานอินเทอร์เน็ต ด้านการติดต่อสื่อสาร ที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงพบว่า นักศึกษามีพฤติกรรมการใช้ประโยชน์จากระบบอินเทอร์เน็ตด้านการติดต่อสื่อสาร และบันเทิงมากกว่าด้านการศึกษา ซึ่งมีอิทธิพลทางลบต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ดังนั้นจึงควรนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ประเภทสมาร์ตโฟนเข้าเป็นผู้ช่วยทั้งด้านผู้สอนและผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ได้จากทุกที่ ทุกเวลา อันเป็นการลดช่องว่างและข้อจำกัด การเรียนในชั้นเรียนปกติ

### ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่เก็บข้อมูลจากนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยเอกชน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ระหว่างมหาวิทยาลัยของรัฐบาลและมหาวิทยาลัยเอกชน เพื่อให้ได้ผลการศึกษาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- สิริพรรณ แซ่ดี และคณะ. 2553. “ผลกระทบของพฤติกรรมการเล่นอินเทอร์เน็ตและ กิจกรรมบนอินเทอร์เน็ตต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์ วิทยาเขตตรัง” มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำนักวิจัยและพัฒนา.
- อมร โต๊ะทอง. 2555. “พฤติกรรมและผลกระทบจากการใช้อินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์ เคลื่อนที่ของวัยรุ่นในเขตกรุงเทพมหานคร” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร
- เอมิกา เหมมินทร์ และคณะ. 2557 “พฤติกรรมการใช้และความคิดเห็นเกี่ยวกับผลที่ได้จากการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Media) ของประชาชนในเขต กรุงเทพมหานครวารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิตปีที่ 9-10 ฉบับที่ 16-17 มกราคม – ธันวาคม 2557
- เสาวภาคย์ แผลมเพ็ชร. 2559. “พฤติกรรมและผลกระทบจากการใช้เครือข่ายสังคม ออนไลน์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดนนทบุรี” สุทธิปริทัศน์ ปีที่ 30 ฉบับที่ 93 มกราคม - มีนาคม 2559 (116-130)
- สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน). 2559. กระทรวงเทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร. สืบค้นจาก <https://www.it24hrs.com/2016/etda->

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



---

thailand-internet-user-profile-2016/

leda M. Santos. 2013. Integrating personal mobile devices in teaching: the impact on student learning and institutional support. Emirates College for Advanced Education,UAE

## การเปรียบเทียบประสิทธิภาพขั้นตอนการแบ่งภาระงานสมดุลที่มีการควบคุมน้ำหนักของเว็บไซต์ ด้วยโปรแกรม HAproxy

### A Performance Comparison of Weighted Control Load-balance Algorithm for Websites with HAproxy

ราเชน หมัดอาด้า<sup>1</sup> กิตติศักดิ์ เบ็ญตุสะ<sup>1</sup> กฤษณ์วรา รัตนโอภาส<sup>1\*</sup> และสารณี จุลแก้ว<sup>1</sup>

Rachen Madadam<sup>1</sup>, Kittisak Bendusah<sup>1</sup> Kritwara Rattanaopas<sup>1\*</sup> and Sarapee Chunkaew<sup>1</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

<sup>1</sup>Information technology, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University

\* Corresponding author: kritwara.ra@skru.ac.th

#### บทคัดย่อ

เว็บไซต์ Google Youtube และ Facebook ที่ได้รับความนิยม มีโครงสร้างแบบแบ่งภาระสมดุล (Load-Balance) ที่มีการพัฒนาและหลายหลายรูปแบบโดยมีส่วนประกอบหลักคือ ส่วนหน้า (Frontend) หรือตัวจัดการงาน และเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์จริงส่วนหลัง (Backend) ที่ได้รับความนิยมประเภทหนึ่งด้วยเทคนิค Reverse proxy โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม HAproxy ที่มีขั้นตอนวิธีการกระจายภาระงาน ได้แก่ round-robin least-connections source และ uri-depth ซึ่งผู้วิจัยเน้นในการแบ่งภาระงานที่มีการควบคุมน้ำหนัก (Weight Control) เพื่อกระจายภาระงานในลักษณะไม่สมดุล ด้วยเครื่องส่วนหลังที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ในการทดสอบพบว่า การกระจายงานสู่เครื่องส่วนหลังจำนวน 3 เครื่องดีที่สุดในขั้นตอนวิธี round-robin และ least-connections ได้รับคำร้องขอตามสัดส่วนที่กำหนด คือ 33%-33%-33% 17%-33%-50% และ 17%-17%-66% สำหรับขั้นตอนวิธี source กระจายการร้องขอไปเฉพาะเครื่องที่มีน้ำหนักมากหรือ 2 เครื่องเท่านั้นและไม่ตรงตามร้อยละที่กำหนดเช่นเดียวกับขั้นตอน uri-depth ซึ่งเน้นระดับชั้นการเก็บไฟล์ สำหรับปริมาณแบนด์วิดท์ทุกกรณีเท่ากันโดยเฉลี่ยที่ 112 MBytes/second และประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 660 requests/second การพัฒนาต่อยอดงานวิจัยไปยังกลุ่มบริการอื่นเนื่องจากเลือกทดสอบเฉพาะบริการเว็บ แต่การกระจายภาระงานแบบสมดุลใช้ได้กับทุกบริการในศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ

**คำสำคัญ:** การแบ่งภาระงานสมดุล, ขั้นตอนวิธีการกระจายงาน, HAproxy, เว็บ

#### Abstract

Google, Youtube and Facebook websites are more popular nowadays. Their infrastructures base on load-balance technique. The load-balance has more various types that it's architecture including front-end server or distributed agent and web server in back-end. The most famous technique of load-balance is reverse-proxy method. This research chooses HAproxy program which one popular on reverse-proxy software. It has more

distributed algorithms including round-robin, least-connections, source and uri-depth. We focus on weight control of all algorithms for distributes different workload to each back-end server. The results shown round-robin and least-connections algorithm can distribute workload correct with weight control in all scenarios which including 33%-33%-33% 17%-33%-50% and 17%-17%-66%. In sour algorithm results can distribute workload on only 2 of 3 back-end server as incorrect with weight control. In addition, uri-depth algorithm is focus on depth level of uri path. Meanwhile, bandwidth results have similarly average 112.30 MBytes per second and web performance is average 660 requests per second. Future work, we evaluate only web service, however, others service in data center need to use load-balance technique for distributed workload.

**Keywords:** Load-balance, Distributed algorithm, HAproxy, Web

## บทนำ

เว็บไซต์ที่นิยมเช่น google.com youtube.com และ facebook.com ให้บริการผ่านโปรแกรมบริการเว็บที่ได้รับการพัฒนาต่อยอดจากโปรแกรม Apache หรือ Nginx โดยโปรแกรมทั้งสองรองรับบริการการหน้าเว็บไซต์ที่เขียนและออกแบบด้วยภาษา ได้แก่ HTML5 PHP JavaScript และ CSS ที่มีโครงสร้างแบบแบ่งภาระงานสมดุล ซึ่งทั้งสองส่วนหลักได้แก่ เครื่องแม่ข่ายส่วนหน้า (Frontend Server) ที่ทำหน้าที่กระจายการร้องขอ (request) จากเครื่องลูกข่าย และเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง (Backend Server) ที่ให้บริการเว็บไซต์จริง เพื่อรองรับผู้เข้าชมจำนวนมาก หลักการหรือรูปแบบการแบ่งภาระงานสมดุล (Load Balance) ที่มีวิธีการกระจายภาระงานที่นิยมได้แก่ round-robin และ least connect ด้วยวัตถุประสงค์ในการแบ่งภาระงานการบริการเว็บไซต์ของเครื่องแม่ข่ายเว็บไซต์ส่วนหลังให้สมดุลเท่ากันทุกเครื่อง

ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกนำขั้นตอนวิธีการกระจายภาระงานพร้อมการควบคุมน้ำหนักในการกระจายภาระงาน เพราะเครื่องแม่ข่ายบริการเว็บส่วนหลังอาจมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถแบ่งภาระงานที่เท่ากัน ซึ่งแตกต่างไปจากงานวิจัยของ Mazedur Rahman (Mazedur Rahman et al., 2014) โดยสำหรับเครื่องส่วนหน้าเลือกใช้โปรแกรม HAproxy ที่พัฒนาสำหรับทำหน้าที่เป็นตัวกระจายภาระงานแบบ Reverse proxy เช่นเดียวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Sarthak Shah et al., 2016) และใช้เป็นสมมติฐานในงานวิจัย เพื่อต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมทั้งสอง ด้วยวิธีการกระจายภาระงานแบบ round-robin และ least-connect ที่มีการควบคุมน้ำหนักของการกระจายภาระงาน (Weight-control) ซึ่งโปรแกรม HAproxy มีขั้นตอนวิธีการกระจายภาระงานเพิ่มเติมที่น่าสนใจได้แก่ Source และ URI-depth โดยการออกแบบการให้บริการส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปเพียงการกระจายภาระงานที่มีค่าเหมาะสม แต่ยกเว้นการควบคุมน้ำหนักให้กับเครื่องแม่ข่ายส่วนหลังแต่อย่างใด ดังนั้นการพิจารณาปัจจัยอื่น หรือค่าควบคุมในการออกแบบในงานวิจัย ได้ถูกกล่าวถึงในส่วนถัดไป



เนื้อหาของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เป็นพื้นฐานของแนวคิดในการทำวิจัย และการออกแบบการทดสอบ ในหัวข้อวิธีการดำเนินงานวิจัย และนำเสนอผลประสิทธิภาพในหัวข้อผลการวิจัย พร้อมกับหัวข้อวิจารณ์ และ สรุปผลการวิจัย เพื่อขยายความรู้จากการทดสอบการวิจัย

## ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ด้วยแนวคิดพื้นฐานและหลักการในการนำมาพัฒนาออกแบบของผู้วิจัยเพื่อให้สามารถทราบถึง ที่มาของงานวิจัยและเครื่องมือในการใช้ทดสอบ

1. Apache คือ ซอร์ฟแวร์ที่ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์โดยให้บริการ protocol HTTP ที่ port 80 ลักษณะเด่น คือ เป็นซอร์ฟแวร์แบบ Opensource ติดตั้งมาพร้อมกับระบบปฏิบัติการ linux และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายและมากที่สุดในโลก Webserver คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ให้บริการข้อมูล แก่ เครื่องลูกข่าย หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ขอรับบริการในรูปแบบสื่อผสม ผ่านระบบเครือข่าย โดยสามารถแสดงผล ผ่านโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ (The Apache Software Foundation, 2017)

2. Haproxy เป็นซอฟต์แวร์ฟรีที่เปิดแหล่งที่มาของซอฟต์แวร์ที่ให้บริการพร้อมใช้งานสูง และ load balance เซิร์ฟเวอร์พร้อมสำหรับ Transmission Control Protocol: (TCP) และการกระจายการร้องขอ HTTP ผ่านเซิร์ฟเวอร์หลายเครื่อง และมีชื่อเสียงในด้านความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (HAproxy community, 2018)

3. ขั้นตอนการกระจายภาระงาน load-balance ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการให้บริการเว็บแบบแบ่งภาระงานสมดุล ซึ่งในความเป็นจริงไม่จำเป็นต้องทำการกระจายแบบสมดุล เพราะสามารถกำหนดน้ำหนักให้กับเครื่องแม่ข่ายส่วนหลังในการให้บริการ ซึ่งขั้นตอนวิธีที่ถือเป็นพื้นฐานสำหรับการจัดการภาระงาน คือ Round-robin และ Least-connect

สำหรับแบบ Round-robin กล่าวถึงรูปแบบได้ว่า การร้องขอจากเครื่องลูกข่าย ถูกส่งไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยเครื่องแม่ข่ายมีไม่น้อยกว่า 2 เครื่อง เพื่อส่งคำร้องขอเวียนสลับไปยังเครื่องแม่ข่าย เช่นเครื่องแม่ข่ายที่ 1 รับคำร้องขอเครื่องลูกข่ายเครื่องที่ 1, 3, 5 ส่วนเครื่องลูกข่ายเครื่องที่ 2, 4, 6 ส่งคำร้องขอไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ 2 ทำการวนโดยการสลับกันไปมาแบบนี้เรื่อยๆ

ในแบบ Least-connect พิจารณาจากการเชื่อมต่อที่นานกว่า เช่น เครื่องลูกข่ายที่ 2, 4, 5, 6 เชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายที่ 1 และเครื่องลูกข่ายที่ 3, 1 เชื่อมต่อในช่วงเวลาสั้น จะถูกจัดไปเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายที่ 2 เพื่อพยายามกำหนดการเชื่อมต่อที่น้อยที่สุดไปให้แม่ข่าย ซึ่งในปัจจุบันขั้นตอนการแบ่งภาระงานมีรูปแบบใหม่ที่พัฒนามาพร้อมกับโปรแกรม HAproxy เช่น Source ที่พิจารณาจากเครื่องลูกข่ายเป็นหลัก และ URI คือข้อความร้องขอไฟล์ที่ส่งไปยังเครื่องแม่ข่าย และงานวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนเหล่านี้มาวัดประสิทธิภาพ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับการวิจัยของ Mazedur Rahman และคณะ ได้ศึกษาบริการภาระงานสมดุลบนคลาวด์คอมพิวเตอร์ (Mazedur Rahman et al., 2014) ในการให้บริการที่มีชื่อว่า เครื่องแบ่งภาระงานสมดุล Load Balancing as a Service : (LBaaS) ที่มีการแข่งขันในการเพิ่มบริการประเภทนี้

เชิงธุรกิจได้แก่ Amazon-ELB Windows-Azure Rackspace HP-CLB และ GoGrid ที่มีข้อจำกัดแตกต่างกัน และความสามารถในการรองรับบริการแบบแบ่งภาระสมดุลที่ต่างกันไป ซึ่งมีผู้ให้บริการเปิดให้ทดลองใช้เช่น Amazon-ELB และ Windows-Azure ในงานวิจัยของ Sarthak Shah และคณะ (Sarthak Shah et al., 2016) นำรูปแบบกระจายภาระงานมาประยุกต์ใช้กับระบบให้บริการทางการแพทย์ร่วมกับขั้นตอนวิธีของฟิชชี่ล่อจิก ให้ผลการแบ่งภาระงานที่สมดุล ซึ่งในงานวิจัยนี้เน้นในการควบคุมน้ำหนักสำหรับเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง นำไปเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีของโปรแกรม HAproxy

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยออกแบบโครงสร้างบริการเว็บบนระบบเครื่องเสมือนจริงของโปรแกรม KVM ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับบริการ Cloud computing ที่ให้บริการเว็บ โดยแบ่งเครื่องแม่ข่าย 2 ส่วนตาม โดยเครื่องแม่ข่ายหลักมีคุณสมบัติ Intel i7 CPUs 4 CPU RAM 8 GB และการ์ดเชื่อมต่อเครือข่าย Gigabit Ethernet 2 ชุด เพื่อให้ได้ช่องสื่อสารขนาด 2 Gbps

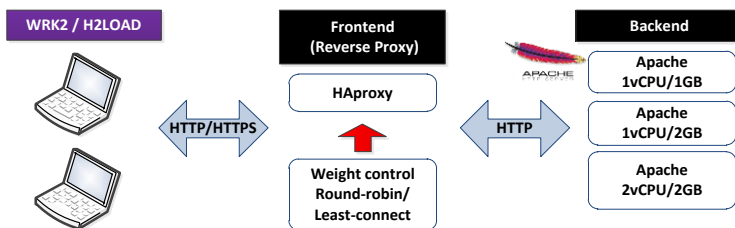


Figure 1 โครงสร้างการทดสอบงานวิจัย

จาก Figure 1 เครื่องแม่ข่ายส่วนหน้ามีคุณสมบัติ 4 CPU RAM 4 GB พร้อมติดตั้งระบบปฏิบัติการ CentOS 7.4 และโปรแกรม HAproxy สำหรับเครื่องส่วนหลังมีคุณสมบัติแตกต่างกันดังนี้ 1 CPU RAM 1 GB / 1 CPU RAM 2 GB / 2 CPU RAM 2 GB ชนิดละ 1 เครื่องและติดตั้งโปรแกรม Apache 2.4 เพื่อให้บริการเว็บ โดยผู้วิจัยเลือกหน้าเว็บ Bootstrap ติดตั้งไว้สำหรับใช้ทดสอบการเรียกหน้าเว็บ

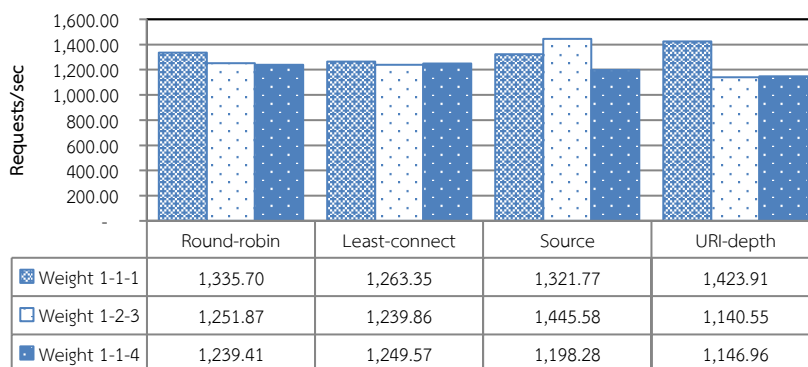
1. โปรแกรม WRK2 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพเว็บหรือบริการเว็บ ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจาก Apache ได้แก่ Apache benchmark (ab) และ Jmeter สำหรับ wrk2 (Wikipedia, 2017) ที่มีการพัฒนามาสู่เวอร์ชัน 2 ที่สนับสนุนการทำงานแบบหลายเทรต และเสริมด้วยสคริปต์เพื่อกำหนดรูปแบบการวัดประสิทธิภาพ การรายงานผลให้ข้อมูลที่มีรายละเอียดหลายอย่างได้แก่ เวลาเฉลี่ยต่อวินาที request เฉลี่ยต่อวินาที และจำนวน request ทั้งหมด ที่มีรูปแบบคำสั่งคือ “wrk -t2 -c100 -d30s -R2000 http://192.168.5.5/index.html” ซึ่งมีตัวแปรควบคุมที่สำคัญคือ -t จำนวนเทรต -c จำนวนเครื่องลูกข่าย -d เวลาในการทดสอบ -R อัตราการร้องขอต่อวินาที และกำหนดการทดสอบในหัวข้อถัดไป

2. การวัดประสิทธิภาพหน้าเว็บ การทดสอบแบ่งตามขั้นตอนวิธี ได้แก่ Round-robin

Least-connect Source และ URI-depth และการกำหนดน้ำหนักมี 3 กรณี คือ Weight 1-1-1 (33%-33%-33%) Weight 1-2-3 (17%-33%-50%) และ Weight 1-1-4 (17%-17%-66%) ทำการทดสอบด้วยคำสั่ง wrk เพื่อวัดค่าประสิทธิภาพ แบนด์วิดท์ และการจัดการภาระงานไปยังเครื่องลูกข่าย

### ผลการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งผลการทดสอบไว้ 3 กรณีคือ อัตราการร้องขอเฉลี่ยต่อวินาที ค่าแบนด์วิดท์ และ จำนวนภาระงานที่กระจายไปตามเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง ซึ่งนำเสนอผลของประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการกระจายภาระงานแต่ละแบบที่มีการควบคุมน้ำหนักแตกต่างกัน จากโครงสร้างในผ่านเครื่องลูกข่ายจำนวน 2 เครื่องเพื่อให้สร้างการจราจรระดับ 2 Gbps เพื่อให้เหมาะสมกับแม่ข่ายส่วนหลัง 3 เครื่อง



**Figure 2** ค่าเฉลี่ยปริมาณการร้องขอ Requests/sec ตามน้ำหนักควบคุมและขั้นตอนการกระจายภาระงาน

จาก Figure 2 มีประสิทธิภาพแต่ละขั้นตอนวิธีอยู่ในช่วง 1,198.28-1,445.58 Requests/sec และให้ค่าสูงสุดที่ Weight 1-2-3 ที่ 1,445.58 Requests/sec และในขั้นตอนวิธี URI-depth Weight 1-1-1 มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 1,423.91 Requests/sec สำหรับขั้นตอนวิธี Least-connect มีค่าใกล้เคียงกันโดยประมาณ 1,255 Requests/sec สำหรับใน Figure 3 นำเสนอค่าแบนด์วิดท์ที่แต่ละขั้นตอนวิธีใช้เพื่อให้บริการ

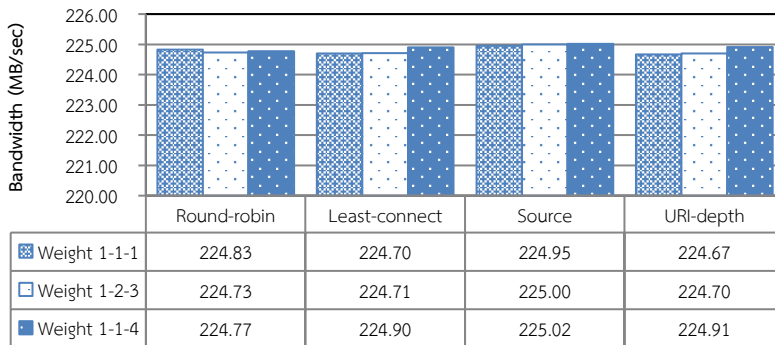


Figure 3 ค่าเฉลี่ยแบนด์วิดท์ MB/sec ตามน้ำหนักควบคุมและขั้นตอนการกระจายภาระงาน

ค่าแบนด์วิดท์เฉลี่ยของเครือข่าย 2 Gbps โดยประมาณที่ 220 MB/sec ซึ่งสูงสุดที่ Weight 1-1-4 ด้วยขั้นตอนวิธี Source ที่ 225.02 MB/sec ซึ่งไม่แตกต่างกับขั้นตอนวิธีอื่นๆ เช่น Least-connect ที่ 224.90 MB/sec และ Round-robin ที่ 224.77 MB/sec สำหรับใน Figure 4 ผู้วิจัยต้องการนำเสนอปริมาณจำนวนการร้องขอที่ส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง

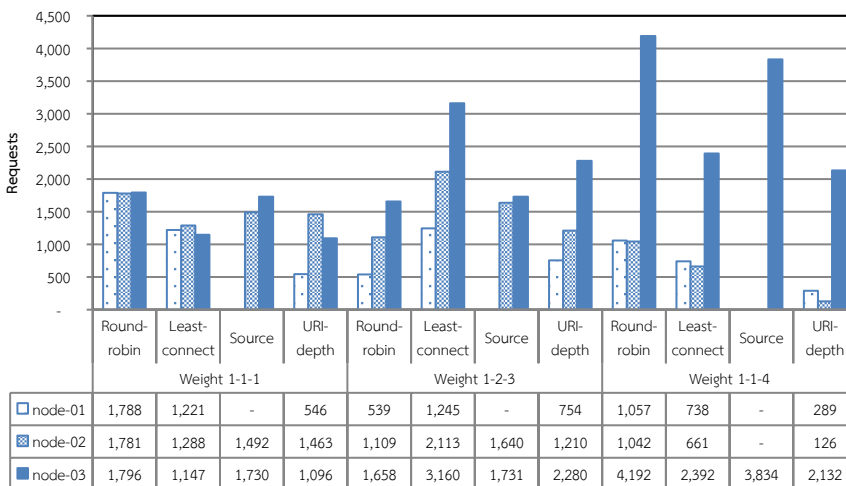


Figure 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณการร้องขอ Requests ระบุเครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง ตามน้ำหนักควบคุมและขั้นตอนการกระจายภาระงาน

การกระจายคำร้องขอให้เครื่องแม่ข่ายส่วนหลัง พบว่าขั้นตอนวิธี Round-robin มีอัตราส่วนเป็นไปตามน้ำหนัก 1,788-1,781-1,796 requests สำหรับ Weight 1-1-1 และ 1,057-1,042-4,192 requests สำหรับ 1-1-4 แต่ขั้นตอนวิธี Source ให้ผลที่แตกต่างด้วยค่า 0-0-3,834 Requests สำหรับ Weight 1-1-4 เช่นเดียวกับ URI-depth ให้ค่า 289-126-2,132 requests ที่ Weight 1-1-4 ดังนั้นขั้นตอนวิธีนี้ส่งผลกับการกระจายภาระงานตามผลการทดสอบอย่างชัดเจน

### วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบด้วยประสิทธิภาพเบื้องต้นในการให้บริการเว็บตามโครงสร้าง มีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งปริมาณการร้องขอต่อวินาทีและค่าแบนด์วิดท์ แต่ในการกระจายภาระงาน ขั้นตอนวิธี Round-robin และ Least-connect สามารถกระจายงานได้ตามอัตราส่วนของน้ำหนักที่ผู้วิจัยกำหนด ในทางกลับกัน ขั้นตอนวิธี Source ที่คำนึงถึงปัจจัยของผู้เรียกใช้บริการ เนื่องจากชุดทดสอบเกิดจากเครื่องลูกข่ายจริง 2 เครื่องทำให้มีการกระจายงานไปยังเครื่องแม่ข่ายส่วนหลังไม่เท่ากัน โดยตามผลการทดสอบเกิดเครื่องแม่ข่ายที่มีภาระงานเป็นศูนย์ เช่นเดียวกับ URI-depth ที่คำนึงถึงเฉพาะที่เก็บไฟล์ที่มีความลึกตามลำดับไต่เรกทอรี จึงสามารถสรุปได้ว่าการควบคุมน้ำหนักสามารถทำได้กับเฉพาะขั้นตอนวิธี Round-robin และ Least-connect เท่านั้น หากขั้นตอนวิธีอื่นๆ มีปัจจัยที่แตกต่างอาจให้ผลการกระจายภาระงานที่ต่างออกไป

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาที่ให้โอกาส สนับสนุน นักศึกษาในการทำงานวิจัยและนำเสนอผลงาน

### เอกสารอ้างอิง

- HProxy community. 2018. The Reliable, High Performance TCP/HTTP Load Balancer.  
Retrieved from <http://www.haproxy.org/#news>
- Mazedur, R., Samira, I., and Jerry, G. 2014. Load Balancer as a Service in Cloud Computing in Service Oriented System Engineering (SOSE), 2014 IEEE 8th International Symposium, Oxford, UK: 204-211.
- Sarthak, S., and Nidhi, G. 2016. Load Balancing for an Online Medical Consultation System Using Server System Architecture in International Journal of Engineering Science and Computing, Vol. 6, Issue No. 5: 5817-5820.
- The Apache Software Foundation. 2017. Apache HTTP Server Version 2.4 Documentation.  
Retrieved from [https://httpd.apache.org/ABOUT\\_APACHE.html](https://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html)
- Wikipedia. 2017. Wrk2. Retrieved from <https://github.com/giltene/wrk2>

วิธีการสกัดและประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบหูกวางต่อการลด  
ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ

Extraction method and efficiency of Indian almond leave (*Terminalia catappa*)  
extract on amount of ammonia reducing in water

พรพิมล พิมลรัตน์<sup>1\*</sup>, นิวุฒิ หวังชัย<sup>2</sup>, สุพันธ์ณี สุวรรณภักดี<sup>3</sup> และ พัชราวลัย ศรียะศักดิ์<sup>3</sup>

Pornpimol Pimolrat<sup>1\*</sup>, Niwooti Whangchai<sup>2</sup>, Supanee Suwanpakdee<sup>3</sup> and Patcharawalai Sriyasak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร

<sup>2</sup>คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

<sup>3</sup>ภาควิชาประมง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

<sup>1</sup>Department of Fisheries, Faculty of Maejo University at Chumphon, Lamae, Chumphon

<sup>2</sup>Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University Chiang Mai 50290

<sup>3</sup>Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan,  
Sakon Nakhon

\* Corresponding author: paqua50@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดแทนนินจากใบหูกวางต่อการลด  
แอมโมเนียในการเลี้ยงปลา โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การหาวิธีการที่เหมาะสมในการ  
สกัดสารแทนนินจากใบหูกวางโดยเปรียบเทียบวิธีการหมักและการต้มในปริมาณใบหูกวางและระยะเวลาที่  
แตกต่างกัน และการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดต่อการลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำ ผลการศึกษา  
พบว่า วิธีการที่ดีที่สุดในการสกัดสาร แทนนินจากใบหูกวางแห้ง (เป็นวิธีที่ได้ปริมาณสารแทนนินมากที่สุด  
ง่าย ประหยัด ใช้เวลาน้อย และเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริง) คือ การต้มใบหูกวางแห้ง  
20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นระยะเวลา 30 นาที โดยจะมีปริมาณแทนนินสูง ( $791.46 \pm 23.60$  มิลลิกรัมต่อ  
ลิตร) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับชุดการศึกษาอื่นๆ นอกจากนี้สารสกัดแทนนินที่ความ  
เข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้มากที่สุด (56 เปอร์เซ็นต์,  $P < 0.05$ ) ภายใน  
เวลา 10 นาที โดยไม่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำแต่ค่า pH ลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารสกัดแทนนิน  
จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงปลา  
คำสำคัญ: แทนนิน ใบหูกวาง การเพาะเลี้ยงปลา แอมโมเนีย

Abstract

The objective of this research was to study the efficiency of Indian almond leave (*Terminalia catappa*) extract on amount of ammonia reducing in fish ponds. The experiments were divided into two parts which are finding extraction factors of tannin extracts (comparison between soaking and boiling methods) and using those extracts to reduce ammonia amount in fish pond. The results showed that the best way to extract

tannin from Indian almond leaves (easiest, cheapest and most convenient method to catch highest amount of tannin and basically practical by farmer) was boiling 20 g dried leaves in 1 Liter distilled water for 30 mins. The tannin extracting by this method showed significantly ( $P<0.05$ ) highest level ( $791.46\pm 23.60$  mg/L) after comparing with other methods. Additionally, using extract at 200 mg/L showed highly significant ( $P<0.05$ ) reduction in ammonia (56%) within 10 mins and did not affect the water temperature, but the pH decreases with increasing concentration of tannin extract. Results from this study indicated that Indian almond leaves extract could be alternative product on reducing amount of ammonia in fish ponds.

**Keywords:** Tannin, *Terminalia catappa*, fish culture, ammonia

### บทนำ

การเพิ่มจำนวนของประชากรในปัจจุบันส่งผลต่อความต้องการของผู้บริโภคมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั้งสัตว์น้ำเศรษฐกิจและปลาสวยงามยังสามารถทำเงินเข้าประเทศปีละประมาณ 220 ล้านบาท (สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำจืด, 2559) ทำให้การเลี้ยงปลามีการปรับเปลี่ยนวิธีการเลี้ยงไปสู่การเลี้ยงแบบหนาแน่นและมีของเสียเกิดขึ้นจำนวนมากในบ่อ เกิดการสะสมของสารพิษจำพวกแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยเฉพาะสารแอมโมเนียที่มีความเป็นพิษสามารถทำให้ปลาหรือสัตว์น้ำอื่นๆ ตายหมดบ่อได้ โดยทั่วไปวิธีการบำบัดคุณภาพน้ำและลดแอมโมเนียมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น การเติมสารเคมี การใช้เทคโนโลยี หรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อช่วยลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำ ซึ่งวิธีการเหล่านี้ใช้ต้นทุนสูง อีกทั้งยังมีขั้นตอนที่ยุ่งยากในการจัดการ ดังนั้นวิธีการลดแอมโมเนียในน้ำด้วยชีวภาพบำบัด เช่นการนำของเสียหรือวัสดุที่เหลือใช้จากธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ได้ผลที่ดี ไม่ทำให้เกิดสารเคมีตกค้างในแหล่งน้ำ และสามารถลดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบหูกวาง (*Terminalia catappa* L.) พบว่ามี เถ้า Cellulose Lignin Pentosan Alkaloid และมีปริมาณสารแทนนิน (Tannins) อยู่ถึง 12.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสารแทนนินที่ได้จากใบหูกวางนี้มีรายงานว่าจะสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ค่าคุณภาพน้ำจากที่ต่ำกว่ามาตรฐานกลับมา มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานกำหนด และช่วยลดปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำให้หมดไปภายใน 21 วัน โดยน้ำที่แช่ใบหูกวางไม่มีผลต่ออุณหภูมิ ค่า pH การละลายของออกซิเจนในน้ำ และการละลายของฟอสฟอรัสในน้ำ ส่วนปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ลดลง (สมจินตนา และรวรรณ, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับภูมิปัญญาชาวบ้านตั้งแต่ครั้งอดีตจนถึงปัจจุบันที่มีการนำเอาใบหูกวางแห้งแช่ในขวดหมักปลากัด โดยเชื่อว่าจะช่วยป้องกันโรคให้ปลามีสุขภาพแข็งแรง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสารแทนนินจากใบหูกวางมาใช้ประโยชน์ในการลดแอมโมเนียในน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งนอกจากจะเป็นการใช้วิธีธรรมชาติช่วยลดแอมโมเนียในน้ำเพื่อลดปัญหาคุณภาพน้ำแล้ว ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้ใบหูกวางซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นที่พบอยู่ทั่วไปในพื้นที่ชายหาดส่งผลให้เกิดผลดีต่อสภาพแวดล้อมในอนาคต

## วิธีการศึกษา

### 1. การหาวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบหูกวาง

การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว เปรียบเทียบวิธีการแช่และการต้มใบหูกวางน้ำหนัก 10, 20 และ 30 กรัม ที่ระยะเวลาต่างๆ โดยการเก็บใบหูกวางแห้งนำมาล้างน้ำทำความสะอาดและนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แล้วตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งตัวอย่างใบหูกวางตามน้ำหนักที่กำหนดข้างต้น เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แช่ทิ้งไว้แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำในวันที่ 0, 1, 7, 14, 21 และ 28 มาตรวจสอบปริมาณแทนนินโดยดัดแปลงตามวิธีของ AOAC (1990) โดยใช้สาร tannic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน ข้อมูลปริมาณแทนนินที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับ การต้มใบหูกวางแห้งน้ำหนัก 10, 20 และ 30 กรัม เติมน้ำปริมาตร 1 ลิตร ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน คือ 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ

### 2. การศึกษาผลของสกัดสารแทนนินจากใบหูกวางแห้งต่อประสิทธิภาพการลดปริมาณแอมโมเนีย

ออกแบบการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) แบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง (Treatment) ชุดทดลองละ 3 ซ้ำ (Replication) ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 ไม่เติมน้ำใบหูกวาง ความเข้มข้นแทนนิน 0 ppm (ชุดควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2-5 เติมน้ำใบหูกวางที่มีความเข้มข้นแทนนิน 50, 100, 150 และ 200 ppm ตามลำดับ ทำการเตรียมสารสกัดแทนนินตามสภาวะที่เลือกได้ข้างต้น แล้วนำมาผสมกับน้ำจืดให้ความเข้มข้นตามชุดการทดลองในถังน้ำพลาสติก ขนาด 6 ลิตร โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 mg -N /L เป็นแหล่งแอมโมเนีย ในระหว่างการทดลองมีการตรวจสอบ pH อุณหภูมิ ความเข้มข้นของแทนนิน และแอมโมเนียที่เวลา 0, 10, 30, 60 และ 180 นาที

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ด้วยวิธีการของ Steel and Torie (1980) เรียบเรียงไว้

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

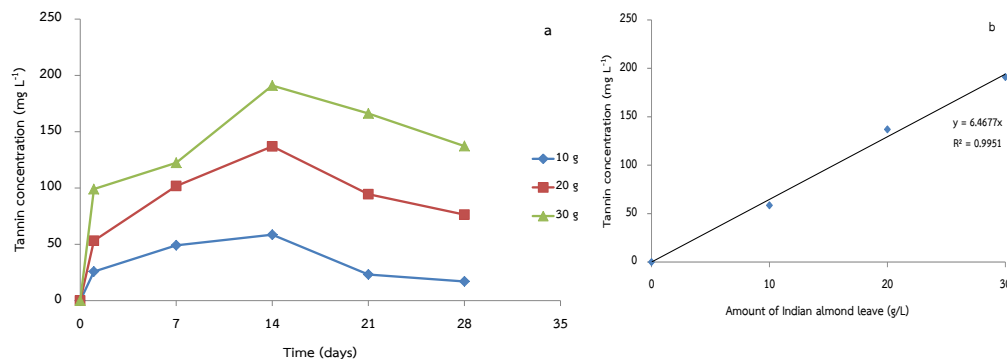
### 1. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแทนนินจากใบหูกวาง

ผลการแช่และต้มใบหูกวางแห้งที่ระยะเวลาและน้ำหนักต่างกัน พบว่าวิธีการ ปริมาณใบหูกวาง และระยะเวลาที่ต่างกันส่งผลให้ความเข้มข้นของสารแทนนินแตกต่างกัน โดยผลจากการแช่ใบหูกวางพบว่า ความเข้มข้นของแทนนินมีมากที่สุดที่ระยะเวลาการแช่ที่ 14 วัน (ภาพที่ 1a) ซึ่งชุดที่แช่ใบหูกวาง 30 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของแทนนินสูงที่สุดคือ  $191.03 \pm 7.53$  มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือชุดที่แช่ใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร และชุดที่ใช้ใบหูกวาง 10 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของแทนนิน  $136.94 \pm 7.29$  และ  $58.52 \pm 6.06$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สำหรับความสัมพันธ์ของใบหูกวางกับความเข้มข้นของแทนนินที่แช่ในระยะเวลา 14 วัน มีสมการดังนี้  $y = 6.4677x$  ที่  $R^2 = 0.9951$  (ภาพที่ 1b) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าใบหูกวาง 1 กรัม ให้ความเข้มข้นของแทน



นิน 6.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นการแช่ใบหูกวางแห้งควรแช่เป็นระยะเวลา 14 วัน จึงจะมีความเข้มข้นของแทนนินมากที่สุด แม้ว่า การแช่ใบหูกวางแห้งเป็นวิธีการสกัดที่ง่าย สะดวก และประหยัด แต่ใช้เวลานาน ถ้าต้องการใช้น้ำใบหูกวางแบบเร่งด่วนแนะนำให้ใช้วิธีการสกัดแบบวิธีอื่น



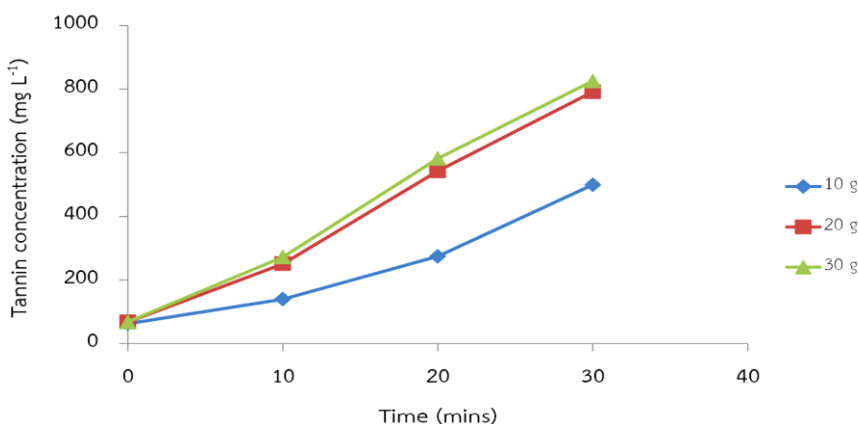
ภาพที่ 1 ความเข้มข้นของแทนนินที่แช่ใบหูกวางในระยะเวลาแตกต่างกัน (a) และความสัมพันธ์ของใบหูกวางกับความเข้มข้นของแทนนินที่แช่เป็นระยะเวลา 14 วัน (b)

ผลการต้มใบหูกวางแห้งที่ระยะเวลาและปริมาณต่างกัน พบว่าความเข้มข้นของแทนนินมีมากที่สุด ในระยะเวลาการต้มที่ 30 นาที โดยชุดการทดลองที่ 3 ต้มใบหูกวาง 30 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของแทนนินมากที่สุดคือ  $825.54 \pm 23.36$  มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 ต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร และชุดการทดลองที่ 1 ต้มใบหูกวาง 10 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของแทนนิน  $791.46 \pm 23.60$  และ  $499.33 \pm 17.84$  มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2) ซึ่งชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่ทั้งสองชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับชุดการทดลองที่ 1 ดังนั้นการต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 30 นาที เป็นวิธีการสกัดสารแทนนินที่ดีที่สุด ซึ่งใช้ปริมาณใบหูกวางในการสกัดน้อยแต่ได้ความเข้มข้นของแทนนินไม่แตกต่างกับการต้มใบหูกวาง 30 กรัมต่อลิตร โดยการต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อลิตร มีความเข้มข้นของแทนนินมากกว่าการแช่ใบหูกวาง 30 กรัมต่อลิตร 4.1 เท่า จึงเลือกการเตรียมสารสกัดจากใบหูกวางวิธีนี้ไปศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณแอมโมเนียของสารสกัดแทนนินจากใบหูกวางแห้งต่อไป

## 2. ประสิทธิภาพการลดปริมาณแอมโมเนียของสารสกัดแทนนินจากใบหูกวางแห้ง

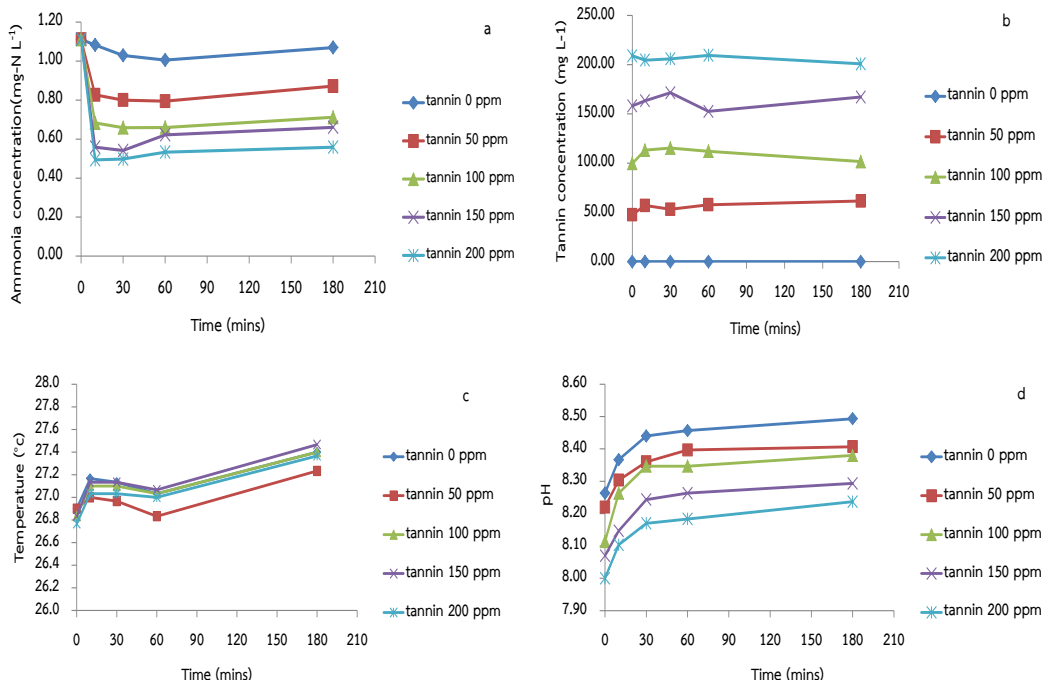
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำที่มีการเติมสารสกัดจากใบหูกวางที่มีความเข้มข้นของสารแทนนินที่ต่างกันพบว่า ปริมาณแอมโมเนียมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยชุดการทดลองที่มีการเติมน้ำใบหูกวางสามารถลดความเข้มข้นของแอมโมเนียได้ในระยะเวลาเพียง 10 นาที (ภาพที่ 3a) โดยชุดการทดลองที่ 5 เติมน้ำใบหูกวางที่มีความเข้มข้นแทนนิน 200 ppm สามารถลดความเข้มข้นของแอมโมเนียได้สูงที่สุดคือ 56 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสารแทนนินจากใบหูกวางแห้งมีประสิทธิภาพใน

การลดความเข้มข้นของแอมโมเนีย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสมจินตนา และวรวัฒน์ (2550) รายงานไว้ว่าสารกลุ่มแทนนินจากใบหูกวางช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ ช่วยลดปริมาณแอมโมเนียและไนไตรท์ โดยไม่มีผลต่ออุณหภูมิ รวมทั้งสารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังยังสามารถช่วยบำบัดคุณภาพน้ำเสียได้อีกด้วย (ฤทัยรัตน์, 2551) และจากการศึกษาของ Hashida et al. (2009) รายงานว่าสารแทนนินสามารถลดความเข้มข้นของแอมโมเนียได้ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้สารสกัดแทนนินเพื่อลดปริมาณแอมโมเนียในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำควรคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตัวสัตว์น้ำด้วย ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาค่า pH จะพบว่าชุดการทดลอง ที่ความเข้มข้น 200 ppm มีค่า pH ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 3d) ดังนั้นการพิจารณาใช้สารสกัดแทนนิน จึงควรระมัดระวังเพราะถ้าใช้สารสกัดที่ความเข้มข้นสูงเกินไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง pH ในน้ำและอาจจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้



ภาพที่ 2 ความเข้มข้นของแทนนินที่ต้มใบหูกวางในระยะเวลาแตกต่างกัน

ความเข้มข้นของแทนนินที่ใช้ในการทดลองสอดคล้องกับความเข้มข้นของแทนนินในแต่ละชุดการทดลองที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองจนถึงชุดการทดลอง (ภาพที่ 3b) อุณหภูมิของน้ำในระหว่างการศึกษามีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) มีค่าอยู่ในช่วง 26.8-27.5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3c) ขณะที่ค่า pH มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยค่า pH ลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของแทนนิน ซึ่งชุดการทดลองที่ 5 เติมน้ำใบหูกวางที่มีความเข้มข้นแทนนิน 200 ppm มีค่า pH ต่ำที่สุด ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 ไม่เติมน้ำใบหูกวาง (0 ppm) มีค่า pH สูงที่สุด (ภาพที่ 3d)



ภาพที่ 3 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย (mg-N/L) (a) ความเข้มข้นของแทนนินจากใบหูกวาง (b) อุณหภูมิของน้ำ (c) และค่า pH (d) ในชุดการทดลองที่มีความเข้มข้นของสารสกัดแทนนินแตกต่างกัน

### สรุป

การศึกษาวิธีการสกัดสารแทนนินจากใบหูกวางมาใช้ประโยชน์ในการลดแอมโมเนียในน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถสรุปได้ดังนี้ วิธีสกัดสารแทนนินจากใบหูกวางด้วยวิธีการต้มใบหูกวาง 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นระยะเวลา 30 นาที เป็นวิธีการสกัดที่เหมาะสมที่สุด โดยจะได้ความเข้มข้นของสารแทนนิน 791.46 มิลลิกรัมต่อลิตร มากกว่าการแช่ใบหูกวาง 30 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร 4.1 เท่า ซึ่งใช้ปริมาณใบหูกวางและระยะเวลาในการสกัดที่น้อยกว่า และทุกชุดการทดลองที่มีการเติมน้ำใบหูกวางสามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้ในระยะเวลาเพียง 10 นาที โดยชุดการทดลองที่มีสารแทนนิน 200 ppm สามารถลดปริมาณแอมโมเนียได้สูงที่สุดคือ 56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าการเติมน้ำใบหูกวางที่มีความเข้มข้นแทนนิน 50 – 200 ppm สามารถลดแอมโมเนียได้ ดังนั้นสารแทนนินจากใบหูกวางแห่งนี้มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแอมโมเนีย แต่การนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรคำนึงถึงค่า pH เพราะถ้าใช้ความเข้มข้นสูงเกินไปอาจส่งผลให้ pH ลดลงอย่างรวดเร็ว และทำให้สัตว์น้ำเป็นอันตรายได้

### เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิจัยสุภาพสัตว์น้ำจืด. 2559. สถิติการส่งออกสัตว์น้ำมีชีวิต และผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ.  
[http://www1.fisheries.go.th/itstat/index.php?option=com\\_content&view=article&id=36&Itemid=72](http://www1.fisheries.go.th/itstat/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=72). (15 พฤษภาคม 2561)
- สมจินตนา พุทธมาตย์ และวรวิทย์ สุวรรณสาร. 2550. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบหูกวาง (*Terminalia catappa* L.) และผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและการยับยั้งแบคทีเรียในน้ำ. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาพืช. 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี. 2551. สารสกัดแทนนินจากใบมันสำปะหลังเพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> edition. Association of Official Analytical Chemist, Washington. DC.
- Hashida, K., R. Makino and S. Ohara. 2009. Amination of pyrogallol nucleus of condensed tannins and related polyphenols by ammonia water treatment. *Holzforchung*. 63(3): 319-326.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torie. 1980. Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach, 2nd. ed., International Student Edition, Mc Graw-Hill Book Company.

ประสิทธิภาพการไล่ของสารสกัดน้ำมันสะเดาต่อแมลงวันชอนใบ  
*Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) ในถั่วเขียว  
Efficiency Repellant of Neem Oil Extract to *Liriomyza* Spp. (Diptera:  
Agromyzidae) in Mung Bean

สินภรณ์ บำรุงเพชร<sup>1\*</sup> ปภพ สินชยกุล<sup>1</sup> และ วิชัย สรพงษ์ไพศาล<sup>2</sup>

Sinaphon Bamrungpetch <sup>1\*</sup>, Pabhop Sinchayakul<sup>1</sup>, Wichai Sorapongpaisal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, <sup>2</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนาการกีฏวิทยาสิ่งแวดล้อม คณะเกษตร กำแพงแสน  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

<sup>1</sup>Department of Entomology, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen,  
Kasetsart University KamphaengSaen Campus

<sup>2</sup>Environmental Entomology Research and Development Center, Faculty of Agriculture Kamphaengsaen,  
Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140.

\*Corresponding author: agrsci@ku.th

#### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการไล่แมลงวันชอนใบถั่วเขียว *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) ของสารสกัดด้วยวิธีการหมักในตัวทำละลาย 5 ชนิด คือ เฮกเซน ไซลีน อะซิโตน เมทานอล และน้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ randomized complete block design (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ ทำการพ่นสารสกัดน้ำมันสะเดาในอัตรา 250 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร บนต้นถั่วเขียวอายุ 7 วัน ทุกสัปดาห์ จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว ตรวจนับจำนวนแมลงวันชอนใบถั่วเขียวที่เข้าทำลายก่อนพ่นสารทุกครั้ง พบว่า สารสกัดน้ำมันสะเดาที่ตัวทำละลายไซลีนและเฮกเซน มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเป็นสารไล่แมลงวันชอนใบถั่วเขียว *Liriomyza* spp. เนื่องจากมีร่องรอยการทำลายต่ำสุดเท่ากับ 29.67 32.33 ตัวต่อต้น ตามลำดับ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

**คำสำคัญ :** สารสกัด น้ำมันสะเดา ตัวทำละลาย ถั่วเขียว

#### Abstract

The objective of this study was to compare the efficiency of neem extract to repel leaf miner fly *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) Neem oil extract was extracted in 5 solvents: Hexane Xylene Acetone Methanol and Water by maceration technique. Randomized Complete Block Design (RCBD) was application with 3 replications. Each neem oil extract was sprayed on mung bean at 7 days old every week until harvesting period. The mung bean of insect were concentrated and the damages were checked every week before application. The result showed that neem oils extracted with xylene and hexane were the

highest efficiency to repel leaf miner fly because the mean of insect on the leaf miner fly was the lowest number at 26.67 and 32.33 insects/plant respectively.

**Keyword:** Extracts, Neem oil, Solvent, Mung bean

## บทนำ

ถั่วเขียวเป็นเมล็ดพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยพืชหนึ่ง ที่นอกจากใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังเป็นผลิตผลการเกษตรที่ส่งออกสร้างรายได้นำเข้าประเทศมูลค่าหลายล้านบาท จากข้อมูลปริมาณและมูลค่าการส่งออกถั่วเขียวในปี 2543 ที่ผ่านมามีการส่งออก 17,403 ตัน มูลค่า 231.87 ล้านบาท แยกเป็นถั่วเขียวผิวมัน 12,197 ตัน มูลค่า 153.52 ล้านบาท ส่วนถั่วเขียวผิวดำมีการส่งออก 5,206 ตัน มูลค่า 78.36 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2543) และพบแมลงศัตรูที่สำคัญที่ลงทำลายคือ แมลงวันหนอนซอนใบ *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) พบรายงานครั้งแรกในปี ค.ศ. 1894 (Thang, 1999) และมีเขตการแพร่กระจายในเขตยุโรป อเมริกา รวมทั้งประเทศในแถบเอเชีย เช่น เวียดนาม ญี่ปุ่น และประเทศไทยด้วย การเข้าทำลายของแมลงวันหนอนซอนใบในสกุล *Liriomyza* ซึ่งเป็นแมลงที่พบการระบาดครั้งแรกในประเทศไทยในแหล่งปลูกมะเขือเทศที่นิคมสหกรณ์หุบกระพง อำเภอยะนิง จังหวัดเพชรบุรี โดยพบการระบาดของแมลงตัวนี้ทั้งแปลงในพื้นที่ประมาณ 200 ไร่ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2536- 2537 (จักรพงษ์ พิริยพล, 2537) ทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรง คือ ระยะหนอนกัดกินส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อชั้น Mesophyl ของพืช เกิดเป็นรอยซอนใบเป็นทางทั่วบนใบ และมีผลให้ใบหลุดร่วง และส่งผลให้พืชชะงักการเติบโต และทางอ้อมคือ การวางไข่ของแมลงวันหนอนซอนใบเพศเมียเป็นพาหะนำโรคลูกพืชได้ เช่น เชื้อไวรัสใบด่าง (Zitter and Tsai, 1977) และยังเป็นสาเหตุให้ใบเกิดอาการไหม้เกรียมได้เนื่องจากแสงแดด (sunburning) ทำให้ผลผลิตลดลง ไม่ได้คุณภาพ การควบคุมในปัจจุบันที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย คือการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด ซึ่งมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมและเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์สูง แมลงสร้างความต้านทานต่อสารกำจัดแมลง เพื่อลดปัญหาดังกล่าว การใช้สารจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากพืช สามารถทดแทนสารฆ่าแมลง และสามารถกำจัดหนอนซอนใบได้ มีฤทธิ์ทั้ง ถูกตัวตาย ยับยั้งการกินอาหาร และเป็นสารไล่ q เป็นต้นที่สำคัญคือ มีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารสกัดสะเดาเป็นสารที่มีคุณสมบัติ ยับยั้งการลอกคราบ ยับยั้งการกินอาหาร มีผลต่อความสามารถในการลดการวางไข่และผลิตลูกหลาน มีผลต่อการเคลื่อนไหวและการบินและมีผลต่อความสามารถในการผสมพันธุ์ ทั้งนี้สารที่ได้จากสะเดาประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด ในสะเดามากกว่า 100 สาร (Siddiqui, 1942) สารออกฤทธิ์ ได้แก่ กลุ่มสารไตรเทอร์พีนอยด์ (triterpenoids) เป็นกลุ่มสารออกฤทธิ์หลักที่มีประสิทธิภาพต่อแมลงโดยมีผลต่อการยับยั้งการกินอาหาร การดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และพัฒนาการต่างๆ สารสำคัญที่เป็นสารออกฤทธิ์หลักคือ อะซาไดแรคติน (azadirachtin) ดังนั้นจึงทำการศึกษา คุณสมบัติของสารสกัดน้ำมันสะเดา ในรูปแบบการเป็นสารไล่ ต่อแมลงวันซอนใบ (*Liriomyza* spp.) เพื่อเป็นทางเลือกในการควบคุมแมลงศัตรูถั่วเขียวที่มีความปลอดภัยต่อมนุษย์และสัตว์ ทดแทนการใช้สารเคมี

## วิธีการศึกษา

### 1. การเตรียมเมล็ดสะเดา

เมล็ดสะเดาที่ใช้ในการทดลองนี้ เก็บจากบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม นำเมล็ดสะเดาที่ได้มาล้างน้ำเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก แล้วนำเมล็ดสะเดาไปอบด้วยเครื่องอบความร้อน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จนเมล็ดสะเดาแห้ง

### 2. การเตรียมสารสกัดจากสะเดา

บดเมล็ดสะเดาให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (blender) โดยชั่งเมล็ดสะเดาปน 200 กรัม ใส่ลงใน beaker ที่มีตัวทำละลายต่างๆ ดังนี้ (เฮกเซน เมทานอล อะซีโตน ไซลีนและน้ำ) ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปั่นสารด้วยเครื่องสเตรอที่ความเร็วรอบในการหมุน 1,000 รอบ/นาที เป็นเวลาที่ 12 ชั่วโมง แช่หมักสารทิ้งไว้ 3 วัน หลังจากนั้นกรองเอาส่วนของสารสกัดออกด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากของเมล็ดสะเดาออก นำสารละลายที่ได้ไปกรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 และนำมาระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary Evaporator ได้สารสกัดจากเมล็ดสะเดาที่มีสีน้ำตาล-ดำเข้ม

### 3. การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากเมล็ดสะเดา

เตรียมแปลงปลูกถั่วเขียว ขนาด 1.2x6.8 เมตร บริเวณเรือนปฏิบัติการภาควิชาที่ 1 ภาควิชา คณะเกษตร กำแพงแสน ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ กำแพงแสน 2 โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ 6 สิ่งทดลอง พ่นสารโดยใช้ความเข้มข้นสาร 20% (v/v) โดยใช้สารสกัดสะเดา 60 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 240 มิลลิลิตร ผสมด้วยสารจับใบ Tween 80 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และใช้น้ำผสมสารจับใบเป็นตัวควบคุม (control) นำไปฉีดพ่นแปลงถั่วเขียว ทุก 7 วัน เมื่อถั่วเขียวอายุ 7 วัน ถึงระยะเก็บเกี่ยว และเช็คผลการทดลองทุก 1,3,5,7 วัน โดยนับจำนวนตัวต่อต้น

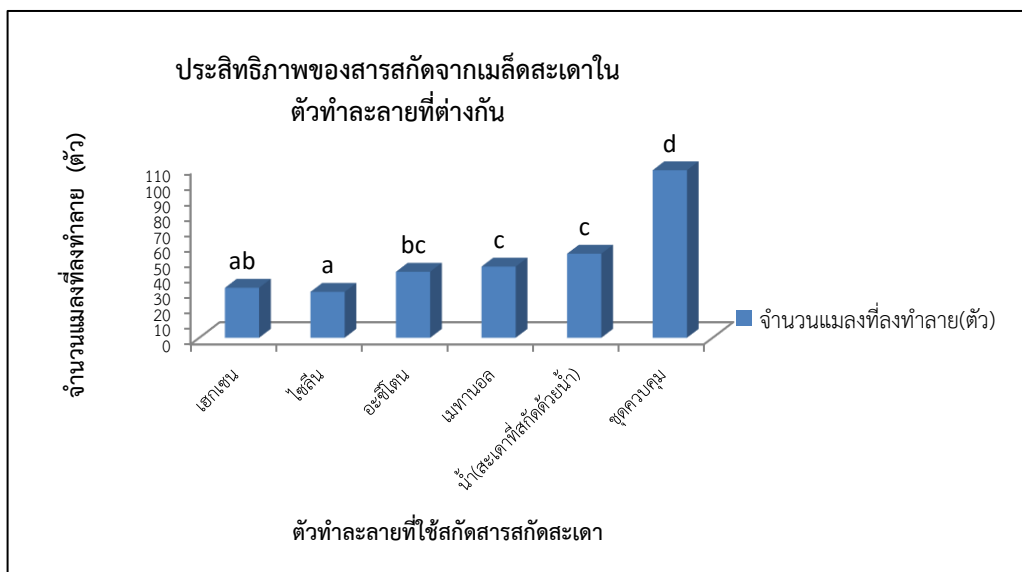
## ผลการศึกษา

จากการสำรวจพบแมลงศัตรูพืชหลายชนิด ได้แก่ เพลี้ยอ่อน แมลงหวี่ขาว หนอนกระทู้ผัก แมลงวันชอนใบ และแมลงวันเจาะโคนต้น หลังจาก 1 สัปดาห์หลังปลูกถั่วเขียว แมลงวันชอนใบถั่วเขียวได้ลงทำลายถั่วเขียวทุกแปลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และหลังจากฉีดพ่นสารสกัดจากสะเดาทำให้แมลงวันชอนใบถั่วเขียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ สกัดโดยวิธีการหมัก (maceration) ด้วยตัวทำละลายต่างๆ ตามความแรงขี้ของตัวทำละลายอินทรีย์

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ในการเป็นสารไล่แมลงวันชอนใบถั่วเขียว แสดงให้เห็นว่า สารสกัดสะเดาที่ตัวทำละลายต่างกัน

มีประสิทธิภาพไล่แมลงวันชอนใบถั่วเขียวที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ สารสกัดน้ำมันสะเดาที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซนต์ในตัวทำละลายที่มีระดับความแรงขี้ต่างชนิดคือ เฮกเซน, ไซลีน, อะซีโตน, เมทานอลและน้ำ เนื่องจากสารสกัดจากธรรมชาติมีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์หลายตัว จึงเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีระดับความแรงขี้ที่ต่างกันจากขี้สูง ขี้กลาง ขี้ต่ำและไม่มีขี้ โดย เฮกเซน มีระดับความแรงขี้ที่ 0.01, ไซลีน มีระดับความแรงขี้ที่ 0.26, อะซีโตน มีระดับความแรงขี้ที่ 0.56,

เมทานอล มีระดับความแรงขั้วที่ 0.95 และน้ำมีความแรงขั้วประมาณที่ 0.99 (นพมาศ, 2544) พบว่า สารสกัดจากเมล็ดสะเดาสกัดด้วยตัวทำละลาย ไชลีน มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลงวันชอนใบแก้วเขียวดีที่สุดเท่ากับ 29.67 ตัว รองลงมาคือ เฮกเซน มีค่าเท่ากับ 32.33 ตัว, เมทานอล มีค่าเท่ากับ 42.67 ตัว, อะซีโตน มีค่าเท่ากับ 46.00 ตัว และน้ำ 54.33 ตัว ที่ 7 วัน ตามลำดับ



**Figure 1** The effect different solvents on neem extracts to control Leaf miner fly (*Liriomyza* spp. Diptera: Agromyzidae)

**Table 1** Efficacy of neem oil extracts on Leaf miner fly (*Liriomyza* spp. Diptera: Agromyzidae)

Solvents	% Number insects infestation
	(insects/plant)
Hexane	32.33
Xylene	29.67*
Acetone	42.67
Methanol	46.00
Water	54.33
Control	108.33



จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า สารสกัดน้ำมันสะเดาที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ในตัวทำละลายที่มีระดับความแรงขั้วต่างกันคือ เฮกเซน, ไซลีน, อะซีโตน, เมทานอลและน้ำ พบว่า สารสกัดจากเมล็ดสะเดาสกัดด้วยตัวทำละลาย ไซลีน มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลงวันชอนใบแก้วเขียวดีที่สุดเท่ากับ 29.67 ตัว รองลงมาคือ เฮกเซน มีค่าเท่ากับ 32.33 ตัว, เมทานอล มีค่าเท่ากับ 42.67 ตัว, อะซีโตน มีค่าเท่ากับ 46.00 ตัว และน้ำ 54.33 ตัว ที่ 7 วัน ตามลำดับ

### วิจารณ์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดน้ำมันสะเดาโดยสกัดด้วยวิธีการหมัก(maceration) ด้วยตัวทำละลายที่ระดับความแรงขั้วแตกต่างกันดังนี้ เฮกเซน ไซลีน อะซีโตน เมทานอลและน้ำ พบว่า ไซลีน มีประสิทธิภาพในตัวทำละลายที่ดีที่สุดซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของสุทัศน์(2557) รายงานว่า ไซลีนอยู่ในกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbon) คือกลุ่มที่มีลักษณะโครงสร้างทางเคมีที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นวงแหวนเบนซีน (Benzene Ring) ซึ่งเป็นสารสำคัญในการผลิตสารเคมีทางการเกษตร ไซลีนเป็นตัวทำละลายในการผลิตยาฆ่าแมลง (อดุลย์, 2008)

จากผลการทดลองสารสกัดสะเดาที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน พบว่า ไซลีน เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (nonpolar) มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ที่ดีซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบของ Mansour and Ascher (1984) ที่ทำการทดลองโดย ฉีดพ่นสารสกัดจากสะเดาด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ พบว่า สารสกัดจากสะเดาที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ พวก nonpolar เช่น Hexane Xylene มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดดีกว่าสารประเภท polar เช่น Methanol water ในปีถัดมา อุดมพร (2528) พบว่า การใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดาสกัดด้วยตัวทำละลาย เฮกเซน และสกัดด้วยตัวทำละลาย เมทานอล สามารถป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักได้ผลดี

จากการทดลองพบว่า สารสกัดน้ำมันสะเดามีผลต่อการไล่แมลงวันชอนใบ *Liriomyza* spp. ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Schmutterer (1995) ซึ่งรายงานว่ ชนิดของแมลงที่อ่อนแอต่อการใช้สารสกัดสะเดาในอันดับ Diptera อาทิเช่น *Liriomyza sativae* และ *Liriomyza trifolii* ต่อมา Webb และคณะ (1983) พบว่า สารสกัดจากเมล็ดสะเดาสามารถไล่ตัวเต็มวัยที่จะมาวางไข่ของหนอนชอนใบ *Liriomyza sativae* ได้ และ Meisner และคณะ (1986) พบว่า การใช้สารสกัดจากเมล็ดสะเดาโดยใช้น้ำเป็นตัวสกัด ความเข้มข้น 0.5% และ 1% มีผลในการป้องกัน (Preinfestation) หนอนชอนใบ *Liriomyza trifolii* (Diptera:Agromyzidae) ได้ดี จากการทดลองของ P. K. Baidoo และ J. I. Adam (2012) รายงาน สารสกัดสะเดาความเข้มข้น 10 มิลลิลิตรต่อ 10 ลิตร ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลักในกะหล่ำมีเปอร์เซ็นต์การลงทำลายน้อยที่สุดรองลงมาจาก mektin

### สรุป

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดสะเดาในตัวทำละลายที่แตกต่างกันในการเป็นสารไล่แมลงวันชอนใบพบว่า สารสกัดจากน้ำมันสะเดาที่ตัวทำละลายแตกต่างกัน มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงวันชอนใบแก้วเขียวที่แตกต่างกัน สารสกัดน้ำมันสะเดาที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ตัวทำละลาย

ระดับความแรงขั้วต่างชนิดกันคือ Hexane, Xylene, Acetone, Methanol และ Water พบว่า สารสกัดจากเมล็ดสะเดาสกัดด้วยตัวทำละลาย Xylene มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลงวันชอนใบดีที่สุดเท่ากับ 29.67 ตัว รองลงมาคือ Hexane มีค่าเท่ากับ 32.33 ตัว, Methanol มีค่าเท่ากับ 42.67 ตัว, Acetone มีค่าเท่ากับ 46.00 ตัว และน้ำ 54.33 ตัว ตามลำดับ ที่ 7 วัน แสดงให้เห็นว่าสารสกัดสะเดาที่สกัดด้วยตัวทำละลาย Xylene มีประสิทธิภาพในการไล่ของแมลงวันชอนใบแก้วเขียว จึงเป็นทางเลือกในการป้องกันการลงทำลายของแมลงวันชอนใบในแปลงแก้วเขียว เพื่อเป็นการลดการใช้สารเคมีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

### เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรมวิชาการเกษตร. สถาบันวิจัยพืชไร่. (2537). เอกสารวิชาการ พืชไร่. จักรพงศพิริยพล. 2537. พบการระบาดของหนอนชอนใบมะเขือเทศเป็นครั้งแรก. ว. กัญ.16:119.
- นันทวรรณ สโรบล. (2540). ถั่วเขียว :อดีตปัจจุบันและอนาคต. ในรายงานการประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 7 (หน้า 1 - 20). วันที่ 2 - 4 ธันวาคม 2540 ณ โรงแรมแกรนด์ จ. พิษณุโลก.
- นพมาศ สุทรเจริญนนท์ 2544. ทีแอลซี: วิธีอย่างง่ายในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องยาไทย. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ: 468 หน้า
- วีระชัย อินสมพันธ์และทรงเขาว์ ศรีวัฒนพงศ์. 2531. การศึกษาถึงลักษณะทางพืชไร่ของพันธุ์ถั่วเขียวผิวมัน ภายใต้สองฤดูปลูก. ในรายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ งานวิจัยถั่วเขียวครั้งที่ 3 หน้า 82 - 89). วันที่ 21 - 23 พฤศจิกายน 2531 ณ ศูนย์ส่งเสริมยุวเกษตรกรแห่งชาติ จ. กาญจนบุรี.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2543. ข้าวเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ปีที่ 46 ฉบับที่ 524.
- อุดมพร แพ่งนคร. 2528. ประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาที่มีต่อหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner และ หนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (F). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Cab International. 2001. Crop Protection Compendium, 2001 Edition. CAB International, Wallingford, UK.
- Mansour, F.A. and K.R.S. Ascher. 1984. Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. Proc. 2nd Int. Neem Conf. Rauischholzhausen 1983. 461-470.
- Meisner, J., V. Melam-Madjar, S. Yathom and K.R.S. Ascher. 1986. The influence of neem on the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) and serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*), pp. 461-477. In Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Neem Cont., Nairobi, Kenya.
- Minkenbergh, D.P.T.M. and J. C. van Lenteren. 1986. The leafminers *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera : Agromyzidae), their parasites and host plants : A review. Agricultural University Wageningen Papers 86(2).

- Thang, V.T. 1999. Surveys of leafminers (*Liriomyza*) and their parasitoids on vegetables in Vietnam 1998. In: Lim, G.S.; Soetikno, S.S.; Loke, W.H. (eds) Proceedings of a Workshop on Leafminers of Vegetables in Southeast Asia, Tanah Rata, Malaysia, 2-5 February 1999 Serdang, Malaysia; CAB International Southeast Asia Regional Centre, pp. 42-53.
- Parrella M.P.; Jones V.P.; Youngman R.R. & Lebeck L.M. (1985). Effect of leaf mining and leaf stippling of *Liriomyza* spp. on photosynthetic rates of chrysanthemum. *Annals of the Entomological Society of America* 78: 90-93.
- P. K. Baidoo and J. I. Adam. (2012) The Effects of Extracts of *Lantana camara* (L.) and *Azadirachta indica* (A. Juss) on the Population Dynamics of *Plutella xylostella*, *Brevicoryne brassicae* and *Hellula undalis* on Cabbage Sustainable Agriculture Research; Vol. 1, No. 2; 2012
- H. Schmutterer, 1995. The Neem Tree *Azadirachta indica* A. Juss. and other meliaceae plants. VCH Publishers Inc., New York, USA. 696 pp.
- Siddiqui, S. 1942. A note on the isolation of three new bitter principles from the neem oil. *Curr. 11*, p. 278-279.
- Webb, R.E., A.H. Mark, K.L. Richard and J. Martin. 1983. Evaluation of aqueous solution of neem seed extract against *Liriomyza sativae* and *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae)
- Zitter, T.A. and J.H. Tsai. 1977. Transmission of three potyviruses by the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera : Agromyzidae). *Plant Dis. Rep.* 61: 1025-1029.

การประเมินประสิทธิภาพระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์ด้วยซอฟต์แวร์เสรีภายใต้มาตรฐาน

Open Source Maturity Model กรณีศึกษา หน่วยกิจการนักศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Assessing Effectiveness of Free Online Survey Management System Based-on  
Open Source Maturity Model Standard: A Case Study on Student Affairs Unit,  
Faculty of Science, Prince of Songkla University

วัชรกร เจริญสิริสกุล<sup>1\*</sup> วัชรวาลี ตังคุปตานนท์<sup>1</sup> ธีรวัฒน์ หังสพฤกษ์<sup>2</sup> และ อรุณา รตนดิลก ณ ภูเก็ต<sup>3</sup>

Wattakorn Charoensirisakul<sup>1\*</sup>, Watcharawalee Tangkuptanon<sup>1</sup> Theerawat Hungsapruerk<sup>2</sup>  
and Onouma Rattanadilok Na Phuket<sup>3</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<sup>2</sup>ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<sup>3</sup>หน่วยเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

<sup>1</sup>Program in Management of Information Technology, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University

<sup>2</sup>Department of Business Administration, Faculty of Management Sciences, Prince of Songkla University

<sup>3</sup>Information Technology Unit, Faculty of Science, Prince of Songkla University

\* Corresponding author: wattakorn.c@psu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์ด้วยซอฟต์แวร์เสรีภายใต้มาตรฐาน Open Source Maturity Model (OSMM) กรณีศึกษา หน่วยกิจการนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์เสรีด้วยมาตรฐาน OSMM และนำซอฟต์แวร์ที่ผ่านมาตรฐานมาปรับปรุงจากระบบเดิม โดยนำหลักการลิ้นมาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของระบบ ซึ่งซอฟต์แวร์เสรีที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย LimeSurvey, JD Esurvey และ TellForm โดยการประเมินซอฟต์แวร์เสรีจะมีรูปแบบการประเมิน 3 ส่วน คือการประเมินองค์ประกอบของซอฟต์แวร์, การกำหนดน้ำหนักสำหรับแต่ละองค์ประกอบ และการคำนวณระดับคะแนน ทั้งนี้ ผลการประเมินซอฟต์แวร์เสรีด้วยมาตรฐาน OSMM พบว่า LimeSurvey มีประสิทธิภาพและสมบูรณ์สูงสุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ LimeSurvey ในการพัฒนาระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์ของหน่วยกิจการนักศึกษา และสำหรับการวัดคุณภาพของระบบโดยใช้หลักการลิ้น พบว่าการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สามารถลดขั้นตอนกระบวนการปฏิบัติงานที่ไม่มีคุณค่าได้ จึงสรุปได้ว่ามาตรฐาน OSMM สามารถนำมาประเมินซอฟต์แวร์เสรีเพื่อให้ได้ซอฟต์แวร์เสรีที่มีคุณภาพมาใช้ภายในองค์กร

**คำสำคัญ:** ประเมินประสิทธิภาพซอฟต์แวร์เสรี, โอเอสเอ็มเอ็มโมเดล, ระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์, หลักการลิ้น

## Abstract

This article proposes the assessing effectiveness of free online survey management system based-on open source maturity model standard: a case study on student affairs unit, faculty of science, Prince of Songkla University. The objectives are assessing effectiveness of tree open source by Open Source Maturity Model (OSMM) and information system implementation using the most effective open source. Lean Management was applied to identify the quality of the system. LimeSurvey, JD Esurvey and TellForm are assessed freewares. Tree assessing criteria consist of assess element maturity, assign weighting factors, and calculate overall maturity score. The result shown that LimeSurvey is the most flexible and effective open source. Therefore, we developed online survey management system for student affairs unit using LimeSurvey. Also, quality assessment by Lean formality to identify system quality. The result showed that using the new system can eliminate those steps that do not create value. In summary, OSMM is a tool for assessing effectiveness of open source in order to achieve the quality software in organization.

**Keywords:** Open source assessing effectiveness, Open Source Maturity Model, Online survey system, Lean Management

## บทนำ

แบบสอบถามเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่ง ที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดเห็นต่าง ๆ หรือวัดความจริงที่ไม่ทราบ อันจะทำให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงทั้งในอดีตถึงปัจจุบัน โดยหน่วยกิจการนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นหน่วยงานหนึ่งมีหน้าที่พัฒนานักศึกษาให้เป็นบัณฑิตที่พึงประสงค์ ด้วยการสนับสนุนและจัดโครงการพัฒนานักศึกษาที่หลากหลายและมีคุณภาพ จากการจัดโครงการในแต่ละปีมีการจัดโครงการเพื่อพัฒนานักศึกษามากกว่า 80 โครงการ ซึ่งในแต่ละโครงการได้มีการจัดเก็บข้อมูลแบบสอบถาม เพื่อเป็นข้อมูลสะท้อนกลับให้กับผู้จัดโครงการนั้น ๆ ได้นำไปสู่การพัฒนาโครงการให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลสูงสุด

เนื่องจากปัจจุบันหน่วยกิจการศึกษายังไม่มีระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์ที่เป็นของตนเอง มีเพียงการนำซอฟต์แวร์ฟรีคือ SurveyCan และ Google Form มาใช้ในการสร้างแบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งมีข้อจำกัดในการใช้งานและต้องใช้บัญชีส่วนตัวของผู้จัดโครงการในการสร้างและสรุปผลของแบบสอบถาม ส่งผลให้การตรวจสอบความถูกต้องทำได้ยาก และเจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาระบบของคณะวิทยาศาสตร์มีจำนวนจำกัด ไม่สามารถผลิตระบบสารสนเทศได้ทันตามความต้องการ อีกทั้งยังขาดงบประมาณในการซื้อซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์เข้ามาใช้

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำซอฟต์แวร์เสรีที่มีคุณสมบัติในการสร้างและจัดการแบบสอบถามออนไลน์ โดยซอฟต์แวร์เสรีที่ผู้ศึกษาได้นำมาพิจารณาประกอบด้วย LimeSurvey, JD Esurvey และ TellForm ซึ่งทั้ง 3 ซอฟต์แวร์เป็นซอฟต์แวร์เสรี และเพื่อให้ได้ซอฟต์แวร์เสรีที่มีคุณภาพผู้วิจัยได้นำมาตรฐาน Open

Source Maturity Model (OSMM) ซึ่งเป็นมาตรฐานประเมินซอฟต์แวร์เสรี โดยมีรูปแบบการประเมิน 3 ส่วน คือ การประเมินองค์ประกอบของซอฟต์แวร์ดังแสดงในตารางที่ 3 การกำหนดน้ำหนักในแต่ละองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 1 และการคำนวณระดับคะแนนดังแสดงในตารางที่ 2 (Golden, B. 2008.) ซึ่งผลการประเมิน OSMM จะบอกได้ว่าซอฟต์แวร์เสรีนั้นอยู่ในระดับใด โดยนำซอฟต์แวร์เสรีที่ผ่านการประเมินด้วยมาตรฐาน OSMM มาพัฒนาให้เหมาะสมกับหน่วยกิจการนักศึกษา และนำมาปรับปรุงจากระบบเดิมโดยนำหลักการกลับมาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของระบบ และเป็นแนวทางในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์เสรีที่จะนำมาใช้ในคณะวิทยาศาสตร์ต่อไป

ตารางที่ 1 การถ่วงน้ำหนักขององค์ประกอบ

คุณลักษณะของซอฟต์แวร์	น้ำหนักมาตรฐาน
ซอฟต์แวร์	4
การสนับสนุนทางเทคนิค	2
เอกสาร	1
การฝึกอบรม	1
การบูรณาการ	1
การให้บริการพิเศษ	1
รวม	10

ตารางที่ 2 ช่วงคะแนนและความหมาย

ช่วงคะแนน	ระดับ	ความหมาย
0 - 40	Experimentation	ระดับปานกลาง
41 - 60	Pilot	ระดับที่ใกล้สมบูรณ์
61 - 100	Production	ระดับสมบูรณ์

ตารางที่ 3 ด้านการประเมินของมาตรฐาน OSMM

องค์ประกอบ	ประเด็นที่พิจารณา
ซอฟต์แวร์	หน้าที่การทำงาน , อายุการใช้งาน , คุณภาพของงาน , คุณภาพของทีมงาน
การสนับสนุนทางเทคนิค	การติดต่อสื่อสาร , ค่าใช้จ่าย , ความเชี่ยวชาญของผู้ให้บริการ
เอกสาร	ขั้นตอนการสร้างและการพัฒนา
การฝึกอบรม	คู่มือการใช้งาน , คู่มือแนะนำสินค้า , การฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานจริง
การบูรณาการ	ผลกระทบต่อทีมงาน , ผลกระทบต่อการจำหน่าย
การให้บริการพิเศษ	การให้บริการจากทีมงาน

## วิธีการศึกษา

### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในบทความนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มการประเมินมาตรฐาน OSMM จำนวน 8 คน ประกอบด้วยผู้บริหาร 2 คน ผู้พัฒนาระบบ 3 คน ผู้จัดอบรม 3 คน และกลุ่มของผู้ใช้ระบบจัดการแบบสอบถาม จำนวน 1 คน คือประธานชมรม 1 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบเจาะจง

### 2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการแบบสอบถามออนไลน์ด้วยซอฟต์แวร์เสรีเป็นการวิจัยแบบ Posttest Design ซึ่งประยุกต์ใช้ขั้นตอนวงจรพัฒนาซอฟต์แวร์ (The Software Development Life Cycle : SDLC) ควบคู่กับการวัดคุณภาพของซอฟต์แวร์เสรีด้วยมาตรฐาน OSMM ซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาระบบ ด้วยวิธีการศึกษาข้อมูลความต้องการเบื้องต้น ศึกษามาตรฐาน OSMM และศึกษาซอฟต์แวร์เสรีที่มีคุณสมบัติในการสร้างแบบสอบถาม

2. วิเคราะห์เกณฑ์และประเมินซอฟต์แวร์เสรี เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อกำหนดตามมาตรฐาน OSMM ดังแสดงในตารางที่ 3 เพื่อประเมินซอฟต์แวร์เสรีที่จะนำมาพัฒนาระบบการจัดการแบบสอบถามออนไลน์ด้วยซอฟต์แวร์เสรี ซึ่งได้ผลจากการประเมินซอฟต์แวร์เสรีโดยกลุ่มของการประเมินมาตรฐาน OSMM จำนวน 8 คน ดังแสดงในตารางที่ 4

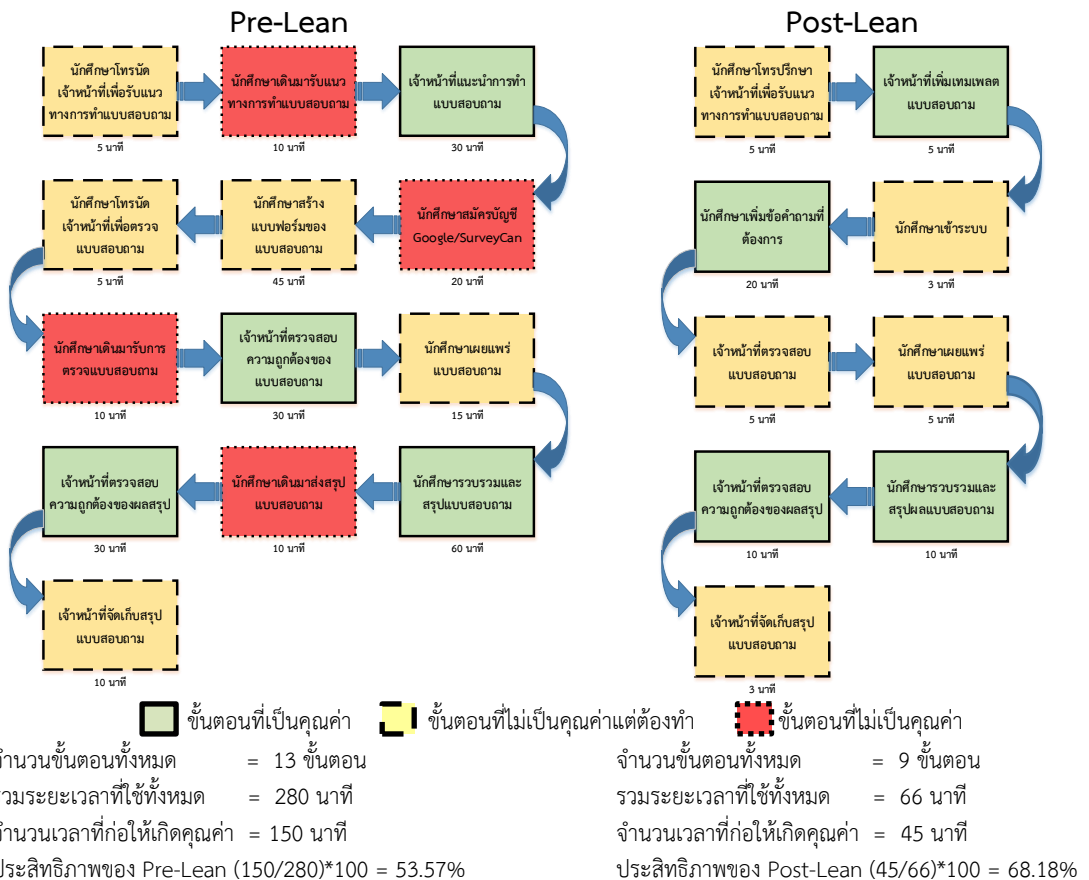
ตารางที่ 4 ผลการให้คะแนนตามมาตรฐาน OSMM

กำหนดให้ L = LimeSurvey J = JD Esurvey T = TellForm								
องค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมินจากกรรมการ			น้ำหนักมาตรฐาน	คะแนนความสมบูรณ์ของแต่ละองค์ประกอบ		
		L	J	T		L	J	T
ซอฟต์แวร์	10	9	7	6	4	36	28	24
การสนับสนุนทางเทคนิค	10	7	4	7	2	14	8	4
เอกสาร	10	7	3	5	1	7	3	5
การฝึกอบรม	10	7	7	4	1	7	7	4
การบูรณาการ	10	6	5	5	1	6	5	5
การให้บริการพิเศษ	10	5	2	2	1	5	2	2
ผลรวมความสมบูรณ์ของซอฟต์แวร์						75	53	44

3. พัฒนาระบบ ซึ่งซอฟต์แวร์ที่นำมาพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์ที่ผ่านการประเมินตามมาตรฐาน OSMM แล้วนำมาพัฒนาให้เหมาะสมกับความต้องการของหน่วยกิจการนักศึกษา

4. ทดสอบและประเมินผลด้วยหลักการสิน เมื่อพัฒนาระบบเสร็จสิ้นจะทำการทดสอบและประเมินผลโดยผู้พัฒนาและผู้ใช้จากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งใช้ข้อมูลและสภาพแวดล้อมจริงในการทดสอบโดยการเปรียบเทียบผลของ Pre-Lean กับ Post-Lean ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งมีตัวชี้วัดและตั้งเป้าหมายคือ

- 1) ลดระยะเวลาในการดำเนินการสร้างแบบสอบถาม
- 2) เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการแบบสอบถาม โดยใช้สูตรคำนวณ  
 ประสิทธิภาพ = (ผลรวมของเวลาที่เป็นคุณค่า/เวลาทั้งหมด)\*100  
 (เพ็ญวิสาข์ เอกกษยอ และ วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์, 2555)



ภาพที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบของ Pre-Lean กับ Post-Lean



### ผลการศึกษา

การประเมินประสิทธิภาพระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์ด้วยซอฟต์แวร์เสรีภายใต้มาตรฐาน OSMM และนำซอฟต์แวร์ที่ผ่านมาตรฐานมาปรับปรุงจากระบบเดิม โดยนำหลักการลิ้นมาเป็นตัวชีวิต คุณภาพของระบบ ได้ดังนี้

#### ตารางที่ 5 ผลการประเมินระดับความสมบูรณ์ของซอฟต์แวร์เสรี

ซอฟต์แวร์ที่ประเมิน	คะแนน (เต็ม 100)	ระดับความสมบูรณ์
LimeSurvey	75	ระดับสมบูรณ์
JD Esurvey	53	ระดับใกล้เคียงสมบูรณ์
TellForm	44	ระดับใกล้เคียงสมบูรณ์

จากตารางผลการประเมินระดับความสมบูรณ์ของซอฟต์แวร์เสรี จะเห็นได้ว่าผลรวมของคะแนนในแต่ละซอฟต์แวร์เสรีมีความแตกต่างกัน โดย LimeSurvey เป็นซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพและความสมบูรณ์สูงสุด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ LimeSurvey ในการพัฒนาระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์ของหน่วยกิจการนักศึกษา

#### ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบของ Pre-Lean กับ Post-Lean

กิจกรรม	Pre-Lean	Post-Lean	ผลต่าง
ขั้นตอน	13	9	ลดลง 4
ระยะเวลา (นาที)	280	66	ลดลง 214 (76.42%)
ประสิทธิภาพ (%)*	53.57%	68.18%	เพิ่มขึ้น 14.61%

\*สูตรคำนวณประสิทธิภาพ = (ผลรวมของเวลาที่เป็นคุณค่า/เวลาทั้งหมด)\*100

จากตารางผลการเปรียบเทียบของ Pre-Lean กับ Post-Lean ตามหลักการลิ้น จะเห็นได้ว่า

1) ขั้นตอนการดำเนินการของการสร้างแบบสอบถามลดลง 4 ขั้นตอน โดยพบว่าขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่า ได้แก่ ขั้นตอนเดินมายังหน่วยกิจการนักศึกษา เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่นักศึกษาต้องเดินมาเพื่อรับแนวทาง/ตรวจสอบ/ส่งแบบสอบถาม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนกัน และขั้นตอนการสมัครบัญชี Google/Survey เนื่องจากในระบบใหม่ได้มีการสร้างบัญชีของนักศึกษาไว้แล้ว

2) ระยะเวลาการในการดำเนินการสร้างแบบสอบถาม ลดลงร้อยละ 76.42 ซึ่งเป็นไปตามตัวชีวิตในเรื่องของลดระยะเวลาในการดำเนินการสร้างแบบสอบถาม

3) ประสิทธิภาพของระบบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.61 ซึ่งเป็นไปตามตัวชีวิตในเรื่องของการประสิทธิภาพการจัดการแบบสอบถาม

### วิจารณ์

ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยที่นำมาตราฐาน OSMM มาใช้ในการประเมินซอฟต์แวร์เสรี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Mohammad, A. 2014) ที่ได้นำมาประเมินซอฟต์แวร์ทางภูมิศาสตร์ (GIS) หรือการนำหลักการลินมาใช้ภายในองค์กร แต่ยังไม่พบงานวิจัยในการประเมินซอฟต์แวร์เสรีด้วยมาตรฐาน OSMM และนำหลักการลินมาเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์เสรีที่ผ่านการประเมินด้วยมาตรฐาน OSMM ทั้งในและต่างประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยแรกๆ ที่นำมาตราฐาน OSMM และหลักการลินมาใช้ในการวัดคุณภาพและประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์เสรีโดยมีกรณีศึกษา หน่วยกิจการนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### สรุป

จากผลการศึกษาของงานวิจัยการประเมินประสิทธิภาพระบบจัดการแบบสอบถามออนไลน์ด้วยซอฟต์แวร์เสรีภายใต้มาตรฐาน OSMM เป็นการช่วยคัดกรองซอฟต์แวร์เสรีที่นำมาใช้ภายในองค์กรเพื่อให้ได้ซอฟต์แวร์เสรีที่มีคุณภาพ ซึ่งซอฟต์แวร์เสรีที่ผ่านการประเมินคือ LimeSurvey เนื่องจาก คุณลักษณะที่พึงประสงค์ของซอฟต์แวร์เป็นไปตามความต้องการของหน่วยกิจการนักศึกษา การสนับสนุนทางเทคนิคมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความรู้การใช้งานทั้งในส่วนของผู้ใช้และทีมพัฒนาระบบ เอกสารมีความเป็นปัจจุบันในทุกๆ เวอร์ชันของระบบ การฝึกอบรมมีแหล่งจัดอบรมอย่างต่อเนื่องทั้งภายในและต่างประเทศ การบูรณาการมีความร่วมมือทั้งทีมพัฒนาและองค์กรภายนอกในการสร้างโมดูลใหม่ๆ และการให้บริการพิเศษมีการรับออกแบบเพิ่มเติมตามที่ใช้กำหนด โดยได้ผลการประเมินที่ 75 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับสมบูรณ์ และการวัดคุณภาพของระบบโดยใช้หลักการลินพบว่าระยะเวลาการในการดำเนินการสร้างแบบสอบถามลดลงร้อยละ 76.42 และประสิทธิภาพของระบบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 14.61 ดังนั้น มาตรฐาน OSMM สามารถเป็นแนวทางในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์เสรีที่จะนำมาใช้ในคณะวิทยาศาสตร์ต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- Golden, B. 2008. Open Source Maturity Model. “The Open Source Business” Resource, First Edition (2004), Addison Wesley, USA.
- เพ็ญวิสาข์ เอกกษยอ และ วัชรวลี ตั้งคุปตานนท์. 2555. การใช้หลักการลินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บเอกสาร และออกเลขหนังสือด้วยซอฟต์แวร์เสรี กรณีศึกษา สำนักงานโรงพยาบาลสงขลานครินทร์. GRC 2012. HMO23: 1061-1066.
- Mohammad, A. 2014. Evaluation of Free/Open Source Software Using OSMM Model Case Study: WebGIS and Spatial Database. ACSIJ Advances in Computer Science. ISSN: 2322-5157.

การบริหารจัดการเครือข่ายที่ส่งผลต่อการจัดงานสงกรานต์ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์  
กรณีศึกษา ถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย  
Management of Network Affecting Non-Alcoholic Songkran Festival  
: A Case Study Rice Family Roads in Thailand.

วิฑูร อินทจันทร์<sup>1\*</sup> และ ไชยนันท์ ปัญญาศิริ<sup>2</sup>  
Vitoon Intajan<sup>1\*</sup> and Chaiyanan Panyasiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการ มหาวิทยาลัยสยาม,  
<sup>2</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการ และ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการ  
มหาวิทยาลัยสยาม

<sup>1</sup>Doctoral Candidate of Ph.D. Program in Management Siam University

<sup>2</sup>Assistant Professor of Ph.D. Program in Management and Dean of the Graduate School of Management  
Siam University

\* Corresponding author: vitoon\_dj@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อการศึกษาการบริหารจัดการเครือข่ายที่ส่งผลต่อการจัดงานเทศกาลสงกรานต์ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ กรณีศึกษาถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย ในการทำงานรูปแบบเครือข่าย เพื่อเสนอแนะแนวทางในการทำงาน ในรูปแบบเครือข่ายที่มีการจัดงานอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษาถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย โดยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ แบ่งกลุ่มพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา 4 พื้นที่ คือ ถนนข้าวยา จังหวัดปัตตานี ถนนข้าวสุก จังหวัดอ่างทอง ถนนข้าวหอมมะลิ จังหวัดร้อยเอ็ด และ ถนนข้าวเหนียว จังหวัดขอนแก่น วิธีการศึกษาใช้การศึกษาจากเอกสารการสัมภาษณ์เชิงลึก และการสัมภาษณ์กลุ่ม

ผลการวิจัยพบว่า การบริหารจัดการเครือข่าย ที่ส่งผลให้การจัดงานสงกรานต์ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ในพื้นที่ถนนตระกูลข้าว ที่ทำการศึกษานั้น ประสบความสำเร็จประกอบด้วย 1) ด้านความร่วมมือในการบริหารจัดการขับเคลื่อนเครือข่ายตามแผนงานของเครือข่าย ให้สอดคล้องตามวิสัยทัศน์ และแผนงานยุทธศาสตร์ขององค์กร 2) ด้านการวางแผนการทำงานล่วงหน้า และมีวิสัยทัศน์ร่วมกันที่ผลักดันให้เกิดพื้นที่เล่นน้ำปลอดภัย 3) มีการจัดการด้านกิจกรรมของภาคีเครือข่ายในพื้นที่ ที่จะเฝ้าระวังในเรื่องของการกระทำความผิด กติกา และกฎหมายควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การดำเนินกิจกรรมในพื้นที่ มีแกนนำที่เป็นทั้งหน่วยงานภาครัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) เพื่อสนับสนุนให้องค์กรชุมชน ท้องถิ่น และภาคเอกชน สามารถเป็นแกนหลักในการบริหารจัดการเพื่อการทำงานให้เกิดการพัฒนา และมีประสิทธิภาพที่มีเป้าหมายและกิจกรรมเดียวกัน มีส่วนร่วมในการร่วมกันปฏิบัติการพื้นที่ให้ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ 4) มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจนในการบริหารจัดการรูปแบบเครือข่ายให้ดียิ่งขึ้น

**คำสำคัญ:** การบริหารจัดการ, เครือข่าย, สงกรานต์, ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์, ถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย

### Abstract

This research aims to Study The Network Management that Affects the Non-Alcoholic Songkran festival of the Rice Family Roads in Thailand. To work network format to recommend the work. The network is organized in an effective way. A case study of rice family in Thailand by qualitative research The sample area used in this research was 4 areas: Khao Yam Road, Pattani Province, Khao Suk Road, Angthong Province. Jasmine Rice Road, Roi Et Province, and Khao Niew Road, Khon Kaen Province.

The findings revealed that Network Management As a result, the Songkran festival Non- Alcoholic beverages. In the area of rice family. road Education Succeeded by 1) Collaboration in network management according to the network plan. Follow the vision. And strategic plans of the organization. (2) The planning ahead They have a shared vision of driving safe water areas. (3) Management of activities of network partners in the area. To monitor in the course of the offense and the laws governing alcohol. Activity in the area the leaders are both government agencies. Local administration to encourage local and private community organizations to be at the core of management for development work. And effective the same goals and activities. Participate in the joint action of Non-Alcohol areas. 4) There is a clear policy to better manage the network layout.

**Keywords:** Network, Management, Songkran Festival, Non- Alcoholic, Rice Family Road of Thailand.

### บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีการควบคุม ผลิต ปริมาณ และ อัตราการบริโภค เครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ ของ ประชากร ไม่ ให้ เพิ่ม สูง ขึ้น มาก กว่า ประเทศ ใน แถบ เอเชีย ด้วย กัน ซึ่ง น่า จะ แสดง ถึง ความ สำเร็จ ส่วน หนึ่ง ของ การ ดำเนิน งาน ด้าน การ ผลิต เครื่องดื่ม เพื่อ ป้อง กัน และ ลด การ ดื่ม เครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ ของ ภาค ส่วน ต่าง ๆ ใน ประเทศ รวมทั้ง แนวทาง การ ผลิต ของ สำนักงาน กองทุน สนับสนุน การ สร้าง เสริม สุขภาพ (สสส.) และ ภาควิชา แพทย์ ที่ พยายาม ผลัก ดัน มาตรการ ต่าง ๆ หรือ กำหนด ยุทธศาสตร์ ต่าง ๆ เพื่อ ลด ปัญหา จาก การ ดื่ม เครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ (อุดมศักดิ์ แซ่โจ้ว, 2559. ศูนย์วิจัย ปัญหา สุรา) เนื่องจาก ค่านิยม การ เล่น สงกรานต์ ที่ เปลี่ยน ไป จาก กอด ตี ที่ ผ่าน มา ซึ่ง ทั้ง หน่วยงาน ภาครัฐ และ ภาค ประชาสังคม ทั่วประเทศ ร่วม กัน จัด งาน สงกรานต์ และ พื้นที่ เล่น น้ำ ปลอดภัย เพราะ ว่า ที่ ผ่าน มา คน ไทย หัน มา บริโภค เครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ กัน อย่าง เพิ่มขึ้น หลัง จาก ที่ มีการ ค้า เสรี เกิด ขึ้น สิ่ง สำคัญ ที่ เป็น ปัจจัย คือ การ โฆษณา (พลเทพ วิจิตรคุณากร, 2559 ศูนย์วิจัย ปัญหา สุรา) เพราะ เหตุ กาล สงกรานต์ เป็น เหตุ กาล ที่ มี วัน หยุด ติด ต่อ กัน หลาย วัน มี การ จัด กิจกรรม เล่น น้ำ สงกรานต์ เพื่อ ดึงดูด นักท่องเที่ยว ใน หลาย พื้นที่ เพื่อ ส่ง เสริม สนับสนุน ด้าน การ ท่องเที่ยว และ ระบบ เศรษฐกิจ ของ ท้องถิ่น ทั้งนี้ งาน สงกรานต์ ที่ ได้รับความ นิยม อย่าง สูง ในช่วง ระยะเวลา 10 ปี ที่ ผ่าน มา คือ “สงกรานต์ ถนน ทรกุลข้าว” ถนน ทรกุลข้าว ที่ เริ่มต้น ของ การ บริหาร จัด การ โดย การ มี ส่วน ร่วม ของ เครือข่าย

มีการเชื่อมโยงการทำงาน กับหน่วยงานภาคต่างๆ จัดงานในรูปแบบปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นจุดเริ่มต้น และขยายพื้นที่เป็นวงกว้าง ทั่วประเทศไทยจึงทำให้ในพื้นที่จังหวัดต่างๆ ก็จะมีการปรับเปลี่ยนชื่อถนน เป็นถนนข้าวต่างๆ โดยจะสอดคล้องกับ วิถีชีวิตท้องถิ่น วัฒนธรรมท้องถิ่น และประวัติความเป็นมาของท้องถิ่นด้วย

โดยประเทศไทยมีพื้นที่ต้นแบบงานเทศกาลสงกรานต์ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จากทั่วประเทศจำนวน 86 พื้นที่ 66 จังหวัด 54 ถนนตระกูลข้าวทั่วประเทศไทย (สำนักข่าวสร้างสุข, 2556) การกำหนดให้มีพื้นที่เล่นน้ำที่ปลอดเหล้าและปลอดภัยเป็นชื่อตามถนนตระกูลข้าว ภายใต้การสนับสนุนงบประมาณการจัดงานโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ (สสส.) สำนักงานเครือข่ายองค์กรงดเหล้า (สคล.) ร่วมกับทุนของเจ้าภาพ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น(อปท.) ได้ทำการบริหารจัดการในลักษณะรูปแบบการมีส่วนร่วมของเครือข่ายภาคประชาสังคม และหน่วยงานต่างๆ ให้งานเทศกาลสงกรานต์เป็นพื้นที่เล่นน้ำที่ปลอดภัย ปราศจากการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ถนนข้าวเหนียว จังหวัดขอนแก่น ได้เริ่มต้นครั้งแรกเมื่อ ปี พ.ศ.2546 และได้ดำเนินการเต็มรูปแบบเมื่อปี พ.ศ.2547 โดยความร่วมมือระหว่างเทศบาลนครขอนแก่น และภาคีเครือข่ายภาคประชาสังคม เป็นการจัดงานสงกรานต์ปลอดเหล้าแห่งแรกของประเทศไทย ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสังคมไทยต่าง ๆ มากมาย (สมรจี้ สุขสม, 2560)

ดังนั้นการที่ผู้จัดงานสงกรานต์ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ถนนตระกูลข้าวในพื้นที่ต่างๆ จึงเห็นความสำคัญ ก็จะถือเป็นการช่วยเหลือและลดปัญหาที่มาจากกาเมาสุรา ได้มากยิ่งขึ้นตามไปด้วย (สงกรานต์ ภาคโชคดี สำนักข่าวสร้างสุข, 2556) ซึ่งต้องใช้หลักการบริหารจัดการที่ดี ด้านการเชื่อมโยงเครือข่าย ให้มีความสำคัญในการประสานความร่วมมือ การมีส่วนร่วมกับ การทำงานเป็นทีม กับทุกภาคส่วน ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อสนับสนุนให้องค์กรชุมชนและท้องถิ่น สามารถเป็นแกนหลักในการบริหารจัดการเพื่อการทำงานให้เกิดการพัฒนา และมีประสิทธิภาพ มีการเชื่อมโยงกับหน่วยงานต่างๆ ที่มีเป้าหมายและกิจกรรมเดียวกัน จะส่งผลต่อภาพลักษณ์การจัดงานสงกรานต์ที่ดีของพื้นที่นั้นๆ ก็จะทำให้ได้ชื่นชมกับวัฒนธรรมที่งดงามของไทย เป็นตัวอย่างด้านการบริหารจัดการเครือข่าย ส่งผลต่อให้พื้นที่ประสบความสำเร็จ จึงมีความน่าสนใจอยู่ว่าพื้นที่ ถนนตระกูลข้าว ที่ประสบความสำเร็จในการบริหารจัดการเครือข่ายส่งผลต่อการจัดงานสงกรานต์ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ได้มีหลักการ วิธีการบริหารจัดการเครือข่ายแบบมีส่วนร่วม มีจุดร่วมหรือความแตกต่างกันอย่างไร

### วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อศึกษากระบวนการบริหารงานรูปแบบการบริหารจัดการเครือข่ายส่งผลต่อการจัดงานสงกรานต์ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ที่มีประสิทธิภาพ กรณีศึกษา ถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ปัจจุบันที่ศึกษาแล้วว่ามีผลต่อการบริหารจัดการเครือข่ายที่ดี ของงานเทศกาลสงกรานต์ปลอด เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ กรณีศึกษาถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย นำไปใช้ให้เกิดเป็นรูปธรรมและแบบอย่าง

2. โอกาสในการดำเนินงานร่วมกันเป็นทีม (Teamwork) และความสัมพันธ์ของทีมงาน เกิดการมีส่วนร่วมของชุมชน ภาคประชาสังคม พลเมือง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มีเป้าหมายร่วมกันอย่างชัดเจน นำผลการวิจัยไปปรับใช้ให้หน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน

### แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

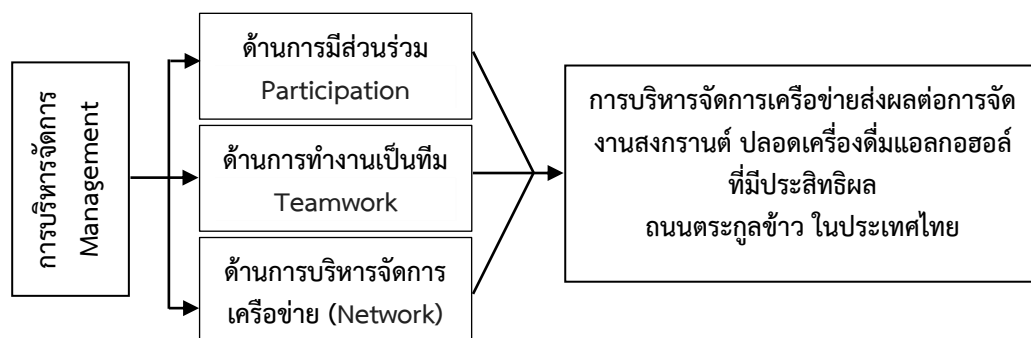
การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษาในเรื่อง กระบวนการบริหารงานรูปแบบการบริหารจัดการเครือข่ายการจัดงานสงกรานต์ปลอดภัยเรื่องดีมีแอลกอฮอล์ ที่มีประสิทธิผล กรณีศึกษา ถนนระกูลข้าว ในประเทศไทย ซึ่งประกอบไปด้วย

- แนวคิดเกี่ยวกับ การบริหารจัดการ
- แนวคิดการบริหารงานแบบมีส่วนร่วม

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มณฑล เอกอดุลย์พันธ์ (2553) ได้ศึกษาวิจัย การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาตลาดน้ำตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมบริเวณตลาดน้ำตลิ่งชัน ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ส่วนด้านอื่นๆ อยู่ในระดับปานกลางทุกด้าน เรียงตามลำดับ ดังนี้ คือ ด้านการมีส่วนร่วมในการศึกษาปัญหา ด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามประเมินผล และด้านการมีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาและปรับปรุงแก้ไขตามลำดับ

### กรอบแนวคิด การวิจัย



### ผลการศึกษา

ผู้วิจัยทำการเจาะประเด็นกรณีศึกษาที่สำคัญจากมิติทั้งสามปัจจัยที่ได้จากการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า การวางแผน การมีส่วนร่วม และ การบริหารจัดการเครือข่าย ส่งผลต่อการจัดงาน สภากาชาดปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ที่มีประสิทธิผล กรณีศึกษา ถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย สรุปได้ ดังนี้

#### ด้านการมีส่วนร่วม (Participation)

การมีส่วนร่วมของเครือข่ายในการจัดงานสภากาชาดปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การมีส่วนร่วม วางแผน แสดงความคิดเห็น และการตัดสินใจมีความสำคัญมาก ซึ่งการมีส่วนร่วมต่อการตัดสินใจจะส่งผล ต่อการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมาย และความไว้วางใจ จึงส่งผลให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิผลต่อไป โดยมี ผลส่งต่อให้เกิดการรับผลประโยชน์ร่วมและการประเมินผลการปฏิบัติงาน ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นการ ตัดสินใจของเครือข่ายจะส่งผลต่อแสดงความรับผิดชอบและการประเมินผลงานร่วมกันด้วย

#### ด้านการทำงานเป็นทีม (Teamwork)

กระบวนการที่จำเป็นสำหรับการทำงานเป็นทีม (Team Work) คือ การเปิดโอกาสให้สมาชิก เครือข่ายทุกคนมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์กิจกรรม ออกแบบวิธีการทำงานแบบกลุ่ม และร่วมแก้ไขปัญหา ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ตลอดจนเพื่อให้ได้ข้อมูลในการตัดสินใจร่วมกันเป็นผลดีในการสร้างการทำงานแบบเป็น กลุ่ม ผลที่ได้รับจะเป็นผลสำเร็จและความภาคภูมิใจของสมาชิกเครือข่ายแต่ละคนจะนำไปถึงการบรรลุผล สำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ กระบวนการทำงานเป็นทีมจึงจำเป็นสำหรับการบริหารจัดการ

#### การบริหารจัดการเครือข่าย (Network Management)

การบริหารจัดการเครือข่ายแบบมีความผูกพันกัน เชื่อมโยง ประสานงานกันในลักษณะเครือข่ายที่ เข้มแข็ง ส่งผลให้เกิดประโยชน์ คือ ทำให้สมาชิกเครือข่ายที่มีส่วนร่วม ได้เรียนรู้ซึ่งกันและกัน อันทำให้ยังมิ การพึ่งพากันและกันมากขึ้น และทำให้มีการพัฒนาความไว้วางใจกัน นอกจากนี้ยังมีความเข้าใจที่ลึกซึ้ง มี สารสนเทศที่มีคุณภาพ และมีการแบ่งปันความรู้ภายในตัวบุคคล (tacit knowledge) ที่พร้อมถ่ายทอดเข้ามา องค์การ

### สรุป

การบริหารจัดการเครือข่าย ส่งผลต่อการจัดงานสภากาชาดปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ที่มี ประสิทธิภาพ กรณีศึกษา ถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย มีคุณลักษณะดังนี้

การบริหารจัดการเครือข่ายที่ดีอันจะส่งผลต่อการจัดงานสภากาชาดปลอดเครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ ถนนตระกูลข้าว ในประเทศไทย อย่างมีประสิทธิภาพ ประสบผลสำเร็จ บรรลุตามเป้าหมาย นั้น พบว่า หัวใจที่สำคัญของการบริหารจัดการเครือข่ายที่ดี คือ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ข้อมูลข่าวสารที่เป็น ประโยชน์ต่อกัน การวางแผนดำเนินกิจกรรมร่วมกัน จะช่วยพัฒนาไปสู่การเชื่อมความสัมพันธ์ในเชิงคุณภาพ โดยเฉพาะเครือข่ายที่มีเป้าหมายที่ชัดเจนเหมือนกัน จะส่งผลกระทบต่อรูปแบบที่เอื้อต่อความสำเร็จของการจัดงาน สภากาชาดที่ปลอดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ถนนตระกูลข้าว ได้ผลดีมาก

### เอกสารอ้างอิง

- พลเทพ วิจิตรคุณากร.2559. “ภาวะโรคที่สัมพันธ์กับการดื่มแอลกอฮอล์” ข้อเท็จจริงและตัวเลขเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในประเทศไทย. หน้า 35-38. นนทบุรี : ศูนย์วิจัยปัญหาสุรา (ศวส.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ 2559.
- มณฑล เอกอัครราชทูต. 2553. การมีส่วนร่วมของประชาชนใน การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาตลาดน้ำตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรัตนนคร
- วิษณุ ศรีทะวงษ์. 2558. “สงกรานต์มาจากไหน สงกรานต์ในต่างแดนและวัฒนธรรมร่วมของเอเชียอุษาคเนย์” ในเอกสารชุดความรู้งาน ประกอบเวทีพนักพลังทางสังคมขับเคลื่อนสงกรานต์ปลอดภัย 2558. หน้า 10-12. แผนงานพัฒนากระบวนการนโยบายสาธารณะและสนับสนุนทุนอุปถัมภ์เพื่อควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในงานประเพณีวัฒนธรรม สำนักงานเครือข่ายองค์กรงดเหล้า (สคล.)
- สงกรานต์ ภาคโชคดี. 2560. ผู้อำนวยการสำนักงานเครือข่ายองค์กรงดเหล้า (สคล.). สัมภาษณ์, 25 ธันวาคม 2560.
- สมรจี สุขสม. สัมภาษณ์. 25 ธันวาคม 2560.
- อุดมศักดิ์ แซ่โง้ว. (ผู้พูด). 2559. สถิติปัญหาอันสืบเนื่องมาจากการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในช่วงเทศกาลของประเทศไทย. (ออกอากาศทางสถานีโทรทัศน์ในรายการ ”คุยโขมงข่าวเช้า” ช่อง 9 MCOT HD). 10 กุมภาพันธ์ 2559.



การสำรวจศักยภาพกลุ่มวิจัย เพื่อกำหนดแนวทางในการสนับสนุนการวิจัยของ  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Survey of Potential Research Groups to Define Guidelines for Research Support  
of Chiang Mai University

ธรรมนูญ น่วมอนงค์

Thammanoon Noumanong

ศูนย์บริหารงานวิจัย สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Corresponding author: jim.raccmu@gmail.com

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่กำหนดแผนพัฒนาการศึกษา ระยะที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) โดยกำหนด ยุทธศาสตร์เชิงรุก 3 ด้าน ได้แก่ ด้านนวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน ด้านนวัตกรรมด้านอาหารและสุขภาพ และผู้สูงอายุ และด้านล้านนาสร้างสรรค์ โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือการมีสาขาวิชาที่ได้รับการจัดอันดับใน QS World Ranking ในปี 2564 จำนวน 6 สาขาวิชา และกำหนดกลยุทธ์หลักคือการพัฒนาวิจัยทุกระดับอย่างต่อเนื่อง และนำผลงานวิจัยไปใช้จริงและตอบโจทย์การพัฒนาประเทศ

เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว ผู้วิจัยจำเป็นต้องสำรวจศักยภาพกลุ่มวิจัยภายในคณะและสถาบันต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลว่ามีกลุ่มวิจัยจำนวนเท่าใดที่ดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การเริ่มทำวิจัยพื้นฐาน ต่อยอด ไปสู่การประดิษฐ์ที่มีการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา และมีการทำวิจัยเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง (Proof-of-concept) หลังจากนั้น มีการร่วมมือกับภาคธุรกิจเอกชนเพื่อเพิ่มขนาดการผลิต (Scale-up) นำไปสู่การใช้ประโยชน์ ในเชิงพาณิชย์หรือในเชิงเศรษฐกิจ

ขอบเขตการศึกษา คือ การสำรวจศักยภาพกลุ่มวิจัยภายในมหาวิทยาลัย ตามแนวทางการดำเนินงาน วิจัยและการพัฒนากลุ่มวิจัยที่เป็นระบบ ตั้งแต่การเริ่มทำวิจัยพื้นฐาน จนถึงการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง การวิจัยครั้งนี้ มีประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือกลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพที่สามารถพัฒนาไปสู่การเป็นศูนย์กลางความเป็นเลิศ จำนวน 63 กลุ่ม โดยรวบรวมข้อมูลด้วยการสำรวจและเก็บข้อมูลแบบทุติยภูมิ (Secondary data) ได้แก่ ข้อมูลผลการดำเนินงาน 3 ปี ย้อนหลัง และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ด้วยการแจกแจง ความถี่ (Frequency) เพื่อให้เห็นศักยภาพของกลุ่มวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถจัดแบ่งกลุ่มวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1.กลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพ มีผลงานครบทุก มิติ จำนวน 29.51% และ 2.กลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพแต่ยังมีผลงานไม่ครบทุกมิติ จำนวน 70.49% ผลจากการวิจัยถูก นำไปใช้ในประกอบการวางแผนนโยบายเพื่อสนับสนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัย รวมถึงการนำไปประกอบการพัฒนา ประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยงานสนับสนุนการวิจัยทั้งระบบ ตั้งแต่ ต้นน้ำ (ศูนย์บริหารงานวิจัย ศูนย์สัตว์ทดลอง คณะกรรมการจริยธรรมวิจัย) กลางน้ำ (หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี หน่วยบ่มเพาะ วิสาหกิจ) และปลายน้ำ (อุทยานวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ CMU Holding Company)

คำสำคัญ: กลุ่มวิจัย, ศักยภาพ, ผลผลิต

## Abstract

Chiang Mai University's 12<sup>th</sup> Academic Development Plan (2017-2021) sets out three innovative strategies in Environmental and Energy Innovation (E&E); Food, Health and Elderly (F&H); and Lanna Creative. This development plan also targets six subject areas at CMU to be ranked in the QS World Ranking by 2021; the main strategy to achieve this is the development of researchers at all levels. More importantly, the research and development this generates will benefit both community and country.

To help achieve this target, this study will identify the research groups within the faculties and institutions at CMU that are conducting systematic research, i.e., those that begin from basic research, continue to invent intellectual property, and end with proof-of-concept research. This study will then identify potential private sector partnerships for these research groups to increase the scale of production, leading to commercial or economic utilization.

To identify these potential research groups, this study will survey 63 research groups at CMU that have the potential to develop into Centers of Excellence (CoE). The survey is designed to collect the three-year performance data of these research groups. Descriptive statistics with frequency distribution will be used to determine the potential of these research groups.

The research groups will be divided into two groups: 1) those with complete outputs (29.51% of the total) and 2) those with incomplete outputs (70.49% of the total). The results of this research will be used to support the university's research policy. It will also help improve the performance of research support units at CMU, including those upstream (Research Administration Center, Animal Laboratory Center, and Research Ethics Committee), midstream (Technology Licensing Office and University Business Incubation) and downstream (Science and Technology Park and CMU Holding Company).

**Keywords:** Research groups, Potential, Outputs

## บทนำ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้กำหนดแผนพัฒนาการศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) โดยกำหนดยุทธศาสตร์ด้านการวิจัย ประกอบด้วย ยุทธศาสตร์เชิงรุก 3 ด้าน ได้แก่ นวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน (Environment and Energy Innovation) นวัตกรรมด้านอาหารและสุขภาพและผู้สูงอายุ (Food & Health, and Aging Innovation) และล้านนาสร้างสรรค์ (Creative Lanna) และยุทธศาสตร์ตามพันธกิจ คือ วิจัยที่เป็นเลิศ

โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือมีสาขาวิชาที่ได้รับการจัดอันดับใน World QS Ranking ทุกปี และในปี 2564 ได้รับการจัดอันดับ จำนวน 6 สาขาวิชา ด้วยการสร้างระบบและพัฒนานักวิจัยทุกระดับอย่างต่อเนื่อง พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการวิจัย ปฏิรูปโครงสร้างระบบบริหารจัดการงานวิจัย เพื่อรองรับยุทธศาสตร์การวิจัย การพัฒนาเศรษฐกิจ สังคมของประเทศตามศักยภาพของมหาวิทยาลัย ส่งเสริมและผลักดันให้เกิดการผลิตผลงานวิชาการทั้งที่ยกอันดับของมหาวิทยาลัย (World Ranking) หรือมีการนำไปใช้จริงและตอบโจทย์การพัฒนาประเทศ ตลอดจนสร้างกลไกและความร่วมมือในการบูรณาการการทำวิจัย นวัตกรรมร่วมกับหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชนและภาคสังคม

เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว มหาวิทยาลัยจำเป็นต้องสำรวจศักยภาพกลุ่มวิจัยภายในส่วนงานต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลว่ากลุ่มวิจัยเหล่านั้นมีการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบหรือไม่อย่างไร ตั้งแต่การเริ่มทำวิจัยพื้นฐาน ต่อยอดไปสู่การประดิษฐ์ที่มีการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา และมีการทำวิจัยเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง (Proof-of-concept) หลังจากนั้น มีการร่วมมือกับภาคธุรกิจเอกชนเพื่อเพิ่มขนาดการผลิต (Scale-up) นำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงทั้งในเชิงพาณิชย์หรือในเชิงเศรษฐกิจ สังคมและชุมชน ทั้งนี้ เพื่อที่จะได้นำข้อมูลดังกล่าวไปสู่การจัดทำทิศทางงานวิจัย และการวางนโยบายเพื่อสนับสนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัย ตลอดจนการพัฒนากระบวนการสนับสนุนการนำผลงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ

## วิธีการศึกษา

### 1. ขอบเขตการศึกษาและพื้นที่การศึกษา

1.1 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ คณะ/สถาบันต่างๆ ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1.2 ขอบเขตงานวิจัย ได้แก่ การสำรวจศักยภาพกลุ่มวิจัยภายในส่วนงานต่างๆ ตามแนวทางการดำเนินงานวิจัยและการพัฒนาคุณภาพกลุ่มวิจัยที่เป็นระบบ ตั้งแต่การเริ่มทำวิจัยพื้นฐาน ต่อยอดไปสู่การประดิษฐ์ที่มีการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา และมีการทำวิจัยเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง (Proof-of-concept) หลังจากนั้น ได้ร่วมมือกับภาคธุรกิจเอกชนเพื่อเพิ่มขนาดการผลิต (Scale-up) นำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงทั้งในเชิงพาณิชย์หรือในเชิงเศรษฐกิจ สังคมและชุมชน โดยการวัดผลจาก 4 ตัวชี้วัดที่สำคัญ ประกอบด้วย 1) บทความทางวิชาการในฐานข้อมูล Scopus 2) สิทธิบัตรและการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ภาคการผลิต 3) การพัฒนานักวิจัยและผลิตบัณฑิตระดับบัณฑิตศึกษา 4. ความสามารถในการแสวงหาทุนวิจัย

### 2. วิธีการดำเนินวิจัย

#### 2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม/ศูนย์วิจัยที่มีศักยภาพในการพัฒนาไปสู่การเป็นศูนย์ความเป็นเลิศ จากส่วนงานต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมทั้งสิ้นจำนวน 63 กลุ่ม/ศูนย์

#### 2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มที่มีศักยภาพในการพัฒนาไปสู่การเป็นศูนย์ความเป็นเลิศ จากส่วนงานต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่อาศัยข้อมูลแบบทุติยภูมิ (Secondary data) ได้แก่ ข้อมูลผลการดำเนินงานของกลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพในการพัฒนาไปสู่การเป็นศูนย์ความเป็นเลิศ 3 ปี ย้อนหลัง

### 2.3 วิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ด้วยการแจกแจงความถี่ (Frequency) เพื่อให้เห็นศักยภาพของกลุ่มวิจัยรวมถึงทีมวิจัย โดยจะจัดแบ่งกลุ่มวิจัยออกเป็น

- กลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพมีผลงานครบทุกมิติและมีการทำงานวิจัยแบบมีระบบ เริ่มตั้งแต่การทำวิจัยพื้นฐาน ต่อยอดไปสู่การประดิษฐ์ที่มีการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา และมีการทำวิจัยเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง (Proof-of-concept) หลังจากนั้น ได้ร่วมมือกับภาคธุรกิจเอกชนเพื่อเพิ่มขนาดการผลิต (Scale-up) นำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงทั้งในเชิงพาณิชย์หรือในเชิงเศรษฐกิจ สังคมและชุมชน
- กลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพ แต่ยังมีผลงานไม่ครบทุกมิติ

#### ผลการศึกษา

จากการสำรวจศักยภาพกลุ่มวิจัย โดยการวัดผลจาก 4 ตัวชี้วัดที่สำคัญ ประกอบด้วย 1.การมีบทความทางวิชาการในฐานข้อมูล Scopus 2.การมีสิทธิบัตรและการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ภาคการผลิต ซึ่งแสดงถึงการต่อยอดงานวิจัยไปสู่การประดิษฐ์ที่มีการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา และมีการทำวิจัยเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง (Proof-of-concept) และได้ร่วมมือกับภาคธุรกิจเอกชนเพื่อเพิ่มขนาดการผลิต (Scale-up) นำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงทั้งในเชิงพาณิชย์หรือในเชิงเศรษฐกิจ สังคมและชุมชน 3. พัฒนานักวิจัยและผลิตบัณฑิตระดับบัณฑิตศึกษา 4.ความสามารถในการแสวงหาทุนวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มวิจัยที่มีบทความทางวิชาการในฐานข้อมูล Scopus มีจำนวน 63 กลุ่มวิจัย กลุ่มวิจัยที่สามารถพัฒนานักวิจัยและผลิตบัณฑิตระดับบัณฑิตศึกษามีจำนวน 63 กลุ่มวิจัย และกลุ่มวิจัยที่มีความสามารถในการแสวงหาทุนวิจัย มีจำนวน 63 กลุ่มวิจัย แต่มีเพียง 18 กลุ่มวิจัย หรือคิดเป็น 29.51% เท่านั้น ที่มีสิทธิบัตรและการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ภาคการผลิต **ดังตารางที่ 1** ดังนั้น มหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องมีนโยบายและมีโครงการสนับสนุนให้ทุกกลุ่มวิจัยที่เหลืออีกจำนวน 70.49% ได้มีผลงานครบทุกมิติและมีการทำงานวิจัยแบบมีระบบ เพื่อให้มหาวิทยาลัยบรรลุเป้าหมายในการเป็นมหาวิทยาลัยระดับโลกต่อไป

**ตารางที่ 1** ศักยภาพกลุ่มวิจัยตามแนวทางการดำเนินงานวิจัยและการพัฒนาทีมวิจัยที่เป็นระบบ

	(1)	(2)	(3)	(4)
ตัวชี้วัดศักยภาพ	มีบทความทางวิชาการในฐานข้อมูล Scopus	มีสิทธิบัตรและสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ภาคการผลิตและบริการ	สามารถผลิตนักวิจัยและผลิตบัณฑิตระดับบัณฑิตศึกษา	สามารถแสวงหาทุนวิจัย
จำนวนกลุ่มวิจัย	63	18	63	63

## วิจารณ์

จากผลการวิจัยเห็นได้ชัดเจนว่า กลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพและมีผลงานครบทุกมิติ มีเพียงจำนวนน้อยคือ 29.51% จากจำนวนกลุ่มวิจัยทั้งหมด ดังนั้น เพื่อให้มหาวิทยาลัยเชียงใหม่บรรลุเป้าหมายสำคัญ คือมีสาขาวิชาที่ได้รับการจัดอันดับใน QS World Ranking ทุกปี และในปี 2564 ได้รับการจัดอันดับ จำนวน 6 สาขาวิชานั้น มหาวิทยาลัยจะต้องกำหนดกลยุทธ์การพัฒนาสู่การเป็นมหาวิทยาลัยระดับโลก ตามแนวทฤษฎีและกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีการพัฒนาสู่การเป็นมหาวิทยาลัยระดับโลกของธนาคารโลก (World Bank's Guidelines of Establishing World-Class Universities) ซึ่งธนาคารโลกได้ระบุถึงความท้าทายในการผลักดันมหาวิทยาลัยไปสู่การเป็นมหาวิทยาลัยระดับโลกว่าต้องประกอบไปด้วยปัจจัยหลัก 3 ด้าน ได้แก่ 1) บุคลากรและนักศึกษาที่เป็นเลิศ 2) ทรัพยากรเพียงพอที่จะเอื้อต่อการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้และการวิจัย 3) การบริหารจัดการที่ดีและปราศจากการแทรกแซง

ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้ ตอบโจทย์ข้อที่ 1) คือการมีบุคลากร หรือนักวิจัยในกลุ่มวิจัยที่เป็นเลิศ ด้วยผลงานเชิงประจักษ์ในด้านผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ ได้แก่ฐานข้อมูล Scopus ดังปรากฏว่าผลงานตีพิมพ์ของกลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพมีจำนวนถึง 643 ผลงาน จากจำนวนผลงานทั้งหมดของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คือ 1,604 ผลงาน หรือ คิดเป็น 40.09% ของผลงานทั้งหมด ในปี 2560 แต่ผลงานทางวิชาการในในฐานข้อมูลสากลเป็นเพียงผลงานด้านเดียว ดังนั้น มหาวิทยาลัยต้องหาแนวทางในการสนับสนุนกลุ่มวิจัยและนักวิจัย เพื่อให้มหาวิทยาลัยบรรลุเป้าหมายตามแผนการศึกษา ฉบับที่ 12

นอกจากนี้แล้ว มหาวิทยาลัยยังต้องคำนึงถึงกรอบแนวคิดในการจัดอันดับมหาวิทยาลัย (University Rankings) ตามแนวทางของสำนักจัดอันดับมหาวิทยาลัยโดยเฉพาะ QS World University Rankings (QS) และ Times Higher Education (THE) World University Rankings ซึ่งมีตัวชี้วัดที่สามารถผลักดันมหาวิทยาลัยไปสู่การมีอันดับโลกได้ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพสามารถตอบโจทย์การจัดอันดับมหาวิทยาลัย ได้เพียงบางตัวชี้วัด ได้แก่ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลงานทางวิชาการ ในฐานข้อมูลระดับสากล ดังนั้น เพื่อให้มหาวิทยาลัยพัฒนาไปสู่อันดับโลกตามที่กำหนดเป้าหมายไว้ มหาวิทยาลัยต้องส่งเสริมและสนับสนุนกลุ่มวิจัยและนักวิจัย เพื่อให้มีผลผลิตครบทุกมิติตามกรอบแนวคิดการจัดอันดับมหาวิทยาลัย (University Rankings) ประกอบด้วย 1) Academic Reputation มหาวิทยาลัยต้องหาวิธีทำให้ นักวิชาการต่างชาติรู้จักและมีทัศนคติที่ดีกับมหาวิทยาลัย และต้องทำให้นักวิชาการต่างชาติที่มีชื่อเสียง เช่น Editor ของวารสารที่มีชื่อเสียง รู้จักมหาวิทยาลัย 2) Employer Reputation มหาวิทยาลัยต้องพัฒนาคุณภาพบัณฑิตเพื่อให้ผู้ใช้งานบัณฑิตพึงพอใจในการจ้างงาน 3) Faculty Student (Staff-to-student ratio) สัดส่วนอาจารย์ต่อนักศึกษาแสดงถึงคุณภาพการเรียนการสอน 4) Doctorate-to-bachelor's ratio สัดส่วน นักศึกษาระดับปริญญาเอก ต่อ นักศึกษาระดับปริญญาตรี นักศึกษาระดับปริญญาตรี แสดงถึงการส่งมอบวิชาการชั้นสูง 5) Faculty with Ph.D (Doctorates-awarded to-academic-staff ratio) อาจารย์ที่สำเร็จการศึกษาชั้นสูงสุดแสดงถึงความสามารถทั้งด้านวิชาการและการวิจัย 6) Papers per Faculty (Research productivity) ผลงานตีพิมพ์แสดงถึงนวัตกรรมที่อาจารย์และนักวิจัยสามารถผลิตได้ ในฐานข้อมูลสากล 7) Citations per Paper แสดงถึงจำนวนผลงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ 8) Citations per Faculty แสดงถึงสัดส่วนผลงานที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์เทียบกับจำนวน academic staff

9) H-index: measuring both the productivity and impact of the published work 10) International Faculty (International to-domestic staff ratio) ดูความสามารถในการดึงดูด International Faculty มาทำงาน 11) International Students (International to-domestic student ratio) ดูความสามารถในการดึงดูด International student มาเรียนด้วย 12) Inbound Exchange ต้องคำนึงถึงระยะเวลาของการ Exchange ตามที่สำนักจัดอันดับกำหนด 13) Outbound Exchange ต้องคำนึงถึงระยะเวลาของการ Exchange ตามที่สำนักจัดอันดับกำหนด 14) International collaboration ดูจาก paper ที่มีการตีพิมพ์ร่วมกับชาวต่างชาติ 15) Institutional income แสดงถึงทรัพยากรที่เพียงพอ 16) Research income แสดงถึงความสามารถในการแสวงหางบประมาณวิจัยทั้งภายในมหาวิทยาลัยและภายนอกมหาวิทยาลัย และ 17) Industry income แสดงถึงการนำผลงานวิจัยไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้จริง ผ่านการดำเนินงานของหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยที่ทำหน้าที่ในการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา และหน่วยงานที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างมหาวิทยาลัยกับภาคธุรกิจเอกชน

นอกจากการพัฒนามหาวิทยาลัยไปสู่การเป็นมหาวิทยาลัยระดับโลกแล้ว มหาวิทยาลัยยังต้องคำนึงถึงการพัฒนาด้านนโยบายระดับชาติ ได้แก่ นโยบายการขับเคลื่อนและปฏิรูประบบวิจัยแบบบูรณาการของประเทศ ตามกรอบยุทธศาสตร์การวิจัยแห่งชาติ 20 ปีของรัฐบาล ซึ่งตั้งเป้าการปฏิรูปแบบท้าทาย หวังให้บรรลุผลของการเป็นประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) ในช่วง 10-15 ปี คือ เชิงวิชาการ-ขายได้ เชิงพาณิชย์-ขายได้ ประชาชนมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ดังนั้น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่จึงต้องใช้ความเป็นเลิศทางวิชาการและจุดแข็งด้านงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเพื่อตอบโจทย์ของประเทศในเชิงเศรษฐกิจ และสังคม โดยการส่งเสริมและสนับสนุนให้กลุ่มวิจัยและนักวิจัยได้ทำงานวิจัยและผลิตผลงานได้ครบทุกมิติ เพื่อช่วยขับเคลื่อนประเทศไปสู่เป้าหมายคือ ประชาชนมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน

### สรุป

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่ากลุ่มวิจัยที่มีศักยภาพและมีการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การเริ่มทำวิจัยพื้นฐาน ต่อยอดไปสู่การประดิษฐ์ที่มีการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา และมีการทำวิจัยเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง (Proof-of-concept) หลังจากนั้น มีการร่วมมือกับภาคธุรกิจเอกชนเพื่อเพิ่มขนาดการผลิต (Scale-up) นำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงทั้งในเชิงพาณิชย์หรือในเชิงเศรษฐกิจ สังคมและชุมชน มีเพียงส่วนน้อย คือ 29.51% ดังนั้น มหาวิทยาลัยจะต้องกำหนดโครงการสนับสนุนและส่งเสริมให้แก่กลุ่มวิจัยและนักวิจัย ควบคู่ไปกับการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยสนับสนุนการวิจัยทั้งระบบ ตั้งแต่ต้นน้ำ ประกอบด้วย ศูนย์บริหารงานวิจัย ศูนย์สัตว์ทดลอง และคณะกรรมการจริยธรรมวิจัย กลางน้ำ ประกอบด้วย หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี หน่วยบ่มเพาะวิสาหกิจ และปลายน้ำ ประกอบด้วยอุทยานวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ CMU Holding ทั้งนี้ เพื่อให้กลุ่มวิจัยและนักวิจัยสามารถดำเนินงานอย่างเป็นระบบส่งผลต่อการมีผลงานในทุกมิติ นำไปสู่การพัฒนาอันดับมหาวิทยาลัยในระดับโลก และการเป็นหน่วยงานสำคัญในการใช้งานวิจัยและนวัตกรรมในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศตามนโยบายการพัฒนาประเทศสู่การเป็นประเทศไทย 4.0 อย่างสมบูรณ์

---

### เอกสารอ้างอิง

- Noumanong, Thammanoon and Leksakul, Komgrit. 2016. University Rankings for Higher Education Institutes in Thailand. ASR CHIANG MAI UNIVERSITY JOURNAL OF SOCIAL SCIENCES AND HUMANITIES. 3:61-72.
- Kangwanpong et al. 2007. Survey of research potential and direction to design research development policies of Chiang Mai University.
- นฤมล น่วมอนงค์. 2017. การสำรวจเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการของคณาจารย์และนักวิจัย เพื่อสนับสนุนแผนยุทธศาสตร์ 4 ปีของคณะสังคมศาสตร์ พ.ศ. 2560-2563.
- กองแผนงาน. แผนพัฒนาการศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะที่ 12 (2560-2564). เชียงใหม่ : สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศูนย์บริหารงานวิจัย. ยุทธศาสตร์การวิจัยและบริการวิชาการ ตามแผนพัฒนาการศึกษา มช. ระยะที่ 12 (2560-2564). เชียงใหม่ : สำนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปัจจัยความน่าเชื่อถือและความพึงพอใจของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการ  
งานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง  
อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

Trust Factors and Satisfaction Factors of People Influence to Local  
Management of Fai Na Sang Sub-District Administration Organization  
at Lom Sak District Petchaboon Province

วริศรา เบ้าทอง<sup>1, 2\*</sup>

Warissara Bauthong<sup>1, 2\*</sup>

<sup>1</sup>มหาวิทยาลัยสยาม

<sup>2</sup>องค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

<sup>1</sup>Siam University

<sup>2</sup>Local Management of Fai Na Sang Sub-District Administration Organization at Lom Sak District  
Petchaboon Province

\* Corresponding author: Warissara.bauthong@gmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยความน่าเชื่อถือและความพึงพอใจของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง จำนวน 400 คน แบบสอบถามแบบ Likert Scale

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 41 ปีขึ้นไป ต่ำกว่าปริญญาตรี สถานภาพสมรส อาชีพเกษตรกร มีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาทต่อเดือน วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson's พบว่า ปัจจัยความน่าเชื่อถือและปัจจัยความพึงพอใจที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในเชิงบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยปัจจัยความน่าเชื่อถือนี้น่าหนักความสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง มากที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยความพึงพอใจ

การที่จะบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นประสบผลสำเร็จนั้น มีองค์ประกอบโดยเฉพาะปัจจัยความน่าเชื่อถือ และปัจจัยความพึงพอใจที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถปรับใช้ได้ และสามารถบริหารจัดการได้จริง อย่างที่คาดการณ์ไว้

**คำสำคัญ:** ความน่าเชื่อถือ, ความพึงพอใจ, การบริหารจัดการ, งานปกครองส่วนท้องถิ่น



## Abstract

The objective of this research was to study about Trust Factors and Satisfaction Factors of people Influence to Local Management of Fai Na Sang Sub-District Administration Organization at Lom Sak District Petchaboon Province. The sample population consisted of 400 persons who live in Fai Na Sang Sub-District Administration Organization area and using Likert scale questionnaire tested.

Findings and results indicated that majority of the sample population were females, age over 41 years old, under Bachelor's Degree, married status, farmer career and income under 10,000 baht per month.

The researcher utilized Pearson's correlation coefficient method found Trust factors and Satisfaction factors these components were positive correlated with influence to Local Management of Fai Na Sang Sub-District Administration Organization at the statistically significant level of .05. Trust factor is important components to influence to Local Management of Fai Na Sang Sub-District Administration Organization then the satisfaction factor.

The management of local government has been successful, for consideration specific trust factors and satisfaction factor to influence to Local Management can be adapt and can make real management as expected.

**Keywords:** Trust, Satisfaction, Management, Local management

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการบริหารงานการปกครองของประเทศไทยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงของประเทศอย่างยั่งยืน โดยต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ของประเทศชาติในภาพรวม เป็นสิ่งสำคัญ พร้อมทั้งส่งเสริมการดำเนินงานตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงอีกด้วย

การปกครองส่วนท้องถิ่นจัดว่าเป็นหน่วยงานการปกครองที่ได้อยู่ “ใกล้ชิดกับประชาชนอย่างมาก ที่สุด” ปัจจุบันการปกครองส่วนท้องถิ่นได้เกิดปัญหาการทุจริตตามท้องถิ่นต่าง ๆ โดยมีผลทำให้ท้องถิ่นนั้น ๆ ขาดการพัฒนาโดยสังเกตได้จากถนนชำรุดไม่มีการแก้ไข การขาดแคลนน้ำประปา ไฟฟ้า ปัญหายาเสพติด รวมไปถึงชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนในท้องถิ่นที่ย่ำแย่ โดยสาเหตุหลักนั้นมาจากบุคลากรผู้บริหารงานปกครองท้องถิ่นที่ไม่มีประสิทธิภาพ บริหารงานไม่โปร่งใส และไม่คำนึงถึงผลประโยชน์ของประชาชนในท้องถิ่นเป็นหลัก ด้วยสาเหตุนี้ทำให้บุคลากรผู้บริหารการปกครองท้องถิ่นไม่สามารถบริหารงานการปกครองท้องถิ่นให้เป็นที่พึงพอใจแก่ประชาชนในท้องถิ่น รวมไปถึงการขาดความน่าเชื่อถือจากประชาชนในท้องถิ่น อีกด้วย

ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาค้นคว้าหาความจริงของการบริหารจัดการงานองค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซงนั้น ควรจะบริหารจัดการอย่างไรให้มีประสิทธิภาพ เป็นที่น่าเชื่อถือ และสร้างความพึงพอใจให้กับประชาชน ซึ่งผลการวิจัยจะเป็นแนวทางให้กับผู้บริหารงานปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถนำไปปรับใช้ในการพัฒนางานบริหารส่วนท้องถิ่นให้มีประสิทธิภาพต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อการบริหารงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อศึกษาความน่าเชื่อถือของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

### วิธีการศึกษา

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ปกครองขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง ณ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2559 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 5,863 คน กำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ในการเก็บตัวอย่าง โดยเก็บข้อมูลของตัวอย่างด้วยแบบสอบถาม ใช้เกณฑ์การเก็บตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling)

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถาม (Questionnaires) โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน โดยมีลักษณะเป็นคำถามแบบเลือกตอบ (Check List) ตามที่กำหนดไว้

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับ ปัจจัยความน่าเชื่อถือและความพึงพอใจของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเป็นคำถามแบบมาตรา ส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามรูปแบบของ Likert's Scale (Likert, R. A., 1932)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยความน่าเชื่อถือและความพึงพอใจของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด

#### วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

- (1) ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามเป็นภาษาไทยจำนวน 400 ชุด หลังจากนั้นได้ทำการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

(2) ผู้วิจัยทำการแจกแบบสอบถามให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ปกครองขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง ได้แก่ ตำบลฝายนาแซง ตำบลน้ำเอี้ย และตำบลหนองสว่าง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 400 คน

(3) จัดเก็บรวบรวมแบบสอบถาม ภายใน 60 วัน และให้ครบ 400 ชุด

(4) ตรวจสอบความเรียบร้อย ความสมบูรณ์ของคำตอบในแบบสอบถาม

(5) จัดหมวดหมู่ของข้อมูลในแบบสอบถาม เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

#### การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

##### การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

(1) ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยประชากรศาสตร์ วิเคราะห์โดยหาค่าร้อยละ (Percentage)

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความน่าเชื่อถือ และความพึงพอใจของประชาชนสามารถวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

##### การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ทดสอบความแตกต่างค่าสถิติในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ประชากรหรือกลุ่มโดย สุ่มตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน (T-Test) และใช้ค่าสถิติในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไปโดยใช้สถิติวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว โดยใช้สถิติทดสอบแบบ F – Test และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ (Multiple Comparison) ทดสอบความสัมพันธ์ของสองตัวแปรโดยใช้สถิติทดสอบแบบ Pearson's Correlation Coefficient ใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

#### ผลการศึกษา

##### ผลการวิจัยลักษณะทางประชากรศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุ 41 ปีขึ้นไป ต่ำกว่าปริญญาตรี สถานภาพสมรส อาชีพเกษตรกร มีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาทต่อเดือน

##### ผลการวิจัยปัจจัยความน่าเชื่อถือ

ปัจจัยความน่าเชื่อถือ ด้านบุคลากร มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ มากที่สุด

##### ผลการวิจัยปัจจัยความพึงพอใจ

ปัจจัยความพึงพอใจ ด้านการประชาสัมพันธ์ มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ มากที่สุด

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson's พบว่า ปัจจัยความน่าเชื่อถือและปัจจัยความพึงพอใจ มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในเชิงบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยปัจจัยความน่าเชื่อถือมีน้ำหนักความสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง มากที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยความพึงพอใจ

## วิจารณ์

### ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

#### ประโยชน์ที่ได้รับต่อองค์กร

(1) งานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการศึกษาความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อการบริหารจัดการงานปกครองนั้น ๆ โดยข้อมูลนั้นจะส่งผลให้การบริหารจัดการขององค์กรนั้น ๆ จะถูกต้องตรงต่อความต้องการของประชาชนอย่างแท้จริง

(2) งานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการส่งเสริมภาพลักษณ์การบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่น โดยได้รับความไว้วางใจ ความน่าเชื่อถือ ความร่วมมือ และการสนับสนุนจากประชาชนเป็นหลัก

#### ประโยชน์ที่ได้รับต่อสังคม

(1) งานวิจัยนี้สามารถนำไปปรับใช้ในการคัดเลือกบุคลากรที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการในทางสังคมได้

(2) งานวิจัยนี้สามารถนำไปปรับใช้ในการจัดตั้งนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการบริหารที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของสังคมได้

#### ประโยชน์ที่ได้รับต่อประเทศ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการบริหารงานปกครองทั่วประเทศให้เป็นที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับแก่ประชาชน

### ข้อเสนอแนะจากการศึกษางานวิจัยครั้งนี้

(1) ปัจจุบันงานบริหารจัดการงานปกครองท้องถิ่นเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก หากต้องการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ และตอบสนองความต้องการของประชาชนในท้องถิ่นต้องมีการเข้าถึงประชาชนในท้องถิ่นได้อย่างทั่วถึงครอบคลุมทุกพื้นที่ เพื่อที่จะสามารถทราบถึงความต้องการอย่างแท้จริงจากประชาชนในท้องถิ่นได้

(2) ความพึงพอใจจากประชาชนในท้องถิ่นเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่น หากต้องการบริหารจัดการให้เป็นที่พึงพอใจแก่ประชาชนในท้องถิ่นได้นั้นจะต้องมีความเข้าใจซึ่งกันและกัน

### ข้อเสนอแนะในการศึกษางานวิจัยครั้งต่อไป

(1) ศึกษาในด้านปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพการบริหารจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อาจจะเป็นในด้านของการพัฒนาความรู้ การพัฒนาการปฏิบัติงาน การพัฒนาบุคลากร เพื่อปรับปรุงให้การบริการจัดการงานปกครองส่วนท้องถิ่นให้มีการพัฒนาตามยุคสมัยมากขึ้น

(2) ศึกษาปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการงานปกครองท้องถิ่น หรือทำการศึกษา ค้นคว้าจากพื้นที่อื่น ๆ ที่กว้างขึ้น เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับในการพยากรณ์เพื่อหาความถูกต้อง และ แม่นยำที่มากขึ้นในอนาคตหากมีการจัดทำวิจัยเพิ่มเติม

### สรุป

**วัตถุประสงค์ข้อแรก** เพื่อศึกษาข้อมูลทางประชากรศาสตร์ที่มีอิทธิพลต่อการบริหารงานปกครอง ส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง ผลการศึกษา พบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ที่ต่างกันมีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการ ไม่แตกต่างกัน

**วัตถุประสงค์ข้อสอง** เพื่อศึกษาความน่าเชื่อถือของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารงาน ปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง ผลการศึกษาพบว่า บุคลากรมีอิทธิพลต่อการ บริหารงานขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซงมากที่สุด

**วัตถุประสงค์ข้อสาม** เพื่อศึกษาความพึงพอใจของประชาชนที่มีอิทธิพลต่อการบริหารงาน ปกครองส่วนท้องถิ่นขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง ผลการศึกษาพบว่า การประชาสัมพันธ์ มีอิทธิพลต่อการบริหารงานขององค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซงมากที่สุด

### คำขอบคุณ

1. ขอขอบคุณที่ปรึกษา ดร.ชิตวร ลีละผลิน อาจารย์ประจำพิเศษมหาวิทยาลัยสยาม
2. ขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลฝายนาแซง สำหรับการเข้าถึงข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- ทองพันชั่ง พงษ์วารินทร์. 2553. 10 ยอดคุณสมบัตินักบริหารที่ลูกน้องรักและทำงานให้อย่างเต็มใจยิ่ง. ริงค์ บีคอนด์ บุ๊คส์, กรุงเทพมหานคร.
- ยงยุทธ เกษสาคร. 2541. การวางแผนและนโยบายทางด้านทรัพยากรมนุษย์. สถาบันราชภัฏสวนดุสิต, กรุงเทพมหานคร.
- สุพานี สฤกษ์วานิช. 2552. พฤติกรรมองค์การสมัยใหม่. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- A.R. Leys Wayne. 1905. The mean of policy. Southern Illinois University, United State of America.
- Bloom, Benjamin S. 1976. Human Characteristics and School Learning. McGraw - Hill Book Co.Inc.; New York.
- Dibben M.R. 2000. Exploring interpersonal trust in the entrepreneurial venture. MacMillan Press; London.
- Erikson E. 1968. Identity Youth and crisis. W. W. Norton & Company; New York.
- Gabarro and J.J. 1978. The dynamics of taking charge. Harvard Business School Press; Boston.
- Haimann, Theo, Scott, William G. Connor and Patrick E. 1982. Managing the modern organization. Houghton Mifflin; Boston.
- Hardson Kwandayi. 2014. Public Policy. VDM Verlag; Germany.

เปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์ สำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน  
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Compare Usage Sticker Lines. Advocates for Community Products  
Prachuap Khiri Khan Province

ปภาวดี ชาวไทย กมลมาลย์ พรหมมา อัชมาพร กว้างสวาสดี และ อังคณา จัตตามาต

Papawadee Chawthai, Gamonmal Pormma, Achaporn Kwangsawad and Aungkana Jattamart

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Rajamangala University of Technology Rattanakosin Wangklaikangwon

\* Corresponding author: papawadee.cha@gmail.com

บทคัดย่อ

จากการลงพื้นที่สำรวจชุมชนทำให้พบปัญหาเรื่องช่องทางการประชาสัมพันธ์สินค้าชุมชนผ่านสื่อประเภทต่างๆ ที่ไม่มีการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ในรูปแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสติ๊กเกอร์ไลน์สำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 2) เปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์ และ 3) ประเมินการยอมรับด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ โดยมีเครื่องมือในการศึกษาดังนี้ 1) สติ๊กเกอร์จำนวน 2 ชุด 2) LINE Creators Market สำหรับเก็บสถิติดาวน์โหลดและการใช้งานรับ-ส่งสติ๊กเกอร์ไลน์ และ 3) แบบประเมินการยอมรับด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา คือ ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตที่มาจากเกณฑ์การคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 414 ตัวอย่าง และวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยผลการวิจัยพบว่า 1) พัฒนาสติ๊กเกอร์ไลน์แอนิเมชันจำนวน 2 ชุด ชุดละ 16 คาแรคเตอร์ คือ สติ๊กเกอร์ชุดที่ 1 “คุณป้า แม่ค้าโอท็อป” มีคาแรคเตอร์ใช้สำหรับโปรโมทกลุ่มแม่บ้านชุมชนวังยาวพัฒนา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และชุดที่ 2 “แม่ค้าโอท็อป วินเทจ” 2) ผลของพฤติกรรมการใช้งานการรับ-ส่ง สติ๊กเกอร์ไลน์ พบว่า ชุดที่ 2 “แม่ค้าโอท็อปวินเทจ” มีการดาวน์โหลดมากที่สุด จำนวน 1,048 เยน อีกทั้งมีพฤติกรรมการรับ-ส่งสติ๊กเกอร์มากที่สุด จำนวน 29,780 ครั้ง และ 3) ผลการประเมินการยอมรับด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ทั้ง 2 ชุดพบว่า ปัจจัยด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์มีอิทธิพลต่อความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์ของผู้ใช้งานทั้ง 2 ชุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

คำสำคัญ: ไลน์แอปพลิเคชัน, ประชาสัมพันธ์, สินค้าโอท็อป, สติ๊กเกอร์.

Abstract

From the survey in community found the problem of public relation of products community that present through various social but there is no public relation through social media in the way of line sticker. The purpose of this research is 1) to develop a sticker for public relations about products in Prachuap Khiri Khan Province 2) to compare the usage

behavior sticker line and 3) to assess sticker design acceptance. The tools that used for 1) 2 sets of sticker line 2) line creators market use for tracking statistical of download, sending and receive the line sticker and 3) the evaluation of acceptance of sticker line designing. The example group that use for study is the user who use internet that were choose from the purposive sampling process from the 414 examples and the statistical analysis methods are descriptive statistics and regression analysis. The results of this research were as follows: 1) the result of sticker in Line by 2 set of stickers (16 characters per each) showed that the first sticker (OTOP shopkeeper) was designed to promote Wang Yao Community Housewives and second set of sticker (OTOP vintage shopkeeper), 2) the result found that the second characters are the most downloaded from the user at amount 1,408 Yen. The behavior of sending and receiving are at amount 29,780 times and 3) the result of design acceptance evaluation of 2 sets of sticker designer found that the factor of designing is effective to expectation when users download 2 sets of sticker at the statistical significance of 0.05.

**Keywords:** Application line, Public relations, OTOP products, Stickers.

## บทนำ

การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นการซื้อขายสินค้าและบริการโดยใช้อิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลต่างๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็วและครอบคลุมพื้นที่ในการทำธุรกิจได้มากขึ้น โดยผู้ขายจะโฆษณาสินค้าผ่านทางเครื่องมือสื่ออิเล็กทรอนิกส์และผู้ซื้อจะเข้ามาชมและค้นหาเพื่อซื้อสินค้า [1] ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้เชิงพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ได้แก่ FACEBOOK, ไลน์ (LINE) เป็นต้น โดยเฉพาะการใช้ไลน์ในการทำธุรกิจเป็นจำนวนมากถึง 1,000 ล้านผู้ใช้งานจากทั่วโลก ยอดขายสตีกเกอร์ไลน์ทำเงินได้ประมาณ 340 ล้านบาทต่อเดือน อีกทั้งยังมีแนวโน้มเติบโตแบบก้าวกระโดด ส่งผลให้บริษัทต่างๆ เห็นถึงโอกาสในการสื่อสารทางการตลาดกับลูกค้าผ่านสตีกเกอร์ไลน์ ปัจจุบันแอปพลิเคชันไลน์ได้เปิดโอกาสให้บุคคลทั่วไปสามารถออกแบบสตีกเกอร์ไลน์เพื่อจัดจำหน่ายได้เอง ทำให้สตีกเกอร์ไลน์มีทั้งปริมาณและรูปแบบที่หลากหลาย และตอบสนองความต้องการของผู้ซื้อสตีกเกอร์ไลน์อย่างต่อเนื่องและสามารถเลือกซื้อสตีกเกอร์ไลน์ใหม่ๆ ได้มากขึ้น [2] ในขณะเดียวกันธุรกิจผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐเป็นอย่างมาก สินค้าพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งทราบดีว่า สับปะรดเป็นพืชไร่ที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุดและเป็นที่ยอดนิยมของจังหวัด โดยนำมาแปรรูปเป็นสินค้าโอท็อปต่างๆ มีอยู่หลากหลายรูปแบบ เช่น กระจดาชโยสับปะรด กล่องไม้จิ้ม กล่องใส่นามบัตร สับปะรด ปัจจุบันยังพบว่า กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรวังยาวซึ่งเป็นสถานที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน มีช่องทางการประชาสัมพันธ์เป็นจำนวนน้อย เช่น การซื้อสินค้าผ่านทางหน้าร้านอีกทั้งยังเป็นที่ยึดจึกในกลุ่มจำกัด[3]

จากความสำคัญดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาสตีกเกอร์ไลน์จำนวน 2 ชุดเพื่อประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนผ่านสื่อสังคมออนไลน์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

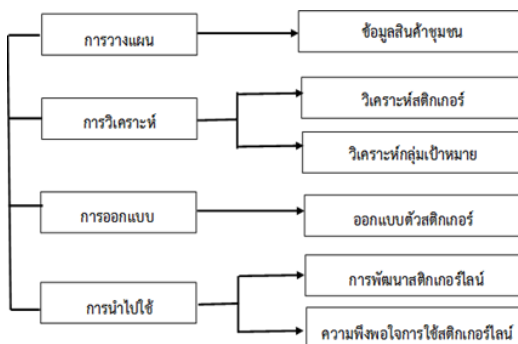
1. เพื่อพัฒนาสติ๊กเกอร์ไลน์สำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนจังหวัดประจวบคีรีขันธ์
2. เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์สำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนจังหวัดประจวบคีรีขันธ์
3. เพื่อประเมินผลการยอมรับด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์สำหรับประชาสัมพันธ์สินค้าชุมชนจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

### วิธีการศึกษา

เปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์ สำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ดังนี้

1. สติ๊กเกอร์ไลน์ 2 ชุด ซึ่งใช้โปรแกรมดังต่อไปนี้ในการพัฒนา
  - 1.1 โปรแกรม Adobe Illustrator CS6 สำหรับออกแบบตัวการ์ตูนสติ๊กเกอร์ไลน์
  - 1.2 โปรแกรม APNG Anime Maker สำหรับการแอนิเมชั่นตัวการ์ตูนให้เคลื่อนไหว
  - 1.3 โปรแกรม LINE Creators Market สำหรับเก็บสถิติพฤติกรรมการรับ-ส่ง การใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์
2. การประเมินการยอมรับด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ประกอบด้วยเครื่องมือคือ
  - 2.1 แบบสอบถามออนไลน์
    - 2.1.1 กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาคือ ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต จำนวน 414 ตัวอย่าง
    - 2.1.2 เก็บข้อมูลแบบเจาะจง (Purposive sampling)
  - 2.2 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
    - 2.2.1 สถิติเชิงพรรณนา สำหรับค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
    - 2.2.2 วิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) สำหรับทดสอบสมมติฐานระหว่างตัวแปร 2 ประเภท คือด้านการออกแบบและความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์

วิธีการดำเนินงานวิจัยนำทฤษฎีการพัฒนาาระบบ ( SYSTEM DEVELOPMENT LIFE CYCLE : SDLC) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

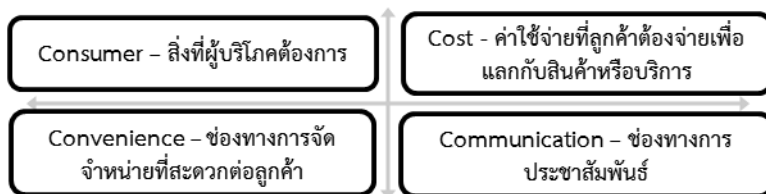


รูปที่ 1 แสดงวิธีการดำเนินงาน



1. การวางแผนโครงการ (PLANNING): จากการลงพื้นที่สำรวจชุมชนทำให้พบปัญหาเรื่องช่องการประชาสัมพันธ์สินค้าโอท็อปชุมชนผ่านสื่อประเภทต่างๆ ที่ไม่มีการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ในรูปแบบสติ๊กเกอร์ไลน์

2. การวิเคราะห์ (ANALYSIS): เป็นการวิเคราะห์ที่มุ่งเน้นความต้องการของกลุ่มลูกค้าเป็นหลัก โดยนำกลยุทธ์การตลาดแนวใหม่ (Consumer-Cost-Communication-Convenience: 4C) ของ Robert F. Lauterborn [4] โดยมีจุดเด่นในการตอบเจตย์และความต้องการของผู้บริโภคในยุคที่อินเทอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงกลยุทธ์การตลาด (4C)

โดยนำกลยุทธ์การตลาดมาช่วยในการวิเคราะห์ตัวการ์ตูนสติ๊กเกอร์ตามทีพัฒนาดังนี้

1) สิ่งที่ถูกค่าต้องการ (Consumer) : พบว่า ลูกค้ามีความต้องการสื่อในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน จึงได้วิเคราะห์ถึงการพัฒนาตัวการ์ตูนสติ๊กเกอร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน

สติ๊กเกอร์ชุดที่ 1: มีแนวคิดในการพัฒนาสติ๊กเกอร์ในกลุ่มข้อความที่สื่อความหมายถึงการขายสินค้าของแม่ค้าชุมชน โดยใช้ชื่อ “คุณป้า แม่ค้าโอท็อป”

สติ๊กเกอร์ชุดที่ 2 : มีแนวคิดในการพัฒนาสติ๊กเกอร์ในกลุ่มแม่ค้าที่มีข้อความสื่อถึงการขายสินค้าโอท็อป โดยใช้ชื่อ “แม่ค้าโอท็อป วินเทจ”

2) ค่าใช้จ่ายที่ลูกค้าต้องจ่ายเพื่อแลกกับสินค้าหรือบริการ (Cost) : คณะผู้วิจัยได้กำหนดให้สติ๊กเกอร์มีราคาขายที่ 100 เหรียญหรือประมาณ 69 บาท ซึ่งเป็นราคาขายขั้นต่ำของบริษัทไลน์ อีกทั้งผู้บริโภคสามารถใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์ได้โดยไม่มีวันหมดอายุ

3) ช่องทางการจัดจำหน่ายที่สะดวกต่อลูกค้า (Convenience) : ผู้บริโภคสามารถสั่งซื้อสติ๊กเกอร์ไลน์ได้จากแอปพลิเคชันไลน์และเว็บไซต์ไลน์สตรี

4) ช่องทางการประชาสัมพันธ์ (Communication) : มีการประชาสัมพันธ์ สติ๊กเกอร์ไลน์ผ่านทางสื่อสังคมออนไลน์ต่างๆ เช่น Facebook เป็นต้น

3. การออกแบบ (Design): การออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ ได้นำแนวคิดการสร้างตัวคาแรคเตอร์เรื่องสัญวิทยา (Semiotic/Semiology) ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) รูปเหมือน (Icon) 2) ดัชนี (Index) และ 3) สัญลักษณ์ (Symbols) มาออกแบบให้ภาพสามารถสื่ออารมณ์และความหมายได้ใน 3 ระดับดังนี้

1) ความหมายตรง 2) ความหมายแฝง และ 3) ความหมายเชิงมายาคติ [5] โดยออกแบบคาแรคเตอร์ของตัวการ์ตูนสติ๊กเกอร์ไลน์ดังนี้

1) ความหมายตรง (Denotation) ออกแบบโดยใช้ รูปภาพ ท่าทาง และข้อความประกอบลงในตัวสติ๊กเกอร์ เพื่อแสดงความรู้สึกและอารมณ์ผ่านกิริยาท่าทาง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการออกแบบคาแรคเตอร์สื่อความหมายตรงของชุดที่ 1 และชุดที่ 2

2) ความหมายแฝง (Connotation) ออกแบบโดยใส่รูปสัญลักษณ์และข้อความประกอบลงในตัวสติ๊กเกอร์ไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับเทคนิคการโฆษณาแฝง (Product Placement) เพื่อเพิ่มความเข้าใจของผู้ใช้ในตัวสินค้าให้มากกว่าการโฆษณาแบบทั่วไป [6] ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการออกแบบคาแรคเตอร์สื่อความหมายแฝงของชุดที่ 1 และชุดที่ 2

4. การนำไปใช้ (IMPLEMENTATION): จะเกี่ยวข้องกับการส่งคำขอให้พิจารณาสติ๊กเกอร์ ซึ่งเป็นการนำสติ๊กเกอร์เข้าสู่กระบวนการพิจารณาของบริษัทไลน์ หลังจากที่ได้ทำการลงทะเบียนสติ๊กเกอร์แล้วจึงส่งคำขอให้บริษัทไลน์พิจารณาสติ๊กเกอร์ต่อไป

### ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์ สำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาสติ๊กเกอร์ไลน์: มีสติ๊กเกอร์ที่ผ่านการพิจารณาและได้รับการวางจำหน่ายจำนวน 2 ชุด ชุดละ 16 คาแรคเตอร์ดังนี้



(<https://goo.gl/wA8L4K>)

รูปที่ 5 คิวอาร์โค้ดชมเค้าชุดที่ 1



(<https://goo.gl/Bp5BH7>)

รูปที่ 6 สติกเกอร์ไลน์แม่ค้าชุดที่ 2

2. ผลเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติกเกอร์ไลน์ โดยวัดจาก LINE Creators Market

ตารางที่ 1 แสดงยอดพฤติกรรมการรับ - ส่ง 3 อันดับสูงสุดของสติกเกอร์ไลน์ทั้ง 2 ชุด

ลำดับ	รับ	ส่ง	รวมรับ-ส่ง
<b>ชุดที่ 1 คุณป้า แม่ค้าโอท็อป</b>			
1. สับปะรดหมดจ๋า	699	191	890
2. รีวิวกระดาษสับปะรดให้ด้วยนะ	419	108	527
3. สินค้า OTOP พร้อมส่งนะ	343	138	481
<b>รวม</b>			<b>1,898</b>
<b>ชุดที่ 2 แม่ค้าโอท็อป วินเทจ</b>			
1. สินค้าOTOPพร้อมส่งน้ำ	2,728	4,200	6,928
2. OTOP ของถูกและดี	2,232	4,851	7,083
3. สับปะรดหมดจ๋า	1,408	1,788	3,196
<b>รวม</b>			<b>17,207</b>

จากตารางที่ 1 แสดงพฤติกรรมการรับ-ส่ง 3 อันดับสูงสุดของสติกเกอร์ไลน์ทั้ง 2 ชุดจะพบว่า สติกเกอร์ไลน์ชุดที่ 2 (แม่ค้าโอท็อป วินเทจ) พฤติกรรมการรับ-ส่งมากกว่า ชุดที่ 1 (คุณป้า แม่ค้าโอท็อป) ซึ่งมียอดการรับ-ส่ง 17,207 ครั้ง โดยส่วนใหญ่พบว่าจะเป็นการส่งข้อความประเภทส่งเสริมการขาย

3. ผลประเมินการยอมรับด้านการออกแบบสติกเกอร์ไลน์ต่อความคาดหวังในการดาวน์โหลด สติกเกอร์

- ผลการวิเคราะห์ด้านข้อมูลทั่วไป: ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสติกเกอร์ไลน์ทั้ง 2 ชุดพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่ใช้งานสติกเกอร์ไลน์ทั้ง 2 ชุดเป็นเพศชาย มีจำนวน 234 คน คิดเป็นร้อยละ 51.4 ส่วนใหญ่มีอายุ 21-25 ปี ระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี จำนวน 227 คน คิดเป็นร้อยละ 55 มีอาชีพเป็นนักเรียน/ นักศึกษา มีจำนวน 235 คน คิดเป็นร้อยละ 57.7

- ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจด้านการออกแบบในภาพรวม

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของด้านการออกแบบ

รายการประเมิน	ชุดที่ 1			ชุดที่ 2		
	(คุณป้า แม่ค้าโอท็อป)			(แม่ค้าโอท็อป วินเทจ)		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ออกแบบให้ผู้ใช้งานเกิดความสนใจ อยากดาวน์โหลดไปใช้งาน	4.31	.657	มาก	4.26	.677	มาก
2. สีสีนของสติ๊กเกอร์เป็นธรรมชาติ	4.32	.602	มาก	4.31	.680	มาก
3. ตัวอักษร ขนาดข้อความ มีความ เหมาะสม	4.36	.641	มาก	4.29	.678	มาก
ภาพรวมด้านการออกแบบ	4.32	.458	มาก	4.29	.500	มาก

จากตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ด้านการออกแบบ พบว่า สติ๊กเกอร์ทั้ง 2 ชุด ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งด้านการออกแบบส่วนใหญ่ จะพบว่าชุดที่ 1 (คุณป้า แม่ค้าโอท็อป) มีความพึงพอใจมากกว่า ชุดที่ 2 (แม่ค้าโอท็อป วินเทจ) โดยมีค่าเฉลี่ยที่ ( $\bar{x}=4.32$ ) โดยปัจจัยที่มีความพึงพอใจคือ ตัวอักษร ขนาดข้อความ มีความเหมาะสม โดยมีค่าเฉลี่ยที่ ( $\bar{x}=4.36$ )

- ผลส่วนการประเมินการยอมรับด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ต่อความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์ โดยใช้วิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) สำหรับทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบตัวแปรที่ส่งผลต่อความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์ จำนวน 1 สมมติฐาน มีตัวแปรอิสระคือ การออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ ตัวแปรตามคือ ความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานด้านการออกแบบ

ปัจจัยด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์	Beta	t	p	R	การทดสอบสมมติฐาน
สติ๊กเกอร์ไลน์ชุดที่ 1 (คุณป้า แม่ค้าโอท็อป)	.412	9.191	.000	.412	ยอมรับ
สติ๊กเกอร์ไลน์ชุดที่ 2 (แม่ค้าโอท็อป วินเทจ)	.539	12.979	.000	.539	ยอมรับ

Adjust R<sup>2</sup>= .630, F = 168.444, p < 0.05

จากตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานด้านการออกแบบมีอิทธิพลต่อความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ชุดที่ 1 (คุณป้า แม่ค้าโอท็อป) และสติ๊กเกอร์ไลน์ชุดที่ 2 (แม่ค้าโอท็อป วินเทจ) มีการออกแบบต่อความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์ของผู้ใช้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยพิจารณาจากค่า Significance ที่ 0.000 เมื่อพิจารณาน้ำหนักของผลกระทบของปัจจัยพบว่า การออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ชุดที่ 1 (คุณป้า แม่ค้าโอท็อป) (Beta = .412) และสติ๊กเกอร์ไลน์ชุดที่ 2 (แม่ค้าโอท็อป วินเทจ) (Beta = .539) มีการออกแบบต่อความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์ของผู้ใช้

### สรุป

จากการวิจัยเรื่องเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์ สำหรับประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ผลการดำเนินการพัฒนาสติ๊กเกอร์ไลน์ สามารถสรุปผลได้ ดังนี้
  - สติ๊กเกอร์ชุดที่ 1 (คุณป้า แม่ค้าโอท็อป): เป็นสติ๊กเกอร์แม่ค้าชุมชน โดยในการออกแบบสติ๊กเกอร์ ผู้วิจัยได้นำอัตลักษณ์สินค้าของชุมชนมาแฝงกับสติ๊กเกอร์ สไตล์พื้นบ้าน แล้วยังมีการนำสับประรด กระดาษใยสับประรด และสินค้าอื่นๆ ของชุมชนมาแฝงกับสติ๊กเกอร์
  - สติ๊กเกอร์ชุดที่ 2 (แม่ค้า โอท็อปวินเทจ) : โดยเป็นสติ๊กเกอร์แม่ค้าทั่วไป ในการออกแบบสติ๊กเกอร์ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบในรูปแบบแม่ค้า ออกแนววินเทจเพื่อให้เหมาะกับคอนเซ็ปต์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ โดยมีการนำเอาผลิตภัณฑ์ของชุมชน มาช่วยในการประชาสัมพันธ์
2. ผลเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้งานสติ๊กเกอร์ไลน์ สติ๊กเกอร์ไลน์ทั้ง 2 ชุด ส่งผลต่อยอดการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์ สามารถสรุปยอดการดาวน์โหลด ชุดที่ 1 (คุณป้า แม่ค้าโอท็อป) มียอดการดาวน์โหลดการใช้งานจำนวน 338 เยนและพฤติกรรมการรับ-ส่งสติ๊กเกอร์จำนวน 3,250 ครั้ง สติ๊กเกอร์ไลน์ชุดที่ 2 (แม่ค้าโอท็อป วินเทจ) ยอดการดาวน์โหลดการใช้งานจำนวน 1,232 เยนและพฤติกรรมการรับ-ส่งสติ๊กเกอร์จำนวน 29,971 ครั้ง
3. ผลประเมินการยอมรับด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์ต่อความคาดหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์พบว่า ปัจจัยด้านการออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์มีอิทธิพลต่อความหวังในการดาวน์โหลดสติ๊กเกอร์ไลน์ของผู้ใช้งานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

### เอกสารอ้างอิง

- [1] ปณิศา สัญชาวนนท์. 2548.หลักการตลาด.โรงพิมพ์ธรรมสาร, กรุงเทพมหานคร.
- [2] เบญจมาพร จาตุรงค์สกุล.2560.การค้นคว้าอิสระปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสติ๊กเกอร์ ไลน์ของนักศึกษาปริญญาตรีมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์: สาขาการจัดการทั่วไป มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพมหานคร.
- [3] ข้อมูลกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรวังยาวพัฒนา.2560.  
<http://xn--12cn0ahib3bic5b0bp5e9dhfo3a57b.com/> (2 มีนาคม 2561)
- [4] IM2 Market.4C คือ การตลาดแนวใหม่ที่พัฒนาเพื่อตอบ โจทย์ธุรกิจ. 2015  
<https://www.im2market.com> (3 มีนาคม 2561)
- [5] สมเกียรติ ศรีเพ็ชร.2557.การใช้คาแรคเตอร์การ์ตูนเพื่อสื่อสารทางอารมณ์และความรู้สึกกรณีศึกษาสติ๊กเกอร์ไลน์. คณะบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย,มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- [6] ระพีพัฒน์ คำหล้า.2557.กลยุทธ์โฆษณาแฝงเพื่อสร้างความภักดีในแบรนด์ธุรกิจ : กรณีศึกษาการออกแบบ สติ๊กเกอร์ไลน์แอปพลิเคชัน. ศิลปะศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสื่อศิลปะและการออกแบบสื่อมหาวิทยาลัยเชียงใหม่,เชียงใหม่.

- [7] พงศ์สิทธิ์ รักสนิท, อัชฌาพร กว้างสวาสดี, เพียงฤทัย หนูสวัสดิ์, อังคณา จิตตามาศ และ นพดล สายคติกรณ์. 2560. กะเหรี่ยงน้อยจอมแก่นสตีกเกอร์รูปแบบอัตลักษณ์ชุมชนที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการดาวน์โหลดสตีกเกอร์ไลน์.การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคอมพิวเตอร์ภูมิภาคอาเซียน ครั้งที่ 6 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [8] วัฒนา ทิพย์ทอง, เพียงฤทัย หนูสวัสดิ์, อัชฌาพร กว้างสวาสดี, อังคณา จิตตามาศ และ พัชราภรณ์ ชัยพัฒน์เมธี. 2560. การพัฒนาสตีกเกอร์ไลน์เพื่อเพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ของชุมชนป่าละอู.การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคอมพิวเตอร์ภูมิภาคอาเซียนครั้งที่ 6 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [9] พรเศรษฐี สาริमान, อัชฌาพร กว้างสวาสดี, นพดล สายคติกรณ์ และ เพียงฤทัย หนูสวัสดิ์. 2560. การศึกษาพฤติกรรมการใช้งานสตีกเกอร์ ระหว่างแม่ค้าชุมชนกับแม่ค้าออนไลน์ ที่ส่งผลต่อยอดจำหน่ายสตีกเกอร์. การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรีด้านคอมพิวเตอร์ภูมิภาคอาเซียน ครั้งที่ 6 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [10] กนกพร ฌานวัฒน์ และ อัชฌาพร กว้างสวาสดี. 2560. วัวชาวบ้านและวัวไฮโซ ที่ส่งผลต่อยอดจำหน่ายสตีกเกอร์ไลน์.งานประชุมวิชาการระดับชาติ เรื่องคุณภาพของการบริหารจัดการและนวัตกรรม ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์นร่วมกับวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สรรพสิทธิประสงค์ และมหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณ์, กรุงเทพมหานคร

---

การบูรณาการสะเต็มศึกษาและอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งในโครงการงานนักศึกษาระดับปริญญาตรี  
Integrating STEM Education and The Internet of Things  
Into Undergraduate Student Projects

รัตนาวัลย์ ไม้สัก\* อนงค์ ไต้วัลย์ และ สุวิทย์ ไวยทิพย์

Rattanavalee Maisak\*, Anong Taiwan and Suwit Waitip

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

\* Corresponding author: rattanavalee.m@rmutp.ac.th

---

### บทคัดย่อ

ตามที่รัฐบาลมีการส่งเสริมการพัฒนากำลังคนของประเทศด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม ส่งผลให้สถาบันการศึกษามีการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับนโยบายดังกล่าวโดยเน้นการศึกษาแบบสะเต็ม (STEM Education : Science Technology Engineering and Mathematics Education) งานวิจัยฉบับนี้จึงมีแนวความคิดในการนำเทคโนโลยีในทุกสิ่ง (The Internet of Things : IoT) มาบูรณาการร่วมกับสะเต็มในการจัดการเรียนการสอนในสถาบันอุดมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทคโนโลยี IoT ด้วยสะเต็มศึกษาของนักศึกษา ก่อนและหลังเรียน (2) เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถพัฒนาโครงการสารสนเทศด้านเทคโนโลยี IoT ได้ กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาสาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี IoT แต่สนใจที่จะทำโครงการเทคโนโลยีดังกล่าว ในการวิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบเชิงทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) หน่วยการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี IoT ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน (2) โครงการสารสนเทศด้วยเทคโนโลยี IoT และ แบบประเมินตามสภาพจริง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที ผลจากการวิจัยพบว่า (1) จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทคโนโลยี IoT ด้วยสะเต็มก่อนและหลังเรียน นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักศึกษาสามารถพัฒนาโครงการสารสนเทศด้วยเทคโนโลยี IoT ได้และมีผลประเมินโครงการระดับคุณภาพดีจากผู้เชี่ยวชาญโดยใช้แบบประเมินตามสภาพจริง

**คำสำคัญ:** สะเต็มศึกษา, อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง, โครงการงาน

### Abstract

According to the Thai government has been continuously attempting to encourage human resource development with the usage of technology and innovation. As a result, Thai institutions have adopted STEM (Science Technology Engineering and Mathematic) into

its policy and activity. The objective of this research aims to integrate the Internet of Things (IoT) and STEM into Thai higher education. The research were (1) to compare learning achievement before and after learning the IoT with STEM (2) to encourage students to develop IoT projects. The research samples were students who study at the fourth year of Information System Department: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. Moreover, they are also interested in developing IoT projects but they lack of IoT knowledge and skills. The research instruments were (1) the IoT with STEM content and the achievement test (pre-test and post-test) (2) the IoT project and an authentic assessment. Data were analyzed by mean, standard deviation and T-test. The results were found that (1) the results of a T-test yield significance at the .05 level ( $p < .05^{***}$ ), meaning that for the whole group the difference between the pre-test average score and the post-test average score were statistically significant (2) the level of quality for IoT projects, measured by experts with authentic assessments, were good.

**Keywords:** STEM, Internet of Things, Project

## บทนำ

ด้วยเทคโนโลยี the Internet of Things (IoT) ได้เข้ามามีบทบาทในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันมากขึ้น ซึ่ง Kevin (2009) ได้กล่าวถึงเทคโนโลยี IoT คือการที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถสื่อสาร เชื่อมต่อและส่งข่าวสารอาหารกันได้ โดยจะมีการระบุตัวตนและสามารถปฏิสัมพันธ์ต่อกัน จึงมีผู้คิดค้นด้วยการนำเทคโนโลยี IoT ไปพัฒนาเป็นสินค้าและบริการเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เทคโนโลยีดังกล่าวได้มีการถูกนำไปใช้ในการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรมยุคใหม่คือ อุตสาหกรรม 4.0 ที่อาศัยการส่งข้อมูลหากันระหว่างตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบุคคลากร เพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้องและมีความถูกต้องแม่นยำสูงในการผลิตสินค้า จึงจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยี IoT นั้นมีความสำคัญทางเศรษฐกิจและกิจการในในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้น แต่เป็นที่น่าเสียดายที่การจัดการเรียนการสอนเทคโนโลยี IoT ในระดับอุดมศึกษาไม่สามารถผลิตบัณฑิตให้เพียงพอกับความต้องการของตลาดแรงงานที่มีความต้องการพนักงานหรือผู้ปฏิบัติงานที่มีความเชี่ยวชาญในเทคโนโลยี IoT ระดับสูงในภาคธุรกิจหรือภาคอุตสาหกรรม ด้วยตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้มีแนวความคิดในการนำเอาเทคโนโลยี IoT เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา โดยบูรณาการการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา STEM Education (Science Technology Engineering and Mathematics Education) โดยมุ่งหวังให้นักศึกษาที่ผ่านการศึกษานี้เนื้อหาดังกล่าวสามารถเรียนรู้พร้อมทั้งฝึกฝนทักษะที่จำเป็นเพื่อนำไปแก้ปัญหาในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 ด้วยวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์บนพื้นฐานเทคโนโลยี IoT



### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทคโนโลยี IoT ด้วยสะเต็มศึกษาของนักศึกษาก่อนและหลังเรียน
2. เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถพัฒนาโครงงานสารสนเทศด้านเทคโนโลยี IoT ได้หลังจากอบรมเทคโนโลยี IoT ด้วยสะเต็มศึกษา

### วิธีการศึกษา

ผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาสาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง นักศึกษาที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 4 ที่สนใจเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) แต่ไม่มีความรู้ดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 3 กลุ่มๆ ละ 3 คน รวมทั้งสิ้น 9 คน โดยทำการทดลองในปีการศึกษาที่ 2559 มีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. สร้างหน่วยเรียนและแบบทดสอบเทคโนโลยี IoT ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็ม
2. นำกลุ่มตัวอย่างมาทดสอบก่อนการศึกษาเทคโนโลยี IoT ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็ม
3. จัดอบรมเทคโนโลยี IoT ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 17 หน่วยเรียน
4. นำกลุ่มตัวอย่างมาทดสอบหลังการศึกษาเทคโนโลยี IoT ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็ม
5. มอบหมายให้นักศึกษาจัดสร้างโครงงานและรูปเล่มด้วยเทคโนโลยี IoT
6. ประเมินผลโครงงานด้วยการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)
7. นักศึกษาแก้ไขโครงงานและรูปเล่มตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิ

### เครื่องมือวิจัย

1. หน่วยการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 17 หน่วยเรียน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเกี่ยวกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ ประเภท 4 ตัวเลือก โดยแบ่งเป็นฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ฉบับละ 20 ข้อ ข้อสอบแต่ละข้อมีการให้คะแนนแบบตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยแบ่งเป็นการทดสอบหน่วยที่ 1-8 จำนวน 1 ครั้ง และ หน่วยที่ 9-17 จำนวน 1 ครั้ง รวมการทดสอบทั้งสิ้นจำนวน 2 ครั้ง
3. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที
4. หัวข้อโครงงานสารสนเทศด้วยเทคโนโลยี IoT จำนวน 1 ชิ้นงาน/กลุ่ม รวมทั้งสิ้นจำนวน 3 โครงงาน
5. แบบประเมินตามสภาพจริง โดยประเมินทุกโครงงานสารสนเทศ ผู้ประเมินคือ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน

## ผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้แบ่งผลการทดลองออกเป็นสามส่วน ดังต่อไปนี้

1. ผลทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเกี่ยวกับเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 2 ครั้ง ซึ่งมีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

**ตารางที่ 1** แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสอบนักศึกษาที่ทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนหน่วยเรียนเทคโนโลยี IoT ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็ม

คะแนนสอบ	จำนวนนักศึกษา	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
คะแนนก่อนสอบครั้งที่ 1	9	10.11	2.848
คะแนนหลังสอบครั้งที่ 1	9	15.89	2.261
คะแนนก่อนสอบครั้งที่ 2	9	14.44	2.007
คะแนนหลังสอบครั้งที่ 2	9	18.78	2.167

จากตารางที่ 1 พบว่านักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นทั้งสองครั้งหลังจากได้รับการอบรมด้วยสะเต็ม โดยการทดสอบครั้งแรกมีคะแนนเฉลี่ย 10.11 15.89 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.848 2.261 ตามลำดับ ในการทดสอบครั้งที่สองมีคะแนนเฉลี่ย 14.44 18.78 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.007 2.167 ตามลำดับ

**ตารางที่ 2** แสดงค่าความสัมพันธ์ของคะแนนก่อนและหลังสอบของนักศึกษาที่เรียนเทคโนโลยี IoT

Paired Samples Correlations			
	จำนวนนักศึกษา	Correlation	Sig.
คะแนนก่อนสอบครั้งที่ 1 & คะแนนหลังสอบครั้งที่ 1	9	.992	.000
คะแนนก่อนสอบครั้งที่ 2 & คะแนนหลังสอบครั้งที่ 2	9	.830	.006

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนสอบและคะแนนหลังสอบของนักศึกษาครั้งที่ 1 (หน่วยเรียน 1-8) ที่ทำการทดสอบในหน่วยเรียนเทคโนโลยี IoT จำนวน 9 คนอยู่ที่ .992 หรือ ร้อยละ 99.2 และครั้งที่ 2 (หน่วยเรียน 9-17) อยู่ที่ .830 หรือ ร้อยละ 83.0

จากตารางที่ 3 พบว่าในการทดสอบครั้งที่ 1 (หน่วยเรียน 1-8) ค่าสถิติ t มี ค่า -26.000 ค่า Sig. (2 tailed) .000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แสดงว่าคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนครั้งที่ 1 มีความสัมพันธ์กันและเมื่อนักศึกษาได้รับการเรียนการสอนเทคโนโลยี IoT แล้วมีคะแนนหลังสอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับการทดสอบครั้งที่ 2 (หน่วยเรียน 9-17) ค่าสถิติ t มี ค่า -10.614 ค่า Sig. (2 tailed) .000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แสดงว่าคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนครั้งที่ 2 มีความสัมพันธ์กันและเมื่อนักศึกษาได้รับการเรียนการสอนเทคโนโลยี IoT แล้วมีคะแนนหลังสอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 แสดงค่าสถิติ t-test dependent ในการเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนและหลังการเรียนเทคโนโลยี IoT ที่ทำการทดสอบในครั้งที่ 1 และ 2

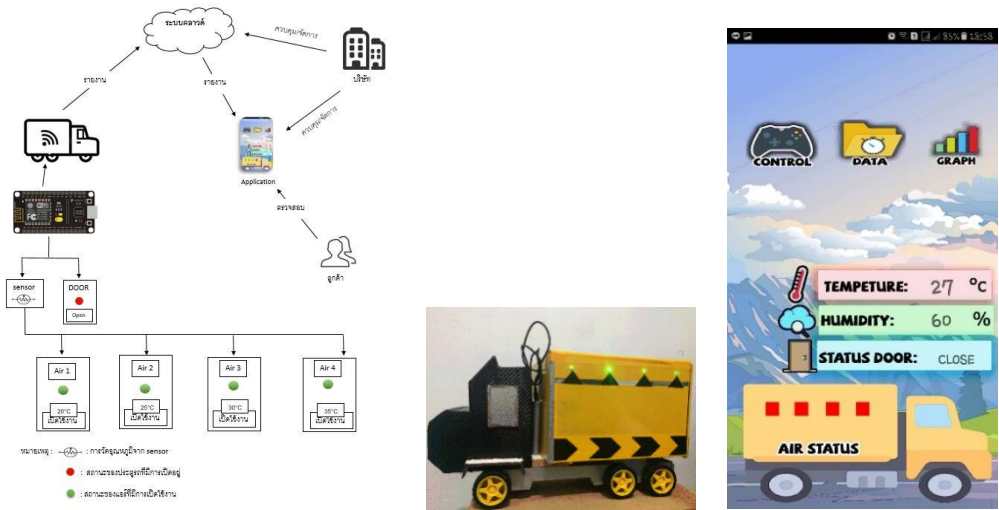
Paired Samples Test									
Paired Differences									
95% Confidence Interval of the Difference									
	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
คะแนนก่อนสอบครั้งที่ 1 - คะแนนหลังสอบครั้งที่ 1	-5.778	.667	.222	-6.290	-5.265	-26.000	8	.000	
คะแนนก่อนสอบครั้งที่ 2 - คะแนนหลังสอบครั้งที่ 2	-4.333	1.225	.408	-5.275	-3.392	-10.614	8	.000	

2. โครงการสารสนเทศด้วยเทคโนโลยี IoT กลุ่มตัวอย่างได้เสนอหัวข้อและจัดทำโครงการสารสนเทศด้วยเทคโนโลยี IoT ภายใต้การดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดังต่อไปนี้

1. ระบบบริหารจัดการลานจอดรถด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสิ่งและคลาวด์แพลตฟอร์ม
2. เครื่องมือและโปรแกรมสำหรับบำบัดผู้ป่วยที่มีอาการหยุดหายใจขณะหลับ
3. ระบบและแอปพลิเคชันควบคุมอุณหภูมิและความชื้นบนรถขนส่ง

3. ผลการประเมินตามสภาพจริง โดยมีคะแนนเต็ม 45 คะแนนแบ่งระดับคุณภาพดังนี้  
(0-9 ควรปรับปรุง) (10-18 พอใช้) (19-27 ปานกลาง) (28-36 ดี) (37-45 ดีมาก)

จากตารางที่ 4 พบว่าทุกโครงการสารสนเทศได้รับการประเมินจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิในระดับดี โดยได้รับคะแนน 29 31 31 ตามลำดับ



รูปภาพ 2 โครงสร้างระบบ โมเดล และแอปพลิเคชันมือถือควบคุมอุณหภูมิและความชื้นบนรถขนส่ง

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพโครงการโดยสรุป

โครงการ	คะแนนรวม			คะแนนเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิ				
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	30	28	29	29	ดี
2	32	29	32	31	ดี
3	29	30	32	31	ดี

### วิจารณ์และสรุป

ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้แบบสะเต็มทำให้นักศึกษาสามารถทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเพิ่มขึ้นจากเดิม ดังจะเห็นได้จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยทั้งสองครั้ง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงคะแนนก่อนและหลังเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้สรุปได้ว่านักศึกษามีความรู้เทคโนโลยี IoT เพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการอบรมด้วยวิธีดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับ วาสนา ประภาชี และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์ (2560) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและแนวคิดของสะเต็มศึกษา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและแนวคิดของสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เช่นเดียวกันกับ วรณธนะ ปัดชา และ สืบสกุล อยู่ยืนยง (2559) และ จาริพร ผลมูล และ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2558) ในการทดลองใช้สะเต็มศึกษากับนักเรียนและนักศึกษาในวิชาที่แตกต่างกัน

จากการประเมินโครงการด้วยสภาพเป็นจริงจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ทุกโครงการมีผลการประเมินอยู่ในระดับ “ดี” ทั้งนี้อาจสืบเนื่องมาจากมีการใช้ “กิจกรรมในชั้นเรียนที่มีเนื้อหาเทคโนโลยี IoT ด้วยด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา” และ “การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน” ในการจัดทำโครงการสารสนเทศที่มีส่วนช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนและเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ในการแก้ปัญหาในสิ่งที่นักศึกษาสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับโครงการ YothSpark ของบริษัท ไมโครซอฟท์ที่จัดตั้งขึ้นเพื่อส่งเสริมการเขียนโปรแกรมสำหรับเยาวชน โดยทางบริษัทได้ส่งเสริมการศึกษาสะเต็มควบคู่กับวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science : CS) โดยทางบริษัทกล่าวถึงความสำคัญของสะเต็มสำหรับเยาวชนดังต่อไปนี้ “*studying CS/STEM gives people computational thinking, critical thinking and problem solving skills that are used in non-technology areas as well*” (Microsoft, n.d.) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ He, Lo, Xie, and Lartigue (2016) ที่ได้ทำการทดลองให้มีการเรียนการสอนในวิชา Embedded System ซึ่งมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT และสะเต็มในห้องปฏิบัติการที่ใช้อุปกรณ์ Raspberry Pi ซึ่งได้ผลปรากฏว่า นักศึกษามีความรู้ที่เพิ่มขึ้นและความพึงพอใจในระดับดีหลังจากมีการเรียนในด้วยวิธีดังกล่าว

ดังจะเห็นได้ว่า กระบวนการเรียนรู้ในสถาบันอุดมศึกษาควรมีการเชื่อมโยงและส่งเสริมการใช้ประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา และนวัตกรรมแบบสะเต็มที่มุ่งเน้นการนำความรู้ดังกล่าวไปเชื่อมโยงในชีวิตและการทำงานจริง จึงเป็นหน้าที่ของสถาบันอุดมศึกษาที่จะปรับปรุงหลักสูตรให้สอดคล้องกับองค์ความรู้ใหม่และพัฒนานักศึกษาให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่นเดียวกับการพัฒนาประเทศให้ทันสมัยด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม

### เอกสารอ้างอิง

- จาริพร ผลมูล และ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2558. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 : กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอก จังหวัดชุมพร. ใน: การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34, จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย.
- วรณธนะ ปัดชา และ สืบสกุล อยู่ยืนยง. 2559. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตรส่วนตรีโกณมิติ. *Veridian E-Journal*, 9, 830-839.
- วาสนา ประภาณี และ อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์. 2560. การศึกษาการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและแนวคิดของสะเต็มศึกษา. ใน: การประชุมวิชาการทางคณิตศาสตร์ ครั้งที่ 22 (AMM2017) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- He, J., Lo, D. C., Xie, Y., & Lartigue, J. 2016. *Integrating Internet of Things (IoT) into STEM undergraduate education: Case study of a modern technology infused courseware for embedded system course*. Paper presented at the Frontiers in Education Conference (FIE), 2016 IEEE.

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



---

Kevin, A. 2009. That 'internet of things' thing. *RFID Journal*, 22(7), 97-114.

Microsoft. (n.d.). What is STEM ad CS. From <https://www.microsoft.com/about/philanthropies/youthspark/youthsparkhub/resources/what-is-stem-cs/>

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและเปรียบเทียบผลการทำความเย็นด้วยสุญญากาศ  
แบบขั้นตอนเดียวและหลายขั้นตอนสำหรับผักกาดหอมห่อ

The Study of Optimize Condition and Comparison of Single-stage and Multi-  
stage Vacuum Cooling of Iceberg Lettuce

ชนวัฒน์ นิตัตวิจิตร\* ชัยกร เชิงดี สมเกียรติ จตุรงค์กล้าเลิศ และ จตุรภัทร วาฤทธิ์

Chanawat Nitatwichit Chayakorn Chergdee Somkiat Jaturongloumlart and Jaturapatr Varith

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University

\* Corresponding author: n\_chanawat@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและเปรียบเทียบผลของปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบขั้นตอนเดียวและหลายขั้นตอนสำหรับผักกาดหอมห่อ โดยการทดลองการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบขั้นตอนเดียวศึกษาผลกระทบของค่าความดันยุติ 3 ค่า คือ 0.9 0.8 และ 0.7 กิโลปาสกาล พบว่า การกำหนดความดันยุติที่ต่ำลงมีผลให้อุณหภูมิสุดท้ายมีค่าต่ำลง การสูญเสียน้ำหนักและพลังงานจำเพาะมีค่าสูงขึ้น ซึ่งความดันยุติที่เหมาะสมคือ 0.8 กิโลปาสกาล สำหรับการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอนศึกษาผลกระทบของชุดผลต่างความดันที่ใช้ในการหยุดทำสุญญากาศ 3 ค่า คือ 0.2 0.3 และ 0.4 กิโลปาสกาล การสำรองเวลา 3 ค่า คือ 5 8 และ 11 นาที สภาวะที่เหมาะสมของการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอน คือ การใช้ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสกาล ในการหยุดทำสุญญากาศ (1.2 และ 1.0 กิโลปาสกาล) ใช้การสำรองเวลา 8 นาที ผักที่ผ่านการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอนมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าแบบขั้นตอนเดียว มีค่าผลต่าง 0.37% คิดเป็นร้อยละ 16.67 อีกทั้งการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอนมีค่าพลังงานจำเพาะในกระบวนการต่ำกว่าแบบขั้นตอนเดียว 0.0202 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 31.12

**คำสำคัญ:** ผักกาดหอมห่อ, การทำความเย็นด้วยสุญญากาศ, การทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอน

Abstract

The objective of this research was to study the effect of multi-stage vacuum cooling (MV) in comparison to single-stage (SV) vacuum cooling for iceberg lettuce focusing on reducing weight loss and power consumption. The SV experiment was studied on final vacuum pressure effect (0.9, 0.8 and 0.7 kPa). The result showed that lower final pressure reduced final core temperature of the product but the weight loss and power consumption increased. The optimal final vacuum pressure was 0.8 kPa. The effects of different vacuum pump stopping pressure ( $\Delta p$ ; 0.2, 0.3 and 0.4 kPa) and vacuum pump stopping periods (5, 8

and 11 min.) were studied in the MV experiment. The results showed that the optimal of difference vacuum pump stopping pressure was 0.2 kPa (at 1.2 and 1.0 kPa) and vacuum pump stopping period was 8 minutes, respectively. Final product of MV showed that the weight loss and power consumption were lower than SV, the different values were 0.37% (16.67%) and 0.022 kW-h/kg (31.12%), respectively.

**Keywords:** Lceberg lettuce, Vacuum Cooling, Multi-stage Vacuum Cooling

### บทนำ

ผักกาดหอมห่อ (*Iceberg Lettuce*) เป็นผักเศรษฐกิจที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยได้สนับสนุนให้เกษตรกรเพาะปลูก และสร้างมูลค่าให้กับโครงการหลวงคิดเป็นร้อยละ 60 ของรายได้จากผลิตภัณฑ์ทั้งหมด เนื่องด้วยแนวโน้มการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมีสูงขึ้นทำให้ผักกาดหอมห่อซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของอาหารประเภทดังกล่าวเป็นที่ต้องการของตลาดตลอดทั้งปี แต่ปัญหาของผักกาดหอมห่อคือเป็นผักใบที่มีการคายน้ำสูงเพราะฉะนั้นจึงต้องทำการลดอุณหภูมิของผักหลังจากทำการเก็บเกี่ยวเพื่อชะลอการหายใจ และคงความสดไว้

การทำความเย็นด้วยสุญญากาศเป็นวิธีการทำความเย็นที่นิยมใช้ในการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น ผักกาดหอมห่อ (Martinez and Artes, 1999) เนื้อปรงสุก (Wang and Sun, 2004) โดยใช้หลักการการระเหยของน้ำที่ทำได้ดีและเร็วขึ้นเมื่อสภาวะรอบข้างมีความดันต่ำหรือสภาวะสุญญากาศ (Zheng and Sun, 2004) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีรูพรุน มีปริมาณน้ำสูง เนื่องด้วยการทำความเย็นด้วยวิธีดังกล่าวเกิดจากการระเหยน้ำของตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทำความเย็นนี้คือ มีน้ำแข็งเกาะบริเวณผิวผักได้ (ชนวัฒน์ และคณะ, 2553) เนื่องจากสภาวะความดันยุดที่ไม่เหมาะสม และในระหว่างกระบวนการมีการระเหยของน้ำค่อนข้างสูง โดยการทำทำความเย็นด้วยสุญญากาศจะมีสูญเสียน้ำประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ต่ออุณหภูมิที่ลดลงทุกๆ 6 องศาเซลเซียส (दनัย และ นิธิยา, 2535) ทำให้สมบัติทางกายภาพภายนอกมีการเปลี่ยนแปลง เช่น สี เนื้อสัมผัส ส่งผลถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานในระหว่างกระบวนการทำความเย็นอีกด้วย จึงมีการปรับปรุงกระบวนการทำความเย็นจากขั้นตอนเดียวเป็นแบบหลายขั้นตอน ทำได้โดยการหยุดปั๊มสุญญากาศที่ความดันที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการปรับสมดุลมวลและพลังงานของผลิตภัณฑ์ ดังเช่น การทดลองการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอนสำหรับกะหล่ำปลี (Cheng and Hsueh, 2007) พบว่าการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอนมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิทั้งภายในและที่ผิวใบของกะหล่ำปลี และมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของกระบวนการทำความเย็นสุญญากาศที่ดีขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการหาสภาวะที่เหมาะสมและเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบขั้นตอนเดียวและแบบหลายขั้นตอนสำหรับผักกาดหอมห่อ โดยศึกษาผลของความดันยุดที่ใช้ระบบสุญญากาศแบบขั้นตอนเดียว สำหรับระบบ



สูญญากาศแบบหลายขั้นตอนศึกษาถึงช่วงค่าความดันและช่วงเวลาที่หยุดสร้างสภาวะสูญญากาศที่มีต่อค่าการใช้พลังงานและค่าการสูญเสียน้ำหนักของผักหลังการทำความเย็น

### วิธีการศึกษา

การทดลองการทำความเย็นด้วยสูญญากาศใช้เครื่องทำความเย็นระดับอุตสาหกรรม ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ผักกาดหอมห่อที่เก็บเกี่ยวแล้วไม่เกิน 24 ชั่วโมง จำนวน 2 พาเลท ทั้งหมด 50 ตะกร้าต่อรอบการทดลอง ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการทำความเย็นจำนวน 12 ตะกร้า โดยสุ่มจากตำแหน่งการวางด้านบน กลาง และล่างของแต่ละพาเลท จากนั้นจึงนำผักเข้าห้องสูญญากาศขนาด 22.94 ลูกบาศก์เมตร ประกอบด้วยเครื่องสูบลมสูญญากาศยี่ห้อ BOSCH ที่มีอัตราการสร้างสูญญากาศ 50 ลบ.ม./ชม. มอเตอร์ต้นกำลังขับเคลื่อนขนาด 50 HP สามารถสร้างสูญญากาศต่ำที่สุด 0.1 kPa และชุดทำความเย็นเพื่อควบแน่นไอประกอบด้วยระบบทำความเย็นที่ใช้ R-22 เป็นสารทำความเย็นคอมเพรสเซอร์ยี่ห้อ BOSCH ขนาด 30 HP จำนวน 2 เครื่อง ดังแสดงใน Figure 1 โดยการทดลองทำการทดสอบ 2 ซ้ำ ซึ่งการทดลองการทำความเย็นด้วยสูญญากาศแบบขั้นตอนเดียว กำหนดใช้ค่าความดันยุติของกระบวนการ 3 ค่า คือ 0.7 0.8 และ 0.9 กิโลปาสกาล (มณรัชฎ์ลักษณ์ และคณะ, 2555) สำหรับการทดลองแบบหลายขั้นตอนกำหนดค่าตัวแปร 2 ค่า คือ ค่าการสำรองความดัน และค่าเวลาที่ใช้ในการหยุดสร้างสภาวะสูญญากาศ โดยค่าระดับของตัวแปรทั้งสองสามารถแสดงได้ดังนี้

ค่าการสำรองความดัน คือ ความดันที่ใช้ในการหยุดทำสูญญากาศ แบ่งได้ 3 ช่วง คือ 0.2 0.3 และ 0.4 กิโลปาสกาล โดยกำหนดให้ช่วงความดันดังกล่าวอยู่หลังจุดวาบ (Flash point) เพื่อให้อยู่ในช่วงที่เริ่มมีการระเหยน้ำในกระบวนการ ซึ่งทำให้ได้ช่วงของชุดความดันที่ต้องทำการหยุดปั๊มสูญญากาศ 3 ชุด ดังนี้

- ชุดที่ 1 พักทำสูญญากาศที่ความดัน 1.2 และ 1.0 กิโลปาสกาล ( $\Delta P = 0.2$  กิโลปาสกาล)
- ชุดที่ 2 พักทำสูญญากาศที่ความดัน 1.4 และ 1.1 กิโลปาสกาล ( $\Delta P = 0.3$  กิโลปาสกาล)
- ชุดที่ 3 พักทำสูญญากาศที่ความดัน 1.6 และ 1.2 กิโลปาสกาล ( $\Delta P = 0.4$  กิโลปาสกาล)

โดยในแต่ละสภาวะกำหนดให้ความดันยุติเพื่อสิ้นสุดกระบวนการคือ 0.8 กิโลปาสกาล

ค่าการสำรองเวลา คือ ระยะเวลาหยุดทำสูญญากาศ มี 3 ค่า ดังนี้ 5 8 และ 11 นาที

โดยระหว่างทำการทดลองทำการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลดังนี้

- 1) ค่าน้ำหนักก่อนและหลังการทดลอง
- 2) ค่าพลังงานที่ใช้ในกระบวนการคำนวณจากมิเตอร์ไฟฟ้าก่อนและหลังกระบวนการ
- 3) อุณหภูมิแกนกลางของตัวอย่างทดลอง
- 4) ความดันภายในห้องสูญญากาศระหว่างการทดลอง
- 5) เวลาที่ใช้ในกระบวนการทำความเย็น

การทดลองพยากรณ์เพื่อหาสมการในการทำนายค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการทำความเย็นด้วยสูญญากาศแบบหลายขั้นตอนโดยใช้แบบจำลองพื้นผิวตอบสนอง ซึ่งใช้ชุดข้อมูลทั้งหมด 18 ชุด ที่ได้จากการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ของแบบจำลองทำได้โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel<sup>TM</sup>



Figure 1 ห้องสุญญากาศระดับอุตสาหกรรมที่ใช้ในการทดลอง

### ผลการศึกษา

ผลการทำความเข้าใจด้วยสุญญากาศแบบชั้นตอนเดียว พบว่า ที่สภาวะความดันยุดิ 0.9 กิโลปาสคาล ผักมีค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการต่ำที่สุดคือ 1.75% และ 0.051 kW-h/kg ตามลำดับ ในกระบวนการที่ใช้สภาวะความดันยุดิ 0.7 กิโลปาสคาล ผักมีค่าการสูญเสีย น้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการสูงที่สุดคือ 2.78% 0.068 kW-h/kg ตามลำดับ ซึ่งสามารถ แสดงได้ดัง Table 1

สำหรับผลกระทบที่เกิดจากค่าการสำรองความดัน และค่าเวลาที่ใช้ในการหยุดสร้างสภาวะ สุญญากาศที่มีต่อค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในกระบวนการทำความเข้าใจด้วย สุญญากาศแบบหลายขั้นตอน พบว่าค่าเฉลี่ยของการสูญเสียน้ำหนักผักที่ผ่านการทำความเข้าใจด้วย สุญญากาศแบบหลายขั้นตอนโดยใช้ผลต่างความดัน 0.2 0.3 และ 0.4 กิโลปาสคาล เท่ากับ 2.3 3.1 และ 2.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยผักที่ผ่านกระบวนการสำรองความดัน 0.3 กิโลปาสคาล สำรองเวลา 11 นาที มีค่าการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด เท่ากับ 3.62%

ในส่วนของผลค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในกระบวนการต่ำสุดที่การทำความเข้าใจโดยใช้ค่าผลต่าง ความดัน 0.2 กิโลปาสคาล ที่การสำรองเวลา 8 นาที มีค่าเท่ากับ 0.0447 kW-h/kg ซึ่งผลการทดลองแสดง ดัง Table 2 เมื่อทำการเปรียบเทียบผลของการทำความเข้าใจด้วยสุญญากาศแบบชั้นตอนเดียวและแบบ หลายขั้นตอน พบว่า ผักที่ผ่านกระบวนการทำความเข้าใจด้วยสุญญากาศแบบชั้นตอนเดียวมีค่าการสูญเสีย น้ำหนักที่สูงกว่าผักที่ผ่านการทำความเข้าใจด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอน มีค่าผลต่าง 0.37 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 16.67 ผลของค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการทำความเข้าใจด้วยสุญญากาศของทั้งสองวิธี พบว่า กระบวนการทำความเข้าใจด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอนมีค่าพลังงานจำเพาะต่ำกว่าแบบชั้นตอน เดียว 0.0202 kW-h/kg คิดเป็นร้อยละ 31.12 ดังแสดงใน Table 3

**Table 1** ผลอุณหภูมิสุดท้าย ค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะของการทำความเย็นด้วย  
สูญญากาศแบบชั้นตอนเดียว

ความดันยุติ (กิโกลาสกาล)	อุณหภูมิ แกนกลาง เริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิ แกนกลาง สุดท้าย (°C)	เวลาการทำ ความเย็น (นาที)	การสูญเสีย น้ำหนัก (%)	พลังงาน จำเพาะ (kW-h/kg)
0.9	19.3	8.1	44	1.75	0.051
0.8	19.2	6.6	63	2.22	0.065
0.7	20.8	4.5	75	2.78	0.068

**Table 2** ผลอุณหภูมิสุดท้าย ค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะของการทำความเย็นด้วย  
สูญญากาศแบบหลายชั้นตอน

ผลต่างความดัน (ΔP)	การสำรองเวลา (นาที)	อุณหภูมิสุดท้าย (°C)	การสูญเสีย น้ำหนัก (%)	ค่าพลังงาน จำเพาะ (kW-h/kg)
0.2	5	6.1	2.13	0.0917
0.2	8	5.8	1.85	0.0447
0.2	11	6	2.78	0.0619
0.3	5	5.5	3.03	0.0907
0.3	8	4.2	2.57	0.0701
0.3	11	3.7	3.62	0.0723
0.4	5	4.9	2.04	0.0518
0.4	8	5.6	2.00	0.0836
0.4	11	2.1	2.29	0.0809

**Table 3** การเปรียบเทียบผลการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบขั้นตอนเดียวและแบบหลายขั้นตอน

วิธีการทดลอง	อุณหภูมิแกนกลางสุดท้าย (°C)	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	พลังงานจำเพาะ (kW-h/kg)
ขั้นตอนเดียว	6.6	2.22	0.0649
หลายขั้นตอน	5.8	1.85	0.0447
ผลต่าง	0.8	0.37	0.0202
ร้อยละ	-	16.67	31.12

ผลการพยากรณ์ในการสร้างสมการเพื่อทำนายค่าการสูญเสียน้ำหนักและค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยจากสมการที่ (1) สามารถทำนายสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการคือ ใช้ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสคาล และสำรองเวลา 6 นาที ซึ่งทำนายค่าการสูญเสียน้ำหนักได้เท่ากับ 1.85% จากสมการที่ (2) สามารถทำนายสภาวะที่เหมาะสมที่มีค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการต่ำที่สุดคือ ใช้ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสคาล และสำรองเวลา 11 นาที ซึ่งทำนายค่าพลังงานจำเพาะได้เท่ากับ 0.051 kW-h/kg

$$Y_1 = 2.73444 + 0.24833X_1 - 0.07167X_2 - 0.50834X_1^2 - 0.89166X_2^2 - 0.1X_1X_2 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0.07185 - 0.0318X_1 + 0.00298X_2 + 0.00879X_1^2 - 0.0086X_2^2 + 0.01473X_1X_2 \quad (2)$$

เมื่อ	$Y_1$	คือ ค่าการสูญเสียน้ำหนัก
	$Y_2$	คือ ค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการ
	$X_1$	คือ ระยะเวลาการสำรองเวลา
	$X_2$	คือ ผลต่างความดันที่ใช้ในการหยุดสร้างสภาวะสุญญากาศ

เมื่อนำสมการ (1) และ (2) มาทำการวิเคราะห์ผลรวมเพื่อทำนายหาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งผลการทำนายที่ได้คือ สภาวะที่ใช้ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสคาล และมีการสำรองเวลา 8.5 นาที จะทำให้มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก 1.99% และค่าพลังงานจำเพาะ 0.057 kW-h/k โดยผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองและการทำนายแสดงได้ดัง Table 4

**Table 4** การเปรียบเทียบผลของค่าตัวแปรตามที่ได้จากการทดลองและการทำนาย

	ระยะเวลาสำรองเวลา (นาที)	ผลต่างความดัน (กิโลปาสคาล)	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	ค่าพลังงานจำเพาะ (kW-h/kg)
การทดลอง	8	0.2	1.85	0.045
การทำนาย	8.5	0.2	1.99	0.058

### วิจารณ์

การทำความเข้าใจด้วยสัญญาณแบบขั้นตอนเดียวโดยใช้สถานะความดันยุติที่ต่ำลง พบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักและค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า ค่าความดันยุติมีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักของผัก และค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการ โดยมีลักษณะความสัมพันธ์แบบแปรผกผันซึ่งกันและกัน คือเมื่อกำหนดสถานะความดันต่ำลง ค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสถานะความดันยุติที่เหมาะสมสำหรับการทำความเข้าใจด้วยสัญญาณแบบขั้นตอนเดียว คือ 0.8 กิโลปาสกาล เนื่องจากผักมีอุณหภูมิแกนกลางสุดท้ายอยู่ในช่วงของอุณหภูมิการเก็บรักษาซึ่งทางศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยกำหนดที่  $6 \pm 1$  องศาเซลเซียส อีกทั้งค่าการสูญเสียน้ำหนักของผักและค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการมีค่าต่ำกว่าสถานะความดันยุติ 0.7 กิโลปาสกาล โดยผักที่มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการสูญเสียน้ำของผลผลิตระหว่างกระบวนการที่ใช้ค่าความดันยุติ 0.9 และ 0.7 กิโลปาสกาล พบว่าผลผลิตที่ผ่านกระบวนการทำความเข้าใจด้วยสัญญาณที่ความดันยุติ 0.7 กิโลปาสกาล มีค่า 1% ต่อการลดอุณหภูมิ 5.86 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่สถานะความดันยุติ 0.9 กิโลปาสกาล ที่มีอัตราการสูญเสียน้ำหนัก 1% ต่อการลดอุณหภูมิ 6.40 องศาเซลเซียส โดยแนวโน้มที่ได้มีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากงานวิจัยของ วุฒิพงษ์ และคณะ (2554) ส่วนค่าพลังงานจำเพาะแสดงให้เห็นถึงค่าพลังงานที่ใช้ในกระบวนการทำความเข้าใจต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่ได้จากการวิจัยนี้

สำหรับผลการทำความเข้าใจด้วยสัญญาณแบบหลายขั้นตอน หากพิจารณาค่าการสูญเสียน้ำหนักจากกระบวนการทำความเข้าใจที่ใช้ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสกาล พบว่า ผักที่ผ่านกระบวนการหยุดสร้างสถานะสัญญาณ 8 นาที มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับค่าการสูญเสียน้ำหนักของผักที่มีการสำรองเวลา 8 นาที ของกระบวนการที่ใช้ผลต่างความดัน 0.3 และ 0.4 กิโลปาสกาล เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าการสำรองในระหว่างกระบวนการทำความเข้าใจด้วยสัญญาณแบบหลายขั้นตอนโดยใช้ระยะเวลา 8 นาที มีผลให้ผักมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด พิจารณาค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการทำความเข้าใจด้วยสัญญาณแบบหลายขั้นตอนพบว่า ในการทดลองการทำความเข้าใจด้วยสัญญาณโดยใช้ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสกาล ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในกระบวนการหยุดสร้างสถานะสัญญาณ 8 นาที มีค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการน้อยที่สุด ซึ่งมีผลเช่นเดียวกับกระบวนการที่ใช้ผลต่างความดัน 0.3 กิโลปาสกาล ผลที่ได้เนื่องมาจากอัตราการเพิ่มขึ้นของความดันในช่วงการหยุดสร้างสถานะสัญญาณของกระบวนการที่ใช้ระยะเวลาในการหยุดปั๊ม 8 นาที มีค่าน้อยกว่ากระบวนการที่ใช้ระยะเวลาหยุดปั๊ม 5 และ 11 นาที ทำให้ภาระของการลดความดันมีน้อยกว่าเป็นผลให้ค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการมีค่าต่ำที่สุด แต่เมื่อพิจารณากระบวนการทำความเข้าใจด้วยสัญญาณที่ใช้ผลต่างความดัน 0.4 กิโลปาสกาล พบว่ากระบวนการที่หยุดปั๊ม 8 นาที มีค่าพลังงานจำเพาะสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากการสร้างสถานะสัญญาณช่วงสุดท้ายมีระยะเวลาการสร้างสถานะสัญญาณนานกว่าสถานะอื่น คิดเป็นระยะเวลาประมาณครึ่งหนึ่งของทั้งกระบวนการ ซึ่งช่วงดังกล่าวจำเป็นต้องใช้พลังงานในการสร้างสถานะสัญญาณค่อนข้างสูง เนื่องจากผลต่างของความดันห้องกับความดันผักมีค่าใกล้เคียงกัน การลดความดันจึงทำได้ยากกว่าในช่วงแรกของการลดความดัน

จากข้อมูลที่ได้อ้างมาข้างต้น พบว่า ผักที่ผ่านกระบวนการทำความเย็นด้วยสุญญากาศที่ใช้ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสคาล การสำรองเวลา 8 นาที มีค่าการสูญเสียน้ำหนักและค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.85 และ 0.0447 kW-h/kg ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักที่น้อยที่สุดโดยกระบวนการทำความเย็นมีการใช้พลังงานต่ำที่สุดเพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมของการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอนคือ การหยุดสร้างสภาวะสุญญากาศที่ความดัน 1.2 และ 1.0 กิโลปาสคาล (ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสคาล) โดยใช้การหยุดสร้างสภาวะสุญญากาศครั้งละ 8 นาที และมีค่าความดันยุติของกระบวนการ 0.8 กิโลปาสคาล

การเปรียบเทียบสภาวะที่เหมาะสมของการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบขั้นตอนเดียวและแบบหลายขั้นตอน สามารถอภิปรายได้ดังนี้ ผักที่ผ่านการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบขั้นตอนเดียวมีการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะ สูงกว่ากระบวนการทำความเย็นแบบหลายขั้นตอน แสดงได้ถึงการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผักหลังการทำความเย็น โดยผักที่มีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพสูงกว่า เช่น การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ โดยมีค่าลดลงเมื่อมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2549) ซึ่งผลต่างที่เกิดขึ้นนี้มาจากกระบวนการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอนมีช่วงเวลากการหยุดสร้างสภาวะสุญญากาศเพื่อให้ผักและระบบเกิดการปรับสมดุลมวลและพลังงาน ซึ่งช่วยชะลอการระเหยของน้ำในแต่ละช่วงของกระบวนการทำความเย็น อีกทั้งการหยุดสร้างสภาวะสุญญากาศในแต่ละช่วงเป็นการเว้นระยะให้ผักและระบบมีการแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งช่วยในการลดอุณหภูมิของผักส่งผลให้ช่วงเวลากการสร้างสภาวะสุญญากาศลดลง เป็นผลให้ช่วยประหยัดพลังงานในกระบวนการลงได้

เมื่อทำการเปรียบเทียบ ค่าการสูญเสียน้ำหนัก และค่าพลังงานจำเพาะที่ได้จากการทดลองกับการทำนาย โดยใช้อัตราส่วนร้อยละของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการทำนาย พบว่าอัตราส่วนร้อยละของผลต่างค่าการสูญเสียน้ำหนักและผลต่างค่าพลังงานจำเพาะเท่ากับร้อยละ 7.57 และร้อยละ 28.89 ตามลำดับ

### สรุป

สภาวะที่เหมาะสมของการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบขั้นตอนเดียวคือ การทำความเย็นด้วยสุญญากาศที่มีสภาวะความดันยุติเท่ากับ 0.8 กิโลปาสคาล เนื่องจากผักมีอุณหภูมิสุดท้ายใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ต้องการเก็บรักษา อีกทั้งค่าการสูญเสียน้ำหนักของผักและค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ของกระบวนการให้มีค่าต่ำ สำหรับสภาวะที่เหมาะสมของการทำความเย็นด้วยสุญญากาศแบบหลายขั้นตอน คือ การทำความเย็นด้วยสุญญากาศที่หยุดทำสุญญากาศ ณ ความดัน 1.2 และ 1.0 กิโลปาสคาล (ผลต่างความดัน 0.2 กิโลปาสคาล) โดยใช้การสำรองเวลาครั้งละ 8 นาที และมีค่าความดันยุติของกระบวนการ 0.8 กิโลปาสคาล ซึ่งทำให้ผักที่ผ่านกระบวนการทำความเย็นที่สภาวะดังกล่าวมีค่าการสูญเสียน้ำหนักและค่าพลังงานจำเพาะของกระบวนการน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.85 และ 0.0447 kW-h/kg ตามลำดับ อีกทั้งค่าการสูญเสียน้ำหนักและค่าพลังงานจำเพาะยังน้อยกว่าแบบขั้นตอนเดียว โดยมีค่าผลต่าง 0.37% คิดเป็นร้อยละ 16.67 และ 0.0202 kW-h/kg คิดเป็นร้อยละ 31.12 ตามลำดับ

### เอกสารอ้างอิง

- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชนวัฒน์ นิตศน์วิจิตร, เฉลิมพงศ์ จันทะเสน และ วีระวัฒน์ กันคำ. 2553. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำความเย็นแบบสุญญากาศของผักกาดหอมห่อ. การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 9. 2553. โรงแรมปัตตาเวียรีสอร์ทแอนด์สปา, ประจวบคีรีขันธ์.
- ฐิติพงษ์ ปัญญาคำ, ดนัย บุญเกียรติ และ พิชญา บุญประสม พูลลาภ. 2554. กระบวนการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศของผักกาดหวาน. แก่นเกษตร, 39: 359-368.
- ดนัย บุญเกียรติ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2535. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- มนัญญลักษณ์ ดีวี, ดนัย บุญเกียรติ และ พิชญา บุญประสม พูลลาภ. 2555. การลดอุณหภูมิค่าน้ำฮ่องกงด้วยระบบสุญญากาศ. วิทยาศาสตร์เกษตร, 43: 3434-346.
- Cheng, H. P. 2006. Vacuum cooling combined with hydrocooling and vacuum drying on bamboo shoots. Applied Thermal Engineering, 26: 2168-2175.
- Cheng, H. P. and Hsueh, C. F. 2007. Multi-stage vacuum cooling process of cabbage. Journal of Food Engineering, 79: 37-46.
- Martinez, J. A. and Artes F. 1999. Effect of packaging treatments and vacuum-cooling on quality of winter harvested iceberg lettuce. Food Research International 32: 621-627.
- Wang, L. and Sun, D. W. 2004. Effect of operating conditions of vacuum cooler on cooling performance for large cooked meat joints. Journal of food engineering 29: 231-240.
- Zeng, L. and Sun, D. W. 2004. Vacuum cooling for the food industry-a review of recent research advance. Trends in food Science & Technology 15: 555-568.

การประเมินศักยภาพปริมาณน้ำท่าด้วยเทคนิคการจำลองสถานีตรวจวัด  
จากแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำยัง  
Assessment on Runoff Potential Using Observed Point Simulation Technique  
from SWAT Hydrological Model in Yang Basin

พานุทัต ศิริสุข\* และ หริส ประสารฉ่ำ

Panuthat Sirisook\* and Haris Prasanchum

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology ISAN, Khon Kaen Campus

\* Corresponding author: panuthat\_si@rid.go.th

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำโดยทั่วไปแล้วต้องอาศัยข้อมูลจากสถานีตรวจวัดซึ่งมีอยู่ตามลำน้ำต่าง ๆ แต่ในบางลุ่มน้ำจำนวนสถานียังไม่ครอบคลุมพื้นที่ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อต้องการประเมินปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำยังในตำแหน่งที่ไม่มีสถานีตรวจวัดจากการจำลองจุดออกของกลุ่มน้ำและการแบ่งลุ่มน้ำย่อยด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT ระหว่าง พ.ศ.2551-2559 เปรียบเทียบผลการจำลองปริมาณน้ำท่ากับสถานีตรวจวัดจริงในลุ่มน้ำ รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยดัชนีทางสถิติด้วยค่า  $R^2$  และ ค่า  $E_{NS}$  ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่คำนวณจาก SWAT ที่สถานี E54 และ E92 เท่ากับ 486 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 706 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจโดยแสดงจากค่า  $R^2$  และ  $E_{NS}$  อยู่ระหว่าง 0.79-0.83 และ 0.81-0.89 ตามลำดับ สำหรับผลการจำลองปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ณ ตำแหน่งจุดออกจำลองของกลุ่มน้ำจากแบบจำลอง SWAT แสดงค่า เท่ากับ 869 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าที่ตำแหน่งจุดออกของกลุ่มน้ำมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดเมื่อเทียบกับสถานีตรวจวัดในลุ่มน้ำโดยได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำท่าจากลำน้ำอื่นที่ไหลเสริมเข้ามา รวมถึงแบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพในการจำลองปริมาณน้ำท่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี วิธีการและผลที่ได้จากการศึกษานี้จึงคาดว่าจะจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินศักยภาพของลำน้ำ ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำระดับภูมิภาคให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

คำสำคัญ: ลุ่มน้ำยัง, SWAT, แบบจำลองทางอุทกวิทยา, ปริมาณน้ำท่า

Abstract

In the study of river runoff, it is generally necessary to rely on data from observed stations, but in some basin, the number of stations does not cover the area, which impacts the effectiveness of water management. The objective of this study was to evaluate the runoff of the Yang Basin in the location where there was no observed station from basin outlet and sub-basin by simulations with the SWAT hydrological model. The data which



were used in this study were during 2008-2016. The results of the runoff simulations were compared to the observed stations in the basin. It was also verified the accuracy of the model by using the statistical index such as  $R^2$  and  $E_{NS}$ . The results show that the average annual runoff from SWAT at E54 and E92 stations were 486 MCM and 706 MCM, respectively, which were close to the observed data. The  $R^2$  and  $E_{NS}$  values are between 0.79-0.83 and 0.81-0.89, respectively. For the result at the outlet simulation point, the average annual runoff was 769 MCM. In addition, the results showed that the outlet of the basin had the highest runoff when compared to the 2 observed stations, which were influenced by the flow of additional runoff, and SWAT was also effective for runoff calculations. The methodology and results of this study are expected to be useful for assessing the potential of the river, which will lead to the most effective planning of regional water resources in the basin.

**Keywords:** Yang Basin, SWAT, Hydrological model, Runoff

### บทนำ

ลุ่มน้ำยังเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำชี จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากแม่น้ำสายนี้เป็นจำนวนมาก จากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ส่งผลให้ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำยังมีการเปลี่ยนแปลงไป การที่สามารถประเมินปริมาณน้ำท่าที่จะเกิดในอนาคตได้จะทำให้การวางแผนในการบริหารจัดการน้ำเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากภัยน้ำท่วมและภัยแล้งในอนาคต ลุ่มน้ำ ยังมีกประสบปัญหาอุทกภัยบ่อยครั้งและทวีความรุนแรงมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี 2521, 2523, 2538, 2543 และ 2544 ตามลำดับ (กรมชลประทาน, 2546) การศึกษาเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ และเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งหากมีเครื่องมือหรือแบบจำลองที่สามารถประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำได้ (พูนศักดิ์, 2560)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีแนวความคิดที่จะนำแบบจำลอง SWAT มาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดฝนและสถานีตรวจอากาศในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง ซึ่งความถูกต้องของแบบจำลองนั้นขึ้นอยู่กับ การนำเข้าสู่ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดที่เหมาะสม ถูกต้องและครอบคลุมพื้นที่ที่ทำการศึกษ นอกจากการนำเข้าสู่ข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ความถูกต้องของแบบจำลองยังขึ้นอยู่กับ การปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องและแสดงกระบวนการทางอุทกวิทยาที่ใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด

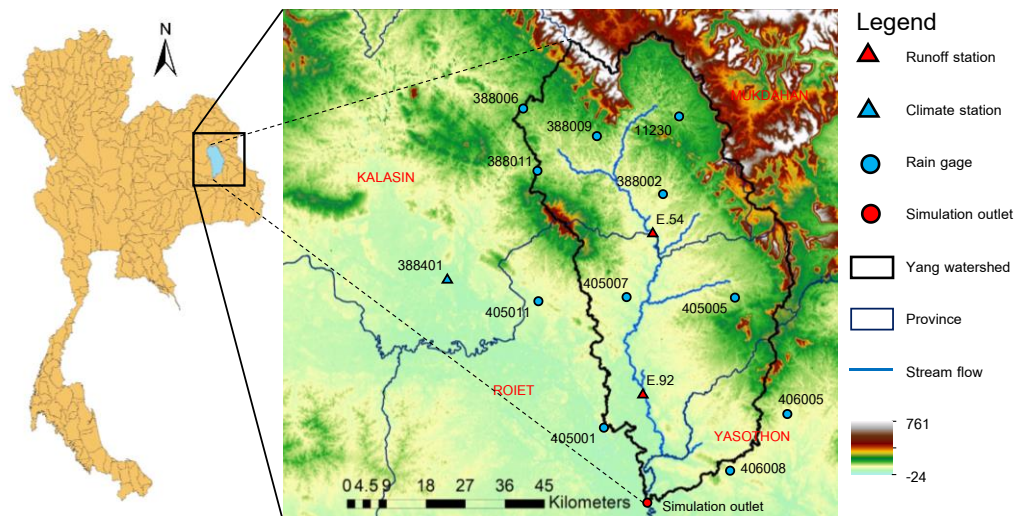


Figure 1 Study area and Yang watershed

### พื้นที่ศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูล

พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้คือลุ่มน้ำยัง เป็นลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำชี มีพื้นที่ประมาณ 4,204 ตารางกิโลเมตร ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ ข้อมูลทางสถิติและข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ข้อมูลทางสถิติที่ใช้ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่จากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 12 สถานี ข้อมูลน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำของกรมชลประทานจำนวน 2 สถานี และข้อมูลอากาศจากสถานีตรวจอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 1 สถานี ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM) ข้อมูลชนิดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายละเอียดของข้อมูลแสดงดังใน Table 1 และตำแหน่งสถานีอุทก-อุทกที่ใช้ในการศึกษาแสดงไว้ใน Figure 1

Table 1 SWAT model data input

Data type	Year (BE)	Scale	Source
DEM	2554	30 x 30 m	
River map	2554	1 : 50,000	Land Development Department, Thailand
Soil type	2554	1 : 50,000	Thailand
Land use map	2553	30 x 30 m	
Climate (Kalasin Station)	2551 – 2559	Daily	Thai Meteorological Department
Rainfall data 12 station	2551 – 2559	Daily	
Observed inflow at E.54 and E92	2551 – 2559	Daily	Royal Irrigation Department, Thailand

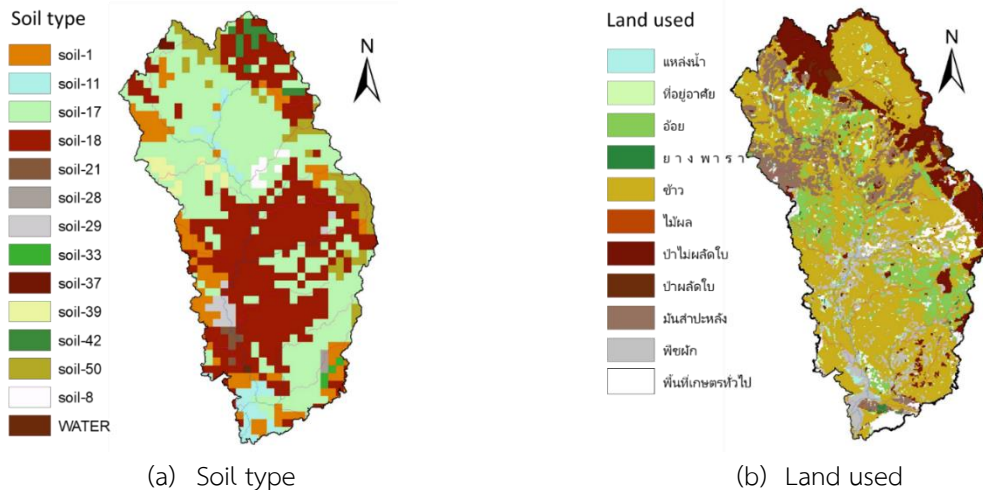


Figure 2 Soil type and Land used

### แบบจำลอง SWAT

Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยา สามารถใช้เชื่อมโยงได้กับข้อมูลระบบ GIS โดย SWAT เป็นแบบจำลองประเภทจำลองแบบกระบวนการทางอุทกในระดับพื้นที่ลุ่มน้ำ การทำงานของแบบจำลองเริ่มจากการนำเข้าข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำหรือข้อมูลเชิงพื้นที่ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ข้อมูลลักษณะที่แสดงทิศทาง (Vector Data) ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลชนิดดิน และข้อมูลลักษณะที่แสดงแบบตารางกริด (Raster Data) ได้แก่ ข้อมูล DEM จากนั้นทำการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำและกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดของดิน หลังจากนั้นทำการกำหนดหน่วยจัดการทางอุทกวิทยา HRU (Hydrologic Response Unit) ซึ่ง HRU จะถูกแบ่งตามกลุ่มพื้นที่ย่อยที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทของดิน ชนิดของดินและความลาดชันที่มีความคล้ายคลึงกันในขั้นตอนสุดท้าย คือ การนำเข้าตำแหน่งของสถานีอุทกวิทยา ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลอุณหภูมิและข้อมูลอื่น ๆ จากนั้นทำการคำนวณปริมาณน้ำท่าในส่วนของกลุ่มน้ำย่อย โดยอาศัยสมการสมดุลน้ำ เพื่อความถูกต้องของแบบจำลอง ต้องมีการนำปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดของสถานีตรวจวัดจริง เรียกว่า การสอบเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) โดยจะใช้ค่าดัชนีทางสถิติในการตรวจสอบ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) และค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพของ Nash – Sutcliffe ( $E_{NS}$ ) ซึ่งหากค่า  $R^2 > 0.6$  และ  $E_{NS} > 0.5$  ในช่วงเวลาสอบเทียบและตรวจสอบถือว่าค่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ (Santhi et al., 2001) หากผลที่ได้มีความแตกต่างกันไม่เป็นที่น่าพอใจต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ความอ่อนไหวเพื่อให้ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีความใกล้เคียงเป็นที่น่าพอใจ

**Table 2** Range of sensitivity parameter and optimal adjusted values of SWAT

No.	Parameters	Operation	Min. range	Max. range	Final
1	SOL_AWC	Runoff	0	1	0.14
2	GW_DELAY	Runoff	0	500	0.28
3	ALPHA_BF	Runoff	0	1	0.00
4	SLSUBBSN	Runoff	10	150	12.00
5	ESCO	Runoff	0	1	0.90
6	CH_N2	Runoff	0.014	0.3	0.30
7	SURLAG	Runoff	1	24	3.00

### การวิเคราะห์ตัวแปรความอ่อนไหวของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง ทำได้โดยการค้นหาลำดับความสำคัญของตัวแปรที่มีอิทธิพลหรือส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์การคำนวณน้ำท่าเรียงลำดับจากความสำคัญสูงสุดไปหาความสำคัญต่ำที่สุด (หริส และ อนงค์ฤทธิ์, 2560) ซึ่งตัวแปรที่มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในลำดับต้น ๆ ได้แก่ อัตราการไหลพื้นฐาน อัตราการซึมของน้ำลงใต้ผิวดิน ค่าความชื้นในดิน ค่าความสามารถในการรับน้ำของชั้นดิน เป็นต้น ในงานวิจัยนี้เลือกใช้พารามิเตอร์จำนวน 7 ค่าดังแสดงใน Table 2

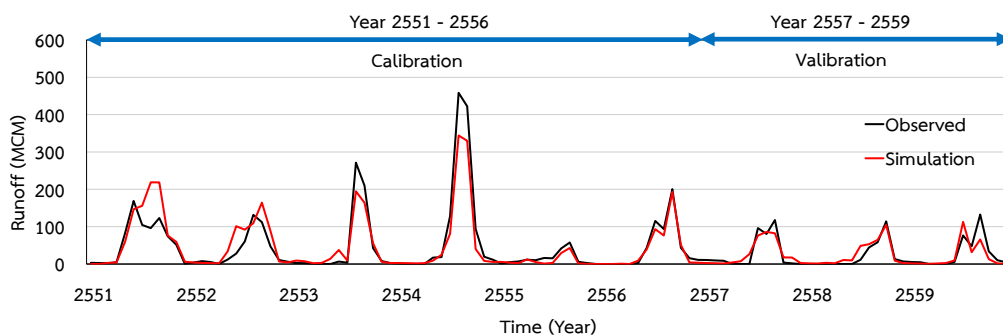
### ผลการศึกษา

ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลผ่านสถานีตรวจวัด E54 และ E92 ระหว่างปี 2551 – 2559 ที่คำนวณจาก SWAT ก่อนการปรับค่าตัวแปรความอ่อนไหวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1072.39 และ 1,728.43 ล้านลูกบาศก์เมตร ต่อปี ซึ่งมีค่าสูงกว่าสถานีตรวจวัดที่มีค่าเท่ากับ 495 และ 984 ล้านลูกบาศก์เมตร ต่อปี เมื่อผ่านการปรับค่าพารามิเตอร์ความอ่อนไหวทั้ง 7 ตัวแปรดังแสดงค่าที่ใช้ใน Table 2 แล้วนั้น พบว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยที่คำนวณจาก SWAT ลดลงเท่ากับ 486 และ 706 ล้านลูกบาศก์เมตร ต่อปี ซึ่งใกล้เคียงกับค่าตรวจวัด สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องด้วยค่าทางสถิติด้วยค่า  $R^2$  และ  $E_{NS}$  แสดงผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจดังแสดงใน Table 3 ความเข้ากันได้ของข้อมูลแสดงใน Figure 3 และ Figure 4

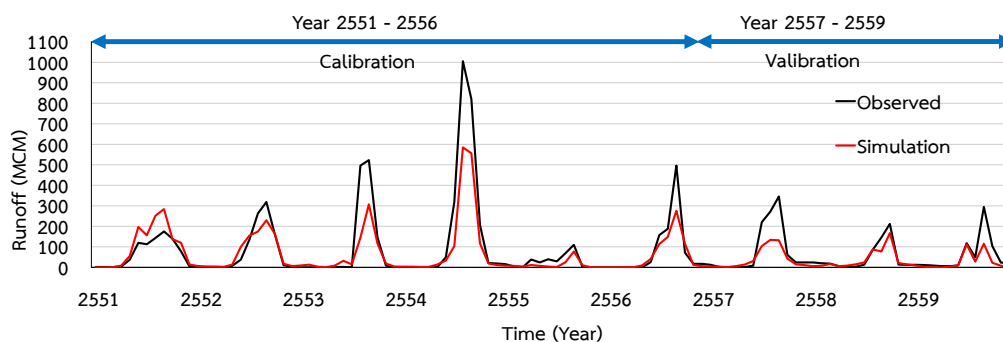
จากการศึกษาแบบจำลอง เมื่อได้ทำการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแล้วพบว่าสามารถใช้แบบจำลอง SWAT ในการหาปริมาณน้ำท่าที่จุดออกในบริเวณที่ไม่มีสถานีตรวจวัด (Simulation Outlet) โดยได้กำหนดไว้ ณ ปลายจุดออกของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าในจุดที่มีสถานีตรวจวัดมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับของกลุ่มน้ำย่อย ความเข้ากันได้ของปริมาณน้ำท่ารายเดือนของทั้ง 3 จุดออกแสดงไว้ใน Figure 5 พบว่ากราฟมีความเข้ากันได้และน้ำท่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับ

**Table 3** SWAT runoff results and performance evaluation

Station	Calibration and Validation time	Runoff (MCM)		Index	
		Observe	SWAT	R <sup>2</sup>	E <sub>NS</sub>
E54	Calibration 2551-2556	593	582	0.860	0.81
	Validation 2557-2559	300	294	0.785	0.89
	Average 2551-2559	486	495	0.857	0.937
E92	Calibration 2551-2556	1,111	849	0.854	0.943
	Validation 2557-2559	729	589	0.828	0.808
	Average 2551-2559	984	706	0.845	0.919
Simulation outlet	-	-	869	-	-



**Figure 3** The comparison runoff from the E54 and the SWAT



**Figure 4** The comparison runoff from the E92 and the SWAT

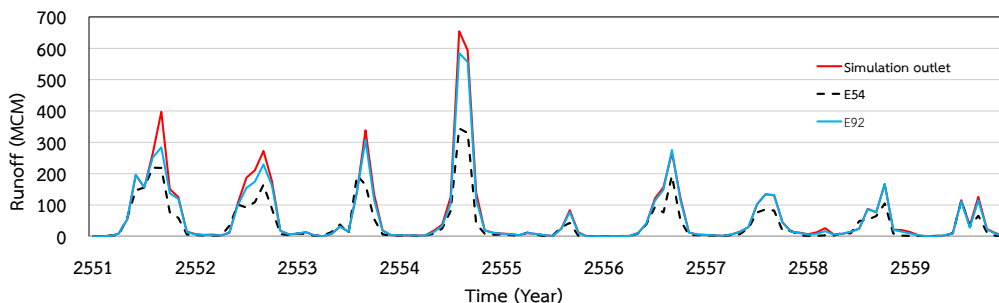


Figure 5 The comparison runoff from SWAT, E54, E92 and Simulation outlet

### สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของสถานีตรวจวัดในพื้นที่ ซึ่งจะแบบข้อมูลเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงปีปรับเทียบ (2551-2556) และช่วงปีสอบเทียบ (2557-2559) สถานี E54 มีปริมาณเท่ากับ 593 และ 300 ล้านลูกบาศก์เมตร E92 มีปริมาณเท่ากับ 1,111 และ 729 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ที่ทำการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์เรียบร้อยแล้ว ในการประเมินปริมาณน้ำท่าในตำแหน่งสถานี E54 ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 582 และ 294 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 495 ล้านลูกบาศก์เมตร สถานี E92 ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 849 และ 589 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 706 ล้านลูกบาศก์เมตร มีค่าดัชนีทางสถิติอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ จากนั้นจึงได้ใช้แบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำท่าในบริเวณที่ไม่มีสถานีตรวจวัด ซึ่งเป็นช่วงปลายสุดของกลุ่มน้ำ ได้ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 869 ล้านลูกบาศก์เมตร ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรวมจากแบบจำลอง SWAT แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของปริมาณน้ำท่ากับขนาดของพื้นที่รับน้ำของสถานี E54 และ E92 ประมาณร้อยละ 40 และร้อยละ 85 ของพื้นที่รับน้ำทั้งหมด ผลการจำลองปริมาณน้ำท่า ณ จุดออกจำลองของกลุ่มน้ำสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำยังหรือพื้นที่ลุ่มน้ำอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่ไม่มีสถานีตรวจวัด รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้โดยการสร้างสถานการณ์จำลองต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่และส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการปัญหาภัยแล้งและปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

### เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2546. รายงานการศึกษาความเหมาะสมโครงการบรรเทาอุทกภัยลุ่มน้ำยัง เล่มที่ 2.  
 พูนศักดิ์ วิเศษโสภณ. 2560. การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ SWAT เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดและข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม TRMM. การประชุมเชิงวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ 2560 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



---

ทริส ประสารน้ำ และ อนงค์ฤทธิ แข็งแรง. 2560. อิทธิพลของตัวแปรความอ่อนไหวต่อผลการประเมิน ปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง SWAT. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8 จ.ขอนแก่น.

Santhi C, Arnold J, Williams J, Dugas W, Srinivasan R, Hauck L. Validation of the SWAT Model on a Large River Basin with Point and Nonpoint Sources. Journal of the American Water Resources Association 2001;37(5): 1169-1188.

การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology

---



## ภาคผนวก



## กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ปุ่นยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิระ สายศร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณนิภา ย้วยล  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร บุญญะอดิชาติ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทียมพบ ก้านเหลือง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพบูลย์ โพธิ์หวังประสิทธิ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ทีฆภาคย์วิศิษฐ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา ทวีขศรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์สรวง ยางทอง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณกัญภัทร จินดา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤปดี ศรีสังข์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัชพล จุ่งเจริญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพงษ์ สุวลักษณ์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชระ ศิลป์เสวตร์  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรษชล วัฒนนะ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสชัย เย็นพยับ  
ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ  
ดร.กมลวรรณ ชูชีพ  
ดร.ณัฐพร สุวรรณพยัคฆ์  
ดร.ปราโมทย์ กุศล  
ดร.ศรัญ ดวงสุวรรณ  
ดร.อัญจนา จันทร์ปะทิว  
ดร.วัลย์พร มัชพาน  
ดร.ชนัดดา ภาวโลทร  
ดร.จงจิตร จันตรา  
ดร.มัลลิกา สูงบก  
ดร.รัชนิวรรณ แดงวิไลลักษณ์

## รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

### กลุ่ม I : Informatics (ด้านสารสนเทศ)

- |    |                                 |  |
|----|---------------------------------|--|
| 1  | ดร.เฉียบวุฒิ รัตนวิไลสกุล       | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ   |
| 2  | ดร.บัญญัติ เหลือแดง             | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์  |
| 3  | อาจารย์วันพงษ์ เกษมศิริ         | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง   |
| 4  | รศ.ดร.บุญยวีร์ จามจุรีกัญญาญจน์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 5  | ผศ.ดร.จักรี ทิฆมภากย์วิศิษฐ์    | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 6  | ผศ.ดร.รัฐพงษ์ สุวลักษณ์         | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 7  | ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข        | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 8  | ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาลายุทธ์        | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 9  | ดร.รัตติกร สมบัติแก้ว           | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 10 | ดร.ศรัณู ดวงสุวรรณ              | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |

### กลุ่ม A : Agriculture (ด้านการเกษตร)

- |    |                               |   |
|----|-------------------------------|---|
| 1  | ศ.ดร.สมปอง เตชะโต             | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์                                |
| 2  | รศ.ดร.ปราโมทย์ แพงคำ          | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี                             |
| 3  | รศ.ดร.นนทวิทย์ อารีชน         | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ              |
| 4  | ผศ.ดร.วชิรญา อิ่มสบาย         | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์                                  |
| 5  | ผศ.ดร.นิสรภรณ์ เพ็ชรสุทธิ     | มหาวิทยาลัยรามคำแหง                                     |
| 6  | ผศ.ดร.โชคชัย เหลืองธวัชปรัตน์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์                                |
| 7  | ผศ.ดร.สกุลกานต์ สิมลา         | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม                                    |
| 8  | ผศ.ดร.เกรียงไกร พัททยาน       | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์<br>วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติสกลนคร |
| 9  | ผศ.จรรยา สุขจันทร์            | มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา                                   |
| 10 | ผศ.ดร.ระพีพร เรืองช่วย        | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี                |

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



11	ผศ.ดร.จกมล พรหมยะ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
12	ผศ.ดร.น.สพ.ชนาธิป ธรรมการ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
13	ดร.ธิตี ทองคำงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
14	ดร.สุรศักดิ์ บุญแต่ง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
15	ดร.รุ่งโรจน์ พิทักษ์ดำนธรรม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
16	รศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
17	ผศ.ดร.กนกพร บุญญะอดิชาติ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
18	ผศ.ดร.ณกัณฐภัทร จินดา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
19	ผศ.ดร.พรประพา คงตระกูล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
20	ผศ.ดร.พรรณนิภา ย้วยล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
21	ผศ.ดร.นาตยา มนตรี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
22	ผศ.ดร.มนต์สรวง ยางทอง	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
23	ดร.อัญญา จันทร์ปะทิว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
24	ดร.ดวงใจ พิสุทธิธाराชัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
25	อ.โอภาส สืบสาย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
26	อ.แสวลี วิบูลย์กิจ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

#### กลุ่ม M : Management (ด้านการจัดการ)

1	ผศ.ดร.วรรัตน์ ปทุมเจริญวัฒนา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2	ดร.ศรัณย์ สุตใจ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
3	ผศ.ดร.ชนทัต บุญรัตน์กิตติภูมิ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

- |   |                             |  |
|---|-----------------------------|--|
| 4 | ดร.เพ็ชรภรณ์ ชัชวาลชาวนุชกร | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 5 | ดร.บุญฤทธิ์ ผ่องเมฆินทร์    | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 6 | ดร.กิตติ แก้วเขียว          | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 7 | ดร.มัลลิกา สุปงกุ           | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |

#### กลุ่ม B: Business Administration (ด้านบริหารธุรกิจ)

- |    |                               |  |
|----|-------------------------------|--|
| 1  | รศ.ดร.เชาว์ โรจนแสง           | มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช  |
| 2  | รศ.ศิริโสภาคย์ บุรพาเดชะ      | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  |
| 3  | ผศ.ดร.ณัฐนันท์ วิริยะวิทย์    | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร  |
| 4  | ผศ.ดร.ภัทรพร ทิมแดง           | มหาวิทยาลัยสวนดุสิต  |
| 5  | ดร.สุกัญญา พยุงสิน            | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี   |
| 6  | ผศ.ประสงค์ อุทัย              | มหาวิทยาลัยธนบุรี  |
| 7  | ผศ.ดร.ชนทัต บุญรัตน์กิตติภูมิ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 8  | ผศ.วัชรระ ศิลป์เสวตร์         | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 9  | ดร.มัลลิกา สุปงกุ             | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 10 | ดร.กิตติ แก้วเขียว            | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |

#### กลุ่ม E: Engineering (ด้านวิศวกรรมศาสตร์)

- |   |                            |  |
|---|----------------------------|--|
| 1 | ศ.ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ       | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี      |
| 2 | ผศ.ดร.นิตยา จันกา          | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม                    |
| 3 | ผศ.ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา     | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา          |
| 4 | ผศ.ดร.กิตติศักดิ์ แพบัว    | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 5 | ผศ.ดร.จตุพร แก้วอ่อน       | มหาวิทยาลัยทักษิณ                          |
| 6 | ผศ.ดร.วีระพันธ์ ดั่งทองสุข | มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์                   |
| 7 | ผศ.ดร.ปรีดา ปรากฏมาก       | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน    |
| 8 | ผศ.ดร.ประกิต ทิมขำ         | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา          |

### การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



9	ผศ.ดร.กระวี ตรีอำนาจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
10	ผศ.ดร.เทวรัตน์ ตรีอำนาจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
11	ดร.อาคม ปะหลามานิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
12	ดร.อรวรรณ รี้วทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
13	ดร.ศันสนีย์ แสนศิริพันธ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
14	ดร.นฤมล บุญกระจ่าง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
15	รศ.ดร.บุญยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
16	ผศ.ดร.ศิระ สายศร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
17	ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
18	ผศ.ดร.จักรี ทีฆภาคย์วิศิษฐ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
19	ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
20	ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
21	ผศ.ดร.นฤปดี ศรีสังข์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
22	ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
23	ผศ.ดร.รัฐพงษ์ สุวลักษณ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
24	ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
25	ผศ.ดร.ธัชพล จุ่งเจริญ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
26	ผศ.ววรรษชล วัฒนนะ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
27	ผศ.จรัสชัย เย็นพยับ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
28	ดร.ปราโมทย์ กุศล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

- |    |                       |  |
|----|-----------------------|--|
| 29 | ดร.ศรัณู ดวงสุวรรณ    | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 30 | อ.วชร กาลาสี          | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 31 | อ.ดิษฐพร ตุงโสมานนท์  | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 32 | อ.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 33 | อ.อดิเรก สุริยะวงค์   | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |

**กลุ่ม S: Sciences (ด้านวิทยาศาสตร์)**

- |    |                           |  |
|----|---------------------------|--|
| 1  | ผศ.ดร.กัญญณัช กนกวิรุฬห์  | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์   |
| 2  | ผศ.ดร.ศักดิ์ดา ไยน้อย     | มหาวิทยาลัยมหิดล   |
| 3  | ผศ.ดร. ปุริม จารุจรรย์    | มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี   |
| 4  | ผศ.ดร.นัฐ ตันศิลา         | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์   |
| 5  | ดร.โกสินทร์ ทีปรัักษพันธ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  |
| 6  | อ.นรรัตน์ ทองศรีนุ่น      | มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา   |
| 7  | ดร.วิไลวรรณ ช่วยยก        | Pacific Northwest National Laboratory, WA, USA   |
| 8  | ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข  | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 9  | ผศ.ดร.ณกัญภัทร จินดา      | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 10 | ผศ.ดร.ปิยะดา ทวีขศรี      | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 11 | ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวีญ     | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 12 | ดร.ณัฐพร สุวรรณพยัคฆ์     | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 13 | ดร.วัลย์พร มัชพาน         | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 14 | ดร.จงจิตร จันตรา          | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |

กลุ่ม T: Technology (ด้านเทคโนโลยี)

1	รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์	มหาวิทยาลัยรังสิต
2	ผศ.ดร.สัญญา คุณขาว	มหาวิทยาลัยราชชมงคลพระนคร
3	ผศ.ดร.กิตติศักดิ์ แพ้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
4	ผศ.ไชยยะ ธนพัฒนศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
5	ผศ.เสนอ สะอาด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
6	ผศ.ดร.นิตยา จันทา	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
7	ดร.กุลวลัญช์ วรณสิน	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
8	ดร.เฉียบวุฒิ รัตนวิไลสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
9	ดร.ศุภิดา สังข์สุนทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
10	ดร.ปัญญา เหลืองแดง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11	ดร.กิตติมา เลิศศักดิ์วิมาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
12	ดร.ไพโรจน์ สมุทรักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
13	ดร.เกษภา สายใจ	มหาวิทยาลัยบูรพา
14	อ.วัจนพงศ์ เกษมศิริ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
15	รศ.ดร.บุญยวีร์ จามจรีกุลกาญจน์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
16	ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
17	ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
18	ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
19	ผศ.ดร.รัฐพงษ์ สุวลักษณ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
20	ผศ.วรัชชล วัฒนะ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
21	ดร.รัตติกร สมบัติแก้ว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
22	ดร.ศรัณู ดวงสุวรรณ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
23	อ.สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3

The 3<sup>rd</sup> National Conference on Informatics, Agriculture, Management,  
Business Administration, Engineering, Science and Technology



- |    |                       |  |
|----|-----------------------|--|
| 24 | อ.พิศากร สิทธิวิจิณ   | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 25 | อ.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |

### กลุ่ม SS : Social Sciences & Humanities (ด้านสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์)

- |   |                                  |  |
|---|----------------------------------|--|
| 1 | ผศ.ชาญณวุฒ ไชยรักษา              | มหาวิทยาลัยนเรศวร  |
| 2 | ดร.บุญยงษ์ ยั่งยืน               | มหาวิทยาลัยธนบุรี  |
| 3 | ผศ.ดร.ชนทัต บุญรัตน์กิตติภูมิ    | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 4 | ผศ.ดร.ไพบุลย์ โพธิ์หวังประสิทธิ์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 5 | ดร.รัชนีวรรณ แดงวิไลลักษณ์       | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 6 | อ.ศิวกร ผลสุขการ                 | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 7 | คุณจิราพร หาญกลับ                | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 8 | คุณพิศษา บัวศรี                  | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |





สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Prince of Chumphon Campus, Chumphon  
(KMITL Prince of Chumphon)

17/1 หมู่ 6 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160

โทรศัพท์ : 0-7750-6410 0-7750-6415 0-7750-6422

Fax : 0-7750-6433

Facebook : KMIL Prince of Chumphon

E-mail : [pcc@kmitl.ac.th](mailto:pcc@kmitl.ac.th)

website : [www.pcc.kmitl.ac.th](http://www.pcc.kmitl.ac.th)

