

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง  
Industrial Technology  
Lampang Rajabhat University Journal

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2563  
Volume 13 No.1 January – June 2020

ISSN: 1906-5337 (Print) / E-ISSN: 2672-9539 (Online)

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง  
119 ถ.ลำปาง-แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100  
โทรศัพท์ 0 5423 7352 ต่อ 1339 โทรสาร 0 5424 1079  
<http://www.itech.lpru.ac.th>



**คณะกรรมการและกองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ  
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก**

|                                                                  |                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>เจ้าของ<br/>ที่ปรึกษา</b>                                     | คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก<br>อธิการบดี<br>รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ<br>คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม |
| <b>บรรณาธิการผู้ก่อตั้ง<br/>บรรณาธิการ<br/>ผู้ช่วยบรรณาธิการ</b> | รองศาสตราจารย์บุญชาติ เนติศักดิ์<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนาคกิจกร<br>รองศาสตราจารย์อิติมา คุณยศยิ่ง          |

**กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก Peer Review)**

|                          |                  |                             |        |              |               |                              |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|--------|--------------|---------------|------------------------------|
| ศ.เกียรติคุณ เสริมศักดิ์ | นาคบัว           | มหาวิทยาลัยศิลปากร          | รศ.    | สมพงษ์       | บุญเลิศ       | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่   |
| ศ.ดร. ก้องกิติ           | พสุสวัสดิ์       | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์      | รศ.    | สายัณห์      | จันทร์วิรัช   | มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี    |
| ศ.ดร. ตรีทศ              | เหล่าศิริหงษ์ทอง | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์       | รศ.    | สุมาลี       | อุณหวนิชย์    | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี         |
| ศ.ดร. ทนงเกียรติ         | เกียรติศิริโรจน์ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่        |        |              |               | พระจอมเกล้าพระนครเหนือ       |
| ศ.ดร. ธนารักษ์           | ธีระมันคง        | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์       | รศ.    | สุวิษ        | บุตรสุวรรณ    | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์       |
| ศ.ดร. ปริญญา             | จินดาประเสริฐ    | มหาวิทยาลัยขอนแก่น          | รศ.    | อายุวัฒน์    | สว่างผล       | มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร   |
| ศ.ดร. ผดุงศักดิ์         | รัตนเดโช         | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์       | ผศ.ดร. | เกรียงศักดิ์ | เชียวมั่ง     | มหาวิทยาลัยบูรพา             |
| ศ.ดร. สุพล               | อนันดา           | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่        | ผศ.ดร. | จิรพัฒน์     | วณิชวัฒนาโกศล | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่         |
| ศ.ดร. วัฒนวงศ์           | รัตนวราห         | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี | ผศ.ดร. | นิพนธ์       | เกตุจ้อย      | มหาวิทยาลัยนเรศวร            |
| ศ.ดร. อภิรัฐ             | ศิริธราวัตร      | มหาวิทยาลัยขอนแก่น          | ผศ.ดร. | นิวัตร       | พัฒนะ         | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม |
| รศ.ดร. กวิน              | สนธิเพิ่มพูน     | มหาวิทยาลัยนเรศวร           | ผศ.ดร. | ศศิธร        | คนทน          | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร      |
| รศ.ดร. ชิตชัย            | อนันตเศรษฐ       | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่        | ผศ.ดร. | ศักดิ์พล     | เทียนสม       | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่         |
| รศ.ดร. ช่วงโชติ          | พันธุ์เวช        | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา | ผศ.ดร. | สมชาย        | มณีวรรณ       | มหาวิทยาลัยนเรศวร            |
| รศ.ดร. ดรณี              | วัฒนศิริเวช      | มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง       | ผศ.ดร. | สุธี         | วัฒนศิริเวช   | มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง        |
| รศ.ดร. ถาวร              | สารวิทย์         | มหาวิทยาลัยนเรศวร           | ผศ.ดร. | อภิชาติ      | แจ้งบำรุง     | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์       |
| รศ.ดร. ธีรศิลป์          | ทุมวิภาต         | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี        | ผศ.ดร. | ภูพงษ์       | พงษ์เจริญ     | มหาวิทยาลัยนเรศวร            |

|        |             |                 |                                 |
|--------|-------------|-----------------|---------------------------------|
| รศ.ดร. | นภดล        | อุทัยภักขิ      | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์           |
| รศ.ดร. | นพมณี       | โทบุญญานนท์     | มหาวิทยาลัยแม่โจ้               |
| รศ.ดร. | นัฐพร       | ไชยญาติ         | วิทยาลัยพลังงานทดแทน            |
|        |             |                 | มหาวิทยาลัยแม่โจ้               |
| รศ.ดร. | ปรุ่งศักดิ์ | อัมพม           | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา     |
| รศ.ดร. | พีระวุฒิ    | สุวรรณจันทร์    | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า |
|        |             |                 | เจ้าคุณทหารลาดกระบัง            |
| รศ.ดร. | พงศ์        | หรรดา           | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร         |
| รศ.ดร. | มนตรี       | ศิริปรัชญานันท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า |
|        |             |                 | พระนครเหนือ                     |

**กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน)**

|        |             |               |
|--------|-------------|---------------|
| รศ.ดร. | กิตติศักดิ์ | สมุทธารักษ์   |
| ศ.     | จำเนียร     | นันทิลก       |
| รศ.ดร. | นันทะ       | บุตรน้อย      |
| รศ.ดร. | อนิรุจน์    | มะโนธรรม      |
| ผศ.    | พงษ์สวัสดิ์ | อำนาคกิจกร    |
| Mr.    | Richard     | Lawrence Mann |

**ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินการจัดทำวารสาร**

|        |          |                 |                           |        |             |               |                      |
|--------|----------|-----------------|---------------------------|--------|-------------|---------------|----------------------|
| รศ.ดร. | วัฒนพงศ์ | รักษ์วิเชียร    | มหาวิทยาลัยพะเยา          | รศ.    | อิติมา      | คุณยศยิ่ง     | ฝ่ายประสานงานทั่วไป  |
| รศ.ดร. | วิชัย    | แหวนเพชร        | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร   | ผศ.ดร. | วศินวิโรตม์ | เนติศักดิ์    | ฝ่ายออกแบบงานศิลป์   |
| รศ.ดร. | สร       | อาภรณ์          | มหาวิทยาลัยมหิดล          | ผศ.    | นราธิป      | วงศ์ปัน       | ฝ่ายวารสารออนไลน์    |
| รศ.ดร. | เอกรัฐ   | บุญเชียง        | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่      | นาง    | วรัชญานันท์ | เมธีวัชรโยธิน | ฝ่ายธุรการและการเงิน |
| รศ.    | นิลวัฒน์ | พัฒน์พงษ์       | มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพปาก  | นางสาว | กมลชนก      | ถาแก้ว        | ฝ่ายจัดเตรียมต้นฉบับ |
| รศ.    | ยีน      | ภูววรรณ         | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์    |        |             |               |                      |
| รศ.    | วิชัย    | พลฤทธาราชกุล    | มหาวิทยาลัยขอนแก่น        |        |             |               |                      |
| รศ.    | วิชัย    | ฤกษ์ภูริทัต     | มหาวิทยาลัยนเรศวร         |        |             |               |                      |
| รศ.    | สมชาย    | ชินวัฒนาประณิธิ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี |        |             |               |                      |

**วัตถุประสงค์ :** เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

**กำหนดออกวารสาร :** ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม

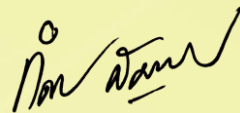
**เว็บไซต์วารสาร :** <http://www.journal.itech.lpru.ac.th>



# สารจาก อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ด้วยความมุ่งมั่นและความตั้งใจของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในการดำเนินการจัดทำวารสารวิชาการ เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการ สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และได้รับการรับรองคุณภาพ จากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งแสดงถึงมาตรฐานและคุณภาพของวารสารวิชาการ รวมทั้งมีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการในระดับมหาวิทยาลัย ในการพัฒนาวารสารวิชาการให้เข้มแข็ง และเป็นการสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิชาการ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่บูรณาการ เข้ากับวิถีภูมิปัญญาท้องถิ่น และเป็นการสร้างสรรค์ผลงานใหม่ และเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศต่อไป อย่างยั่งยืน

ในโอกาสนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการ ที่ร่วมกลั่นกรองและคัดสรรผลงานที่มีคุณภาพ รวมทั้งคณะทำงานทุกท่านที่มีส่วนร่วมการดำเนินการจัดทำวารสารวิชาการนี้ และขออวยพรให้วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ประสบความสำเร็จและก้าวเข้าสู่ปีที่ 13 อย่างเต็มภาคภูมิเพื่อผลิตผลงานคุณภาพเช่นนี้ต่อไป



รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ สมุทธารักษ์  
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

## สารจาก บรรณาธิการ

การจัดทำวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ได้เข้าสู่ ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2563 มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์ ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และผลการดำเนินงาน ของคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ซึ่งได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนได้รับการรับรองคุณภาพ จากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม คณะทำงานมีความมุ่งมั่น และตั้งใจ ที่จะพัฒนาคุณภาพวารสารให้ได้มาตรฐานของวารสาร ที่ได้รับการยอมรับในระดับอาเซียนต่อไป

จากผลการดำเนินการของ วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ราชภัฏลำปาง ตลอดระยะเวลา 12 ปี ที่ผ่านมา ที่เป็นสื่อกลางในการตีพิมพ์ เผยแพร่บทความวิจัย และบทความวิชาการ ของนักวิชาการ คณาจารย์ และนักวิจัย ในศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จนเป็นที่รู้จักและยอมรับ ในวงวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งมี การสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการในระดับมหาวิทยาลัย ในการพัฒนาวารสารวิชาการ ให้เข้มแข็ง ทำให้คณะทำงานมีกำลังใจในการพัฒนาคุณภาพวารสารวิชาการให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทยให้ดียิ่งขึ้นอย่างยั่งยืน



ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนางจิตติกร  
บรรณาธิการ วารสารวิชาการ  
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

## สารบัญ

สารจากอธิการบดี

สารจากบรรณาธิการ

หน้า

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| การออกแบบกระเป๋าสะพายจากต้นธูปฤาษี กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มหัตถกรรม<br>จักสานธูปฤาษี ตำบลบางแก้ว อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี<br>จกฤษณ์ พนาลี และสวัสดิ์ ทองสิน                    | 1  |
| สมรรถนะทางความร้อนของเตาเผาขยะขนาดเล็กสำหรับการผลิตร่วมความร้อน<br>และไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์<br>ชัยรัช แก้วเมือง และนัฐพร ไชยญาติ                                              | 12 |
| การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งโดยการประยุกต์ ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่<br>เชิงคุณภาพ<br>ภาณุวัฒน์ วงศ์แสงน้อย                                                                         | 26 |
| การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมเชิงความหมายบนอุปกรณ์เคลื่อนที่<br>เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอดำรงวิทยะปาลัย จังหวัดพิษณุโลก<br>ยอดเพชร ทองขาว                             | 35 |
| ปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทาน<br>ของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออก<br>วัชร วัฒนารวี                                                                        | 48 |
| การออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณแนวคิดสร้างสรรค์<br>จากศิลปกรรมขอมโบราณให้กับชุมชนกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์<br>สมบัติ สมครสมาน, สุพัตรา วยะสุน, สุรเชษฐ์ วรศรี และอภิชัย ไพโรสินธุ์ | 62 |
| การพัฒนาชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงโครนัสต้นทุนต่ำ<br>สำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า<br>สุนทร ปลื้มสง                                                                                | 73 |
| ภาคผนวก                                                                                                                                                                                | 85 |
| ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการ                                                                                                                                                           | 86 |

# CONTENTS

Letters from the president

Letters from the Editors

Page

|                                                                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| The Design of Shoulder Bags from Cattail Weeds, Case Study<br>of the Community enterprise, Bang Kaew Sub-District,<br>Ban Laem District, Phetchaburi<br><i>Jakkrit Panalee and Sawat Thongsin</i>                   | 1  |
| Thermal Performance of Small Incinerator for Combined Heat<br>and Power by Organic Rankine Cycle<br><i>Chaithawat Kaewmueang and Nattaporn Chaiyat</i>                                                              | 12 |
| The Development of Banana baked with honey Products<br>by Applying Quality Function Deployment<br><i>Phanuwat Wongsangnoi</i>                                                                                       | 26 |
| The Development of Semantic Augmented Reality on Mobile Devices<br>for Chronic Disease Care of Aging, Watbot District, Phitsanulok Province<br><i>Yodpeth Tongkhao</i>                                              | 35 |
| Causal Factors of Information Strategy for Supply Chain Management<br>of Exporting Frozen Food Industrial<br><i>Watchara Watanarawee</i>                                                                            | 48 |
| Creative Ancient Almanac Silk Pattern Design from Ancient Khmer Art<br>for Hand Woven Silk Community Groups in Surin Province<br><i>Sombat Samaksamarn, Suphatra Wayalun, Surashet Worasri and Aphichai Praisin</i> | 62 |
| Development of a Low-Cost Synchronous Generator Experimental<br>Test Bench for Power Grid Synchronization<br><i>Sunthorn Pluemsong</i>                                                                              | 73 |
| <b>Appendix</b>                                                                                                                                                                                                     | 85 |
| Standard requirements for academic journals                                                                                                                                                                         | 86 |

## การออกแบบกระเป๋าสะพายจากต้นธูปฤๅษีการศึกษา

### วิสาหกิจชุมชนกลุ่มหัตถกรรมจักสานธูปฤๅษี

#### ตำบลบางแก้ว อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

## The Design of Shoulder Bags from Cattail Weeds, Case Study of the Community enterprise, Bang Kaew Sub-District,

### Ban Laem District, Phetchaburi

จักกฤษณ์ พนาลี<sup>1\*</sup> และสวัสดี ทองสิน<sup>2</sup>

Jakkrit Panalee<sup>1\*</sup> and Sawat Thongsin<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา E-mail: j.ronin47@gmail.com

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

<sup>1\*</sup>Industrial Design Faculty of Engineering and Industrial Technology, BansomdejChaopraya Rajabhat University

<sup>2</sup>Industrial Management Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology,

BansomdejChaopraya Rajabhat University

วันที่รับบทความ 10 มีนาคม 2563

Received: Mar. 10, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ 11 มิถุนายน 2563

Revised: Jun. 11, 2020

วันที่ตอบรับบทความ 15 มิถุนายน 2563

Accepted: Jun. 15, 2020

### บทคัดย่อ

ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่ามีต้นธูปฤๅษีเป็นวัชพืชจำนวนมาก จึงมีการสำรวจและสอบถามข้อมูลจาก “กลุ่มหัตถกรรมจักสานธูปฤๅษี” พบว่ามีผลิตภัณฑ์จักสานเดิม อยู่แล้วแต่ต้องการให้มีผลิตภัณฑ์แบบใหม่และมีเครื่องหมายการค้า ผู้วิจัยจึงทำการวิจัย 3 ข้อ คือ 1. เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไป สภาพปัญหาและการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น 2. เพื่อศึกษาวัสดุ และกระบวนการผลิตต้นธูปฤๅษี นำไปสู่แนวทางในการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ 3. เพื่อพัฒนา และออกแบบผลิตภัณฑ์จักสานจากต้นธูปฤๅษี ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งกลุ่มหัตถกรรมจักสานธูปฤๅษี พบว่า ชุมชนมีการนำต้นธูปฤๅษีมาผ่านกระบวนการผลิต เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างเช่น กระเป๋า ตะกร้า ของตกแต่งภายในบ้าน เป็นต้น เครื่องจักสาน ซึ่งมีความสำคัญยิ่งที่จะให้ภูมิปัญญาท้องถิ่นหัตถกรรมเครื่องจักสานนั้น ๆ คงอยู่ต่อไปและนำไป พัฒนาขึ้นงาน และกระบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาในชุมชนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และดำรงอยู่คู่สังคม สืบต่อไป จากข้อมูลข้างต้น ทำการศึกษากระบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาหัตถกรรมโดยออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเป๋าสะพายจากต้นธูปฤๅษีทั้งหมด 5 แบบ

ผลการศึกษาพบว่าต้นธูปฤๅษีเป็นเส้นใยจากธรรมชาติที่มีความเหนียว ผิวเรียบเนียน เส้นใย ยาวและเรียงตัวอยู่ในทิศทางเดียวกัน ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงในการทำผลิตภัณฑ์จักสาน สามารถทน ความเป็นกรดต่างได้ดีจึงเหมาะสมที่จะทำผลิตภัณฑ์กระเป๋าสะพาย ส่วนผลการวิเคราะห์ แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่ามีค่าความเหมาะสม คือ 1. ด้านการ ออกแบบสามารถนำไปผลิตในระดับชุมชนได้ โดยเฉลี่ย ( $\bar{x}=4.16$ ) ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก 2. ด้านผลการออกแบบโดยรวมมีความสวยงาม น่าสนใจ ดึงดูดใจแก่ผู้พบเห็น โดยเฉลี่ย ( $\bar{x}=3.90$ )

ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวัสดุจากวัชพืชในการสร้างผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นทำให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชน และเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มหัตถกรรมจักสานธูปฤาษีได้

**คำสำคัญ:** กระเป่าสะพาย, ต้นธูปฤาษี, วิสาหกิจชุมชน

### Abstract

The researcher entered the area in LaemPhakBia, Ban Laem, Phetchaburi, and found that there are a lot of cattail weeds. Surveying and gathering information from the cattail weed handicraft group showed that there were existing wicker products, but a new product with a trademark was needed. The researcher had 3 objectives: 1. to study general information on the problems and the transfer of local knowledge of the site visited, 2. to study the materials and production processes used with the cattail weeds which led to the guidelines model for development, and 3. to develop and design wickerwork products from the cattail weeds in accordance with the needs to the consumers. The group of handicraft weavers found that the community used the cattail weeds to make various products, such as bags, baskets, and house decorations. The wickerwork is extremely important to ensure that local wisdom, handicrafts, and wickerwork will last forever and will be used to develop work pieces along with the process of more efficiently transferring wisdom in the community so as to continue in the society. From the above information, a study was conducted of the process of transferring wisdom and handicrafts to consumers by designing and developing 5 kinds of cattail weeds into bag products.

The results showed that the cattail weed is a natural fiber that is sticky with a smooth skin; the fibers are long and arranged in the same direction. The fibers are strong for making wicker products with a good resistance to acidity and alkalinity, and therefore, suitable for shoulder bag products. The analysis of the 50 consumer opinion questionnaires found that the suitability was 1. The design can be produced at the community level on average ( $\bar{x}=4.16$ ). The opinions are at a high level 2. The results overall on the design showed it was beautiful and appealing to the average viewer ( $\bar{x}=3.90$ ). The opinions were at a high level. This research was to develop materials from weeds to create products from local wisdom, resulting in economic development of the community and increasing the income for the cattail weed handicraft group.

**Keywords:** Shoulder Bag, Cattail Weeds, Community Enterprise

## 1. บทนำ

หัตถกรรมเครื่องจักสานเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชน ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นการใช้สิ่งที่มีอยู่ในชุมชนมาประยุกต์ทำเป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันที่มีประโยชน์และมีส่วนสำคัญในการดำรงชีวิต ซึ่งแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์และส่งเสริมศิลปหัตถกรรมไทยนั้น จำเป็นอย่างยิ่ง จะต้องศึกษาสภาพของวัฒนธรรม และแหล่งกำเนิดงานศิลปหัตถกรรม (Leesuwan, W. 1989) ซึ่งหัตถกรรมเป็นงานที่สร้างสิ่งของเครื่องมือ เครื่องใช้ที่สร้างขึ้นด้วยมือเพื่อใช้สอย อาจจะมีความงามหรือไม่มีความงามแต่ใช้ประโยชน์ได้ดีตามวิถีชีวิตของชุมชนหรือผู้ใช้ ซึ่งสร้างขึ้นด้วยมือ เครื่องมือธรรมดาที่ดัดแปลงเป็นหลักซึ่งรูปแบบนี้เรียกว่าหัตถกรรม (Handicrafts) (Leesuwan, W. 2010) ดังนั้นศิลปหัตถกรรมพื้นบ้าน คือ ประจักษ์พยานด้านหน้าที่ใช้สอย และด้านสุนทรีย์ของวัฒนธรรมทางวัตถุอันผลิตขึ้นและใช้สอยโดยคนธรรมดาสามัญ ผลิตขึ้นโดยชาวบ้านจากการเรียนรู้และฝึกปรือจนมีความชำนาญอยู่ในครอบครัวในหมู่บ้านและสืบทอดกันมา มักจะมีลักษณะเฉพาะตัวอันแตกต่างออกไปในแต่ละท้องถิ่น (Hinchiranan, N. 1983) วิธีหนึ่งของหัตถกรรม คือ การจักสานเป็นการสอด ชัด และสานวัสดุที่เป็นเส้น ซึ่งกลุ่มหัตถกรรมจักสานรูปภาชนะ พบว่า ชุมชนมีการนำต้นธูปฤาษีมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างเช่น กระเป๋าคะกาว ของตกแต่งภายในบ้านต่าง ๆ เป็นต้น เครื่องจักสานซึ่งมีความสำคัญยิ่งที่จะให้ภูมิปัญญาท้องถิ่นหัตถกรรมเครื่องจักสานนั้น ๆ คงอยู่ตลอดไป ซึ่งกระบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นหัตถกรรมเครื่องจักสานนั้น จะนำไปเป็นข้อมูลที่จะไปพัฒนาชิ้นงาน และถ่ายทอดภูมิปัญญาในชุมชนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และดำรงอยู่คู่สังคมสืบต่อไป จากข้อมูลข้างต้น ทำการศึกษากระบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาหัตถกรรมปัจจุบัน พบว่า เครื่องจักสานไม่ได้ทำจากไม้ไผ่เพียงอย่างเดียว แต่ยังทำจากวัตถุดิบอื่น ๆ ด้วย เช่น ผักตบชวา ต้นกก ต้นป่าน ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนางานวัสดุในการทำเครื่องจักสานให้เกิดเป็นรูปร่างที่มีลักษณะที่ใช้ประโยชน์ได้สะดวก สวยงาม นั้นเป็นสิ่งสำคัญ จึงลงพื้นที่เพื่อทำการสำรวจตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่า มีวัชพืชที่ขยายพันธุ์ตามพื้นดินแฉะและบริเวณหนองน้ำ คือ ต้นธูปฤาษีที่มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น และเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเมล็ดสามารถแพร่กระจายได้เป็นอย่างดี โดยอาศัยลมและน้ำ ซึ่งโดยส่วนมากมักจะกำจัดทิ้ง เนื่องจากเป็นวัชพืชที่ไม่สามารถทำประโยชน์ได้และปัญหาของผลิตภัณฑ์นั้น ได้แก่ เกิดเชื้อรา เนื่องจากการรับแดดไม่เพียงพอและได้รับความชื้น จึงต้องตากแดดให้แห้งสนิท และนำมาเก็บในห้องโปรงที่ลมถ่ายเทได้ผลิตภัณฑ์ ในชุมชนส่วนใหญ่ยังมีรูปแบบไม่หลากหลาย ควรให้มี นักออกแบบเข้าไปให้คำแนะนำ เพื่อให้เกิดจุดเด่นให้แก่ผลิตภัณฑ์การตลาดส่งผลิตภัณฑ์ไม่ทันตามกำหนด ผลิตภัณฑ์มีการจำหน่ายเฉพาะภายในท้องถิ่น ควรมีการจัดสรรระบบการขนส่ง จึงมีความสนใจนำต้นธูปฤาษีมาแปรรูปให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย โดยการนำต้นธูปฤาษีมาสานและพัฒนาออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีหลายรูปแบบ เพื่อใช้ประโยชน์จากวัชพืชที่ต้องกำจัดทิ้ง อีกทั้งยังประหยัดทรัพยากรและเป็นวัสดุที่หาผลิตได้ง่ายในชุมชนนอกจากนี้ยังสามารถส่งเสริมให้เกิดรายได้และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจในชุมชนให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

จากข้อมูลข้างต้น จึงทำการศึกษาดังแต่กระบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาหัตถกรรมเครื่องจักสาน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลที่จะพัฒนาชิ้นงาน โดยศึกษาข้อมูลทั่วไป สภาพภูมิประเทศ ประวัติสภาพปัญหา และภูมิปัญญาท้องถิ่น จากการลงพื้นที่และเอกสารที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาวัสดุ

และกระบวนการผลิต ต้นรูปภาษี ซึ่งนำไปสู่แนวทางในการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ จึงพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์จากต้นรูปภาษีให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังถ่ายทอดความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่นดั้งเดิมในชุมชน และเสริมความรู้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ เพื่อให้สามารถรักษาองค์ความรู้เดิมและประยุกต์ความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การออกแบบเป็นการจัดแต่งองค์ประกอบมูลฐานในการสร้างงานศิลปกรรม เครื่องจักร หรือประดิษฐ์กรรมของมนุษย์ซึ่ง (Baxter, 1995) การวิจัยนี้จึงเป็นการนำวัสดุจากวัชพืชมารับการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดรายได้ของชุมชน โดยการใช้แนวความคิดในการออกแบบที่สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนอีกด้วย

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไป สภาพปัญหาและการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น
- 2.2 เพื่อศึกษาวัสดุและกระบวนการผลิตต้นรูปภาษี ซึ่งนำไปสู่แนวทางในการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์
- 2.3 เพื่อพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์จากต้นรูปภาษีให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากร คือ “กลุ่มหัตถกรรมจักสานรูปภาษี” โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือผู้บริโภคกลุ่มวัยทำงานทั้งเพศชายและเพศหญิงช่วงอายุระหว่าง 30 - 45 ปี จำนวน 50 คน เป็นบุคคลกลุ่มที่ถือเป็นคนกลุ่มใหญ่ในสังคม ที่มีพฤติกรรมของตนเองอย่างเด่นชัดมีอิทธิพลต่อเพื่อนร่วมงานอาศัยหาความสุขให้ตัวเอง มีพลังในการทำงาน มีรายได้ มีลักษณะเฉพาะตัว และเป็นผู้ที่ยินยอมให้ข้อมูล

### 3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

- 1) ตัวแปรต้น คือ ต้นรูปภาษีและกระบวนการผลิต (การจักสาน)
- 2) ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสานขึ้นรูป ความสวยงามและเป็นเอกลักษณ์ของชุมชน การใช้งาน อายุการใช้งาน และความสามารถทนทานต่อปัจจัยภายนอก เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น เป็นต้น

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสอบถามจำนวน 50 ชุด โดยเก็บรวบรวมจากผู้บริโภคในเขตชุมชนกลุ่มหัตถกรรมจักสานรูปภาษี หมู่ 5 ตำบลบางแก้ว อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยแบบสอบถาม 1 ชุดจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมาย ส่วนที่ 2 ที่ศนคติและพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย และส่วนที่ 3 ข้อเสนอและความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมาย การทดสอบเครื่องมือโดยนำเครื่องมือการวิจัยที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบวิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบสอบถาม โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสิ่งที่ต้องการวัด

(Index Item of Congruent : IOC) ได้ค่าตรงกันความสอดคล้องภายในทุกข้อมากกว่า 0.5 โดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายวัย 30 - 45 ปี จำนวน 50 คน และจากกลุ่มหัตถกรรมชุมชนจำนวน 10 ท่าน

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

1) การวิเคราะห์ปัญหาที่พบในกลุ่มหัตถกรรมจักสานธูปฤาษี หมู่ 5 ตำบลบางแก้ว อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

2) การวิเคราะห์รูปแบบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษี รวมทั้งการวิเคราะห์การทดลอง ได้แก่ วิธีเขียนเฉพาะ วิธีการทดลอง เช่น ใช้วิธีการตากก่อนการขึ้นรูป

3) สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถาม เรื่องความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์

จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามด้วยสถิติ ได้แก่ อัตราส่วนร้อยละเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ย เบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลวิจัยและศึกษาข้อมูลทั่วไป สภาพปัญหา และการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น

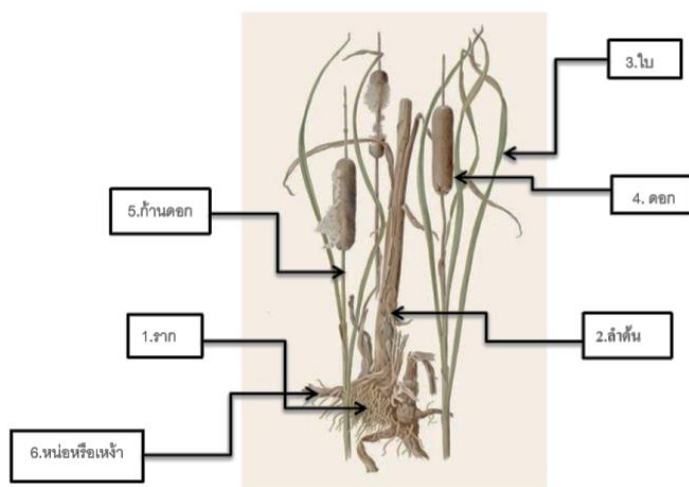
จากการศึกษาข้อมูลของต้นธูปฤาษีมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Typha angustifolia* L. อยู่ในวงศ์ Typhaceae สกุล *Typha* Typhaceae ชื่อ *Typha* มาจากภาษากรีก typhos แปลว่า marsh หมายถึง อยู่ในที่ชื้นแฉะ มีชื่อสามัญหลายชื่อ ดังนี้ ต้นธูปฤาษี, Elephant grass, Cat-tail, Lesser reedmace, Narrow-leaved Cat-tail ชื่ออื่น ๆ คือ กกช้าง กกธูป หญ้าสลาบลวง เพือ ปรีอ มีถิ่นกำเนิดในทวีปยุโรป และอเมริกา ต้นธูปฤาษีเป็นพืชน้ำมีลักษณะคล้ายพืชพวกกกลักษณะลำต้นเป็นลำยาว คล้ายทางมะพร้าวมีเหง้าใต้ดิน ทางไหลแตกหน่อขึ้นเป็นหมู่ใหญ่ในที่ลุ่มน้ำขัง และชายขอบป่าพรุ ปัจจุบันพบว่าต้นธูปฤาษีแพร่ระบาดและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วตามหนอง คลอง บึง และอ่างเก็บน้ำ พบได้ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น สามารถทนความเป็นกรดเป็นด่างและความเค็ม ต้นธูปฤาษีเป็นวัชพืชที่มีลักษณะทางกายภาพที่ผิวเป็นเรียบเนียน เหนียว ทนทาน จึงมีการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าหัตถกรรมเป็นกิจการภายในครัวเรือนและชุมชนหมู่บ้านของตนเอง เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ส่วนใหญ่ นั้นจะเป็นเครื่องมือแบบง่าย ๆ ที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิมตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช (รัชกาลที่ 9) พระองค์ทรงนำต้นธูปฤาษีมาปลูกในการทดลองบำบัดน้ำเสีย เมื่อต้นธูปฤาษีโตเต็มที่ต้องตัดใบทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ จึงมีการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แต่มีรูปแบบที่ไม่สวยงามเท่าที่ควร จากนั้นสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ได้เล็งเห็นประโยชน์ของต้นธูปฤาษี จึงจัดตั้งกลุ่มแม่บ้านขึ้น เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์จักสานแล้วนำกลุ่มแม่บ้านในท้องถิ่นไปอบรมที่กลุ่มแม่บ้านที่จังหวัดอ่างทองและจังหวัดนครปฐม ที่ทำเกี่ยวกับจักสานผักตบชวา จึงมีผู้มีความรู้เรื่องลายสานมาให้คำแนะนำแก่กลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หัตถกรรม แต่สินค้ายังไม่ได้มีการพัฒนารูปแบบเท่าที่ควร และรูปแบบเดิมไม่หลากหลาย ซึ่งสินค้ามีจำหน่ายในโครงการพระราชดำริแหลมผักเบี้ย ให้กับกลุ่มผู้มาศึกษาดูงานในโครงการมีราคา ไม่สูงมากนักและยังไม่ได้เผยแพร่สู่ตลาดอื่น แรงงานในการผลิตหัตถกรรมนั้นส่วนใหญ่จะเป็นภายในชุมชน ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากแรงงานมีความรู้ในการออกแบบและขาดความรู้ ความชำนาญในการผลิตน้อย เนื่องจากแรงงานมีอาชีพการทำประมง จึงไม่นิยมประกอบอาชีพงานหัตถกรรม เนื่องจากได้รับค่าตอบแทนต่ำและเป็นอาชีพไม่ถาวรจากภาพที่ 1 แสดงแบบผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษีดั้งเดิมของชุมชน



ภาพที่ 1 แสดงแบบผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษีดั้งเดิมของชุมชน

4.2 ผลการศึกษาวัสดุและกระบวนการผลิตต้นธูปฤาษี ซึ่งนำไปสู่แนวทางในการพัฒนา รูปแบบผลิตภัณฑ์

จากภาพที่ 2 รูปภาพแสดงลักษณะของต้นธูปฤาษี คือ ราก ลำต้น ใบ ดอก ก้านดอก และหน่อ หรือเหง้า ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากต้นธูปฤาษีนั้น ปัจจุบันมีหลายรูปแบบ เช่น 1. ประเภ ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในบ้าน 2. ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนตัว 3. อุปกรณ์เครื่องนอน 4. ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ 5. อุปกรณ์ตกแต่งต่าง ๆ ซึ่งกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษีมี 2 วิธี คือ 1. การสาน พบมากในพื้นที่ภาคกลาง ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย 2. การทอ พบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย จากข้อมูลข้างต้นพบว่าวัสดุส่วนลำต้นและใบเป็นส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเป็นวัตถุดิบหลักในงานผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษี เนื่องจากต้นธูปฤาษีเป็นเส้นใยจากธรรมชาติที่มีความเหนียว ผิวมีความเรียบเนียน เส้นใยยาวตลอดและมีการเรียงตัวอยู่ในทิศทางเดียวกัน จึงช่วยให้เส้นใยมีความแข็งแรง มีคุณสมบัติในการทำผลิตภัณฑ์การจักสาน สามารถทนความเป็นกรดเป็นด่างได้ดี



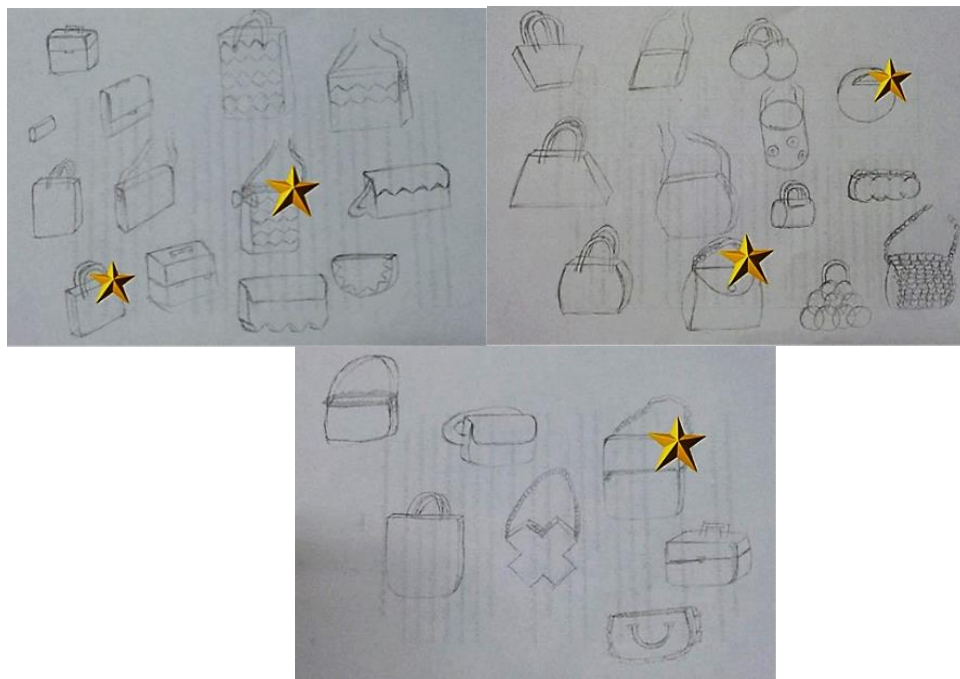
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของต้นธูปฤาษี

#### 4.3 ผลการศึกษาการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์จักสานจากต้นธูปฤาษี ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

การศึกษาแนวทางการออกแบบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้องคำนึงถึงเรื่องของการตอบสนองของผู้บริโภคและความพึงพอใจของผู้บริโภคเป็นหลัก โดยศึกษาพฤติกรรมการใช้ของผู้บริโภค และคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการตลาด ศิลปะการออกแบบและกระบวนการผลิตทำให้เกิดแนวทางและเงื่อนไขในการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด และความเป็นไปได้ในการผลิตรวมถึงประโยชน์ที่จะได้รับ ดังนั้นข้อมูลทางด้านการตลาดที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย ข้อมูลด้านพฤติกรรมผู้บริโภค กลุ่มเป้าหมาย ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ ผลิตภัณฑ์เดิมของกลุ่ม ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ของคู่แข่ง โอกาสทางการตลาดที่เหมาะสม ตำแหน่งผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำตลาด เพื่อสร้างจุดเด่นเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่จะสร้างภาพพจน์ให้ผู้ซื้อยอมรับและจดจำโดยกลุ่มเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ คือ ผู้บริโภคกลุ่มวัยทำงานทั้งเพศชายและเพศหญิง ช่วงอายุระหว่าง 30 - 45 ปี จำนวน 50 คน และจากการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค คณะผู้วิจัยได้ทำการถอดรูปร่างรูปทรงจาก MOOD BOARD ดังภาพที่ 3 จากนั้นจึงวิเคราะห์และต่อยอดความคิดจากภาพที่เลือกมาในรูปแบบการ SKETCH แบบ 3 มิติ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แสดงผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคของกลุ่มวัยทำงานช่วงอายุ 30 - 45 ปี และรูปภาพแสดงการถอดรูปร่างรูปทรงมาจาก MOOD BOARD



ภาพที่ 4 รูปภาพแสดงการต่อยอดความคิดจากภาพที่เลือกมาในรูปแบบการ SKETCH แบบ 3 มิติ

การวิจัยนี้วิเคราะห์ข้อมูลด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยข้อมูลด้านความเหมาะสมของกระบวนการผลิตกับผลิตภัณฑ์เดิม เงื่อนไขของกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้อง และข้อจำกัดของวัสดุที่มีผลต่อการลงทุนและกระบวนการผลิต โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเป๋าสะพายจากต้นรูปถ่ายขึ้น โดยเลือกกรรมวิธีการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จักสานที่มีรูปแบบทั้งหมด 5 แบบ ดังภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 5 รูปภาพแสดงแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์จากต้นรูปถ่าย



ภาพที่ 6 รูปภาพแสดงการหยิบจับกระเป๋าขนาดเล็กของมนุษย์

ผลการประเมินผลความพึงพอใจในการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นรูปฤๅษี ให้มีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย การวิจัยในครั้งนี้ สรุปผลได้ว่าต้นรูปฤๅษีเป็นเส้นใยจากธรรมชาติ มีความเหนียว ผิวมีความเรียบเนียนและเส้นใยยาวตลอดเรียงตัวอยู่ในทิศทางเดียวกัน จึงช่วยให้เส้นใยมีความแข็งแรง มีคุณสมบัติในการทำผลิตภัณฑ์การจักสาน สามารถทนความเป็นกรดเป็นด่าง การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเป๋าสะพายจากต้นรูปฤๅษีต้นแบบทั้ง 5 แบบ ผลจากการทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่า โดยค่าความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาแล้วในสองอันดับแรก คือ ด้านการออกแบบสามารถนำไปผลิตในระดับชุมชนได้ โดยเฉลี่ย ( $\bar{x}=4.16$ ) ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ด้านผลการออกแบบโดยรวมมีความสวยงาม น่าสนใจ ดึงดูดใจแก่ผู้พบเห็น โดยเฉลี่ย ( $\bar{x}=3.90$ ) ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าต้นรูปฤๅษีนั้นเหมาะสมที่จะเป็นวัตถุดิบหลักในการทำผลิตภัณฑ์กระเป๋าสะพาย ซึ่งการพัฒนาวัสดุด้านกายภาพของต้นรูปฤๅษี พบว่า ต้นรูปฤๅษีนั้นเหมาะสมที่จะเป็นวัตถุดิบหลักในการทำผลิตภัณฑ์จักสานเป็นกระเป๋าสะพายได้และอาจสามารถนำมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้อีกด้วย

## 5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 ผลการศึกษาพบว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้ต้นรูปฤๅษีเป็นวัสดุหรือวัตถุดิบในการผลิตจะต้องคำนึงถึงลักษณะคุณสมบัติเฉพาะ ขอบเขตและข้อจำกัดในการนำต้นรูปฤๅษีไปใช้ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของต้นรูปฤๅษี เช่น ไม่ควรนำผลิตภัณฑ์จากต้นรูปฤๅษีไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสความชื้นโดยตรง ซึ่งจะทำให้เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว และอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์จะสั้น การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นรูปฤๅษี แสดงให้เห็นถึงการถ่ายทอดภูมิปัญญาอารยธรรมและวัฒนธรรม บ่งบอกถึงรสนิยมที่ดีของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของสังคม สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งตามหลักทฤษฎีการจูงใจของแม็คไกร์ ดังนี้

1. ความต้องการความสอดคล้องกัน (Need for Consistency) เป็นความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการให้ทุกด้านทุกส่วนของตนเอง สอดคล้องกลมกลืนกันและกัน ได้แก่ ทัศนคติ พฤติกรรม การแสดงออกต่าง ๆ ความคิดเห็น ภาพลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับตนเอง 2. ความต้องการทราบเหตุผลที่ไปที่มาของสิ่งต่าง ๆ (Need to Attribute Causation) เป็นความต้องการ เพื่อที่จะทราบว่าใครหรืออะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้สิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้น และสิ่งที่เกิดขึ้นผลในทางที่ดีหรือไม่ดีกับตัวเองหรือสิ่งอื่น ๆ อย่างไร (Thonglor, 2003)

5.2 การใช้ประโยชน์จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ก่อให้เกิดความรู้จากการศึกษาในสองด้าน คือ ความรู้ความเข้าใจในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษี และหลักการรวมทั้งแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษี โดยใช้ตัวอย่างการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษีหรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยบูรณาการผลิตภัณฑ์จากแบบดั้งเดิมกับวัสดุที่นำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต รวมทั้งหลักการนำต้นธูปฤาษีไปใช้ประโยชน์ เช่น ด้านวัสดุ หรือปรับปรุง และพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการประยุกต์วัสดุอื่น ๆ ให้ตรงกับความต้องการและพฤติกรรมผู้บริโภคมากที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะจากการศึกษา พบว่า ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมากขึ้นเนื่องจากไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติให้ทันสมัยเข้ากับยุคสมัย และมีประสิทธิภาพในการใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด และพบว่าผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษีในการนำมาผลิตด้านวัสดุ พบปัญหา คือ ต้นธูปฤาษีมีขนาดใหญ่และแตกง่ายเมื่อนำไปรีด หากนำไปผลิตด้วยการจักสานนำไปเรื่อย ๆ จะทำให้เกิดช่องว่างหรือระยะห่างที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากการดึงตอกต้นธูปฤาษีไม่ชิดและขนาดตอกต้นธูปฤาษีไม่เท่ากัน ส่งผลให้ลายที่ออกมาไม่เท่ากัน ดังนั้นในการสานควรพิจารณาเลือกตอกธูปฤาษีที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด นำต้นธูปฤาษีไปแช่ผ้าที่ชุบน้ำแล้วทำมารีดใบของต้นธูปฤาษีและจะทำให้สานง่ายขึ้น และการเรียงของลายมีความสวยงามสม่ำเสมอขณะสาน ควรดึงตอกต้นธูปฤาษีให้มีระยะห่างเท่ากัน เพื่อไม่ให้เกิดช่องไฟระยะห่าง ทำให้เกิดลวดลายไม่สวยงาม ตรวจสอบความเรียบร้อยให้รอบคอบต้นธูปฤาษีที่นำมาสานเป็นแผ่นนั้นมีขนาดใหญ่ จึงต้องทำการตัดออกซึ่งอาจส่งผลให้ตัวสานหลุดออกจากแผ่น ดังนั้นจึงต้องเย็บขอบในทันที หลังจากการเย็บเข้ารูปแล้วเมื่อกลับด้านขึ้นงานจะต้องเพิ่มความระมัดระวังเนื่องจากการเย็บติดตัวสานลงไปแล้วนั้น อาจจะทำให้ตัวสานพับหักได้ง่าย ซึ่งการทำผลิตภัณฑ์ครั้งนี้ ผู้ผลิตได้ใช้การทาสีแทนการย้อมทำให้สามารถย่นระยะเวลาการผลิตได้เร็วขึ้น แต่การทาสีอาจทำให้เกิดรอยที่แปร่งที่เกิดการลอกของสีในบริเวณผลิตภัณฑ์ได้ จึงใช้เป็นการย้อมเพื่อป้องกันการลอกของสีได้ดีกว่าการทาสีบริเวณพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ การจักสานผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษีนี้ สามารถต่อยอดในการพัฒนาได้โดยคำนึงถึงการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยการเพิ่มประโยชน์ใช้สอยในด้านอื่น ๆ หรือนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาร่วมพัฒนาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและรูปแบบที่หลากหลายเพิ่มขึ้น นำผลที่ได้จากการวิจัยได้นำไปถ่ายทอดสู่ชุมชนจากมูลเหตุต่างที่นำมาปรับปรุงในตัวผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

จากผลที่ได้ในครั้งนี้นี้สรุปได้ว่าการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษี สามารถทำผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งสภาพสังคมและวิถีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาผลิตภัณฑ์จากต้นธูปฤาษี จึงต้องมีการปรับปรุง พัฒนา และเปลี่ยนแปลง เพื่อให้สอดคล้องต่อความต้องการของผู้บริโภคให้เกิดประโยชน์สูงสุด

## 6. เอกสารอ้างอิง

- Baxter, M. (1995). **Product Design: Practical Methods for the Systematic Development of New Products (Design Toolkits)**. London: Chapman and Hall. 611.
- Hinchiranan, N. (1983). **Thai folk art. (Seminar documents about folk culture: beliefs, beliefs, arts and languages)**. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Leesuwan, W. (1989). **Wickerwork in Thailand**. Bangkok: O. Printing House. (in Thai)
- \_\_\_\_\_. (2553). **นามานุกรมเครื่องจักสาน**. กรุงเทพฯ: เมืองโบราณ.
- \_\_\_\_\_. (2010). **Encyclopedia of Wickerwork**. Bangkok: The Ancient City. (in Thai)
- Tonghlor, R. (2003). **Expenditure Characteristic for Product Purchasing and Service Need of Foreign Tourists for Travelling in Thailand**. Bangkok: Ramkhamhaeng University. (in Thai)
- Tinnarat, G. (2005). **Constructing Package from Smooth Cayenne Pineapple Leaves Fiber. Master of Education degree in Industrial Education**. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

# สมรรถนะทางความร้อนของเตาเผาขยะขนาดเล็กสำหรับการผลิตร่วม ความร้อนและไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์

## Thermal Performance of Small Incinerator for Combined Heat and Power by Organic Rankine Cycle

ชัยวัช แก้วเมือง<sup>1</sup> และนัฐพร ไชยญาติ<sup>2\*</sup>

Chaithawat Kaewmueang<sup>1</sup> and Nattaporn Chaayat<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

<sup>2</sup>ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและเกษตรอัจฉริยะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

<sup>1</sup>School of Renewable Energy, Maejo University

<sup>2</sup>Excellence Center on Environmental Friendly Smart Agriculture and Renewable Energy Technology (ECoT)

E-mail: benz178tii@hotmail.com

วันที่รับบทความ 3 มีนาคม 2563

Received: Mar. 3, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ 7 พฤษภาคม 2563

Revised: May. 7, 2020

วันที่ตอบรับบทความ 27 พฤษภาคม 2563

Accepted: May. 27, 2020

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของเตาเผาขยะขนาดเล็กขนาด 1 ton/day ร่วมกับการผลิตความร้อนโดยของไหล 3 ชนิด คือ น้ำ ไอน้ำ และน้ำมันร้อน เพื่อผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ขนาด 20 kW<sub>e</sub> โดยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของระบบผลิตพลังงานร่วมจากไหลร้อนทั้ง 3 ชนิด ผลการศึกษาพบว่า เตาเผาขยะขนาดเล็กที่มีอัตราการผลิตความร้อนประมาณ 240 kW เมื่อนำน้ำมาใช้ในการถ่ายเทความร้อนมีอุณหภูมิที่เหมาะสม 116.57 °C และสารทำงาน R-236ea สามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่ประสิทธิภาพร้อยละ 7.58 ในขณะที่การใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 143.25 °C เหมาะสำหรับการใช้สารทำงาน R-245ca ที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดร้อยละ 11.70 ในกรณีของการใช้น้ำมันร้อนอุณหภูมิที่เหมาะสม 189.61 °C สามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่สารทำงาน R-141b ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดร้อยละ 14.19

**คำสำคัญ:** สมรรถนะทางความร้อน, เตาเผาขยะขนาดเล็ก, การผลิตร่วมความร้อนและไฟฟ้า, วัฏจักรแรงดันอินทรีย์

### Abstract

This research studied the thermal performance of a small incinerator at a combustion rate of 1 ton/day combined with heating production from three heating fluids of water, steam, and hot oil for electricity production using an organic Rankine cycle at an electrical power capacity of 20 kW<sub>e</sub>. Computational fluid dynamics and mathematical modeling methods were used to evaluate the suitable working conditions of the cogeneration system of the three hot fluids. From the study results, the small incinerator at a heating capacity of approximately 240 kW could transfer heat into the hot fluid of water at a suitable temperature of 116.57 °C by using R-236ea at a maximum power efficiency of 7.58%. At the same time, the use of steam at a

temperature of 143.25 °C for R-245ca showed a maximum power efficiency of 11.70%. In the case of hot oil, a suitable temperature of 189.61 °C for using R-141b was able to transfer heat at a maximum power efficiency of 14.19%.

**Keywords:** Thermal performance, Small incinerator, Combined heat and power, Organic Rankine cycle

## 1. บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์ขยะในประเทศไทย มีแนวโน้มของปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี สาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การอุปโภคบริโภคของประชาชน หากปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ถูกกำจัดอย่างถูกวิธี จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้เตาเผาขยะ (Incinerator) ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในการกำจัดขยะ เช่น ขยะเทศบาล และขยะติดเชื้อทางการแพทย์ เป็นต้น แต่ทั้งนี้เตาเผากำจัดขยะขนาดใหญ่จะต้องมีการขนย้ายขยะเข้าสู่พื้นที่กำจัด จึงส่งผลกระทบต่อกลิ่นเหม็นและสร้างความไม่พอใจให้แก่ประชาชนในชุมชนโดยรอบ ดังนั้นเตาเผากำจัดขยะขนาดเล็กที่ถูกออกแบบให้เหมาะสมต่อปริมาณขยะในแต่ละพื้นที่ จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในสถานการณ์ปัจจุบันของประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงพลังงานที่ต้องการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากขยะ (Ministry of Energy, 2020) ดังนั้นการประยุกต์เตาเผากำจัดขยะขนาดเล็กร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้า วงจรแรงดันอินทรีย์ (Organic Rankine cycle, ORC) จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ และยังไม่มีการวิจัยใดในประเทศไทยทำการศึกษาในประเด็นดังกล่าวอีกด้วย

การออกแบบเตาเผาขยะขนาดเล็กร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าวงจรแรงดันอินทรีย์ นิยมใช้การจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational fluid dynamics, CFD) และการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการออกแบบ โดยมีงานวิจัยที่ทำการศึกษา อันประกอบไปด้วย Silva et al (2017) Soria et al. (2013) Saad et al. (2019) Wissing et al. (2017) Rezeau et al. (2018) และ Zhong et al. (2019) ที่ได้ทำการศึกษาการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการวิเคราะห์การออกแบบเตาเผาขยะ ซึ่งพบว่า สามารถประเมินคุณลักษณะทางความร้อนของเตาเผาขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การประยุกต์พลังงานทดแทนด้านความร้อน เพื่อนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยวงจรแรงดันอินทรีย์ มีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษา เช่น Chaiyat and Kiatsiriroat (2015) Sung and Kim (2017) และ Li et al. (2012) นำเสนอผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าวงจรแรงดันอินทรีย์ โดยใช้แหล่งความร้อนประเภทต่าง ๆ ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าวงจรแรงดันอินทรีย์สามารถประยุกต์ร่วมกับพลังงานทดแทนด้านความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ประเด็นที่น่าสนใจจากงานวิจัยดังกล่าว คือ แหล่งความร้อนแต่ละประเภท เช่น สถานะของแหล่งความร้อนและอุณหภูมิ เป็นต้น มีผลต่อการเลือกสารทำงานและประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. (2019) ที่ทำการศึกษาสารทำงาน 30 ชนิด สำหรับวงจรแรงดันอินทรีย์ โดยมีแหล่งความร้อนจากคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO<sub>2</sub>) ของโรงงานอุตสาหกรรม

ผลจากการศึกษาพบว่า การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านความร้อน สามารถช่วยในการเลือกสารทำงานที่เหมาะสม สำหรับวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ยังไม่มีงานวิจัยใดศึกษาเกี่ยวกับเตาเผาขยะขนาดเล็ก ร่วมกับการผลิตความร้อน เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมกับคุณลักษณะทางกายภาพของขยะ ในประเทศไทย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ต้องการศึกษาและวิเคราะห์สมรรถนะทางความร้อน ของเตาเผาขยะขนาดเล็ก ร่วมกับการผลิตความร้อนสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ โดยใช้เทคนิคของพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

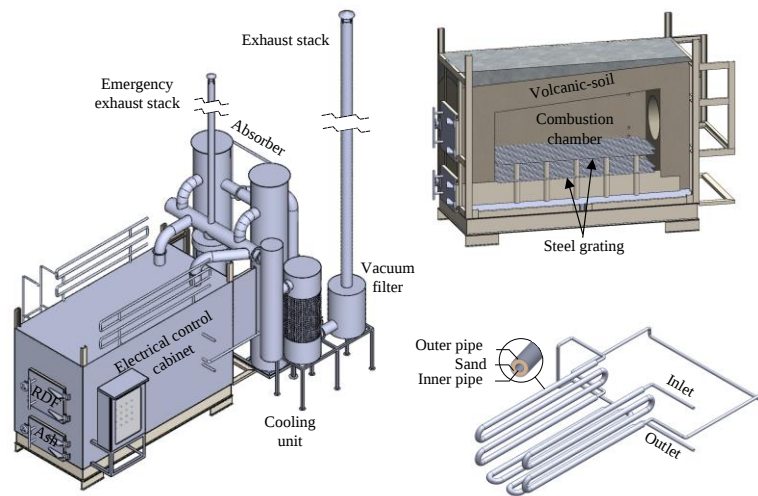
เพื่อศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของเตาเผาขยะขนาดเล็ก ร่วมกับการผลิตความร้อน สำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ โดยใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย เริ่มจากการสร้างแบบแปลน 3 มิติ โดยโปรแกรม Solidworks เพื่อทำการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของเตาเผาขยะขนาดเล็ก และศึกษาพฤติกรรมทางความร้อนของเตาเผาขยะขนาดเล็ก จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ทำการพัฒนาขึ้นมาโดยใช้โปรแกรม Refprop, Visual basic application (VBA) และ Excel ในการวิเคราะห์หาสารทำงานที่เหมาะสมสำหรับระบบผลิตพลังงานร่วมจากของไหลร้อนทั้ง 3 ชนิด ซึ่งรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

### 3.1 การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Solidworks (Flow simulation) ของเตาเผาขยะขนาดอัตราการเผาไหม้ประมาณ 1 ton/day ที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ประมาณร้อยละ 32 และสามารถผลิตความร้อนได้ประมาณ 240 kW (Yatsunthea and Chaiyat, 2020) โดยเตาเผaxyสดังกล่าวได้ทำการออกแบบห้องเผาไหม้ให้มีขนาดความจุ 1.09 m<sup>3</sup> ท่อเหล็กแลกเปลี่ยนเป็นแบบท่อซ้อนท่อ ทำหน้าที่ในการถ่ายเทความร้อนจากการเผาไหม้ขยะให้แก่ของไหลร้อน โดยมีพื้นที่ถ่ายเทความร้อน 3.756 m<sup>2</sup> ส่วนในช่องว่างระหว่างท่อเหล็กมีการบรรจุทรายในปริมาตร 0.04 m<sup>3</sup> เพื่อช่วยกระจายความร้อนให้สม่ำเสมอ ผนังเตาสร้างจากดินภูเขาไฟ มีความหนา 0.03 m หุ้มด้วยผนังเหล็กด้านนอกที่มีความหนา 0.002 m ดังแสดงรายละเอียดการออกแบบต่าง ๆ ในภาพที่ 1 โดยทำการจำลองของไหลร้อนอันประกอบด้วย น้ำร้อน ไอน้ำ และน้ำมันร้อน (PTT Hitemp 500, 2018) ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพของของไหลดังกล่าวแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งของไหลร้อนทั้ง 3 ชนิด สามารถหาได้ง่ายและมีใช้งานกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศไทย อีกทั้งยังไม่ทำปฏิกิริยาต่อวัสดุที่ใช้สร้างเตาเผาขยะอีกด้วย โดยการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ มีเงื่อนไขเริ่มต้นดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 1 แบบจำลอง 3 มิติ ของเตาเผาขยะขนาดเล็ก

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของของไหลร้อน

| คุณสมบัติทางกายภาพ                             | น้ำร้อน | ไอน้ำ   | น้ำมันร้อน | หน่วย             |
|------------------------------------------------|---------|---------|------------|-------------------|
| ช่วงอุณหภูมิการทำงานของไหลร้อน ( $T_{WR,HF}$ ) | 90-120  | 120-170 | 140-320    | °C                |
| อุณหภูมิเฉลี่ยของไหลร้อน ( $T_{a,HF}$ )        | 105     | 145     | 230        | °C                |
| ความหนาแน่นเฉลี่ย ( $\rho_{HF}$ )              | 954.70  | 4.17    | 711.95     | kg/m <sup>3</sup> |
| ความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ย ( $C_{p,bulk,HF}$ ) | 4.22    | 2.38    | 2.80       | kJ/kg·K           |
| สัมประสิทธิ์การนำความร้อนเฉลี่ย ( $k_{HF}$ )   | 0.68    | 0.03    | 0.12       | W/m·K             |
| ความหนืดเฉลี่ย ( $CV_{HF}$ )                   | 0.27    | 0.01    | 0.84       | mPa·s             |
| จุดวาบไฟ ( $T_{FP,HF}$ )                       | -       | -       | 212        | °C                |
| จุดลุกติดไฟได้เอง ( $T_{AIT,HF}$ )             | -       | -       | 350        | °C                |

ตารางที่ 2 เงื่อนไขเริ่มต้นการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

| รายละเอียด                                                 | น้ำร้อน         | ไอน้ำ              | น้ำมันร้อน       | หน่วย          |
|------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------|
| อุณหภูมิขาเข้าเตาเผา ( $T_{HF,i,ICH}$ )                    | 95 <sup>1</sup> | 129 <sup>2</sup>   | 160 <sup>3</sup> | °C             |
| อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ( $T_0$ )                              | -               | 30                 | -                | °C             |
| อุณหภูมิไอเสีย ( $T_E$ )                                   | -               | 1,200 <sup>4</sup> | -                | °C             |
| ความดันภายในห้องเผาไหม้ ( $P_{CC,ICH}$ )                   | -               | 10,1325            | -                | Pa             |
| อัตราการไหลของของไหลร้อน ( $\dot{m}_{HF}$ )                | -               | 3                  | -                | kg/s           |
| สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของเหล็ก ( $k_{steel}$ )          | -               | 43                 | -                | W/m·K          |
| สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของดิน<br>( $k_{volcanic-soil}$ ) | -               | 0.62               | -                | W/m·K          |
| สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของทราย ( $k_{sand}$ )            | -               | 3.34               | -                | W/m·K          |
| ขนาดความจุห้องเผาไหม้ ( $V_{CC,ICH}$ )                     | -               | 1.09               | -                | m <sup>3</sup> |

**ตารางที่ 2** เงื่อนไขเริ่มต้นการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (ต่อ)

| รายละเอียด                                                   | น้ำร้อน | ไอน้ำ   | น้ำมันร้อน | หน่วย        |
|--------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|--------------|
| ปริมาตรทรายในท่อเหล็ก ( $V_{\text{sand}}$ )                  | -       | 0.04    | -          | $\text{m}^3$ |
| พื้นที่การถ่ายเทความร้อนของท่อเหล็ก ( $A_{\text{pipe}}$ )    | -       | 3.76    | -          | $\text{m}^2$ |
| ความหนาแน่นดินภูเขาไฟ ( $\text{TH}_{\text{volcanic-soil}}$ ) | -       | 0.03    | -          | m            |
| ความหนาแน่นเหล็ก ( $\text{TH}_{\text{steel}}$ )              | -       | 0.002   | -          | m            |
| จำนวนกริดในการคำนวณ (Mesh)                                   | -       | 237,600 | -          | mesh         |

หมายเหตุ: <sup>1</sup> อ้างอิงข้อมูลจาก Chaiyat and Kiatsiriroat (2015)

<sup>2</sup> อ้างอิงข้อมูลจาก Sung and Kim (2017)

<sup>3</sup> อ้างอิงข้อมูลจาก Li et al. (2012)

<sup>4</sup> อ้างอิงข้อมูลจาก Bujak (2009)

### 3.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านความร้อน

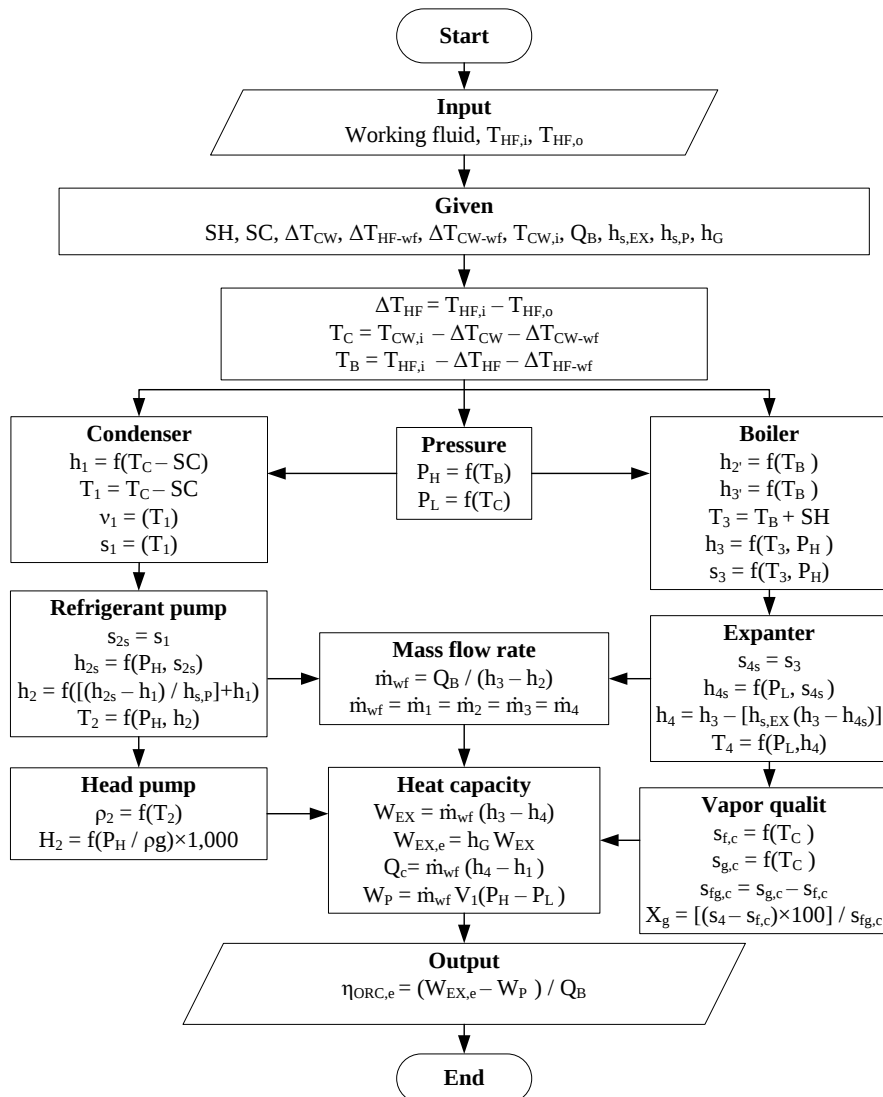
งานวิจัยนี้เลือกใช้สารทำงาน 11 ชนิด อันประกอบไปด้วย R-123 R-1233zd R-124 R-141b R-142b R-21 R-236fa R-236ea R-245ca R-245fa และ R-365mfc ซึ่งสารทำงานทั้งหมดดังกล่าวสามารถหาซื้อได้ในประเทศไทย สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ การวิเคราะห์สารทำงานที่เหมาะสมร่วมกับของไหลร้อน 3 ชนิด มีเงื่อนไขเริ่มต้นในการจำลองทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ อ้างอิงข้อมูลการทดสอบของระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า 20 kW<sub>e</sub> ของ Wakaiyang and Chaiyat (2016) และ Yatsunthea and Chaiyat (2020) ดังแสดงในตารางที่ 3 และมีแผนภาพแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบผลิตพลังงานร่วม ดังแสดงในภาพที่ 2

**ตารางที่ 3** เงื่อนไขเริ่มต้นการวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์

| รายละเอียด                                                                           | ปริมาณ | หน่วย |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|
| อัตราการถ่ายเทความร้อนที่หม้อต้ม ( $Q_B$ ) <sup>1</sup>                              | 240    | kW    |
| อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องควบแน่น ( $T_{\text{CW},i}$ ) <sup>2</sup>          | 28     | °C    |
| ผลต่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ป้อนเข้า-ออกระบบ ( $\Delta T_{\text{CW}}$ ) <sup>2</sup> | 5      | °C    |
| ผลต่างอุณหภูมิของไหลร้อนกับสารทำงาน ( $\Delta T_{\text{HF-wf}}$ ) <sup>2</sup>       | 2      | °C    |
| ผลต่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นกับสารทำงาน ( $\Delta T_{\text{CW-wf}}$ ) <sup>2</sup>      | 2      | °C    |
| ประสิทธิภาพไอเซนทรอปิกของปั๊ม ( $\eta_{s,p}$ ) <sup>2</sup>                          | 80     | %     |
| ประสิทธิภาพไอเซนทรอปิกของเครื่องขยายตัว ( $\eta_{s,ex}$ ) <sup>2</sup>               | 80     | %     |
| ความสามารถในการผลิตไฟฟ้า ( $\eta_G$ ) <sup>2</sup>                                   | 80     | %     |
| ค่าอุณหภูมิร้อนยวดยิ่ง (Superheating, SH) <sup>2</sup>                               | 9.2    | °C    |
| ค่าอุณหภูมิเย็นยิ่ง (Subcooling, SC) <sup>2</sup>                                    | 6.5    | °C    |

หมายเหตุ: <sup>1</sup> อ้างอิงข้อมูลจาก Yatsunthea and Chaiyat (2020)

<sup>2</sup> อ้างอิงข้อมูลจาก Chaiyat and Kiatsiriroat (2015)

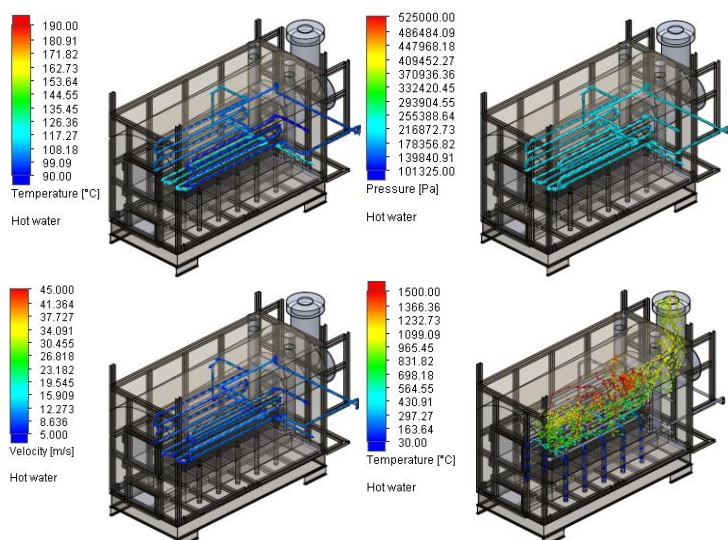


ภาพที่ 2 แผนผังการวิเคราะห์ระบบผลิตพลังงานร่วม

#### 4. ผลการวิจัย

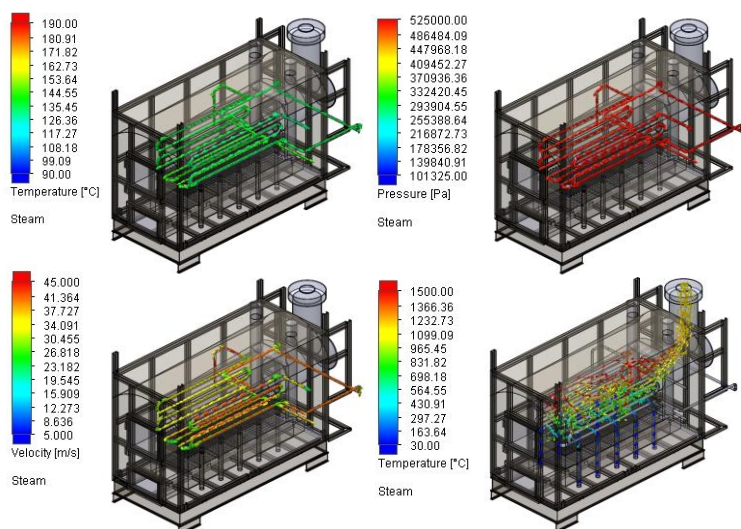
##### 4.1 การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

ภาพที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของน้ำร้อน พบว่าเมื่อจ่ายน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 °C เข้าไปแลกเปลี่ยนความร้อนในห้องเผาไหม้ อุณหภูมิน้ำร้อนขาออกเพิ่มขึ้นเป็น 116.57 °C โดยมีความดันตกคร่อม 202.69 kPa ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 m/s และมีอุณหภูมิไอเสียเฉลี่ยเท่ากับ 1,136.81 °C ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่มีค่าเท่ากับ 1200 °C เนื่องจากการสูญเสียความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อมจากระบบท่อต่าง ๆ ทำให้อุณหภูมิไอเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายในเตาเผาขยะมีค่าลดลงประมาณ 65 °C



ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของน้ำร้อน

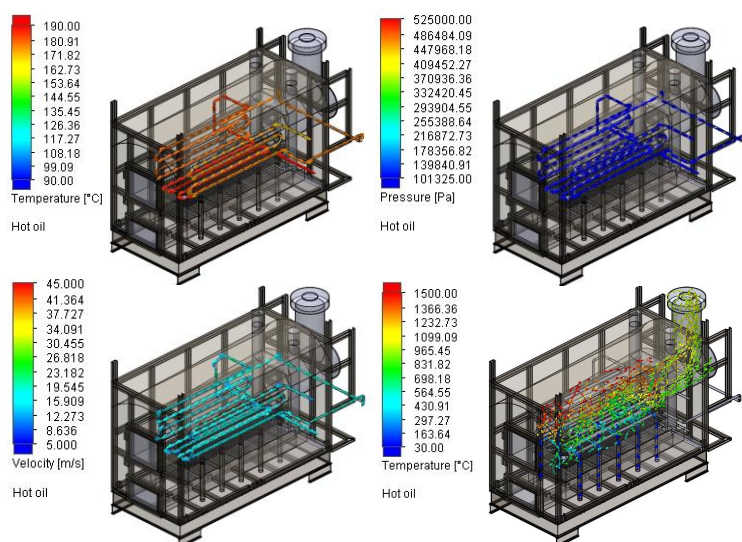
ภาพที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ผลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของไอน้ำ โดยกำหนดให้อุณหภูมิขาเข้าของไอน้ำเท่ากับ  $129^{\circ}\text{C}$  ผลการจำลองพบว่า อุณหภูมิขาออกห้องเผาไหม้ของไอน้ำมีค่าประมาณ  $143.25^{\circ}\text{C}$  ที่ความดันตกคร่อม  $516.84\text{ kPa}$  ความเร็วเฉลี่ย  $28.32\text{ m/s}$  และมีอุณหภูมิไอเสียเฉลี่ยเท่ากับ  $1,154.72^{\circ}\text{C}$  ลดลงประมาณ  $45^{\circ}\text{C}$  เมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ จากผลการจำลองยังพบอีกว่า ไอน้ำมีความดันตกคร่อมและความเร็วในการเคลื่อนที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของไอน้ำ

น้ำมันร้อนมีช่วงการทำงานอุณหภูมิไม่เกิน  $320^{\circ}\text{C}$  สำหรับระบบปิด และในระบบเปิดไม่เกิน  $200^{\circ}\text{C}$  ซึ่งหากใช้งานน้ำมันร้อนเกินกว่าอุณหภูมิดังกล่าว จะทำให้เกิดการลุกไหม้ติดไฟได้ ในการจำลองครั้งนี้จึงเลือกอุณหภูมิขาเข้าห้องเผาไหม้ที่  $160^{\circ}\text{C}$  ดังแสดงในภาพที่ 5 ผลการจำลอง

พบว่า อุณหภูมิน้ำมันร้อนขาออกมีค่า  $189.61\text{ }^{\circ}\text{C}$  ซึ่งมีความดันตกคร่อม  $105.58\text{ kPa}$  ความเร็วของน้ำมันร้อน  $10.15\text{ m/s}$  และมีอุณหภูมิไอเสียเฉลี่ย  $1,099.38\text{ }^{\circ}\text{C}$  โดยน้ำมันร้อนมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ  $762\text{ kg/m}^3$  ทำให้ความเร็วของน้ำมันร้อนสูงกว่าน้ำร้อน



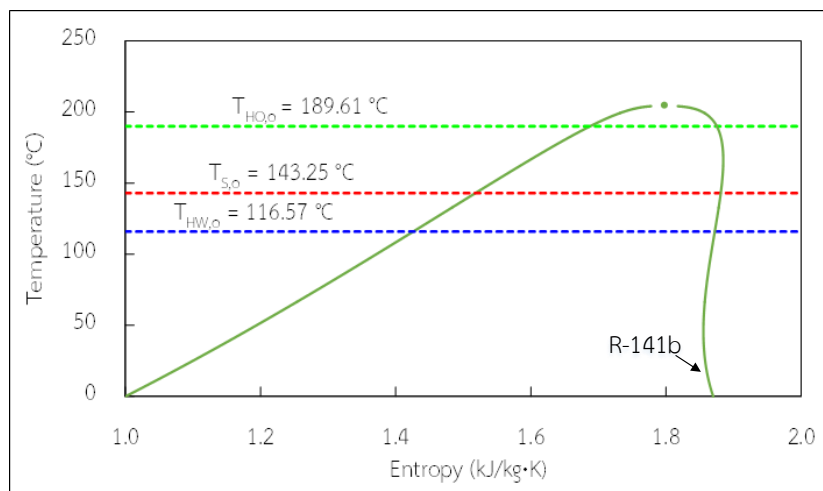
ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์ผลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของน้ำมันร้อน

#### 4.2 การวิเคราะห์สารทำงานที่เหมาะสมในระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของสารทำงาน 11 ชนิด โดยพิจารณาอุณหภูมิวิกฤติของสารทำงานกับอุณหภูมิของไหลร้อนขาออกห้องเผาไหม้ (ผลจากหัวข้อที่ 4.1) เป็นสำคัญ และผลการวิเคราะห์การเลือกสารทำงานในระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์สำหรับของไหลร้อนชนิดต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 6 - 8 และตารางที่ 4 - 6

ภาพที่ 6 แสดงสารทำงานในระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ที่สามารถใช้งานร่วมกับน้ำมันร้อนได้ ซึ่งพบว่า มีเพียงชนิดเดียว คือ R-141b ที่สามารถใช้งานในอุณหภูมิสูงได้ เนื่องจากสารทำงานมีอุณหภูมิวิกฤติค่อนข้างสูง มีค่าเท่ากับ  $204.35\text{ }^{\circ}\text{C}$  และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการใช้งานสูงสุดของน้ำมันร้อนที่  $189.61\text{ }^{\circ}\text{C}$  โดยสารทำงาน R-141b เป็นสารทำงานในกลุ่มฮาโลคาร์บอน มีลักษณะเป็นสารทำงานแบบไอเซนโทรปิก (Isentropic type)

การใช้สารทำงาน R-141b ในระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ พบว่า มีความดันสารทำงานด้านสูงและต่ำเท่ากับ  $2,427.64\text{ kPa}$  และ  $112.28\text{ kPa}$  ตามลำดับ ที่อัตราการไหลเท่ากับ  $0.89\text{ kg/s}$  และมีผลต่างเอนทัลปีที่เครื่องขยายตัวเท่ากับ  $58.80\text{ kJ/kg}$  ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากสารทำงานที่ออกจากหม้อต้มมีอุณหภูมิสูง ( $177.20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) จึงทำให้ค่าเอนทัลปีมีค่าสูงตามไปด้วย และส่งผลให้ระบบผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงตามไปด้วย มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.19 ดังแสดงในตารางที่ 4



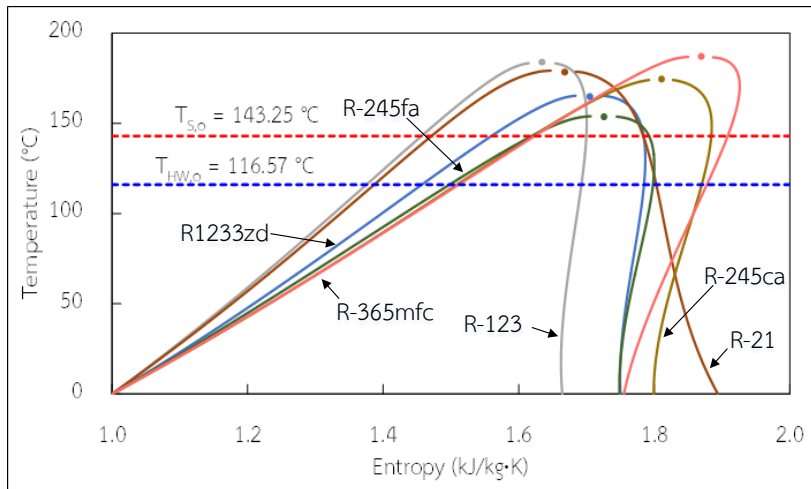
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและเอนโทรปีของสารทำงานที่เหมาะสมกับน้ำมันร้อน

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ร่วมกับน้ำมันร้อน

| รายละเอียด                                                     | ปริมาณ   | หน่วย |
|----------------------------------------------------------------|----------|-------|
| ความดันด้านสูง ( $P_H$ )                                       | 2,427.64 | kPa   |
| ความดันด้านต่ำ ( $P_L$ )                                       | 112.28   | kPa   |
| ผลต่างเอนทัลปีที่เครื่องขยายตัว ( $\Delta h_{EX}$ )            | 58.80    | kJ/kg |
| อัตราการไหลของสารทำงาน ( $\dot{m}_{ref}$ )                     | 0.89     | kg/s  |
| ประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ( $\eta_{ORC}$ ) | 14.19    | %     |

ภาพที่ 7 แสดงสารทำงานในระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ที่สามารถใช้งานร่วมกับไอน้ำได้อย่างเหมาะสม มีจำนวน 6 ชนิด คือ R-123 R-1233zd R-21 R-245ca R-245fa และ R-365mfc เป็นสารทำงานที่มีอุณหภูมิวิกฤตอยู่ในช่วง 143.25-189.61 °C ซึ่งสารทำงานทั้ง 6 ชนิด ดังกล่าวเป็นสารทำงานในกลุ่มฮาโลคาร์บอน มีลักษณะเป็นสารทำงานแบบแห้ง (Dry type) และแบบไอเซ็นโทรปิก

จากตารางที่ 5 พบว่า สารทำงาน R-21 มีความดันของสารทำงานสูงที่สุด คือ ความดันด้านสูงและต่ำเท่ากับ 2,237.18 kPa และ 253.05 kPa ตามลำดับ รวมทั้งมีผลต่างเอนทัลปีที่เครื่องขยายตัวสูงที่สุดด้วยเช่นกัน ที่ค่าเท่ากับ 41.42 kJ/kg ในขณะที่ R-123 ให้อัตราการไหลสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.05 kg/s แต่หากพิจารณาประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้า พบว่า สารทำงาน R-245ca มีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 11.70 ดังนั้นสารทำงานในระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ที่เหมาะสมใช้งานร่วมกับไอน้ำ คือ R-245ca โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพทางความร้อนเป็นตัวแปรสำคัญ



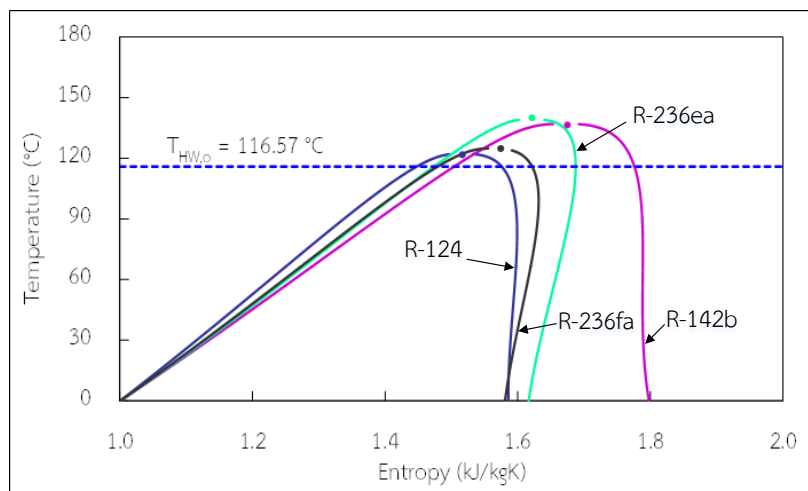
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและเอนโทรปีของสารทำงานที่เหมาะสมกับไอน้ำ

ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์ร่วมกับไอน้ำ

| รายละเอียด                                                 | R-123    | R-1233zd | R-21     | R-245ca  | R-245fa  | R-365mfc |
|------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ความดันด้านสูง ( $P_H$ , kPa)                              | 1,376.15 | 1,803.04 | 2,237.18 | 1,658.48 | 2,212.51 | 1,074.27 |
| ความดันด้านต่ำ ( $P_L$ , kPa)                              | 130.53   | 183.09   | 253.05   | 145.46   | 211.72   | 83.76    |
| ผลต่างเอนทัลปีที่เครื่องขยายตัว ( $\Delta h_{EX}$ , kJ/kg) | 33.53    | 36.80    | 41.42    | 40.01    | 36.49    | 39.62    |
| อัตราการไหล ( $\dot{m}_{ref}$ , kg/s)                      | 1.05     | 0.94     | 0.90     | 0.84     | 0.92     | 0.83     |
| ประสิทธิภาพ ( $\eta_{ORC}$ , %)                            | 10.52    | 11.19    | 10.88    | 11.70    | 10.71    | 10.50    |

ภาพที่ 8 แสดงผลการจำลองสารทำงาน R-124 R-142b R-236ea และ R-236fa ที่เหมาะสมกับน้ำร้อน โดยมีค่าอุณหภูมิวิกฤติในช่วง 116.57-143.25 °C ที่อุณหภูมิสูงสุดของน้ำร้อนเท่ากับ 116.57 °C ซึ่งสารทำงาน 4 ชนิดดังกล่าว เป็นสารทำงานในกลุ่มสารทำงานกลุ่มฮาโลคาร์บอน มีลักษณะเป็นสารทำงานแบบแห้งและแบบไอเซ็นโทรปิก

จากผลในตารางที่ 6 พบว่า สารทำงาน R-124 ความดันด้านสูงและต่ำมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,867.51 kPa และ 515.39 kPa ตามลำดับ ที่อัตราการไหลเท่ากับ 1.34 kg/s เพราะสารทำงาน R-124 มีจุดเดือดค่อนข้างต่ำ มีค่าเท่ากับ -11.96 °C และให้ค่าผลต่างเอนทัลปีที่เครื่องขยายตัวน้อยที่สุดในขณะที่สารทำงาน R-142b ให้ค่าผลต่างเอนทัลปีที่เครื่องขยายตัวสูงสุด คือ 24.34 kJ/kg และสารทำงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ R-236ea มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.58 ดังนั้นในด้านพลังงานสารทำงานที่เหมาะสมใช้ร่วมกับน้ำร้อนอุณหภูมิ 116.57 °C คือ R-236ea



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและเอนโทรปีของสารทำงานที่เหมาะสมกับน้ำร้อน

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ร่วมกับน้ำร้อน

| รายละเอียด                                          | R-124    | R-142b   | R-236ea  | R-236fa  | หน่วย |
|-----------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| ความดันด้านสูง ( $P_H$ )                            | 1,867.51 | 1,633.22 | 1,207.90 | 1,494.81 | kPa   |
| ความดันด้านต่ำ ( $P_L$ )                            | 515.39   | 454.30   | 288.00   | 375.11   | kPa   |
| ผลต่างเอนทัลปีที่เครื่องขยายตัว ( $\Delta h_{EX}$ ) | 17.62    | 24.34    | 19.09    | 17.64    | kJ/kg |
| อัตราการไหล ( $\dot{m}_{ref}$ )                     | 1.34     | 1.00     | 1.20     | 1.29     | kg/s  |
| ประสิทธิภาพ ( $\eta_{ORC}$ )                        | 7.06     | 7.24     | 7.58     | 7.19     | %     |

จากผลการศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปผลการศึกษาเพื่อนำไปประยุกต์และต่อยอดร่วมกับแหล่งพลังงานทดแทนด้านความร้อนของประเทศไทย ได้ดังนี้ คือ การใช้น้ำมันร้อนเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนเหมาะกับเชื้อเพลิงขยะที่มีค่าความร้อนสูง ๆ เช่น ขยะติดเชื้อทางการแพทย์ (ค่าความร้อนต่ำ 26.92 MJ/kg [Yatsunthea and Chaiyat, 2020]) ในขณะที่ไอน้ำเหมาะสำหรับขยะชุมชน (ขยะถุงดำ) ที่มีค่าความร้อนไม่สูงมาก และน้ำร้อนเหมาะสำหรับขยะที่มีความชื้นสูง เช่น ขยะจากตลาดสด และขยะที่มีเศษชีวมวลผสม เป็นต้น

## 5. สรุปผลและการอภิปรายผล

น้ำมันร้อนมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 189.61 °C เมื่อใช้งานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ที่ใช้สารทำงาน R-141b ซึ่งเป็นเพียงสารทำงานชนิดเดียวที่สามารถใช้งานร่วมกับน้ำมันร้อนได้ จะให้ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าเท่ากับร้อยละ 14.19 เหมาะสำหรับขยะที่มีค่าความร้อนสูง เช่น ขยะติดเชื้อทางการแพทย์

ไอน้ำเหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิประมาณ 143.25 °C สามารถใช้สารทำงาน 6 ชนิด คือ R-123 R-1233zd R-21 R-245ca R-245fa และ R-365mfc ในระบบผลิตไฟฟ้าวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ โดยสารทำงาน R-245ca เหมาะสมมากที่สุดในด้านประสิทธิภาพที่ให้ค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 11.70 และเหมาะสำหรับขยะที่มีค่าความร้อนปานกลาง เช่น ขยะชุมชน

น้ำร้อนเหมาะสำหรับใช้งานที่อุณหภูมิประมาณ 116.57 °C และมีสารทำงาน 4 ชนิด คือ R-124 R-142b R-236ea และ R-236fa ที่สามารถใช้งานร่วมกับแหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำ

โดยสารทำงาน R-236ea ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 7.58 เหมาะสำหรับขยะที่มีค่าความร้อนต่ำ เช่น ขยะที่มีความชื้นสูง ขยะที่ผสมเศษชีวมวลสด

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทางวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียน สำหรับนักศึกษาาระดับบัณฑิตศึกษา (2561) ที่มอบทุนการสนับสนุนสำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

## 7. อักษรย่อและสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์  | คำนิยาม                  | ความหมาย                  | หน่วย              |
|------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| A          | Area                     | พื้นที่                   | m <sup>2</sup>     |
| Cp         | Specific heat capacity   | ความจุความร้อนจำเพาะ      | kJ/kg□K            |
| CV         | Coefficient of viscosity | ความหนืด                  | mPa□s              |
| g          | Gravity                  | แรงโน้มถ่วง               | m/s <sup>2</sup>   |
| h          | Enthalpy                 | เอนทัลปี                  | kJ/kg              |
| k          | Thermal conductivity     | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน | W/m□K              |
| $\dot{m}$  | Mass flow rate           | อัตราการไหล               | kg/s               |
| P          | Pressure                 | ความดัน                   | MPa                |
| Q          | Heating capacity         | อัตราการถ่ายเทความร้อน    | kW                 |
| SC         | Subcooling               | ค่าสถานะเย็นยิ่ง          | °C                 |
| SH         | Superheating             | ค่าสถานะร้อนยวดยิ่ง       | °C                 |
| s          | Entropy                  | เอนโทรปี                  | kJ/kg□K            |
| T          | Temperature              | อุณหภูมิ                  | °C                 |
| TH         | Thick                    | ความหนา                   | m                  |
| t          | Time                     | เวลา                      | s                  |
| V          | Volume                   | ปริมาตร, ความจุ           | m <sup>3</sup>     |
| v          | Velocity                 | ความเร็ว                  | m/s                |
| W          | Power                    | กำลังไฟฟ้า                | kW                 |
| X          | Vapor quality            | คุณภาพไอ                  | %                  |
| ตัวกรีก    | คำนิยาม                  | ความหมาย                  | หน่วย              |
| $\eta$     | Efficiency               | ประสิทธิภาพ               | %                  |
| $\epsilon$ | Effectiveness            | ประสิทธิผล                | %                  |
| $\rho$     | Density                  | ความหนาแน่น               | kg/m <sup>3</sup>  |
| v          | Specific volume          | ปริมาตรจำเพาะ             | m <sup>3</sup> /kg |

### ตัวห้อย คำนิยาม

|     |                     |     |                           |
|-----|---------------------|-----|---------------------------|
| 0   | Environment         | AIT | Auto-Ignition temperature |
| a   | Average             | B   | Boiler                    |
| C   | Condenser           | c   | Cool                      |
| E   | Exhaust             | EX  | Expander                  |
| e   | Electricity energy  | FP  | Flash point               |
| f   | Liquid              | G   | Generator                 |
| g   | Gas                 | H   | High                      |
| HF  | Hot fluid           | HO  | Hot oil                   |
| HW  | Hot water           | ICH | incinerator combined heat |
| i   | Inlet               | L   | Low                       |
| NB  | Normal boiling      | ORC | Organic Rankine cycle     |
| o   | Outlet              | P   | Pump                      |
| RDF | Refuse derived fuel | S   | Steam                     |
| s   | Isentropic          | th  | Thermal energy            |

### 8. เอกสารอ้างอิง

- Bujak, J. (2009). Experimental study of the energy efficiency of an incinerator for medical waste, **Applied Energy**. 86, pp. 2386-2393.
- Chaiyat, N. and Kiatsirirot, T. (2015). Analysis of combined cooling heating and power generation from organic Rankine cycle and absorption system, **Energy**. 91, pp. 363-370.
- Li, J., Pei, G., Li, Y., Wang, D. and Ji, J. (2012). Energetic and exergetic investigation of an organic Rankine cycle at different heat source temperatures, **Energy**. Vol.38(1), pp. 85-95.
- Ministry of Energy. (2020). **Alternative Energy Development Plan: AEDP2015**, [online], Available: [http://www.dede.go.th/download/files/AEDP%20Action%20Plan\\_Final.pdf](http://www.dede.go.th/download/files/AEDP%20Action%20Plan_Final.pdf).
- NIST (National Institute of Standards and Technology). (2018). (Refprop Version 10: Customer Number 40754). **Thermodynamic Properties of Refrigerants and Refrigerant Mixtures Software**.
- PTT Hitemp 500. (2019). **PTT Public Company Limited**. [online], Available: [https://pttlubricants.pttor.com/assets/file\\_pds\\_msds/PTT%20HITEMP%20500.pdf](https://pttlubricants.pttor.com/assets/file_pds_msds/PTT%20HITEMP%20500.pdf).

- Rezeau, A. Díez, L.I., Royo, J. and Díaz-Ramírez, M. (2018). Efficient diagnosis of grate-fired biomass boilers by a simplified CFD-based approach, **Fuel Processing Technology**. 171, pp. 318-329.
- Saad, A. and Emad, H. (2019). Simulation of combustion of sesame and broad bean stalks in the freeboard zone inside a pilot-scale bubbling fluidized bed combustor using CFD modeling, **Applied Thermal Engineering**. 158, pp. 113767.
- Silva, J., Teixeira, J., Teixeira, S., Preziati, S. and Cassiano, J. (2017). CFD Modeling of Combustion in Biomass Furnace, **Energy Procedia**. 120, pp. 655-672.
- Soria, J., Gauthier, D., Falcoz, Q., Flamant, G. and Mazza, G. (2013). Local CFD kinetic model of cadmium vaporization during fluid bed incineration of municipal solid waste, **Journal of Hazardous Materials**. 248-249, pp. 276-284.
- Sung, T. and Kim, K.C. (2017). An organic Rankine cycle for two different heat sources: steam and hot water, **Energy Procedia**. 129, pp. 883-890.
- Yatsunthea, T. and Chaiyat N. (2020). A Very Small Power Plant – Municipal Waste of the Organic Rankine Cycle and Incinerator from Medical and Municipal Wastes, **Thermal Science and Engineering Progress**, Vol.18C, 100555.
- Wakaiyang, Y. and Chaiyat, N. (2016). Analysis of Selection Working Fluid of Organic Rankine Cycle for Thailand, **The 9<sup>th</sup> Thailand Renewable Energy for Community Conference (TREC-9)**, Doi Saket, Chiang Mai. (in Thai)
- Wang, X., Levy, E.K., Pan, C., Romero, C.E., Banerjee, A., Rubio-Maya, C. and Pan, L. (2019). Working fluid selection for organic Rankine cycle power generation using hot produced supercritical CO<sub>2</sub> from a geothermal reservoir, **Applied Thermal Engineering**. 149, pp. 1287-1304.
- Wissing, F., Wirtz, S. and Scherer, V. (2017). Simulating municipal solid waste incineration with a DEM/CFD method – Influences of waste properties, grate and furnace design, **Fuel**. 206, pp. 638-656.
- Zhong, H., Xiong, Q., Zhu, Y., Liang, S., Zhang, J., Niu, B. and Zhang, X. (2019). CFD modeling of the effects of particle shrinkage and intra-particle heat conduction on biomass fast pyrolysis, **Renewable Energy**. 141, pp. 236-245.

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งโดยการประยุกต์ ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

## The Development of Banana baked with honey Products by Applying Quality Function Deployment

ภาณุวัฒน์ วงศ์แสงน้อย<sup>1\*</sup>

Phanuwat Wongsangnoi<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>สาขาวิชาเครื่องกลและอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000 โทรศัพท์ 09 1064 8232 โทรสาร 0 4297 0053

<sup>1\*</sup>Mechanical and Industrial Faculty of Industrial Technology

Sakon Nakhon Rajabhat University, Mueang, Sakon Nakhon 47000 Tel. 09 1064 8232 Fax 0 4297 0053

E-mail: wongsangnoi@hotmail.com

วันที่รับบทความ 3 กุมภาพันธ์ 2563

Received: Feb. 3, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ 16 พฤษภาคม 2563

Revised: May. 16, 2020

วันที่ตอบรับบทความ 27 พฤษภาคม 2563

Accepted: May. 27, 2020

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ด้วยการสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภคของกลุ่มลูกค้า ในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือ รวบรวมความต้องการของลูกค้า โดยการสัมภาษณ์ จัดกลุ่มปัจจัยความต้องการของลูกค้าด้วยแผนผังกลุ่มเชื่อมโยงเพื่อดำเนินการจัดทำแบบสอบถาม และหาน้ำหนักความสำคัญของความต้องการแต่ละปัจจัยของผลิตภัณฑ์ ส่วนที่ 2 คือ สร้างบ้านคุณภาพเพื่อหาข้อกำหนดทางเทคนิค ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค โดยให้คะแนนค่าความสัมพันธ์และจัดลำดับ ผลที่ได้ คือ พัฒนาผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีความสำคัญ และวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีทดสอบทางประสาสัมพันธ์ พบว่า คะแนนโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งด้านวัตถุดิบ ฉลาก และภาชนะบรรจุ คือ 8.87, 8.56 และ 8.42 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 10

**คำสำคัญ:** การพัฒนาผลิตภัณฑ์, กล้วยอบน้ำผึ้ง, การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

### Abstract

The objective of this research was to find guidelines for the development of banana baked with honey products, to meet the needs of customers, by applying quality function distribution techniques and surveying consumer behavior of customer groups in the North, Central, Northeast and South of Thailand. There were 2 parts to the operations: 1) gather the needs of customers by interviewing customer groups in relation to demand factors using a linked group diagram questionnaire and finding the weight of importance of each product factor; 2) create a grouping to find the technical specifications,

the relationship between technical specifications, and the relationship between customer demand factors and technical specifications by rating the correlations and ranking. The results of developing products according to important technical specifications and analysis using sensory tests found that the average scores of banana baked with honey products for raw materials, labels and packaging were 8.87, 8.56 and 8.42 respectively, out of 10 points.

**Keywords:** Product Development, Banana baked with honey, Quality Function Deployment

## 1. บทนำ

กล้วยหอมเป็นกล้วยที่นิยมบริโภคและนำมาแปรรูปเป็นอาหารได้หลายชนิด มีน้ำตาลซูโครส ฟรักโทส และกลูโคส ช่วยเพิ่มความสดชื่นให้ร่างกาย เป็นที่นิยมสำหรับนักวิ่งระยะไกลหรือนักกีฬาที่ออกกำลังกายหนักเป็นประจำ มีสารอัลลิซิน (Allicin) และแร่เซเลเนียม (Mineral Selenium) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ นอกจากนี้กล้วยหอมยังมีกรดอะมิโนประเภททริปโตเฟนที่ช่วยกระตุ้นฮอร์โมนเซโรโทนินทำให้ร่างกายรู้สึกผ่อนคลาย (สุขลดความเครียด) (Teot, C., and Sanyiso, E., 2018) พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญและสามารถนำมาใช้ในรูปแบบพลังงานความร้อนที่มีศักยภาพสูง ในวงการวิทยาศาสตร์นิยมมาใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกในการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงต่าง ๆ โดยมีหลายประเทศได้พัฒนาและปรับปรุงสร้างต้อบพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น เพื่อใช้สำหรับอบแห้งหรือลดความชื้นในการเก็บถนอมอาหารได้นานขึ้น และสามารถนำอาหารไปแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม อีกทั้งยังเป็นการประหยัดพลังงานและค่าเชื้อเพลิงอีกด้วย (Baka, H., and Others, 2016) การอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งในการถนอมอาหารที่คนไทยใช้กันมานาน โดยเฉพาะกับผลผลิตทางการเกษตร เช่น กล้วย พริก เป็นต้น การอบแห้งถือเป็นการแปรรูปและยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตทางการเกษตรได้อีกด้วย (Chungcharoeniraj, S., and Suparot, T., 2019)

จากการศึกษาและสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงคิดที่จะหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง ให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า ที่ได้จากการสำรวจความต้องการของกลุ่มเป้าหมายรวม 4 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ และให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานในการจำหน่ายต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าในแต่ละภูมิภาคทั่วประเทศ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

## 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 3.1 ขอบเขตที่ระบุ สมมติฐาน

เสียงเรียกร้องของลูกค้า (Voice of Customer: VOC) โดยการสำรวจความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งด้วยเทคนิคการประชุมกลุ่ม (Focus Group) จากกลุ่มเป้าหมาย

รวม 4 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ โดยใช้กลุ่มเป้าหมายผู้ซื้อที่บริโภคผลิตภัณฑ์จากผลไม้ จำนวน 400 คน

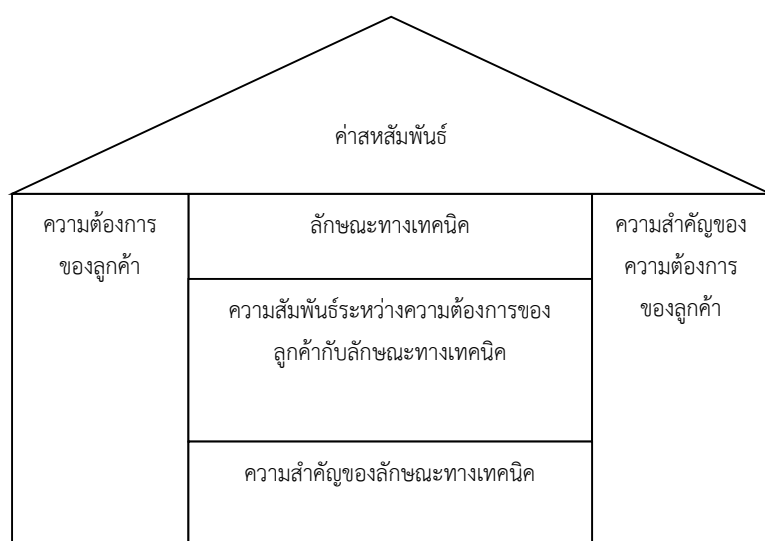
### 3.2 วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

จัดกลุ่มปัจจัยความต้องการหรือคุณลักษณะที่พึงประสงค์ที่เหมือนกัน ให้เป็นความต้องการเดียวกัน แล้วจัดเป็นหมวดหมู่ด้วยแผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagram) และวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการเบื้องต้นของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง โดยใช้แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) เพื่อรวมความต้องการที่คล้ายหรือซ้ำซ้อนให้เป็นหมวดหมู่ และวิเคราะห์ผลโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วย เพื่อทดสอบหาความชอบของคุณลักษณะด้าน สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด และ 9 ชอบมากที่สุด (Srisuk, S., 2016) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการทดสอบการยอมรับของลูกค้าและทำการเก็บข้อมูล จำนวน 400 ชุด จากกลุ่มเป้าหมายรวม 4 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ โดยใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากตารางกำหนดขนาดตัวอย่างของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขนาดความคลาดเคลื่อน  $\pm 5\%$  ขนาดประชากร  $>100,000$  คน (Yamane, T., 1973) และคำนวณระดับคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามโดยจะใช้แบบ Geometric Mean ดังสมการที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าเฉลี่ยน่าเชื่อถือที่สุด โดยมักใช้กับข้อมูลจากแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นการเลือกระดับคะแนน ดังสมการที่ 1

$$\begin{aligned} \text{Geometric Mean} &= (N_1 * N_2 * N_3 * \dots * N_n)^{1/n} \\ N &= \text{ค่าของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม} \\ 1, 2, 3, \dots, n &= \text{จำนวนข้อมูล} \end{aligned} \quad (1)$$

### 3.3 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ตามขั้นตอนการทำเทคนิค QFD ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์คือใช้ House of Quality



ภาพที่ 2 บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality) (Srithong, C., and Others, 2016)

การสำรวจความต้องการของลูกค้า (Customer Requirements) และระดับคะแนนของความสำคัญแต่ละปัจจัย (Importance Rating: IMP) ของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง จากนั้นทำการพิจารณาโดยแปลงเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคต่าง ๆ (Technical Requirements) ที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค และความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค โดยนำมาเขียนอยู่ในรูปของเมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Relationships) และใช้สัญลักษณ์แสดงระดับความสัมพันธ์ (Cohen, 1995) จากนั้นหาค่าน้ำหนักความสำคัญ (Absolute Technical Requirement Importance Level: AI) โดยการแปลงสัญลักษณ์เป็นคะแนนความสัมพันธ์ แล้วนำไปคูณด้วยคะแนนน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัย (IMP) ที่มากที่สุดระหว่างผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อ้างอิง ดังสมการที่ 2

$$AI = \sum (\text{ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคต่อความต้องการของลูกค้า} \times IMP) \quad (2)$$

และนำมาหาค่าน้ำหนักความสำคัญ (% Relative) ซึ่งคำนวณดังสมการที่ 3

$$\% \text{ Relative} = (AI / \sum AI) \times 100 \quad (3)$$

และจัดลำดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirements) (Jitpichitbanjong, P., 2015) แล้วเลือกข้อกำหนดทางเทคนิค ที่มีค่า % Relative Requirement Importance มากที่สุด 3 อันดับแรกมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD)

1) จากการรวบรวมเสียงเรียกร้องของลูกค้า เพื่อให้ได้ปัจจัยความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง ทำให้ทราบถึงคุณลักษณะที่ลูกค้าพึงพอใจในตัวสินค้า และสิ่งที่คาดหวังในตัวผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง เป็นการค้นหาข้อเท็จจริงจากกลุ่มลูกค้าในแง่เกี่ยวกับทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งสามารถสรุปประเด็นปัจจัยความต้องการได้จำนวน 23 ปัจจัย คือ

1. ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ
2. มีการประชาสัมพันธ์ที่ดี
3. หาซื้อได้ง่าย
4. แสดงข้อมูลทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค
5. แสดงข้อมูลประโยชน์ที่ได้รับ
6. แสดงข้อมูลส่วนประกอบ
7. แสดงตรารับรองความปลอดภัย
8. บอกภาพลักษณ์สินค้าชัดเจน

9. แสดงวันผลิตและวันหมดอายุ

10. ปิดผนึกมิดชิด สมบูรณ์

11. บรรจุภัณฑ์พกพาง่าย

12. เสริมวิตามินและแร่ธาตุ

13. ขนาดพอดีคำ

14. รสชาติอร่อย

15. เนื้อสัมผัสนุ่ม

16. วัตถุดิบคุณภาพดี

17. สีสวยงาม

18. ไม่ใส่สารแต่งสีและกลิ่น

19. ไม่มีคอเรสเตอรอล

20. ปริมาณน้ำตาลต่ำ

21. ปริมาณเกลือต่ำ

22. ไม่ใส่สารกันเสีย

23. ไม่ใส่ผงชูรส

2) จัดกลุ่มความต้องการของลูกค้า โดยสามารถจัดกลุ่มปัจจัยความต้องการของลูกค้าออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ด้านการตลาด และด้านตัวสินค้า สำหรับด้านการตลาด ประกอบด้วย ราคา ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการขาย ส่วนด้านตัวสินค้า ประกอบด้วย กลิ่น/สี/รส คุณลักษณะทางกายภาพ วัตถุดิบ ไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ มีประโยชน์ต่อร่างกาย บรรจุภัณฑ์ และคุณภาพโดยทั้ง 2 กลุ่ม ประกอบไปด้วยปัจจัยความต้องการของลูกค้าโดยรวม 23 ปัจจัยข้างต้น

3) นำข้อมูลปัจจัยความต้องการของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง มาทำการออกแบบสอบถามกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย เพื่อหาคะแนนน้ำหนักความสำคัญของความต้องการแต่ละปัจจัย โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งจากการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง โดยการใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญกับกลุ่มผู้บริโภคในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ จำนวน 400 คน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 53.5 อายุ 25 - 34 ปี ร้อยละ 38.35 การศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 55.45 ประกอบอาชีพค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว ร้อยละ 25.00 มีรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 15,001 - 20,000 บาท ร้อยละ 38.75 คำนึงถึงปริมาณการบริโภคต่อวัน ร้อยละ 78.58 ชอบทานผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง ร้อยละ 73.55 เลือกซื้อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งทานด้วยตนเอง ร้อยละ 86.35 รับประทานผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง สัปดาห์ละ 4-5 ครั้ง ร้อยละ 48.35 ความสนใจในตัวผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง ร้อยละ 75.75 หากผลิตภัณฑ์วางขาย มีแนวโน้มที่จะซื้อ ร้อยละ 85.45

ส่วนที่ 2 ระดับความต้องการในแต่ละปัจจัยที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง และส่วนที่ 3 ระดับ ความพึงพอใจในแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง พบว่า คะแนนน้ำหนักความต้องการแต่ละปัจจัยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนน้ำหนักความต้องการแต่ละปัจจัยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง

| ปัจจัยความต้องการที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ | IMP       |
|--------------------------------------------------|-----------|
|                                                  | ผลิตภัณฑ์ |
| ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ                             | 4.23      |
| หาซื้อได้ง่าย                                    | 3.89      |
| มีการประชาสัมพันธ์ที่ดี                          | 3.71      |
| รสชาติอร่อย                                      | 4.26      |
| สีสวยงาม                                         | 3.96      |
| เนื้อสัมผัสนุ่ม                                  | 4.41      |
| ขนาดพอดีคำ                                       | 3.82      |
| มีคุณภาพดี                                       | 3.74      |
| ไม่ใส่ผงชูรส                                     | 4.51      |
| ไม่ใส่สารแต่งสีและกลิ่น                          | 4.75      |
| ไม่ใส่สารกันเสีย                                 | 4.61      |
| ไม่มีคอเลสเตอรอล                                 | 4.42      |
| ปริมาณน้ำตาลต่ำ                                  | 4.31      |
| ปริมาณเกลือต่ำ                                   | 4.46      |
| เสริมวิตามินและแร่ธาตุ                           | 4.56      |
| แสดงข้อมูลทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค         | 3.58      |
| แสดงข้อมูลประโยชน์ที่ได้รับ                      | 4.47      |
| แสดงข้อมูลส่วนประกอบ                             | 3.97      |
| แสดงตรารับรองความปลอดภัย                         | 4.23      |
| แสดงวันผลิตและวันหมดอายุ                         | 4.34      |
| บอกภาพลักษณ์สินค้าชัดเจน                         | 4.08      |
| ปิดผนึกมิดชิด สมบูรณ์                            | 4.18      |
| พกพาง่าย                                         | 3.82      |

#### 4.2 ผลการสร้างบ้านคุณภาพ (HOQ)

สร้างตารางบ้านคุณภาพ โดยทำการวิเคราะห์ข้อกำหนดทางเทคนิค ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค และความสัมพัทธ์ระหว่างปัจจัยความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค ในรูปแบบของเมตริกซ์ โดยใช้สัญลักษณ์ความสัมพันธ์ และแปลงสัญลักษณ์เป็นคะแนนความสัมพันธ์ แล้วนำไปคูณด้วยคะแนนน้ำหนักความต้องการแต่ละปัจจัยที่มากที่สุดระหว่างผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง และจัดลำดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิค ได้ดังภาพที่ 3

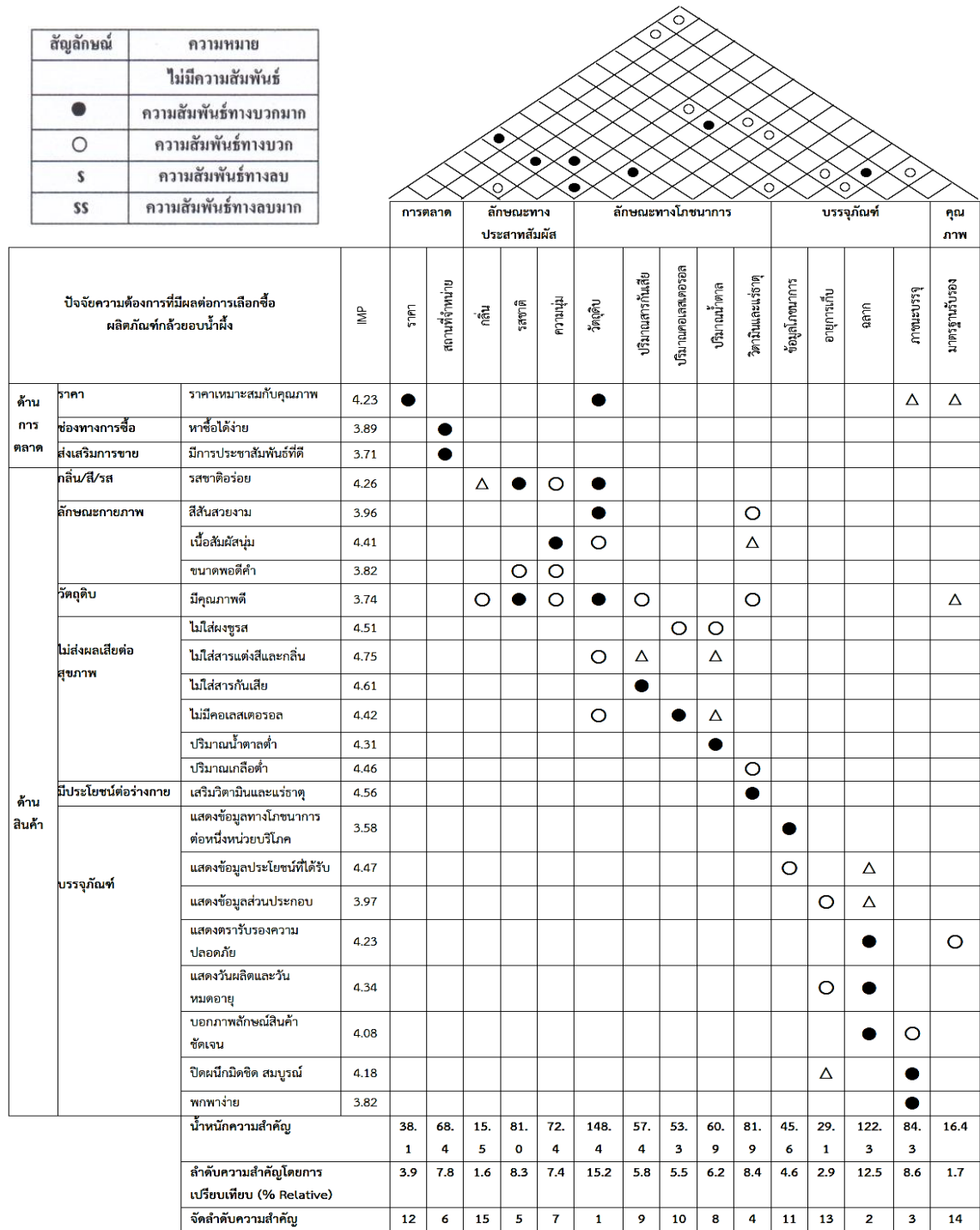
เลือกข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีลำดับความสำคัญ 3 อันดับแรก คือ วัตถุดิบ ฉลาก และภาชนะบรรจุ มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้มากที่สุด

## 5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้ พบว่าเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า โดยการนำปัจจัยความต้องการของลูกค้ามาใช้ในการสร้างตารางบ้านคุณภาพ เพื่อวิเคราะห์หาข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีลำดับความสำคัญอันดับต้น ๆ และนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้งให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด สำหรับการจัดลำดับความสำคัญ 3 อันดับแรกที่นำมาใช้ในการพัฒนา คือ วัตถุดิบ โดยได้ทำการหาสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง ด้วยวิธีการทดลองแบบส่วนผสม (Mixture Design) ซึ่งส่วนผสมประกอบด้วย กล้วยน้ำว้า: น้ำผึ้ง: เกลือ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรที่อัตราส่วนผสมร้อยละของกล้วยน้ำว้า: น้ำผึ้ง: เกลือ เท่ากับ 93: 0.5: 6.5 วิเคราะห์ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง ด้านวัตถุดิบ ฉลาก และภาชนะบรรจุ ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยคะแนนของผู้บริโภคต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง

| ด้านความชอบ  | คะแนนเฉลี่ย |
|--------------|-------------|
| ด้านวัตถุดิบ | 8.87        |
| ฉลาก         | 8.56        |
| ภาชนะบรรจุ   | 8.42        |



ภาพที่ 3 บ้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง

จากภาพที่ 3 บำรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง จะเห็นได้ว่าการจัดลำดับความสำคัญ 3 ลำดับแรก คือ วัตถุดิบ ฉลาก และภาชนะบรรจุ ซึ่งมีความสัมพันธ์มากจากการวิเคราะห์ของปัจจัยความต้องการที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กล้วยอบน้ำผึ้ง

## 6. เอกสารอ้างอิง

- Baka, H., et al. (2016). Study on Drying Efficiency of Snakehead Fish using a Solar Combined Solar Oven, **Journal of Science and Technology**, Vol.1 (1) Jan-M. Nov. 2016, pp. 13-24.
- Chakrit Srithong, C., and Srithong, O. (2016). Product Development by Quality Duty Conversion Technique In the furniture industry: a case study of the design of an office chair, **Journal of Walailong Alongkorn. Valayayalongkorn Rajabhat University**. 2016; Vol.6 (2), 113.
- Chungcharoennirachon, S., and Supharot, T. (2019). Study on Baked Banana Water with Waste Heat. From modular air conditioning system, Academic, **journal Faculty of Industrial Technology Lampang Rajabhat University**, Vol.12 (1) January 2019 - June 2019, pp 100 – 111.
- Cohen, L. (1995). “**Quality Function Deployment How to Make QFD Work for You**”. Prentice-Hall. New Jersey.
- Pichitbanjong, P. (2015). Development of lemon grass herbal tea by applying quality dispersion techniques and experimental design, **Journal of Narathiwat Rajanagarindra University**. 2015; Vol.7 (1), pp.48-49.
- Srisuk, S. (2016), Product Development of Ready to Drink Yogurt from Millet Milk, **Journal of Science and Technology**, Vol.1 (2) Jul-Dec 2016, pp 53-64.
- Teotoch, C., and Sasaniso, E. (2018). Estimation of the natural convection coefficient of dried banana and purple taro using solar energy, **Srinakharinwirot University Journal (Science and Technology Program)**, Vol.10 (20) July - December 2018, Page 1-12.
- Yamane, T. (1973). **Statistics: an Introductory Analysis**. Tokyo: Harper International Edition

การพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมเชิงความหมายบนอุปกรณ์เคลื่อนที่  
เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก  
The Development of Semantic Augmented Reality on Mobile  
Devices for Chronic Disease Care of Aging, Watbot District,  
Phitsanulok Province

ยอดเพชร ทองขาว<sup>1\*</sup>

Yodpeth Tongkhao<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
ต.พลาชุมพล อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 โทรศัพท์ 08 9959 9480 Email: yoto15@gmail.com

<sup>1\*</sup>Department of Computer Engineering, Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University  
Playchumpol Sub-district, Muang District, Phitsanulok, 65000, Thailand  
Tel. 08 9959 9480 Email: yoto15@gmail.com

วันที่รับบทความ 17 ตุลาคม 2562  
Received: Oct. 17, 2019

วันที่รับแก้ไขบทความ 10 มิถุนายน 2563  
Revised: Jun. 10, 2020

วันที่ตอบรับบทความ 15 มิถุนายน 2563  
Accepted: Jun. 15, 2020

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษารูปแบบฐานความรู้เชิงความหมาย เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ 2) เพื่อพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมเชิงความหมายบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ และ 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการค้นคืนความรู้เชิงความหมายและการเชื่อมโยงกับสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก เก็บรวบรวมองค์ความรู้จากตำราทางการแพทย์ และสัมภาษณ์เชิงลึกบุคลากรทางการแพทย์ จำนวน 10 คน เพื่อนำมาสร้างฐานความรู้เชิงความหมายด้วยออนโทโลยีที่ช่วยจัดระบบการนำเสนอสื่อความเป็นจริงเสริมในรูปแบบโมบายแอปพลิเคชัน และทำการประเมินความถูกต้องในการค้นคืนความรู้ ผลการวิจัยพบว่า ฐานความรู้ออนโทโลยีแบ่งออกเป็น 3 ระดับชั้น เชื่อมต่อกับสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อแนะนำการสังเกตอาการผิดปกติทางร่างกาย โรคที่เกี่ยวข้อง และโภชนาการ การประเมินความถูกต้องในการสืบค้นข้อมูลได้ค่า F-measure เท่ากับร้อยละ 84.8 และผู้ใช้พึงพอใจต่อระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด

**คำสำคัญ:** ฐานความรู้เชิงความหมาย, ความเป็นจริงเสริม, อุปกรณ์เคลื่อนที่, การดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุ

### Abstract

The aims of this study, carried out in Watbot district, Phitsanulok province, were 1) to study the pattern of the semantic knowledge base for chronic disease care of the elderly; 2) to develop the semantic augmented reality on mobile devices for chronic disease care of the elderly; and 3) to assess performance of the retrieval of semantic knowledge linked to AR for chronic disease care of the elderly. This research collected data from medical textbooks and in-depth interviews with 10 medical persons in order

to create the semantic knowledge base using the concept of ontology, which helped to organize the AR on a mobile application and assess searching accuracy. This research found that the semantic knowledge base was divided into 3 layers and linked to AR for recommending the observation of abnormal physical symptoms, related diseases, nutrition, and exercises. The result of accuracy assessment using F-measure was 84.8%. Overall, users' satisfaction with the system was at a very high level.

**Keywords:** Semantic Knowledge Base, Augmented Reality, Mobile Devices, Care of the Elderly

## 1. บทนำ

จากรายงานขององค์การสหประชาชาติ ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า ประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (South-Eastern Asia) มีประชากรรวมกันประมาณ 634 ล้านคน โดยมีประชากรผู้สูงอายุประมาณ 59 ล้านคน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.3 ของประชากรทั้งหมด โดยประเทศที่ติดอันดับ 3 ลำดับแรก ได้แก่ ประเทศสิงคโปร์ มีประชากรที่อายุเกินกว่า 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 17.9 ประเทศไทย มีประชากรที่อายุเกินกว่า 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 15.8 และประเทศเวียดนาม มีประชากรที่อายุเกินกว่า 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 10.3 (United Nation, 2015) ในส่วนของประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 และคาดการณ์ว่าจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ และมีจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในปี พ.ศ. 2564 และปี พ.ศ. 2578 ตามลำดับ หากสังเกตจะพบว่า ประเทศไทยใช้เวลาในการก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์เพียงแค่ 20 กว่าปีเท่านั้น ซึ่งถือว่าใช้เวลาน้อยมากจากผลการสำรวจภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ พบว่า โรคที่มักพบในผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคความดันเลือดสูง เบาหวาน ข้ออักเสบ/ข้อเสื่อม โรคถุงลมโป่งพอง/หลอดลมปอดอุดกั้นเรื้อรัง หลอดเลือดหัวใจตีบ กล้ามเนื้อหัวใจตาย และอัมพาต (Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute, 2016)

การพัฒนาสื่อสารสนเทศเพื่อให้ความรู้การดูแลสุขภาพมีหลากหลายรูปแบบ เช่น ไฟล์ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ภาพเคลื่อนไหว คลิปวิดีโอ และอีบุ๊ก ที่นำเสนอบนเว็บไซต์ รวมทั้งได้มีการนำสื่อความเป็นจริงเสริม (AR: Augmented reality) และเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง (VR: Visual reality) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการโต้ตอบได้ทันทีทันใด มาบูรณาการความบันเทิงกับกิจกรรมการส่งเสริมสุขภาพในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ โดยที่ AR จะช่วยให้ประสบการณ์เสมือนจริงแก่ผู้ใช้ โดยการจัดวางสารสนเทศดิจิทัลไว้บนโลกแห่งความจริง และทำให้ผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดในด้านร่างกายได้รับประสบการณ์ในการเข้าถึงข้อมูลและเยี่ยมชมความรู้ในสถานที่ต่าง ๆ ได้ (Lee, L.N., et al., 2019) จากการวิเคราะห์สภาพปัญหาการนำเสนอข้อมูลสารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ และการพัฒนาสื่อ AR เพื่อให้ความรู้ การดูแลสุขภาพในปัจจุบัน พบว่า มีการนำเสนอเนื้อหาข้อมูลและวัตถุที่ให้ผลลัพธ์เฉพาะเรื่องที่ใช้ต้องการค้นหาเท่านั้น โดยไม่ได้มีการเชื่อมโยงเพื่อเรียกเนื้อหาความรู้ที่มีความเกี่ยวข้องและอยู่ในขอบเขตที่ผู้ใช้สนใจและเป็นประโยชน์อื่น ๆ ขึ้นมาแสดง ซึ่งเนื้อหาความรู้ดังกล่าวอาจเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งานในการใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนดูแลสุขภาพ อีกทั้งสื่อ AR รูปแบบเดิม จะให้เนื้อหาความรู้การดูแลสุขภาพในภาพรวมเท่านั้น ซึ่งการพัฒนาสื่อความเป็นจริง

เสริมบนพื้นฐานของกระบวนการเชิงความหมายด้วยออนโทโลยี จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบายบริบทของข้อมูลสารสนเทศ ที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันเสริมเติมเต็มจากระบบ AR แบบเดิม โดยออนโทโลยีจะช่วยรวมข้อมูลที่ต่างกัน ให้เกิดการเชื่อมโยงเชิงความหมายในส่วนต่าง ๆ ได้ (Kim H., et al., 2017)

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเชิงความหมายบนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ในครั้งนี้ จะทำให้ได้เทคนิคใหม่ในการผสมผสานเทคโนโลยี เพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงข้อมูลการดูแลสุขภาพที่มีความครอบคลุมในขอบเขตความรู้ที่เป็นประโยชน์ และอยู่ในขอบเขตความสนใจ รวมทั้งได้รับคำแนะนำการดูแลและเฝ้าระวังทางสุขภาพด้วยตนเองผ่านเทคโนโลยีสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้นิยามศัพท์ที่สำคัญใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) ฐานความรู้เชิงความหมาย คือ การนำหลักการออนโทโลยีมาใช้สร้างระบบจัดการองค์ความรู้เชิงความหมาย ในการดูแลผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด 2) ความเป็นจริงเสริม คือ เทคโนโลยีที่ช่วยผสมสื่อมัลติมีเดียลงบนสภาพแวดล้อม/พื้นผิววัตถุจริง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การสร้าง QR Code ในการระบุตำแหน่งการแสดงองค์ความรู้ 3) อุปกรณ์เคลื่อนที่ คือ สมาร์ทโฟนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ 4) การดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุ คือ คำแนะนำการดูแลสุขภาพขั้นพื้นฐาน ซึ่งผู้สูงอายุสามารถศึกษาและทำความเข้าใจได้เอง

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษารูปแบบฐานความรู้เชิงความหมาย เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

2.2 เพื่อพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมเชิงความหมายบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย และการเชื่อมโยงกับสื่อความเป็นจริงเสริมเพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขต และขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรในงานวิจัยนี้ คือ แพทย์เวชศาสตร์ครอบครัว และพยาบาลชำนาญการ สังกัดโรงพยาบาลวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก จำนวนทั้งหมด 52 คน ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด ในชุมชนตำบลท่างาม อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ปี 2562 จำนวนทั้งหมด 76 คน และญาติผู้ดูแลผู้ป่วยสูงอายุ จำนวน 91 คน (Watbot hospital, 2019)

2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาและรวบรวมข้อมูล จำแนกได้ 2 กลุ่ม ได้แก่

(1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษารูปแบบฐานความรู้เชิงความหมาย สื่อความเป็นจริงเสริม และประเมินประสิทธิภาพของการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย คือ แพทย์เวชศาสตร์ครอบครัว

และพยาบาลชำนาญการ สังกัดโรงพยาบาลวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก โดยทำการคัดเลือกแบบเจาะจงเฉพาะผู้ที่มีประสบการณ์ในการดูแลรักษาสุขภาพผู้ป่วยสูงอายุ ไม่ต่ำกว่า 10 ปี จำนวน 10 คน

(2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ถ่ายทอดวิธีการใช้งาน และประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชัน คือ ผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด ในชุมชนตำบลท่างาม อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก และญาติผู้ดูแลผู้ป่วยสูงอายุ ในชุมชนตำบลท่างาม อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก โดยคัดเลือกแบบเจาะจงเฉพาะผู้ที่สามารถอ่านออกเขียนได้ และใช้งานสมาร์ทโฟนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 30 คน

### 3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ฐานความรู้เชิงความหมาย และสื่อความเป็นจริงเสริม มีการนำเสนอเนื้อหาความรู้ในรูปแบบภาพเสมือนจริง 2D และคลิปปิวดิโอ เพื่อส่งเสริมสุขภาพและให้คำแนะนำใน 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) การแนะนำอาหารที่เหมาะสมกับโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด 2) การแนะนำการสังเกตอาการผิดปกติ ที่บ่งบอกถึงอาการโรคที่มีระดับความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น และ 3) การบ่งบอกโรคที่มีความเกี่ยวข้องจากอาการแทรกซ้อนต่าง ๆ

### 3.3 ขอบเขตด้านระบบ

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน เพื่อเชื่อมต่อกับระบบการจัดการฐานความรู้เชิงความหมายและสื่อความเป็นจริงเสริม และการออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในของระบบ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงาน/ขั้นตอนการประมวลผล ดังนี้

#### 1) ผู้ดูแลระบบ/ผู้จัดการความรู้

(1) การจัดการฐานกฎเชิงความหมายเพื่อเข้าถึงโหนดความรู้ เพื่อการแนะนำ

(2) การปรับปรุงรายการความรู้ในฐานความรู้ วัตถุ 2D และคลิปปิวดิโอ

#### 2) ผู้สูงอายุ/ผู้ดูแล

(1) การจัดเก็บข้อมูลประวัติส่วนตัวและข้อมูลทางสุขภาพเบื้องต้นของผู้สูงอายุ

(2) บริการเข้าถึงและสืบค้นความรู้เชิงความหมายเพื่อผสานกับการนำเสนอสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อให้คำแนะนำในการดูแลสุขภาพด้วยตนเองแก่ผู้สูงอายุ และผู้ดูแล

(3) การเก็บพฤติกรรมกรเข้าดูคำแนะนำ และการโหวตคำแนะนำการดูแลสุขภาพที่เป็นประโยชน์โดยผู้สูงอายุ ผู้ดูแล หรือผู้ใช้งาน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการสร้างโมเดลการให้คำแนะนำที่มีความชาญฉลาดได้ในขั้นตอนต่อไป

### 3.4 ขอบเขตด้านเครื่องมือ จำแนกได้ 5 ส่วนหลัก ดังนี้

1) แบบรวบรวมข้อมูลองค์ความรู้การดูแลโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุจากตำราทางการแพทย์ จำแนกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ชื่อตำรา/แหล่งที่มาขององค์ความรู้ และ 2) การสรุปประเด็นความรู้การดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1) การดูแลโภชนาการ 2) สาเหตุและอาการผิดปกติ และ 3) การเฝ้าระวังโรคและอาการแทรกซ้อน

2) แบบสัมภาษณ์เชิงลึกกับบุคลากรทางการแพทย์ เพื่อเพิ่มเติมองค์ความรู้จากประสบการณ์การให้คำแนะนำการดูแลรักษาสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยต้ององค์ความรู้เพิ่มเติม ได้แก่ อาหารที่มีส่วนผสมของสมุนไพรที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วย วิธีการออกกำลังกาย และการดูแลแผลกดทับและแผลติดเชื้อ

3) แบบประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย และการเชื่อมโยงกับสื่อความเป็นจริงเสริม โดยทำการกำหนดรายการประเมิน จำนวน 5 รายการ ที่สำคัญในการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยบุคลากรทางการแพทย์ เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูลด้วยคำสำคัญที่เกี่ยวข้อง เช่น อาหารเบาหวานอาการผิดปกติ เป็นต้น

4) เครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบ จำแนกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

(1) ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ เครื่องผู้ให้บริการ (Web server)

(2) โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่

(2.1) โปรแกรม Protégé ใช้สร้างฐานความรู้ออนโทโลยี โดยการระบุคลาส/โหนดความรู้ แอตทริบิวต์ และลักษณะความสัมพันธ์ต่างๆ ตามขอบเขตคำแนะนำการดูแลสุขภาพ

(2.2) ภาษา Sparql ใช้คิวรีฐานความรู้ออนโทโลยี เพื่อให้ได้ข้อมูลความรู้เชิงความหมายในโหนดความรู้และโครงสร้างความสัมพันธ์เพื่อนำไปประสานกับการแสดงผลในส่วนของ AR

(2.3) Ionic framework เวอร์ชัน 5 และ Angular เวอร์ชัน 7 ใช้พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันในรูปแบบ Hybrid ที่ใช้ภาษา Angular ในการเขียนส่วนประมวลผลข้อมูล

(2.4) ภาษา Python เวอร์ชัน 3 และไลบรารี RdfLib ใช้พัฒนา Semantic services รับ - ส่งโครงสร้างความรู้เชิงความหมายไปยัง AR โดยการแบ่งปันความรู้จะอยู่ในรูปแบบ Json

(2.5) MySQL ใช้พัฒนาระบบจัดเก็บเนื้อองค์ความรู้ที่มีการปรับปรุงตลอดเวลา โดยการออกแบบจะพิจารณาออนโทโลยีส่วนของคลาส/โหนดความรู้ เปลี่ยนเป็นตารางข้อมูลแอตทริบิวต์เป็นฟิลด์ข้อมูล และสร้างความสัมพันธ์ของตารางข้อมูลตามความสัมพันธ์ของออนโทโลยี

5) วิธีการประเมินผล จำแนกออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

(1) การประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย และการเชื่อมโยงสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อแนะนำการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ จากแพทย์เวชศาสตร์ครอบครัว และพยาบาลชำนาญการ จำนวน 10 คน แล้วนำมาหาค่า Precision, Recall และ F-measure โดยผลการทดสอบการสืบค้นออนโทโลยีจะได้ค่าพารามิเตอร์ 3 ค่า คือ (A) จำนวนข้อมูลที่ถูกต้องตามความสนใจแต่ไม่ถูกสืบค้น (B) จำนวนข้อมูลที่ถูกสืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ และ (C) จำนวนข้อมูลที่ถูกสืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าดังสมการต่อไปนี้ (Manning et al., 2008, p. 158)

$$\text{Precision} = \frac{A}{A + C} \times 100, \quad \text{Recall} = \frac{A}{A + B} \times 100$$

$$\text{F-measure} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

(2) การประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อระบบ จากผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด และญาติผู้ดูแลผู้ป่วยสูงอายุ จำนวน 30 คน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

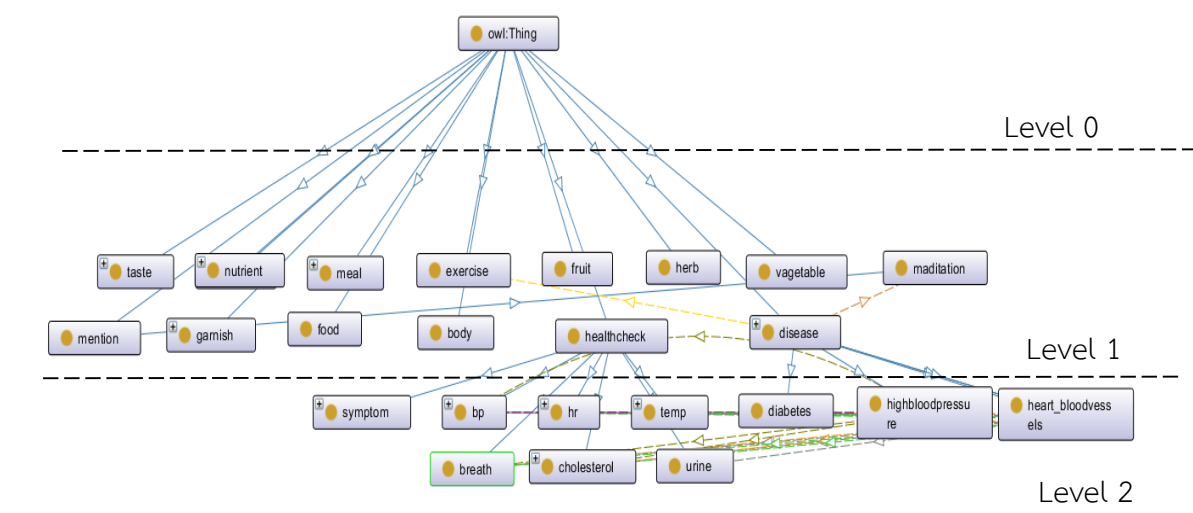
### 3.5 ขอบเขตด้านพื้นที่

โรงพยาบาลวัดโบสถ์ และชุมชนตำบลท่างาม อำเภอบัวโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย สรุปได้ดังนี้ คือ ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมองค์ความรู้การดูแลโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุจากตำราทางการแพทย์ และสัมภาษณ์เชิงลึกกับบุคลากรทางการแพทย์ จำนวน 10 คน จากนั้นทำการสรุปสาระความรู้ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อนำมาสร้างโครงสร้างโหนดความรู้และความสัมพันธ์เชิงความหมายตามคำสำคัญที่สกัดได้จากการรวบรวมข้อมูลด้วยหลักการออนโทโลยี จากนั้นผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความถูกต้องของออนโทโลยี เพื่อนำมาสร้างโมดูลบริการแลกเปลี่ยนความรู้ โมบายแอปพลิเคชัน และประเมินประสิทธิภาพการสืบค้นความรู้ด้วยค่า Precision, Recall และ F-measure รวมทั้งประเมินความพึงพอใจผู้สูงอายุที่มีต่อระบบฯ

## 4. ผลการวิจัย

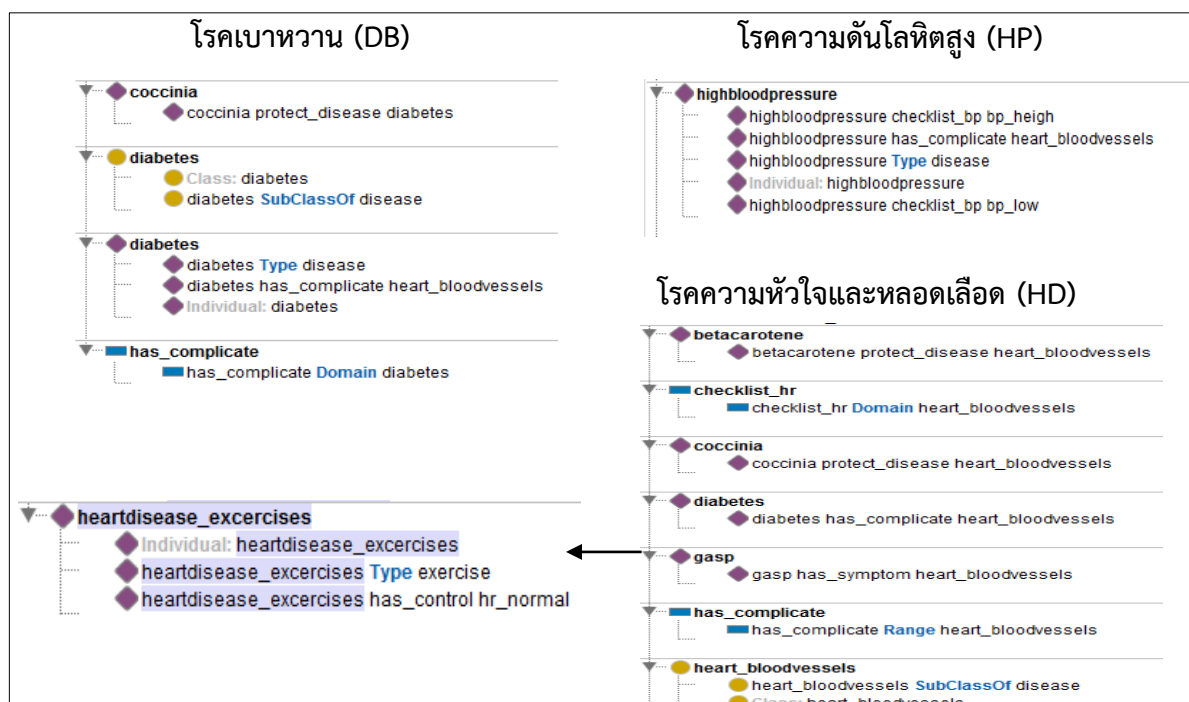
4.1 ผลการศึกษารูปแบบฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุ

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมองค์ความรู้จากตำราทางการแพทย์ และสัมภาษณ์เชิงลึกบุคลากรทางการแพทย์ จำนวน 10 คน สามารถสรุปสาระความรู้เพื่อการแนะนำการดูแลสุขภาพผู้ป่วยในกลุ่มโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด เพื่อนำมาสร้างฐานความรู้เชิงความหมายด้วยออนโทโลยี ได้ดังนี้



ภาพที่ 1 ฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อส่งเสริมการดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุ

จากภาพที่ 1 ฐานความรู้ออนโทโลยีเพื่อการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในกลุ่มโรคเรื้อรัง แบ่งเป็น 3 ชั้น ความรู้ จำนวนทั้งหมด 25 โหนดความรู้ โดยจัดเก็บรวบรวมความรู้เกี่ยวกับสาเหตุการโรค วิธีการตรวจวัดและสังเกตความผิดปกติของร่างกาย โภชนาการและสมุนไพรบำบัดโรค และความเสี่ยงต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ระบุถึงอาการความรุนแรงและโรคแทรกซ้อนอื่น ๆ



ภาพที่ 2 โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงความหมายของโรค เพื่อย่งเสริมการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ

จากภาพที่ 2 ฐานความรู้ในส่วน DB จะแนะนำการรับประทานตำลึง (coccinia) ในการป้องกันโรคเบาหวาน โรคเบาหวานมีอาการแทรกซ้อน คือ โรคหัวใจและหลอดเลือด (heart\_bloodvessels) จากนั้นจะเชื่อมโยงกับส่วน HD ที่แนะนำการรับประทานตำลึงที่มีสารเบตาแคโรทีน (เช่นเดียวกับแครอท และผักทองที่เก็บไว้ในออนโทโลยีในคลาส vegetable) เพื่อป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด เช่นเดียวกัน สำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานที่มีโรคหัวใจแทรกซ้อนให้สังเกตอาการเหนื่อยหอบ (Gasp) และควรออกกำลังกาย (heartdisease\_exercises) ที่ต้องควบคุมชีพจรไม่เกินค่าปกติ (has\_control > hr\_normal) และส่วน HP แนะนำให้มีการตรวจวัดความดันที่บ่งบอกถึงค่าความดันสูงกว่าปกติ (bp\_high) และต่ำกว่าปกติ (bp\_low) และคอยสังเกตความผิดปกติที่อาจเกิดโรคแทรกซ้อนที่สำคัญ คือ โรคหัวใจและหลอดเลือด

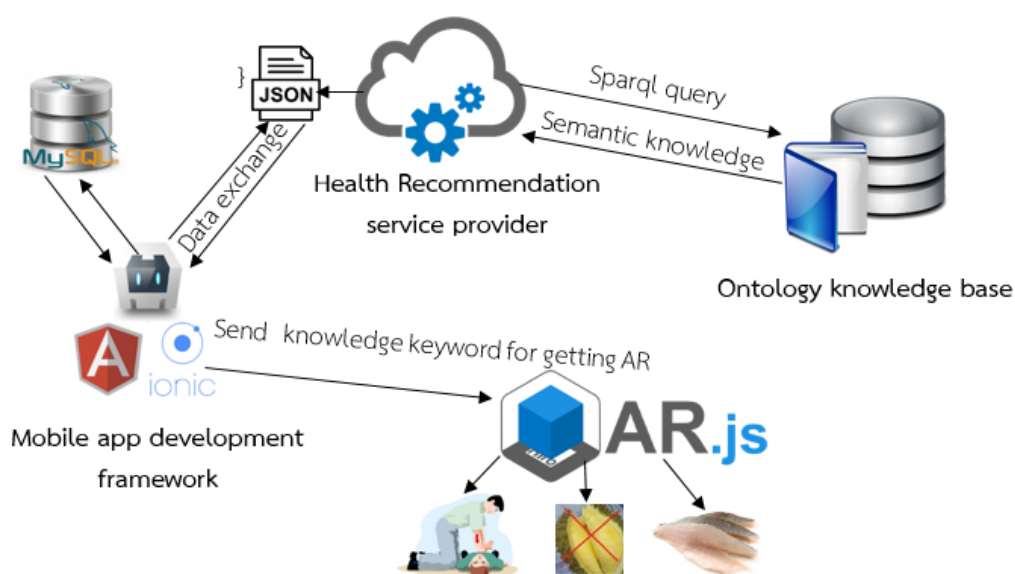
ทั้งนี้ ออนโทโลยีจะมีการเชื่อมต่อกับชุดคำสั่งในการคิวรีข้อมูลเชิงความหมายด้วยภาษา Sparql ดังตัวอย่างการตรวจสอบค่าความดันโลหิต และแนะนำการดูแลสุขภาพโรคความดันโลหิตสูง ในเรื่องอาหาร และการสังเกตอาการผิดปกติที่จะนำไปสู่การเกิดโรคแทรกซ้อน ดังนี้

```

SELECT ?level ?op ?bp1 ?bp2 ?meal ?food ?herb ?symptomrisk ?diseaserisk
WHERE { ?level rdf:type x:%s ?level x:bp_top ?bp1.
        ?level x:bp_top2 ?bp2 ?level x:eat_meal ?meal.
        ?food x:hasmaterial ?meal ?level x:beware_symptom.
        ?symptomrisk FILTER(%s >= ?bp1 && %s <= ?bp2) }

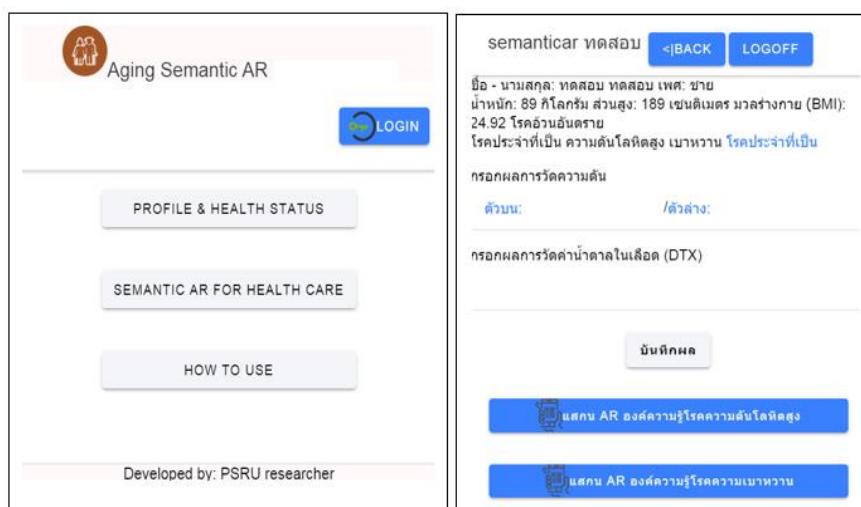
```

4.2 ผลการพัฒนากระบวนการเชิงความหมาย สำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุ



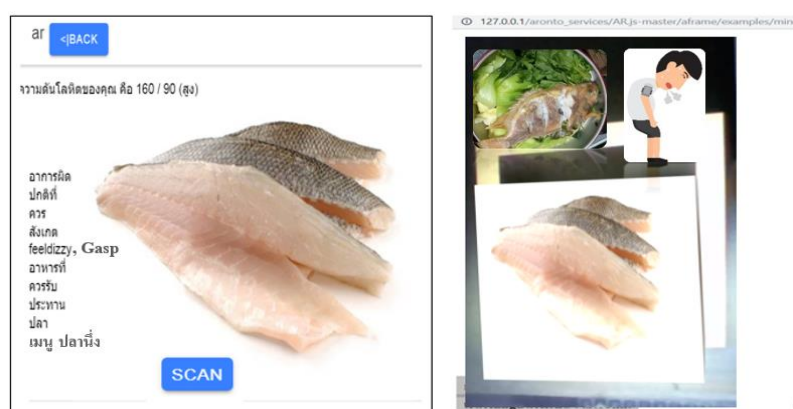
ภาพที่ 3 สถาปัตยกรรมระบบ

จากภาพที่ 3 สถาปัตยกรรมระบบเชิงความหมายสำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุ ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ 1) ฐานความรู้ออนโทโลยี (OKB) 2) ผู้ให้บริการแนะนำความรู้การดูแลสุขภาพ (HPSP) 3) โมบายแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค (MBFW) 4) ระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL DBMS) และ 5) เครื่องมือสร้างสื่อ AR (AR.js) โดยกระบวนการจะเริ่มที่ HPSP จะเข้าถึงองค์ความรู้เชิงความหมายด้วยการคิวรีผ่านชุดคำสั่ง Sparql จากนั้น นำโครงสร้างความรู้ที่ได้มาเข้ารหัสในรูปแบบ Json เพื่อให้ MBFW สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ จากนั้นทำการส่งชื่อความรู้ไปคิวรีเนื้อหาความรู้ที่เก็บอยู่ใน MySQL DBMS เพื่อแสดงเนื้อหาความรู้บน MBFW พร้อมทั้งส่ง keyword ไปดึงสื่อ AR แบบ 2 D ที่เก็บไว้ในแหล่งเก็บข้อมูลวนรอบออกมา แสดงตามโครงสร้างความรู้ในขณะที่ผู้ใช้ได้สแกน target



ภาพที่ 4 โมบายแอปพลิเคชันหน้าจอหลัก และหน้าจอกรอกข้อมูลการตรวจวัดค่าทางสุขภาพ

จากภาพที่ 4 โมบายแอปพลิเคชันจะมีหน้าจอให้ผู้ใช้ในการกรอกประวัติ และข้อมูลโรคเรื้อรังที่เป็นและผลการตรวจวัดค่าทางสุขภาพ เพื่อส่งค่าขึ้นไปที่ services ที่ต่อเชื่อมกับฐานความรู้ออนโทโลยีที่ผสมผสานกับสื่อ AR แบบ 2 มิติ



ภาพที่ 5 โมบายแอปพลิเคชันการสแกนสื่อ AR ที่เชื่อมต่อกับฐานความรู้เชิงความหมาย

จากภาพที่ 5 เมื่อผู้ใช้คลิกที่ปุ่มสแกน AR จากรูปที่ 3 จะเข้าสู่หน้าจอแสดงข้อมูลด้านโภชนาการ สมุนไพรบำบัดโรค และความเสี่ยงต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ระบุถึงอาการความรุนแรงและโรคแทรกซ้อนอื่น ๆ ตามโครงสร้างของฐานความรู้ ทั้งนี้ เมื่อผู้ใช้คลิกที่ปุ่ม Scan และนำโทรศัพท์สแกนไปที่เป้า (Target) ระบบก็จะทำการวนรอบแสดงสื่อ AR ในการแนะนำข้อมูลการดูแลสุขภาพตามขอบเขตความรู้ โดยการ สแกนเพียง Target เพียงจุดเดียว แต่ระบบอาจแสดงสื่อ AR ที่มีมากกว่า 1 สื่อ/ภาพที่มีความเกี่ยวข้องตามความสัมพันธ์เชิงความหมายในระบบฐานความรู้ ที่ช่วยให้ผู้ใช้เกิดความเข้าใจในการดูแลสุขภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น เช่นตัวอย่าง ที่มีการกรอกข้อมูลระดับความดันโลหิตที่วัดได้ 160/90 ระบบจะตรวจสอบว่าเป็นความดันโลหิตสูง จากนั้นจะทำการประมวลผลและดึงความรู้มาแสดงอาหารที่แนะนำเป็นสื่อ AR บนพื้นผิว คือ เนื้อปลา ปลานึ่ง และอาการเหนื่อยหอบ ซึ่งทั้ง 3 สื่อ/ภาพ

มีความเกี่ยวข้องกันเชิงความหมาย คือ เนื้อปลา สามารถทำอาหารที่ไม่ใส่น้ำมัน คือ การนึ่ง และในขณะนี้ตรวจพบอาการความดันโลหิตสูงมาก สิ่งที่ควรสังเกตตนเองอันดับแรก คือ มีอาการเหนื่อยหอบหรือไม่

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการค้นคว้าความรู้เชิงความหมาย และการเชื่อมโยงกับสื่อความเป็นจริงเสริม เพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก และการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ระบบ

**ตารางที่ 1** ผลการประเมินประสิทธิภาพของการค้นคว้าความรู้เชิงความหมาย และการเชื่อมโยงกับสื่อความเป็นจริงเสริมเพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                                                                                                                                         | ผลการค้นคว้าความรู้เชิงความหมาย                     |                                                     |                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                | จำนวนข้อมูลที่สืบค้นได้และถูกต้องตามความสนใจ (A)    | จำนวนข้อมูลที่ถูกต้องตามความสนใจแต่ไม่ถูกสืบค้น (B) | จำนวนข้อมูลที่สืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ (C) |
| 1. อาหารและสารอาหารที่เหมาะสม และช่วยป้องกันโรคเบาหวาน และโรคหัวใจ และหลอดเลือด (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ อาหารประเภทหนึ่งและต้ม, ผัก/ผลไม้ที่มีเบตาแคโรทีน, ผลไม้หวานน้อย)         | 5<br>(ปลาเนื้อ, ตำลึง, แครอท, ฟักทอง, ฝรั่ง)        | 0                                                   | 0                                                   |
| 2. อาการผิดปกติสำคัญที่ทั้งผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูงควรสังเกตเพื่อเฝ้าระวังอาการแทรกซ้อน (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ โรคหัวใจและหลอดเลือด, โรคไตวาย, เหนื่อยหอบ) | 2<br>(โรคหัวใจและหลอดเลือด, เหนื่อยหอบ)             | 1<br>(โรคไตวาย)                                     | 0                                                   |
| 3. ท่าทางการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับโรคหัวใจและหลอดเลือด (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ เดินแกว่งแขน, อัตราการเต้นหัวใจไม่เกิน 100 ครั้ง/นาที)                                           | 2<br>(ท่าเดินแกว่งแขน, อัตราการเต้นหัวใจแต่ละระดับ) | 0                                                   | 1<br>(เต้นแอโรบิก)                                  |
| 4. ผักผลไม้ที่เป็นสมุนไพรช่วยป้องกันโรค (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ กะเทียม, ตำลึง, มะระขี้นก)                                                                                        | 2<br>(กะเทียม, ตำลึง)                               | 1<br>(มะระขี้นก)                                    | 0                                                   |

**ตารางที่ 1** ผลการประเมินประสิทธิภาพของการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย และการเชื่อมโยงกับสื่อความเป็นจริงเสริมเพื่อการดูแลโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก (ต่อ)

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                                                                                | ผลการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย                      |                                                        |                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                                                                                       | จำนวนข้อมูลที่สืบค้นได้และถูกต้องตามความสนใจ<br>(A) | จำนวนข้อมูลที่ถูกต้องตามความสนใจแต่ไม่ถูกสืบค้น<br>(B) | จำนวนข้อมูลที่สืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ<br>(C) |
| 5. การดูแลแผลกดทับและแผลติดเชื้อ (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ อาหารประเภทไข่, การลุกนั่ง, มีไข้, อัตราการหายใจ, อุปกรณ์ทำแผล) | 3<br>(วัดไข้, อาหารประเภทไข่, อุปกรณ์ทำแผล)         | 2<br>(อัตราการหายใจ, ทำทางลุกนั่ง)                     | 0                                                      |
| Mean                                                                                                                  | 2.8                                                 | 0.8                                                    | 0.2                                                    |
| Precision                                                                                                             | 93.3%                                               |                                                        |                                                        |
| Recall                                                                                                                | 77.8%                                               |                                                        |                                                        |
| F-measure                                                                                                             | 84.8%                                               |                                                        |                                                        |

จากตารางที่ 1 พบว่า การพัฒนากระบวนการเชิงความหมายสำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุ สามารถนำเสนอข้อมูลจากการสืบค้น และเชื่อมโยงกับสื่อความเป็นจริงเสริมเพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนตามความสนใจของผู้ใช้ โดยมีค่า F-measure เท่ากับร้อยละ 84.8

ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อกระบวนการเชิงความหมายสำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อส่งเสริมการดูแลสุขภาพด้วยตนเองของผู้สูงอายุในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.59$ ,  $SD = 0.57$ ) และสามารถเรียงด้านที่ผู้ใช้พึงพอใจสูงสุด – ต่ำสุด ได้แก่ 1) ด้านเนื้อหา ( $\bar{x} = 4.77$ ,  $SD = 0.57$ ) 2) ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบ ( $\bar{x} = 4.35$ ,  $SD = 0.60$ ) และ 3) ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ( $\bar{x} = 4.64$ ,  $SD = 0.55$ )

## 5. อภิปรายผลการวิจัย

การบูรณาการฐานความรู้เชิงความหมายกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จะช่วยนำเสนอองค์ความรู้ที่มีความซับซ้อน ให้มนุษย์สามารถรับรู้และเข้าใจในเนื้อหาและองค์ความรู้ที่บุคคลหรือองค์กรต้องการสื่อสารและประชาสัมพันธ์มากยิ่งขึ้น และทำให้ผู้ใช้รู้สึกเสมือนว่าเรื่องราวต่าง ๆ จำต้องได้ อีกทั้งเป็นการพัฒนานวัตกรรมสำหรับผู้สูงอายุให้สามารถดูแลสุขภาพด้วยตนเองในยุค 4.0 การนำแนวคิดออนโทโลยีมาใช้ในการพัฒนาฐานความรู้เชิงความหมาย จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูล ช่วยขยายคำค้นให้เข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และได้ผลลัพธ์ตรงตามที่ต้องการมากที่สุด เนื่องจาก ออนโทโลยีจะช่วยบรรยายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของระบบ

ผ่านโหนดแบบลำดับขั้น และถูกนำมาใช้ในงานหลายด้านโดยเฉพาะด้านปัญญาประดิษฐ์ (Kerschberg, L., et al., 2004) ทั้งนี้ สุปราณี ทัพมงคล และศิริกาญจนา พิลาบุตร (Tupmongkol, S. and Pilabutr, S., 2016) ได้ทำวิจัย เรื่องการสืบค้นข้อมูลเชิงความหมายของการท่องเที่ยวไทย ด้วยออนโทโลยีโดยใช้ RDF และ SPARQL โดยผลการสืบค้นและแนะนำความรู้ด้วยหลักการเชิงความหมาย ส่งผลให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการนำออนโทโลยีมาผสมผสานรวมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จะช่วยรวมข้อมูลที่ต่างกัน ให้เกิดการเชื่อมโยงเชิงความหมายในส่วนต่าง ๆ ได้ (Kim, H., et al., 2017) และการใช้เว็บเชิงความหมาย ร่วมกับ AR จะมีความสามารถในการแยกโมเดลข้อมูล และลอจิกของแอปพลิเคชัน รวมทั้งรองรับการขยายสารสนเทศอย่างต่อเนื่อง และจัดการข้อมูลที่มาจากแหล่งที่แตกต่างกันได้ (Matuszka, T., 2013) ซึ่งการผสมผสานกันของสองเทคโนโลยี จะช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับสื่อทางสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ และช่วยให้ผู้สูงอายุได้เข้าถึงระบบการดูแลสุขภาพด้วยตนเอง ผ่านเทคโนโลยีที่จับต้องได้ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะช่วยให้โมบายแอปพลิเคชันในรูปแบบ AR ที่มีการพัฒนาจำนวนมากในปัจจุบันเกิดความน่าสนใจเพิ่มมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังตอบสนองความต้องการของผู้สูงอายุที่ศักยภาพความจำลดลง ด้วยการนำเสนอเนื้อหาความรู้การดูแลสุขภาพผ่านสื่อมัลติมีเดียที่ง่ายต่อการจดจำเป็นลำดับ/หมวดหมู่ และให้ความรู้เชื่อมโยงครอบคลุมในขอบเขตความสนใจ

## 6. ข้อเสนอแนะ

6.1 การนำรูปแบบฐานความรู้เชิงความหมายที่เชื่อมโยงกับสื่อ AR ไปใช้ในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งอยู่ในกระบวนการดูแลระดับประจักษ์ที่บ้าน โดยมีบุคลากรทางการแพทย์และอาสาสมัครสาธารณสุขเป็นผู้ให้คำแนะนำการเข้าถึงเทคโนโลยี และปรับปรุงฐานความรู้ได้ตลอดเวลาในรูปแบบข้อความรายละเอียดการดูแลสุขภาพ และภาพนิ่ง เพื่อนำเสนอความรู้เพิ่มเติมจากสื่อ AR ที่ได้จัดเตรียมสื่อตัวอย่างไว้ในกระบวนการวิจัยเฉพาะที่จำเป็น

6.2 นักพัฒนาสามารถเข้ามาสร้าง/ปรับปรุง Ontology เพิ่มเติมเพื่อให้ครอบคลุมการดูแลสุขภาพในด้านอื่น ๆ และพัฒนา AR แบบ 3D เพิ่มเติม เพื่อประสานกับการแนะนำความรู้ตามโครงสร้างฐานความรู้ได้ และเป็นแนวทางการพัฒนาเฟรมเวิร์กที่ช่วยบูรณาการเทคโนโลยี AR กับ Ontology ในงานด้านอื่น ๆ ได้ เช่น การฝึกใช้เครื่องมือทางการแพทย์ การฝึกทักษะของช่างอิเล็กทรอนิกส์ และการส่งเสริมการท่องเที่ยว เป็นต้น

6.3 เพื่อให้เทคโนโลยีจากงานวิจัยมีความทันสมัย และได้เกิดการใช้อย่างแพร่หลายในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการพัฒนาฟังก์ชันการแบ่งปันสื่อ/QR Code ของ AR เชิงความหมายบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่เป็นนิยม เช่น Facebook Instagram และ Line หรืออาจพัฒนาแอปพลิเคชันบนพื้นฐานของสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อสร้างเครือข่ายผู้ป่วยแต่ละกลุ่มโรคได้แลกเปลี่ยนวิธีการดูแลสุขภาพและมีส่วนร่วมในการปรับปรุงฐานความรู้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute. (2016).  
**Situation of the Thai elderly 2016**. Bangkok: Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute.
- Kerschberg, L. and et al. (2004). **Knowledge Sifter: Ontology-Driven Search over Heterogeneous Databases**. USA: George Mason University, Fairfax, Virginia.
- Kim, H. and et al. (2017). **Ontology-based mobile augmented reality in cultural heritage sites: information modeling and user study**. Multimedia Tools and Applications December 2017, Vol.76(24), pp 26001–26029.
- Lee, L.N., Kim, M.J. and Hwang, W. J. (2019). **Potential of Augmented Reality and Virtual Reality Technologies to Promote Wellbeing in Older Adults**. Appl. Sci. 2019, 9, pp 2-17.
- Manning, C.D., Raghavan, P., Schütze, H. (2008). **Introduction to Information Retrieval**. Cambridge University Press, London: United Kingdom.
- Matuszka, T. (2013). **Augmented reality supported by semantic web technologies**. In the semantic web: semantics and big data. ESWC 2013. Lecture notes in computer science, Vol.7882. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Tupmongkol, S. and Pilabutr, S. (2016). **Thailand's tourism semantic web with ontology (RDF and SPARQL)**. APHEIT Journal Science & Technology, Vol.5(2) July – December 2016, pp 5-11.
- United Nation. (2015). **United Nations Summit on Sustainable Development 2015**. New York: United Nations Headquarters.
- Watbot hospital. (2019). **NCDs situation report 2019 in the Watbot district area**. Phitsanulok: Watbot hospital.

## ปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทาน ของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออก

### Causal Factors of Information Strategy for Supply Chain Management of Exporting Frozen Food Industrial

วัชร วัฒนารวี<sup>1\*</sup>

Watchara Watanarawee<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57000

โทรศัพท์ 08 6658 5999 โทรสาร 0 5377 6015 E-mail: Watchara.wat@crru.ac.th

Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University, 80 Bandu District, Muang, Chaing Rai, 57000

Tel: 08 6658 5999 Fax: 0 5377 6015 E-mail: Watchara.wat@crru.ac.th

วันที่รับบทความ 28 ตุลาคม 2562

Received: Oct. 28, 2019

วันที่รับแก้ไขบทความ 5 พฤษภาคม 2563

Revised: May. 5, 2020

วันที่ตอบรับบทความ 15 มิถุนายน 2563

Accepted: Jun. 15, 2020

#### บทคัดย่อ

สารสนเทศเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการจัดการโซ่อุปทาน ซึ่งถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออก ตลอดจนนำมาใช้ในการสร้างกลยุทธ์การแข่งขัน โดยมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ และคุณภาพของสารสนเทศ อันส่งผลต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออก การศึกษาครั้งนี้จะศึกษาถึงอิทธิพลเชิงโครงสร้างระหว่างปัจจัยเหล่านี้ เพื่อนำมาปรับปรุงสร้างความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยฉบับนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของประเทศไทย โดยสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นจากประชากรจำนวน 717 ราย ได้ตัวอย่างจำนวน 235 ราย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการตรวจสอบตัวแบบปัจจัยเชิงสาเหตุกับข้อมูลเชิงสาเหตุด้วยสถิติวัดความกลมกลืน

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุ พบว่าตัวแบบมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ค่าไค-สแควร์ = 70.220 องศาความเป็นอิสระ = 55 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ = 1.277 p-value = 0.081 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน = 0.956 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว = 0.927 ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน = 0.048 ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ = 0.036 ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีถึงเกณฑ์ = 0.965 ดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ = 0.992 ค่า HOELTER = 227.000 ดัชนี ทักเกอร์-ลูอิส = 0.989) โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของไทย มากที่สุดคือระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ ซึ่งมีค่ามาตรฐานของอิทธิพลรวมเท่ากับ 0.549 ในขณะที่ค่ามาตรฐานของอิทธิพลรวมจากคุณภาพของสารสนเทศ เท่ากับ 0.192 และค่ามาตรฐานของอิทธิพลทางตรงของโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เท่ากับ 0.192 ในขณะที่ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ มากที่สุดคือโครงสร้างพื้นฐาน

ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมีค่ามาตรฐานของอิทธิพลรวมเท่ากับ 0.305 และปัจจัยด้านคุณภาพของสารสนเทศมีค่ามาตรฐานของอิทธิพลโดยรวมเท่ากับ 0.206

**คำสำคัญ:** ปัจจัยเชิงสาเหตุ, สมการเชิงโครงสร้าง, โซ่อุปทาน, อุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออก

### Abstract

Key factors for establishing a competitive advantage within supply chain management used in the frozen food export industry include the Information Infrastructure, Strategic Information System and Information Quality. This quantitative research studied the causal factors of information strategy in the supply chain management of the frozen food export industry when applied to industrial operations and establishing a competitive advantage. The 235 samples were collected by questionnaires from 717 members of the public using stratified sampling. The data were analyzed by descriptive statistics and the causal model was verified according to goodness of fit indexes. The results were as follows: The causal model was developed according to the empirical data ( $\chi^2 = 70.220, d.f. = 55, \chi^2/d.f. = 1.277, p\text{-value} = 0.081, \text{Goodness of Fit Index} = 0.956, \text{Adjusted Goodness of Fit Index} = 0.927, \text{Root Mean Square Error of Approximation} = 0.048, \text{Comparative Fit Index} = 0.992, \text{HOELTER} = 227.000, \text{Tucker-Lewis Index} = 0.989$ ). The most influential factor affecting the supply chain management performance (SCP) was the strategic information system (SIS) with a 0.549 total effect. Meanwhile, the total effect of information system quality (ISQ) to the supply chain management performance (SCP) was 0.192, and the total effect of information technology infrastructure (ITF) to the supply chain management performance (SCP) was 0.192. Furthermore, the most influential factor affecting the strategic information system (SIS) was the information technology infrastructure (ITF) with a 0.305 total effect, whilst the total effect of information system quality (ISQ) was 0.192.

**Keywords:** Causal Factors, Structural Equation Modeling, Supply Chain, Frozen Food Export Industry

### 1. บทนำ

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้กำหนดยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนาประเทศไทยให้เป็นผู้นำในการผลิตอาหารที่ได้รับความนิยมไว้วางใจ เพื่อกระจายให้กับประเทศต่าง ๆ ทั้งในรูปแบบสินค้าขั้นปฐม สินค้ากึ่งสำเร็จรูป หรือสินค้าสำเร็จรูป โดยอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกนั้น เป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูงมีการเติบโตที่ดีมาโดยตลอด และมีศักยภาพที่ดีในการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันให้กับประเทศไทยในอนาคต (Office of National Economics and Social Development Council, 2017) ซึ่งปัจจุบันอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้นำแนวคิดด้านการ

โซ่อุปทานและการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2561) (Aeimsiriwong, 2018) ทั้งนี้ เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสิ่งปัจจัยสำคัญต่อการสร้างระบบสารสนเทศ (Laudon & Laudon, 2015) อันเป็นหัวใจสำคัญของโซ่อุปทาน ความสัมพันธ์ของโซ่อุปทานและระบบสารสนเทศ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการจัดการร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ (Zhou, Dan, & Zhang, 2017) ซึ่งอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกนั้นได้ขยายขอบเขตของธุรกิจได้มากขึ้น เนื่องจากการเปิดการค้าเสรี ความสะดวกในการคมนาคมระหว่างภูมิภาคและประเทศต่าง ๆ กอปรกับความก้าวหน้าเทคโนโลยีสารสนเทศ อันส่งผลต่อระบบสารสนเทศที่นำไปใช้เพื่อการจัดการโซ่อุปทานด้วย (Kotler, Keller, Ang, Tan, & Leong, 2018) ทั้งนี้สารสนเทศจะถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจในการบริหารจัดการในองค์กรต่าง ๆ เป็นที่รู้จักว่าระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ซึ่งประกอบด้วยระบบการประมวลผลรายการ (Transaction Process Management: TPS) และระบบการจัดการรายงาน (Management Report System: MRS) ในการดำเนินการของผู้บริหารระดับล่าง เพื่อนำไปสู่ระบบสารสนเทศสำหรับผู้บริหารระดับกลาง และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) และระบบสารสนเทศสำหรับผู้บริหาร (Executive Information System: EIS) จะใช้สำหรับผู้บริหารระดับสูงต่อไป (Laudon & Laudon, 2015) ทั้งนี้ ในปัจจุบันการนำระบบสารสนเทศในการบริหารจัดการจะถูกนำไปใช้อย่างทั่วถึงในการทำงานด้านต่าง ๆ ขององค์กรอย่างบูรณาการเพื่อใช้ทรัพยากรร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ เรียกว่าระบบการวางแผนทรัพยากรองค์กร (Enterprise Resource Planning: ERP) นอกจากนี้ ในยุคปัจจุบัน การนำสารสนเทศขององค์กรมาใช้งานนั้นยังได้รวมไปถึงการนำระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ประเภทต่าง ๆ มาใช้ในกระบวนการทำงานได้อีกด้วย ซึ่งสิ่งสำคัญในระบบต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมานั้น ย่อมขึ้นอยู่กับความถูกต้อง สมบูรณ์ และความรวดเร็วของสารสนเทศที่ได้ อันมาจากการประมวลผลข้อมูลในการทำงานเป็นเบื้องต้น หากการนำเข้าข้อมูลไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ สารสนเทศที่ได้ก็ย่อมไม่มีคุณภาพในการใช้งานได้ ดังคำกล่าวที่ว่า เมื่อนำขยะเข้าก็จะได้ขยะออกมา (Garbage In, Garbage Out) (Laudon & Laudon, 2015) ซึ่งความสำคัญของระบบสารสนเทศ กลยุทธ์สารสนเทศ และโซ่อุปทานนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างแนบแน่น อันจะส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมที่นำไปใช้อย่างแท้จริง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงศึกษาโดยใช้สมการเชิงโครงสร้าง (Structure Equation Model: SEM) เป็นเทคนิควิธีการทางสถิติที่มุ่งศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงเชิงทฤษฎีระหว่างตัวแปรแฝง (Latent Variables) กับตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) ด้วยระบบสมการหลายชั้น (Simultaneous Equation) อันเป็นวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบของงานวิจัยที่ใช้ในการยืนยัน (Confirmatory) แนวคิดที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงหรือข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของประเทศไทย และจะได้นำมาปรับปรุงพัฒนาในการประยุกต์ใช้เพื่อดำเนินงานของอุตสาหกรรมแช่แข็งส่งออก อันนำไปสู่การสร้างความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมและประเทศไทยต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของประเทศไทย

## 3. กรอบแนวคิดและสมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าโซ่อุปทานประกอบด้วยขั้นตอนที่มีต่อการตอบสนองความต้องการของลูกค้าภายใต้ระดับการบริการที่น่าพึงพอใจ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการไหลของสินค้า การเงิน และข้อมูลสารสนเทศโดยตรง ทั้งนี้ หากต้องการจัดการโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพแล้วจำเป็นต้องนำระบบสารสนเทศมาบูรณาการกับโซ่อุปทานด้วย โดยการจัดการระบบสารสนเทศมีระดับต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับกลยุทธ์องค์กรเรียกว่าระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ ซึ่งปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์นั้น คือโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังมีความวิจัยที่พบว่า คุณภาพของระบบสารสนเทศก็เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งนอกจากจะส่งผลต่อการนำไปใช้ระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์แล้ว ยังส่งผลโดยตรงต่อความสำเร็จขององค์กร ซึ่งในที่นี้คือประสิทธิภาพของการจัดการโซ่อุปทานอีกด้วย ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลต่อกันมาอย่างต่อเนื่องและได้นำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยมีสมมติฐานการวิจัยคือ

สมมติฐานข้อที่ 1 ระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์มีอิทธิพลโดยตรงทางบวกต่อประสิทธิภาพของการจัดการโซ่อุปทาน

สมมติฐานข้อที่ 2 คุณภาพของระบบสารสนเทศมีอิทธิพลโดยตรงทางบวกต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์

สมมติฐานข้อที่ 3 คุณภาพของระบบสารสนเทศมีอิทธิพลโดยตรงทางบวกต่อประสิทธิภาพของการจัดการโซ่อุปทาน

สมมติฐานข้อที่ 4 โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมีอิทธิพลโดยตรงทางบวกต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

### 4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการศึกษารั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหาร พนักงาน ของสถานประกอบการ อุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของประเทศไทย โดยใช้ทะเบียนรายชื่อผู้ส่งออกของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ (Department of International Trade Promotion, 2016) ที่ได้ตรวจสอบกับทะเบียนรายชื่อผู้ผลิตอาหารของกรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรมของประเทศไทย จำนวน 239 แห่ง ซึ่งเป็นผู้ประกอบการส่งออกอาหารแช่แข็งในภาพรวม ทั้งในระดับโรงงานผู้ผลิตและพ่อค้าคนกลางผู้ส่งออก โดยมีเป้าหมายในการเก็บตัวอย่างจากพนักงานระดับบริหารสถานประกอบการละ 1 ราย พนักงานที่เกี่ยวข้องด้านสารสนเทศหรือโซ่อุปทานแห่งละ 2 ราย รวมประชากรมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 717 ราย นำมากำหนดจำนวนตัวอย่างในการศึกษา โดยใช้โปรแกรม G\*Power โดยกำหนด Effect size ที่ 0.3

ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 220 ราย ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของการวิเคราะห์ (Hair, Black, Babin, Anderson, & Tatham, 2018)

ในการสุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ตามภูมิภาคเพื่อให้เกิดการกระจายของข้อมูลเหมาะสมตามสภาพของประชากรดังตารางที่ 1 จากนั้นจึงสุ่มข้อมูลอย่างเป็นระบบ (Systematic Random Sampling) โดยใช้ตารางเลขสุ่มจนได้จำนวนตัวอย่างที่เก็บได้จริง จำนวน 235 ราย

**ตารางที่ 1** แสดงจำนวนประชากรและตัวอย่างที่เก็บข้อมูลได้

| ภูมิภาค               | จำนวนประชากร | ร้อยละ       | จำนวนตัวอย่าง | ร้อยละ       |
|-----------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| ภาคกลาง               | 471          | 65.7         | 145           | 61.7         |
| ภาคตะวันออก           | 114          | 15.9         | 39            | 16.6         |
| ภาคใต้                | 48           | 6.7          | 20            | 8.5          |
| ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | 33           | 4.6          | 12            | 5.1          |
| ภาคเหนือ              | 27           | 3.8          | 10            | 4.3          |
| ภาคตะวันตก            | 24           | 3.3          | 9             | 3.8          |
| <b>รวม</b>            | <b>717</b>   | <b>100.0</b> | <b>235</b>    | <b>100.0</b> |

#### 4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaires) จะแบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของกิจการ เป็นข้อคำถามเลือกตอบตามความเป็นจริง จำนวนทั้งสิ้น 5 ข้อ ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องในกลยุทธ์ระบบสารสนเทศ ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (ITF) คุณภาพของสารสนเทศ (ISQ) และกลยุทธ์ด้านสารสนเทศ (SIS) ตอนที่ 3 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับการจัดการโซ่อุปทาน (SCP) โดยเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ 5 หมายถึง ดีมาก, 4 หมายถึง ดี, 3 หมายถึง ปานกลาง, 2 หมายถึง ไม่ดี, 1 หมายถึง ไม่ดีเป็นอย่างมาก โดยข้อคำถามในตอนที่ 2 ใช้กรอบแนวคิดด้านกลยุทธ์สารสนเทศ และจากแบบจำลองความสำเร็จของการใช้ระบบสารสนเทศจากงานวิจัยของ Montero (2019) และงานวิจัยของ Stripling (2017) ส่วนข้อคำถามในส่วนที่ 3 ปรับปรุงข้อคำถามจากคู่มือการจัดทำตัวชี้วัดประสิทธิภาพโลจิสติกส์และซัพพลายเชน (ILPI) ปี 2559 ของสำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม รวมทั้งข้อคำถามจากงานวิจัยที่ได้ทบทวนมาของ Bian, Shang, & Zhang (2016); Kabak, Ülengin, & Ekici (2018) และ Gani (2017)

#### 4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

เนื่องจากการวิจัยนี้ ใช้งานวิเคราะห์ด้วยตัวแบบสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Model) ตัวแปรที่ได้จากทบทวนวรรณกรรมจึงได้กำหนดไว้ ดังนี้

1) ตัวแปรแฝงภายนอก (Exogenous Latent Variables) ได้แก่

โครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศ (ITF) โดยมีโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (SYS) และโครงสร้างพื้นฐานด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้องทางเทคโนโลยีสารสนเทศ (PERS) เป็นตัวแปรสังเกตได้ภายใน (Endogenous Observed Variables)

คุณภาพของระบบสารสนเทศ (ISQ) โดยมีคุณภาพของสารสนเทศ (INFQ) คุณภาพของระบบสารสนเทศ (SYSQ) และคุณภาพด้านการบริการระบบสารสนเทศ (SEVQ) เป็นตัวแปรสังเกตได้ภายใน

2) ตัวแปรแฝงภายใน (Endogenous Latent Variables) ได้แก่

กลยุทธ์ด้านสารสนเทศ (SIS) โดยมีกลยุทธ์ด้านสารสนเทศด้านการเงิน (FINS) กลยุทธ์ด้านสารสนเทศมาด้านการปฏิบัติการ (OPRS) และกลยุทธ์ด้านสารสนเทศด้านการกำหนดกลยุทธ์องค์กร (STGS) เป็นตัวแปรสังเกตได้ภายนอก

การจัดการโซ่อุปทาน (SCP) โดยมีประสิทธิภาพด้านความเชื่อถือได้ (RELI), ประสิทธิภาพด้านการตอบสนอง (RESP), ประสิทธิภาพด้านการปรับตัว (FLEX), ประสิทธิภาพด้านต้นทุน (COST) และประสิทธิภาพด้านการใช้ทรัพย์สิน (AST) เป็นตัวแปรสังเกตได้ภายนอก

#### 4.4 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยออกหนังสือ เพื่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบสอบถาม และส่งทางไปรษณีย์ตามสถานประกอบการต่าง ๆ จากนั้น จึงติดตามการตอบแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง และเก็บแบบสอบถามตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ หากยังไม่ครบตามจำนวนที่ต้องการผู้วิจัยจึงเดินทางไปเก็บข้อมูลจากสถานประกอบการด้วยตนเอง ใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลประมาณ 4 เดือน ระหว่างเดือนพฤษภาคม - กันยายน 2561

#### 4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

1) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ และร้อยละ

2) วิเคราะห์ค่าระดับความคิดเห็นของตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variable) ของด้วยค่าสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยนำมาแปลผลดังนี้

|                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง | มีความเห็นในระดับดีมาก             |
| ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง | มีความเห็นในระดับดี                |
| ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง | มีความเห็นในระดับปานกลาง           |
| ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง | มีความเห็นในระดับไม่ดี             |
| ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง | มีความเห็นในระดับไม่ดีเป็นอย่างมาก |

3) การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient)

4) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแปรโดยดูจากค่า K.M.O. (Kaiser-Meyer-Olkin) และค่า Bartlett Test of Sphericity

5) การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้าง เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Model Fit) จากค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน ได้แก่

- ค่าไค-สแควร์ ( $\chi^2$ ) โดยถ้าหากค่าสถิติไค-สแควร์มีค่าต่ำมาก หรือเข้าใกล้ศูนย์ ( $P > 0.05$ ) แสดงว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่ค่าสถิติไค-สแควร์มีค่าสูงมาก และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) แสดงว่า ตัวแบบที่สร้างขึ้นไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ต้องปรับโมเดลต่อไปจนค่าสถิติไค-สแควร์ที่ทดสอบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

- ค่าไค-สแควร์สัมพันธ์ ( $\chi^2/df$ ) ต้องน้อยกว่า 3 ยังมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลนั้นยังมีความกลมกลืนสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้นเท่านั้น

- ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI) ค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแบบที่สร้างไว้มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

- ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index: AGFI) โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแบบที่สร้างไว้ มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

- ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA) และ ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของส่วนที่เหลือ (Root Mean Square Residual: RMR) ที่เหมาะสมควรน้อยกว่า 0.08 ยังมีค่าใกล้ 0 มากเท่าใด แสดงว่าโมเดลนั้นยังมีค่าความคลาดเคลื่อนยิ่งน้อย โมเดลจึงมีความกลมกลืนสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากยิ่งขึ้น

- ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีอิงเกณฑ์ (Normed Fit Index: NFI) มากกว่า 0.95 เป็นระดับที่โมเดลควรถูกยอมรับ

- ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (CFI) มากกว่า 0.90 เป็นระดับที่โมเดลควรถูกยอมรับ

- ค่า HOELTER ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 200 จึงจะถือว่าขนาดตัวอย่างมากพอ

- ค่า Tucker-Lewis Index (TLI) มีค่ามากกว่า 0.95 จะมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มาก

## 5. ผลการวิจัย

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรมส่งออก และด้านงานวิจัยจำนวน 5 ท่าน ซึ่งได้เท่ากับ 0.86 ตรวจสอบความเชื่อถือได้ (Reliability) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) จากกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 ราย ได้ 0.883 แสดงถึงความน่าเชื่อถือเครื่องมือ และเมื่อนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วได้ข้อมูลตอบกลับมาที่สามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลได้จริง จำนวน 235 ชุด ซึ่งมากกว่าจำนวนที่เก็บไว้และเป็นไปตามข้อกำหนดของการวิเคราะห์ข้อมูลของสมการเชิงโครงสร้าง

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างอยู่ในกิจการเขตภาคกลางจำนวน 145 คน คิดเป็นร้อยละ 61.7 ตัวอย่างอยู่ในกิจการเขตภาคตะวันออก 114 คน คิดเป็นร้อยละ 16.6 ตัวอย่างอยู่ในกิจการ

ดำเนินกิจการในเขตภาคใต้ 48 คน คิดเป็นร้อยละ 8.5 คน อยู่ในกิจการในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 33 คน คิดเป็นร้อยละ 5.1 คน อยู่ในกิจการในเขตภาคเหนือ 27 คน คิดเป็นร้อยละ 4.3 คน อยู่ในกิจการในเขตภาคตะวันตก 24 คน คิดเป็นร้อยละ 3.8

ด้านโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศ (ITF) พบว่าอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งเพื่อการส่งออกของประเทศไทยมีโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.839 เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบพบว่าอยู่ในระดับดีทั้ง 2 องค์ประกอบ คือ โครงสร้างพื้นฐานด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (SYS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.839 โครงสร้างพื้นฐานด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้องทางเทคโนโลยีสารสนเทศ (PERS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.643

ด้านคุณภาพของระบบสารสนเทศ (ISQ) พบว่าอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งเพื่อการส่งออกของประเทศไทยมีคุณภาพของระบบสารสนเทศในการใช้งานในภาพรวมระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.505 เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบพบว่าอยู่ในระดับดีทั้ง 3 องค์ประกอบ โดยคุณภาพของสารสนเทศ (INFQ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.570 คุณภาพของระบบสารสนเทศ (SYSQ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.588 คุณภาพด้านการบริการระบบสารสนเทศ (SEVQ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.847

ด้านกลยุทธ์ด้านสารสนเทศ (SIS) พบว่าอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งเพื่อการส่งออกของประเทศไทยมีการนำกลยุทธ์ด้านสารสนเทศมาใช้งานในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.680 เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบพบว่าอยู่ในระดับดีมากทั้ง 3 องค์ประกอบ โดยมีการนำกลยุทธ์ด้านสารสนเทศมาใช้งานด้านการเงิน (FINS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.744 มีการนำกลยุทธ์ด้านสารสนเทศมาใช้งานด้านการปฏิบัติการ (OPRS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.99 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.839 มีการนำกลยุทธ์ด้านสารสนเทศมาใช้งานด้านการกำหนดกลยุทธ์องค์กร (STGS) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.767

เมื่อทดสอบการแจกแจงของตัวแปรทั้ง 3 หัวข้อ พบว่า มีค่าความเบ้ ความโด่ง อยู่ในช่วง  $\pm 2$  จึงมีการแจกแจงแบบเป็นปกติ (Gravetter & Wallnau, 2014) และเมื่อตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มียุทธศาสตร์ทางสถิติอยู่ระหว่าง 0.204 – 0.743 โดยไม่มีคู่ใดที่มีค่ามากกว่า 0.8 จึงสามารถนำไปวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างต่อไปได้

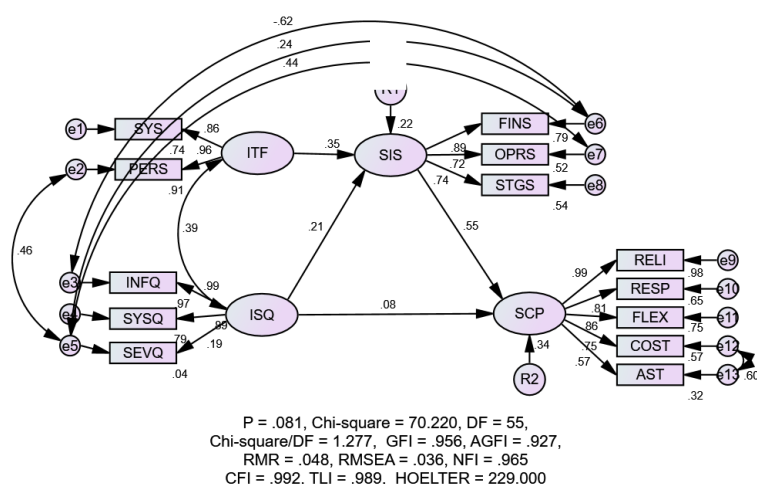
ผลการวิจัยด้านการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งเพื่อการส่งออกของประเทศไทยพบว่ามีประสิทธิภาพในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 3.77 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.744 เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบพบว่ามีประสิทธิภาพในระดับดีทั้ง 5 องค์ประกอบ โดยประสิทธิภาพด้านความเชื่อถือได้ (RELI) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.859 ประสิทธิภาพด้านการตอบสนอง (RESP) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.912 ประสิทธิภาพด้านการปรับตัว (FLEX) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.833 ประสิทธิภาพด้านต้นทุน (COST) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.864 และประสิทธิภาพด้านการใช้ทรัพยากร (AST) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.912

จากนั้นทดสอบการแจกแจงของตัวแปรพบว่า มีค่าความเบ้ ความโด่ง อยู่ในช่วง  $\pm 2$  จึงมีการแจกแจงแบบเป็นปกติ

เมื่อตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติอยู่ระหว่าง 0.447 – 0.677 โดยไม่มีคู่ใดที่มีค่ามากกว่า 0.8 จึงสามารถนำไปวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างต่อไปได้

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของประเทศไทย พบว่าค่า K.M.O มีค่าเท่ากับ 0.798 และการทดสอบแบบ Bartlett's Test of Sphericity มีค่า Approx. Chi-Square เท่ากับ 1946.155 มี df เท่ากับ 78 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.000 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างเพื่อหาปัจจัยเชิงสาเหตุได้

ผลการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุ โดยการตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่าค่า Chi-Square เท่ากับ 70.220 และ d.f. เท่ากับ 55 ซึ่งจะได้ค่า  $\chi^2/\text{d.f.}$  เท่ากับ 1.277 โดยมี p-value = 0.081 ซึ่งมากพอที่จะยอมรับสมมติฐานว่าโมเดลการวัดมีความตรงเชิงโครงสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี GFI = 0.956 ค่าดัชนี AGFI เท่ากับ 0.927 ค่าดัชนี RMR เท่ากับ 0.048 ค่าดัชนี RMSEA เท่ากับ 0.036 ค่าดัชนี NFI เท่ากับ 0.965 ค่าดัชนี CFI เท่ากับ 0.992 ค่าดัชนี HOELTER เท่ากับ 227.000 และค่าดัชนี TLI เท่ากับ 0.989 จึงสรุปได้ว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังแสดงในภาพที่ 1



**ภาพที่ 1** ผลการวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของประเทศไทย

จากตัวแบบที่ได้หลังปรับปรุงให้มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาถึงผลกระทบทางตรงและทางอ้อมของแต่ละปัจจัย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ค่ามาตรฐานของอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมของปัจจัยเชิงสาเหตุของกลยุทธ์ด้านสารสนเทศต่อการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออก

| ตัวแปร                   | อิทธิพลทางตรง<br>Direct Effect | อิทธิพลทางอ้อม<br>Indirect Effect | อิทธิพลรวม<br>Total Effect |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| <b>ตัวแปรปลายทาง SCP</b> |                                |                                   |                            |
| SIS                      | 0.549                          | -                                 | 0.549                      |
| ISQ                      | 0.079                          | 0.113                             | 0.192                      |
| ITF                      | -                              | 0.192                             | 0.192                      |
| <b>ตัวแปรปลายทาง SIS</b> |                                |                                   |                            |
| ITF                      | 0.350                          | -                                 | 0.350                      |
| ISQ                      | 0.206                          | -                                 | 0.206                      |

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของไทย (SCP) มากที่สุดคือระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ (SIS) ซึ่งพิจารณาได้จากค่ามาตรฐานของอิทธิพลรวม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.549 ในขณะที่ค่ามาตรฐานของอิทธิพลทางตรงจากคุณภาพของสารสนเทศ (ISQ) เท่ากับ 0.079 แต่เมื่อรวมกับค่ามาตรฐานของอิทธิพลทางอ้อมผ่านระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์อีก 0.113 ได้ค่ามาตรฐานของอิทธิพลรวมของคุณภาพของสารสนเทศที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการจัดการโซ่อุปทาน เท่ากับ 0.192 ในขณะที่โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (ITF) มีอิทธิพลทางอ้อมต่อประสิทธิภาพในการจัดการโซ่อุปทานเพียงประการเดียว โดยมีค่ามาตรฐานของอิทธิพลทางอ้อมเท่ากับ 0.192 อันเป็นค่าเดียวกับอิทธิพลรวม

เมื่อพิจารณาด้านระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ (SIS) แล้ว พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมีค่ามาตรฐานของอิทธิพลรวมเท่ากับ 0.305 ในขณะที่คุณภาพของสารสนเทศมีค่ามาตรฐานของอิทธิพลโดยรวมเท่ากับ 0.206

ดังนั้น จากผลการวิจัยจึงยอมรับสมมติฐานข้อที่ 1 คือ ระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์มีอิทธิพลโดยตรงทางบวกต่อประสิทธิภาพของการจัดการโซ่อุปทาน

ยอมรับสมมติฐานข้อที่ 2 คุณภาพของระบบสารสนเทศมีอิทธิพลโดยตรงทางบวกต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์

ยอมรับสมมติฐานข้อที่ 3 คุณภาพของระบบสารสนเทศมีอิทธิพลโดยตรงทางบวกต่อประสิทธิภาพของการจัดการโซ่อุปทาน

ยอมรับสมมติฐานข้อที่ 4 โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมีอิทธิพลโดยตรงทางบวกต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์

## 6. สรุปผลและการอภิปรายผล

### 6.1 จากผลการวิจัยสามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

จากผลที่ได้จากการวิจัย จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งเพื่อการส่งออกนั้นมีโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศ คุณภาพของระบบสารสนเทศ และมีการใช้กลยุทธ์ด้านสารสนเทศในระดับดี แสดงให้เห็นถึงการตระหนักในความสำคัญของการใช้สารสนเทศที่มีส่วนจำเป็นอย่างยิ่งในยุคปัจจุบัน อันมีพื้นฐานสำคัญมาจากการจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลให้เกิดสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจ โดยมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการดำเนินการตลอดจนการระบบสารสนเทศมาใช้ในการดำเนินกลยุทธ์ เพื่อให้เกิดความสามารถในการแข่งขัน อันจะส่งผลถึงการใช้ระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ในระดับต่าง ๆ ต่อไป

เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาปัจจัยเชิงโครงสร้างถึงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการจัดการโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกของไทยมากที่สุด คือระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ โดยหากมีการนำระบบสารสนเทศมาใช้ในระดับที่สูงนั้นคือการนำมาใช้เพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการแข่งขันมากขึ้น จะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการโซ่อุปทานมากขึ้น ในขณะที่คุณภาพของระบบสารสนเทศนั้น แม้มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการจัดการโซ่อุปทานไม่มากนัก แต่กลับมีอิทธิพลโดยตรงต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ในสัดส่วนที่มากกว่า โดยหากระบบสารสนเทศขององค์กรมีคุณภาพมากจะส่งผลต่อความสามารถในการนำเอาระบบสารสนเทศมาใช้ในการกำหนดกลยุทธ์ขององค์กรได้ แต่ในขณะเดียวกันปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์มาก ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเป็นอิทธิพลทางบวกด้วยเช่นกัน กล่าวคือ หากองค์กรมีโครงสร้างของเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดีจะส่งผลต่อการนำเอาระบบสารสนเทศมาใช้ในการกำหนดกลยุทธ์ขององค์กรด้วยเช่นกัน ดังนั้น อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า คุณภาพของระบบสารสนเทศ และโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศมีอิทธิพลทางอ้อมต่อประสิทธิภาพในการจัดการโซ่อุปทาน

### 6.2 สามารถอภิปรายผลจากผลการวิจัย ได้ดังนี้

1) จากผลการวิจัยเห็นได้ถึงความสำคัญของระบบสารสนเทศอย่างชัดเจนสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Montero (2019) ที่พบว่าคุณภาพของระบบสารสนเทศส่งผลต่อผลการประกอบการและผลการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งผู้ประกอบการควรตระหนักถึงความสัมพันธ์ของโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศ และคุณภาพของสารสนเทศที่จะส่งผลต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่โลกเข้าสู่ของการเปลี่ยนแปลงไปสู่ยุคดิจิทัลโดยสมบูรณ์ ทั้งประเทศไทยเองก็กำลังได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐในการเป็นประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) ซึ่งเน้นในการเข้าสู่ยุคของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบสารสนเทศเป็นหลักในการดำเนินการขององค์กร แต่ทั้งนี้การสร้างระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์เองนั้น ก็มีระดับที่แตกต่างกันมากถึง 3 ระดับ (Laudon & Laudon, 2015) ตั้งแต่การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนสร้างสารสนเทศเบื้องต้น ไปจนถึงการนำระบบสารสนเทศมาใช้ในการสร้างกลยุทธ์ในการแข่งขัน เมื่อเป็นที่ตระหนักชัดแล้วว่ากลยุทธ์ด้านสารสนเทศมีความสำคัญมากต่อการจัดการโซ่อุปทาน องค์กรควรยกระดับกลยุทธ์สารสนเทศให้มากขึ้น จากเพียงแค่การนำมาใช้ในการสนับสนุน

เพื่อสร้างสารสนเทศเบื้องต้น ต้องพยายามนำสารสนเทศมาสร้างกลยุทธ์ในการแข่งขันให้ได้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันร่วมกันในโซ่อุปทาน ตลอดจนให้เหนือกว่าคู่แข่งในที่สุด

2) การใช้สารสนเทศในองค์กรอาหารแช่แข็งเพื่อการส่งออกนั้น อยู่ในระดับดี ทั้งโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศ คุณภาพของระบบสารสนเทศ และมีการใช้กลยุทธ์ด้านสารสนเทศ แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ในแต่ละปัจจัย จะพบว่า นอกจากการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้งานผ่านโครงสร้างพื้นฐานเทคโนโลยีสารสนเทศนั้น โดยเบื้องต้นเป็นการใช้ระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ในระดับอิสระต่อกัน (Independent) ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานแต่ละด้านขององค์กร และเมื่อนำระบบสารสนเทศไปใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร ในการกำหนดและวางนโยบายขององค์กรจะเป็นการใช้ระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ในระดับร่วมกำหนดนโยบาย (Policy Formulation) ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น และหากนำเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบสารสนเทศไปเป็นส่วนหนึ่งของการกำหนดกลยุทธ์องค์กร และการนำนโยบายไปปฏิบัติด้วยแล้ว ถือว่าเป็นกลยุทธ์ระบบสารสนเทศในระดับการกำหนดนโยบายร่วมกัน (Policy Execution) ที่จะมีความสัมพันธ์ในเชิงบูรณาการกับกลยุทธ์ขององค์กรอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสิ่งที่สำคัญในการได้มาซึ่งสารสนเทศนั้น ได้แก่ คุณภาพของสารสนเทศที่ส่งผ่านมาตั้งแต่การจัดเก็บข้อมูลด้วยระบบการประมวลผลรายการ ระบบการจัดการรายงาน ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ระบบสนับสนุนผู้บริการ ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ในแต่ละหน้าที่การทำงานขององค์กรด้วยการบูรณาการเข้าด้วยกันเป็นการวางแผนทรัพยากรองค์กร (ERP) ได้ นอกจากนี้ ยังนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้ในการทำงานในเทคโนโลยีสารสนเทศอื่น ๆ ในยุคปัจจุบันได้ โดยขณะนี้โลกกำลังเข้าสู่ยุค 4.0 เป็นยุคที่มีข้อมูลจำนวนมากในลักษณะของอภิมูลข้อมูล (Big data) และการนำเอาปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI มาใช้ในการทำงานต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ดังนั้น ควรพิจารณาถึงความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศ คุณภาพของระบบสารสนเทศ และมีการใช้กลยุทธ์ด้านสารสนเทศ ที่ส่งผลต่อกันและความสามารถในการแข่งขันจากการจัดการโซ่อุปทานด้วย

3) การจัดการโซ่อุปทานมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินกิจการในโลกปัจจุบัน ซึ่งการดำเนินงานของโซ่อุปทานจะเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องมีข้อมูลข่าวสารที่ดี ดังนั้น การจัดการระบบสารสนเทศจึงเป็นเรื่องสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะการนำการจัดการระบบสารสนเทศมาใช้ในการบริหารเชิงกลยุทธ์ หรือระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ ซึ่งจากผลการวิจัยฉบับนี้ เห็นได้อย่างชัดเจนว่าอิทธิพลของระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการจัดการโซ่อุปทานมากที่สุด ในขณะที่ผลโดยตรงจากเทคโนโลยีสารสนเทศ และคุณภาพของระบบสารสนเทศ แม้จะส่งผลต่อการจัดการโซ่อุปทานด้วยก็ตาม แต่จะส่งผลมากยิ่งขึ้นเมื่อส่งผ่านการจัดการระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ ด้วยสาเหตุสำคัญประการหนึ่ง คือ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศ และวิทยาการที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ การลดทอนกฎระเบียบในระดับชาติ และนานาชาติ ส่งผลให้พัฒนาการของโลกทั้งองค์ความรู้ เครื่องมือ ตลอดจนการค้าระหว่างประเทศเติบโตและพัฒนาอย่างรวดเร็ว กลยุทธ์ในการแข่งขันจึงต้องเป็นไปอย่างทันการณ์ด้วยเช่นกัน (Zhou et al., 2017) ดังนั้น การจัดการระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์และการจัดการโซ่อุปทานจึงมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดตามไปด้วย

4) เมื่อพิจารณาเฉพาะระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ พบว่าโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศมีอิทธิพลต่อการระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์มากกว่า คุณภาพของสารสนเทศ ซึ่งแตกต่างจากตัวแบบความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success Model) ที่ได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยในหลาย ๆ งาน ซึ่งได้พบว่าคุณภาพของระบบสารสนเทศจะส่งผลต่อประโยชน์สุทธิ (Net Benefit) หรือภาพรวมขององค์กรมากกว่า ซึ่งแม้ว่าตัวแบบความสำเร็จของระบบสารสนเทศ และงานวิจัยเหล่านั้นจะได้รวบรวมมาจากผลงานวิจัยอื่น ๆ จำนวนมาก แต่เนื่องจากระยะที่แตกต่างจากงานวิจัยฉบับนี้ ตลอดจนบริบทหลายประการที่แตกต่างกัน จึงมีข้อแตกต่างกันในเรื่องของโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศอยู่มาก ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของมัวร์ ที่ได้กล่าวไว้ว่าปริมาณของทรานซิสเตอร์บนวงจรรวม โดยจะเพิ่มเป็นเท่าตัวประมาณทุก ๆ สองปี หรือประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อความสำคัญและจำเป็นต่อการใช้งานของอุปกรณ์ เครื่องมือด้านเทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ ในองค์กร (Stripling, 2017) ดังนั้น จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่หากองค์กรต้องการให้ประสิทธิภาพของการทำงานขององค์กรมีมากขึ้น จำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดีด้วย แต่กระนั้นคุณภาพของระบบสารสนเทศก็ยังคงเป็นสิ่งสำคัญที่องค์กรต้องตระหนักถึงด้วยเช่นกัน

5) ผลการวิจัยด้านคุณภาพของระบบสารสนเทศที่ได้ สอดคล้องกับตัวแบบความสำเร็จของระบบสารสนเทศ (Information System Success) เพียงบางส่วน โดยในงานวิจัยนี้ พบว่าองค์ประกอบย่อยของคุณภาพระบบสารสนเทศ อันได้แก่ คุณภาพของสารสนเทศ (INFQ) คุณภาพของระบบสารสนเทศ (SYSQ) และคุณภาพของการบริการ (SERVQ) นั้น เป็นองค์ประกอบที่สำคัญเช่นกัน โดยคุณภาพของสารสนเทศ มีน้ำหนักต่อคุณภาพของระบบสารสนเทศมากถึง 0.99 มีค่า  $R^2 = 0.97$  หรือสามารถอธิบายความแปรปรวนร่วมกันได้ร้อยละ 97 และคุณภาพของระบบสารสนเทศ มีน้ำหนักต่อคุณภาพของระบบสารสนเทศมากถึง 0.98 มีค่า  $R^2 = 0.97$  หรือสามารถอธิบายความแปรปรวนร่วมกันได้ร้อยละ 97 แต่คุณภาพของการบริการมีน้ำหนักต่อคุณภาพของระบบสารสนเทศเพียง 0.19 และมีค่า  $R^2 = 0.07$  สามารถอธิบายความแปรปรวนร่วมกันได้เพียงร้อยละ 7 เท่านั้น ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า สำหรับกิจการอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งส่งออกนั้น ควรมุ่งเน้นความสำคัญในด้านความสามารถในการจัดเก็บ ประมวลผล ความถูกต้อง สมบูรณ์ของสารสนเทศ ความยืดหยุ่น และเวลาการตอบสนองต่อการใช้งานของระบบสารสนเทศตามที่ใช้ต้องการให้มากที่สุด อันจะส่งผลต่อระบบสารสนเทศเชิงกลยุทธ์และประสิทธิภาพการจัดการโซ่อุปทานได้เป็นอย่างมาก

## 7. เอกสารอ้างอิง

- Aeimsiriwong, O. (2018). **Computer Science and information system**. Bangkok: Se-education.
- Bian, W., Shang, J., & Zhang, J. (2016). Two-way information sharing under supply chain competition. **International Journal of Production Economics**, 178, 82-94.
- Case, S. (2018). **The third wave**. (Nara Suphakroj, Trans) Bangkok: Nation Books.

- Gani, A. (2017). The logistics performance effect in international trade. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, 33(4), 279-288.
- Gravetter, F. J., & Wallnau, L. B. (2014). Introduction to the t statistic. **Essentials of statistics for the behavioral sciences**, 8, 252.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2018). **Multivariate data analysis** (8<sup>th</sup> ed.). Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Kabak, Ö., Ülengin, F., & Ekici, Ş. Ö. (2018). Connecting logistics performance to export: A scenario-based approach. **Research in Transportation Economics**, 70, 69-82.
- Kotler, P., Keller, K. L., Ang, S. H., Tan, C. T., & Leong, S. M. (2018). **Marketing management: an Asian perspective**. (7<sup>th</sup> ed.). Harlow: Pearson.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2015). **Management information systems: Managing the digital firm plus MyMISLab with Pearson eText--Access card package**. (14<sup>th</sup> ed.). New York: Prentice Hall.
- Ministry of Commerce. Department of International Trade Promotion. (2016). **List of frozen food exporter**. [online], Available: <http://application.ditp.go.th/exporter/index/companylist?catid=103> access on November 19, 2016.
- Montero, J. N. (2019). **Determining business intelligence system usage success using the DeLone and McLean information system success model**. Doctoral dissertation, Capella University.
- Office of National Economics and Social Development Council. (2017). **The twelfth national economic and social development plan (2017-2021)**. Bangkok: Office of National Economics and Social Development Council.
- Stripling, G. D. (2017). **An empirical assessment of energy management information system success using structural equation modeling**. Doctoral dissertation, Nova Southeastern University.
- Zhou, M., Dan, B., Ma, S., & Zhang, X. (2017). Supply chain coordination with information sharing: the informational advantage of GPOs. **European Journal of Operational Research**, 256(3), 785-802.

# การออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณแนวคิดสร้างสรรค์ จากศิลปกรรมขอมโบราณให้กับชุมชนกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์ Creative Ancient Almanac Silk Pattern Design from Ancient Khmer Art for Hand Woven Silk Community Groups in Surin Province

สมบัติ สมัครสมาน<sup>1\*</sup>, สุพัตรา วยะลุน<sup>2</sup>, สุรเชษฐ์ วรศรี<sup>3</sup> และอภิชัย ไพรสินธุ์<sup>4</sup>  
Sombat Samaksamarn<sup>1\*</sup>, Suphatra Wayalun<sup>2</sup>, Surashet Worasri<sup>3</sup> and Aphichai Praisin<sup>4</sup>

<sup>1\*,2,3,4</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

186 ม.1 ถ.สุรินทร์-ปราสาท ต.นอกเมือง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000

<sup>1\*,2,3,4</sup>Faculty of Industrial Technology Surin Rajabhat University

186 Moo 1 Surin-Prasat Road Tombol Nok Muang Amphoe Muang Surin 32000 E-mail: phsombat@gmail.com

วันที่รับบทความ 3 ธันวาคม 2562

Received: Dec. 3, 2019

วันที่รับแก้ไขบทความ 14 มิถุนายน 2563

Revised: Jun. 14, 2020

วันที่ตอบรับบทความ 15 มิถุนายน 2563

Accepted: Jun. 15, 2020

## บทคัดย่อ

การวิจัยแบบเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาประวัติศาสตร์ศิลปกรรมขอมโบราณ และผ้าไหมทอมือในจังหวัดสุรินทร์ 2) เพื่อใช้เทคโนโลยีช่วยในการออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ 3) เพื่อหาประสิทธิภาพของต้นแบบลายผ้าไหมปุมโบราณ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง กลุ่มที่ 1 เพื่อใช้ในการพัฒนาการออกแบบ ได้แก่ 1) กลุ่มทอผ้าไหมบ้านด่านเจริญ ตำบลกระเทียม อำเภอสังขะ 2) กลุ่มสตรีทอผ้าไหมบ้านไทร ตำบลจารพัด อำเภอศีขรภูมิ และกลุ่มที่ 2 เพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ 1) กลุ่มสตรีทอผ้าไหมบ้านหนองบัว ตำบลหนองบัว อำเภอศีขรภูมิ 2) กลุ่มสตรีทอผ้าไหมบ้านเทนมีย์ ตำบลเทนมีย์ อำเภอเมือง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ผู้วิจัย แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม การสนทนากลุ่ม และการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม ผลการวิจัยพบว่า ในประเทศไทยมีศิลปกรรมขอมที่เด่นชัดในอาณาจักรเจนละ คือสถาปัตยกรรม ศาสนสถานปราสาท ในปราสาทศีขรภูมิ สร้างราวพุทธศตวรรษที่ 17 เป็นศาสนสถานในลัทธิไศวนิกาย และในพุทธศตวรรษที่ 22 อิทธิพลจากอาณาจักรล้านช้าง มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่มีลักษณะเป็นปราสาท 5 องค์ มีทับหลังที่มีความสวยงามและสมบูรณ์ที่สุดชิ้นหนึ่งของเมืองไทย นอกจากนี้การศึกษาผ้าทอมือในจังหวัดสุรินทร์ พบว่ามีการทำผ้ามัดหมี่มากที่สุด โดยทั่วไปมีการทอตั้งแต่ผ้า 2 ตะกอ – ผ้า 1,000 กว่าตะกอ ผ้าที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากลว่าเป็นผ้าชั้นสูง คือ ผ้าไหมมัดหมี่ปุมโบราณ เทคโนโลยีที่ใช้ออกแบบลวดลายด้วยตารางกราฟ โดยใช้โปรแกรม 2 มิติ มีประสิทธิภาพของต้นแบบลายผ้าไหมปุมโบราณตามมาตรฐานของเมกยูแกนส์ ได้เท่ากับ 1.012 ซึ่งสูงกว่า 1 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นสรุปได้ว่า เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้กับกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ:** การออกแบบลวดลาย, ผ้าไหมปุมโบราณ, ศิลปกรรมขอมโบราณ, ผ้าไหมทอมือ, โปรแกรม Illustrator CS

### Abstract

The aims of this qualitative research were 1) to study ancient Khmer art history and hand-woven silk groups in Surin; 2) to use technology to help design silk patterns in ancient almanac; and 3) to discover the efficiency of ancient almanac silk pattern prototypes. The sample group was selected using purposive sampling. The first design development group consisted of the Ban Dan Charoen Silk Weaving Group, Krathiam subdistrict, Sangkha district and the Ban Sai Women Weaving Group, Jaraphat subdistrict, Sikhorphum district. The second group for discovering the silk prototype properties that have been developed consisted of the Ban Nong Bua Silk Weaving Women Group, Nong Bua subdistrict, Sikhorphum district and the Ban Ten Mi Silk Weaving Group, Tenme subdistrict, Muang district. The research instruments consisted of interviews, questionnaires, group discussions and participatory observation.

The research findings showed that in Thailand there is distinct Khmer art in the Kingdom of Jenla, relating to architecture, religious places, and castles, such as Prasat Sikhorphum (Ra Ngaeng Castle) built around the 17<sup>th</sup> century as a worship place in the Shaivism religion, with Buddhist influence from the Lan Chang Kingdom with architectural features that resemble a pagoda among the 5 elements. This is one of the most beautiful and complete lintels in Thailand. In addition, the study of handwoven textiles in Surin Province found that most consist of mudmee fabrics. Moreover, in general, embroidering from the 2 to over 1,000 heddles, produced fabrics recognized internationally as high-class fabrics, such as the damask braid weaving silk and ancient almanac silk. The sample group was satisfied with the ancient almanac silk format. The silk pattern design technology used a graph table and computer design software consisting of a two - dimensional program. The ancient almanac silk pattern prototype was effective according to Meguigan's standard with a score of 1.012. Therefore, the computer technology for designing the ancient almanac silk pattern can be applied to the capability of the hand-woven silk group of Surin province.

**Keywords:** Silk Pattern Design, Ancient Almanac Silk, Ancient Khmer Fine Art, Hand-woven Silk, Illustrator CS program

### 1. บทนำ

จังหวัดสุรินทร์มีอาณาเขตติดกับประเทศกัมพูชา ซึ่งในอดีตพื้นที่ตั้งของจังหวัดสุรินทร์ในปัจจุบัน ได้รับอิทธิพลจากอารยธรรมขอมโบราณ ได้แผ่ความเจริญรุ่งเรืองครอบคลุมในดินแดนแห่งนี้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอาณาจักรเจนละบก ที่มีความเชื่อศรัทธาในลัทธิพราหมณ์ (ฮินดู) และพุทธมหายาน ดังจะพบเห็นร่องรอยทางประวัติศาสตร์มากมายทั้งที่เป็นวัตถุ เช่น งานสถาปัตยกรรม ปฏีมากรรม จิตรกรรม และที่เป็นวิทยาการทางภูมิปัญญาต่าง ๆ เช่น ประเพณี พิธีการ

การแสดง ดนตรีและนาฏกรรม ศิลปหัตถกรรม ฯลฯ โดยเฉพาะศิลปหัตถกรรมทางวัฒนธรรม ด้านการทอผ้าไหม ที่ยังเห็นรูปแบบของผ้าและลวดลายผ้าที่มีความเชื่อมโยงกับส่วนประกอบของสถาปัตยกรรมตามศาสนสถานต่าง ๆ มากมาย ปรากฏในงานปฏิมกรรมภาพปั้น ภาพแกะสลักหรือลวดลาย ชุดอาภรณ์การแต่งกาย เครื่องประดับ และลวดลายที่เป็นส่วนประกอบของปฏิมกรรมเหล่านั้น นำมาใช้เป็นลายแม่ ลายลูก และส่วนต่าง ๆ ในผืนผ้าทอแต่ละชนิด แสดงให้เห็นถึงการซึมซับทางวัฒนธรรมที่เป็นเนื้อเดียวกัน ในวิถีการดำเนินชีวิตจนยากที่จะแยกความสัมพันธ์ออกจากกัน โดยเฉพาะการทอผ้าไหมกลุ่มผ้าไหมโบราณ กลุ่มผ้าไหมมัดหมี่ หรือภาษาเขมรดั้งเดิมเรียกว่า “โซตจองโฮล” หรือผ้าไหมมัดหมี่ที่มีระดับฝีมือสูงขึ้นมาอีก คือ ผ้าโฮลประาห์ ผ้าปุมโบราณ และที่เป็นผ้าไหมที่ทอใช้ในพิธีการความเชื่อความสำคัญในพิธีการศาสนาเท่านั้น และถือว่ามีคุณค่าทางจิตใจสูงสุดของผ้ามัดหมี่แล้ว คือ ผ้าปิตล และกลุ่มผ้าไหมยกดอกต่าง ๆ ตั้งแต่ผ้า 4 – 1,000 กว่าตะกอก ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการทอผ้าไหมในภูมิภาคนี้ที่ได้รับการถ่ายทอดภูมิปัญญามาอย่างยาวนาน ไม่ใช่ทอแค่ใช้เป็นเครื่องนุ่งห่มเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีส่วนสำคัญทั้งทางร่างกายและจิตใจ มีความเป็นเอกลักษณ์ของตนเองและมีคุณค่าต่อการส่งเสริมอนุรักษ์

การทอผ้าไหมและผ้าไหมไทยเป็นศิลปะของชาติแขนงหนึ่ง นักออกแบบสามารถเลือกใช้วิธีการออกแบบได้ถึง 3 วิธีการด้วยกัน คือ วิธีการแรกการออกแบบลวดลายผ้าไหมบนกระดาษ วิธีที่สองการออกแบบลวดลายผ้าไหมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และวิธีที่สามการออกแบบด้วยวิธีทอผ้าผ้าไหม วิธีแรก และวิธีที่สาม กลุ่มทอผ้ายังมีการดำเนินการอยู่ จึงเป็นสาเหตุไม่เกิดสร้างสรรค์ผลงานลวดลายใหม่ ๆ เพิ่มเติม และเกิดความล่าช้าในการทำผ้า ซึ่งไม่เหมือนกับวิธีที่สองที่ผลงานมีความรวดเร็ว สวยงามเสมือนจริง สร้างสรรค์ผลงานชิ้นใหม่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตนได้ดี ด้วยเหตุที่ลวดลายบนผืนผ้าไหมมิใช่เป็นเพียงเครื่องแสดงความสวยงามเท่านั้น แต่ลวดลายบนผืนผ้าไหมยังเป็นการแสดงออกทางประเพณีวัฒนธรรมของช่างทอ ลวดลายผ้าไหมจึงเป็นลวดลายที่มีประวัติอันยาวนาน จวบจนปัจจุบันลวดลายบนผืนผ้าไหมจึงมีความหลากหลาย และลวดลายเหล่านี้สามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ลวดลายทางวัฒนธรรม ได้แก่ ลวดลายโบราณต่าง ๆ ซึ่งลวดลายเหล่านี้ ช่างทอได้รับการถ่ายทอดภูมิปัญญาจากบรรพบุรุษ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตน เป็นประเด็นที่ต้องพิจารณา คือ ลวดลายโบราณเหล่านี้ไม่อาจถือเป็นงานที่มีลิขสิทธิ์ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ลวดลายโบราณเหล่านี้เป็นงานสาธารณะ หรือหมดอายุความคุ้มครองลิขสิทธิ์สาธารณะ จึงสามารถใช้ประโยชน์จากลวดลายเหล่านี้ได้อย่างอิสระ แต่อย่างไรก็ตามลวดลายโบราณเหล่านี้ถ้ากลับมาเป็นงานสร้างสรรค์อันมีลิขสิทธิ์ได้อีกครั้ง หากช่างทอได้ใช้ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ปรับปรุงลวดลายโบราณเสียใหม่ และช่างทออาจใช้เทคนิคการทอประสมผสาน เพื่อสร้างลวดลายบนผืนผ้า รูปแบบลวดลายโบราณในรูปแบบใหม่จะกลายเป็นงานอันมีลิขสิทธิ์ประเภทศิลปประยุกต์ตามมาตรา 4 พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537 2) ลวดลายที่ถูกผลิตขึ้นใหม่ ได้แก่ ลวดลายที่อาจเกิดขึ้นจากการดัดแปลงหรือรวบรวมลายอื่น ๆ เข้าด้วยกันและเกิดลวดลายใหม่และถูกผลิตขึ้นมาใหม่ มีความสวยงามทางศิลปะและอาจเป็นงานศิลปประยุกต์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ไทย พ.ศ.2537 ได้

คณะผู้วิจัย จึงมีความสนใจที่จะดำเนินการวิจัยการออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ แนวคิดสร้างสรรค์จากศิลปกรรมขอมโบราณให้กับชุมชนกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์ ด้วยการใช้กระบวนการออกแบบ และเลือกเทคโนโลยีช่วยในการออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่

(เส้นพุ่งทางเดียว) ที่ได้รับแรงบันดาลใจเกิดแนวคิดสร้างสรรค์จากศิลปกรรมขอมโบราณ การผสมผสานและบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีนวัตกรรมสมัยใหม่ ใช้เทคโนโลยีด้านการออกแบบ ลวดลายผ้าด้วยวิธีการการออกแบบ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบลวดลาย สี สัน ได้ต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณเป็นเครื่องมือในการทำงานของกลุ่มผ้าไหมทอมือสุรินทร์ อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างสรรค์ผลงานผ้าทอให้มีความเป็นอัตลักษณ์ของท้องถิ่นตนให้ผลงาน มีคุณภาพมาตรฐานที่สูงขึ้น

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาประวัติศาสตร์ศิลปกรรมขอมโบราณในจังหวัดสุรินทร์ และผ้าไหมทอมือ ในจังหวัดสุรินทร์

2.2 เพื่อใช้เทคโนโลยีช่วยในการออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ

2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพของต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยแบบเชิงคุณภาพ (Qualitative Methods) คือ ได้แบ่งการดำเนินการ วิจัยได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ดำเนินการวิจัยเชิงสำรวจ โดยการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร หลักฐาน ร่องรอย ผลงาน และชิ้นงานด้านศิลปกรรมขอมโบราณกลุ่มปราสาทในจังหวัดสุรินทร์ และกลุ่มผ้าไหมทอมือใน จังหวัดสุรินทร์ ใช้วิธีการรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัย การสังเกต การสัมภาษณ์ การระดมสมอง การจดบันทึก การบันทึกเสียง และบันทึกภาพ

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัย แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม การสนทนากลุ่ม และการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม เพื่อการออกแบบ ลวดลายพัฒนาผ้าไหม ได้ต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และหาประสิทธิภาพของต้นแบบลวดลายผ้า

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ กลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์

2. กลุ่มตัวอย่าง มีจำนวน 40 คน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผลิตผ้าไหมมัดหมี่ ปุมโบราณแบบพุ่งงูกระเบน ขนาดผ้ระหว่าง 1.02 เมตร x 3.50-4.00 เมตร และกลุ่มผลิตผ้าไหม มัดหมี่แบบผ้านุ่งทั่วไป ขนาดผ้ระหว่าง 1.02 เมตร x 2.00 เมตร โดยแต่ละกลุ่มมีการกำหนดวิธีการย้อม 2 แบบ คือ การย้อมผ้าไหมด้วยสีเคมี และการย้อมผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาการออกแบบ ได้แก่ กลุ่มผลิตผ้าไหมมัดหมี่ปุม โบราณ แบบพุ่งงูกระเบน ขนาดผ้ระหว่าง 1.02 เมตร x 3.50-4.00 เมตร ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ 1) ใช้วิธีการย้อมผ้าไหมด้วยสีเคมี ได้แก่ กลุ่มทอผ้าไหมบ้านด่านเจริญ ตำบลกระเทียม อำเภอสังขะ และ 2) ใช้วิธีการย้อมผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติ ได้แก่ กลุ่มสตรีทอผ้าไหมบ้านไพร ตำบลจารพัต อำเภอศีขรภูมิ จำนวน 20 คน

2) กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพของต้นแบบลายผ้าไหมที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ กลุ่มผลิตผ้าไหมมัดหมี่ แบบผ้านุ่งทั่วไป ขนาดผืนระหว่าง 1.02 เมตร x 2.00 เมตร จำนวน 2 กลุ่ม ประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ 1) ใช้วิธีการย้อมผ้าไหมด้วยสีเคมี ได้แก่ กลุ่มสตรีทอผ้าไหมบ้านหนองบัว ตำบลหนองบัว อำเภอศีขรภูมิ 2) ใช้วิธีการย้อมผ้าไหมด้วยสีธรรมชาติ คือ กลุ่มสตรีทอผ้าไหม บ้านเทนมีย์ ตำบลเทนมีย์ อำเภอเมืองสุรินทร์ จำนวน 20 คน

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบลายผ้า จำนวน 3 ท่าน

3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา ด้านประวัติศาสตร์ศิลปกรรมขอมโบราณจังหวัดสุรินทร์ ด้านหลักการศิลปะและการออกแบบ และด้านการออกแบบลวดลายผ้าไหมด้วยคอมพิวเตอร์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์ 2) แบบสังเกต 3) กระบวนการสนทนากลุ่ม และ 4) แบบสอบถาม

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้ค่าสถิติดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์ค่าร้อยละ (P) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยกำหนดการแปลความของค่าเฉลี่ย ดังนี้

|                            |         |                       |             |
|----------------------------|---------|-----------------------|-------------|
| ระดับความพึงพอใจมากที่สุด  | หมายถึง | มีคะแนนเฉลี่ยที่ระดับ | 4.50 - 5.00 |
| ระดับความพึงพอใจมาก        | หมายถึง | มีคะแนนเฉลี่ยที่ระดับ | 3.50 - 4.49 |
| ระดับความพึงพอใจปานกลาง    | หมายถึง | มีคะแนนเฉลี่ยที่ระดับ | 2.50 - 3.49 |
| ระดับความพึงพอใจน้อย       | หมายถึง | มีคะแนนเฉลี่ยที่ระดับ | 1.50 - 2.49 |
| ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด | หมายถึง | มีคะแนนเฉลี่ยที่ระดับ | 1.00 - 1.49 |

2) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้วิธีการวิเคราะห์สรุปอุปนัย และวิเคราะห์ส่วนประกอบ

## 5. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาจากการวิจัย ผู้วิจัยได้จำแนกตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยได้ ดังต่อไปนี้

**ข้อที่ 1** เพื่อศึกษาประวัติศาสตร์ศิลปกรรมขอมโบราณในจังหวัดสุรินทร์ และกลุ่มผ้าไหมทอมือในจังหวัดสุรินทร์ จากการศึกษาสามารถแบ่งผลการศึกษา ได้ 2 ประเด็น ได้แก่ ศิลปกรรมขอมโบราณกลุ่มปราสาทในจังหวัดสุรินทร์ และผ้าไหมทอมือในจังหวัดสุรินทร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

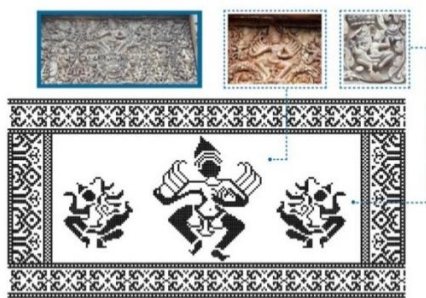
1. ผลการศึกษาศิลปกรรมขอมโบราณกลุ่มปราสาทในจังหวัดสุรินทร์ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในแหล่งโบราณสถาน และทุติยภูมิจากเอกสารตำราทางประวัติศาสตร์และโบราณคดีต่าง ๆ ตลอดจนสื่อออนไลน์ในปัจจุบัน ทำให้ทราบว่า ปราสาทศีขรภูมิ หรือปราสาทระแงง หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าปราสาทบ้านปราสาท ซึ่งทั้งสามชื่อนี้เรียกตามที่ตั้ง บ้านปราสาท ตำบลระแงง อำเภอศีขรภูมิ เป็นศิลปกรรมสันนิษฐานว่าสร้างราวพุทธศตวรรษที่ 17 เป็นศาสนสถานในลัทธิไศวนิกาย และในพุทธศตวรรษที่ 22 อิทธิพลจากอาณาจักรล้านช้างแผ่อิทธิพลเข้ามา มีการบูรณะเพิ่มเติมที่องค์ปราสาทแถวหลังฝั่งทิศใต้ ซึ่งมีจารึกอักษรธรรมปรากฏอยู่ ณ ปราสาทแห่งนี้ มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่มีลักษณะเป็นปรางค์หมู่ 5 องค์ เป็นปราสาทก่ออิฐไม่สอปูน ตั้งอยู่บนฐานศิลาแลง

เดียวกัน โดยมีทับหลังเป็นภาพพระศิวนาฏราชสืบทรงพ้องร่ายอยู่เหนือเกียรติมุขหรือหน้ากาล ภายใต้วงโค้งลายท่อนมาลัย ซึ่งสลักเป็นภาพพระคเณศ พระพรหม พระวิษณุ และพระอุมา ซึ่งมีลักษณะภาพพระพรหม 4 พักตร์ 4 กร และพระคเณศซึ่งมีเศียรเป็นช้างและมี 4 กร กำลังเล่นดนตรี เพื่อประกอบการเต้นรำของพระศิวนาฏราช ที่ด้านข้างของกนกแต่ละวง ยังปรากฏรูปเทพทรงคชสีห์ และฤๅษี เนื่องด้วยทับหลังชิ้นนี้แสดงภาพศิวนาฏราชแวดล้อมด้วยตรีมูรติ โดยทับหลังชิ้นนี้นับเป็นทับหลังที่มีความสวยงามและสมบูรณ์ที่สุดชิ้นหนึ่งของเมืองไทย (Jeaujan, J. 1909) จึงเป็นศิลปกรรมขอมโบราณที่ควรนำมาใช้เป็นแรงบันดาลใจให้เกิดแนวคิดสร้างสรรค์ออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณให้กับกลุ่มผ้าไหมทอมือสุรินทร์

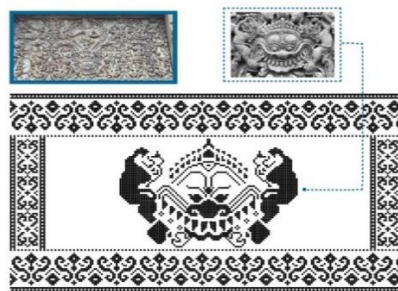
2. ผลการศึกษากลุ่มผ้าไหมทอมือในจังหวัดสุรินทร์ ผ้าไหมทอมือในจังหวัดสุรินทร์มีอยู่มากมายครอบคลุมหลายพื้นที่ทั้งชาติพันธุ์เขมร ลาว กูย หรือส่วย และมีหลายเทคนิคการทอ ตั้งแต่ทอ 2 ตะกอ ไปจนถึง 1,000 กว่าตะกอ ทอทั้งที่เหยียบและที่กระตุก ใช้เส้นไหมเลี้ยงและเส้นไหมสำเร็จหรือไหมโรงงาน ย้อมสีทั้งสีเคมีและสีธรรมชาติ แบ่งเป็นชนิดประเภท เช่น ผ้าโบราณ (ผ้าอัมปรม ผ้าสมอ ผ้าระเบ็ก ผ้าอันลุนซิม ผ้าตลุยสะแหงก ผ้าโฮล ผ้าหมี่ขोकัน ผ้า 2 ตะกอ (ลายตาราง เช่น ผ้าขาวม้าหรือสบ ผ้าโสร่งเปราะห์ ผ้าโสร่งแสร้ง) ผ้ามัดหมี่ ผ้าเก็บตะกอลาย ผ้าเก็บขิด ผ้าจก ผ้ายกดอก 4 – 8 ตะกอ (ลายลูกแก้ว ลายพริกไทย ลายปลาปากุน ลายราชวัตร ลายกันหอย ฯลฯ) ผ้าโฮลเปราะห์ ผ้าปุมโบราณ ผ้ายกดอกมากกว่า 8 ตะกอขึ้นไป ผ้ายกดอกดินทอง และผ้าทอที่มีการผสมผสานเทคนิคการทอของศิลปินช่างทออีกหลายลักษณะ ฯลฯ จากการศึกษาพบว่าการทำผ้ามัดหมี่มากที่สุด ผ้ามัดหมี่ที่มีคุณค่าและมูลค่ามากที่สุด คือ ผ้าปุมโบราณ

**ข้อที่ 2** เพื่อใช้เทคโนโลยีช่วยในการออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ ผลการศึกษาผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Illustrator CS เพื่อออกแบบลวดลาย ในรูปลายตารางกราฟหรือการดำเนินการในขั้นนี้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ที่ใช้ในการพัฒนาการออกแบบ ได้ใช้ขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การออกแบบลายผ้าไหมเบื้องต้น จะทำตามจำนวนลำของการมัดเส้นพุ่งในท้องผ้าปุม ในเบื้องต้นก่อน ซึ่งต้องออกแบบลงในตารางกราฟเป็นหลัก ส่วนลวดลายในหน้านาง จะออกแบบประกอบในขั้นตอนที่ได้ผ่านการกลั่นกรอง ผลจากระบวนการระดมสมองกลุ่มผ้าไหมทอมือสามารถสรุปได้แนวคิดลายในส่วนท้องผ้าปุมด้วยการพิจารณาเลือกส่วนองค์ประกอบของปฏิมากรรมทับหลังปราสาทศิขรภูมิมาเป็นลวดลายในส่วนท้องผ้าปุมที่เป็นลายแม่ ได้แก่ แบบที่ 1 มีแนวคิดจากพระองค์ศิวนาฏราช 10 กร ทรงเด่นในท่าจตุระโดยไม่ยกพระบาทขึ้นจากพื้น ซ้าย-ขวา มีรูปเทพทรงคชสีห์ สื่อถึงการรับรู้ในทิศทั้ง 4 และราวีเรนบนสรวงสวรรค์ ทรงเป็นเทพที่ลัทธิไศวนิกายให้ความสำคัญเคารพบูชาสูงสุด ดังภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2 มีแนวคิดจาก อวตารปางที่ 4 ของพระวิษณุ เป็นเกียรติมุข (หน้ากาล) กำลังคายนรสิงห์สองตัว มือยึดขาสิงห์ไว้ข้างละตัว สื่อถึงอำนาจ บารมี การทำลายล้างมารผจญ ทั้งแบบที่ 1, 2 มีชุดกรอบสังเวียนรอบท้องผ้าปุม ประกอบด้วยลายประจำยามและลายอุบะ สื่อถึงความเป็นมงคลคุ้มภัย ดังภาพที่ 2



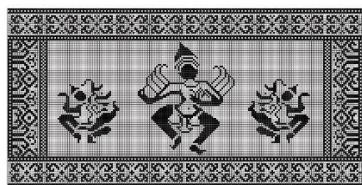
ภาพที่ 1 แบบที่ 1 แนวคิดจากพระองค์ศิวนาฏราชฯ



ภาพที่ 2 แบบที่ 2 แนวคิดอวตารปางที่ 4ฯ

2. ผลการออกแบบทอผ้าปุม ผู้วิจัยได้การกลั่นกรองและวิเคราะห์การออกแบบ นี้ทำให้เกิดชุดภาพแนวคิดจาก 2 ชุดภาพ ได้แก่

1) พระองค์ศิวนาฏราช 10 กร ทรงเด่นในท่าจตุระโดยไม่ยกพระบาทขึ้นจากพื้น ช้าย-ขวามีรูปเทพทรงคชสีห์ แยกเป็น ขาว-ดำ และ สี ประกอบด้วย 3 แบบ ดังนี้



ภาพที่ 3 แบบที่ 1

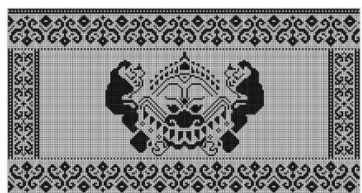


ภาพที่ 4 แบบที่ 2



ภาพที่ 5 แบบที่ 3

2) ชุดภาพแนวคิดจาก อวตารปางที่ 4 ของพระวิษณุ เป็นเกียรติมุข (หน้ากาล) กำลังคายนรสิงห์สองตัว มือยึดขาสিংห์ไว้ข้างละตัว แยกเป็น ขาว-ดำ และ สี ประกอบด้วย 3 แบบ ดังนี้



ภาพที่ 6 แบบที่ 4



ภาพที่ 7 แบบที่ 5

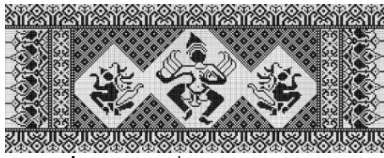


ภาพที่ 8 แบบที่ 6

3. ผลการออกแบบทอผ้าปุมและกรุยเชิง ผู้วิจัยได้หาข้อสรุปของการออกแบบที่ดีที่สุด โดยผ่านคำปรึกษา ข้อเสนอแนะ จากผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านวิชาการ และภูมิปัญญาการทอผ้า จาก 6 แบบ ที่มีองค์ประกอบทอผ้าปุมลายแม่และลายลูกมีกรอบทั้ง 4 ด้าน พร้อมลายกรุยเชิงหรือหน้านางทั้งด้านซ้าย- ขวา เพื่อนำไปมัดย้อมเป็นเส้นพุ่งสำหรับการใช้ในการทอผ้าไหมมัดหมี่ปุมโบราณได้จริง เหมาะสมกับการทำผ้าของกลุ่มตัวเองที่แยกออกเป็นกลุ่มหน้าใหญ่ และกลุ่มหน้าผ้าเล็กกลุ่มละ 1 แบบ ดังนี้

1) ทอผ้าปุมรูปพระองค์ศิวนาฏราช 10 กร ทรงเด่นในท่าจตุระโดยไม่ยกพระบาทขึ้นจากพื้น ช้าย-ขวามีรูปเทพทรงคชสีห์ มีลายพื้นเป็นลายประจายามหรือลายโคม สีสถิตความเป็น

มงคลสูงยิ่ง กรวยเชิง และหน้านาง 1 ชั้น ลายใบไม้ขนาดเล็กคล้ายฟันปลา สื่อถึงเขียวเล็บป้องกันภัย แยกเป็น ขาว-ดำ และ สี ประกอบด้วย 3 แบบ ดังนี้



ภาพที่ 9 แบบที่ 1 มีกรวยเชิง



ภาพที่ 10 แบบที่ 2 มีกรวยเชิง



ภาพที่ 11 แบบที่ 3 มีกรวยเชิง

2) ท้องผ้าปูมรูปอวตารปางที่ 4 ของพระวิษณุ เป็นเกียรติมุข (หน้ากาล) กำลังคายนรสิงห์ สองตัว มือยึดขาสิงห์ไว้ข้างละตัว มีลายพื้นเป็นลายตัดทอนมาจากเสา 8 เหลี่ยม สื่อถึงความมั่นคง อารูปราบมาร กรวยเชิง และหน้านาง 1 ชั้น ลายดอกบัวตูม สื่อถึงความสดใส มงคล แยกเป็น ขาว-ดำ และสี ประกอบด้วย 3 แบบ ดังนี้



ภาพที่ 12 แบบที่ 4 มีกรวยเชิง



ภาพที่ 13 แบบที่ 5 มีกรวยเชิง



ภาพที่ 14 แบบที่ 6 มีกรวยเชิง

4. ผลการคัดเลือกผ้าปูมลายโบราณที่มีท้องผ้าและกรวยเชิงต้นแบบ ผู้วิจัยนำผ้าที่ได้ผ่านการออกแบบที่เหมาะสมในข้อ 3 ทั้ง 6 แบบ มาให้กลุ่มทอผ้าที่เป็นกลุ่มตัวอย่างประเมิน และคัดเลือกผ้าปูมลายโบราณที่เหมาะสมกับกลุ่มทอผ้าจังหวัดสุรินทร์ โดยผลการประเมินในขั้นตอนนี้มีข้อเสนอแนะคือ ควรเพิ่มหน้านาง 2 ชั้น เพื่อความเหมาะสมสวยงามต่อการทำผ้าไหมปูมโบราณ และพร้อมนำไปผ่านกระบวนการทำผ้าจนได้ผลิตภัณฑ์ผ้าไหมมัดหมี่ปูมโบราณที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตน ตามข้อเสนอแนะโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ชุดต้นแบบแนวคิดจากพระองค์สิวนาฏราช 10 กร ทรงเด่นในท่าจตุระโดยไม่ยกพระบาท ขึ้นจากพื้น ช้าย-ขวา มีรูปเทพทรงขสิทธิ์ ทอดด้วยกั๊พไม้น้อยกว่า 60 ฟันหวี ส่วนท้องผ้าปูม มีจำนวนลำ

ไม่น้อยกว่า 278 ลำ (มัดหมี่อย่างน้อย 2 หัว หรือ 2 โย่ง จำนวน 139 ลำ ประกอบกัน) ส่วนชุดกรวยเชิงหน้านาง 2 ชั้น จำนวนลำไม่น้อยหรือตั้งแต่ 85 - 121 ลำ (ลำน้อยหน้านางลายเล็กละเอียด) ดังภาพที่ 15

2) ชุดต้นแบบแนวคิดจาก อวตารปางที่ 4 ของพระวิษณุ เป็นเกียรติมุข (หน้ากาล) กำลัง คายนรสิงห์สองตัว มือยึดขาสึงหิ้วข้างละตัว ทอดด้วยกึ่งพิมพ์ไม่น้อยกว่า 60 ฟันหวี ส่วนท้องผ้าปุม มีจำนวนลำไม่น้อยกว่า 242 ลำ (มัดหมี่อย่างน้อย 2 หัว หรือ 2 โย่ง จำนวน 121 ลำ ประกอบกัน) ส่วนชุดกรวยเชิงหน้านาง 2 ชั้น จำนวนลำไม่น้อยหรือตั้งแต่ 85 - 121 ลำ (ลำน้อยหน้านางลายเล็กละเอียด) ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 15 ชุดต้นแบบแนวคิดจากพระองค์ ศิวนาฏราช 10 กร ทรงเดินในท่าจรดโดยไม ยกพระบาทขึ้นจากพื้น ซ้าย-ขวา มีรูปเทพ ทรงคชสีห์ มีกรอบและหน้านาง 2 ชั้น



ภาพที่ 16 ชุดต้นแบบแนวคิดจากอวตารปางที่ 4 ของพระวิษณุ เป็นเกียรติมุข (หน้ากาล) กำลัง คายนรสิงห์สองตัว มือยึดขาสึงหิ้วข้างละตัว มีกรอบและหน้านาง 2 ชั้น

ข้อที่ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพของต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณที่ ใช้คอมพิวเตอร์ ในการออกแบบขึ้น โดยนำต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณพร้อมแบบสอบถามไปทดสอบ หาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ผลที่ได้พบว่า ต้นแบบลายผ้าไหมปุมโบราณ มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 1.012 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 จึงกล่าวได้ว่าต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการหาประสิทธิภาพของต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ

| แบบทดสอบ | N  | คะแนน เต็ม | คะแนน สูงสุด | คะแนน ต่ำสุด | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับ ประสิทธิภาพ |
|----------|----|------------|--------------|--------------|-----------|------|-------------------|
| ก่อน     | 20 | 30         | 15           | 2            | 5.50      | 2.94 | 1.012             |
| หลัง     | 20 | 30         | 25           | 14           | 19.15     | 3.54 |                   |

## 6. สรุปผลและการอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัยการออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณแนวคิดสร้างสรรค์จากศิลปกรรมขอม โบราณให้กับชุมชนกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์ เพื่อวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาประวัติศาสตร์

ศิลปกรรมขอมโบราณในจังหวัดสุรินทร์ และผ้าไหมทอมือในจังหวัดสุรินทร์ 2) เพื่อใช้เทคโนโลยีช่วยในการออกแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณ และ 3) หาประสิทธิภาพของต้นแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณ

ประวัติศาสตร์ศิลปกรรมขอมโบราณที่มีในท้องถิ่นสุรินทร์ จนได้ชื่อว่าเป็นดินแดนแห่งปราสาทขอม ได้สร้างความรู้ความเข้าใจและความซาบซึ้งในคุณค่ามรดกทางศิลปวัฒนธรรมต่อศิลปินช่างทอผ้าไหม ผลงานผ้าทอหลายชิ้นหลายชนิดประเภทได้รับอิทธิพลและแผ่กลืนอิทธิพลของขอมโบราณจนยากยิ่งที่จะแยกออกจากกัน โดยเฉพาะในส่วนของลวดลายผ้าไหม ที่พบเห็นในงานปฏิมกรรมหินสลักที่ตัวละครเรื่องราวต่าง ๆ จะปรากฏการใส่เครื่องแต่งกายอาภรณ์ที่เป็นผ้าทอมือลวดลายวิจิตรงดงาม จึงสรุปได้ว่าผ้าไหมทอมือได้มีการทำมาตั้งแต่โบราณกาลแล้ว เมื่อได้ศึกษาสำรวจในเรื่องราวศิลปกรรมขอมโบราณ ในทับหลังปราสาทศีขรภูมิชิ้นนี้แสดงภาพศิวนาฏราชแวดล้อมด้วยตรีมูรติ นับเป็นทับหลังที่มีความสวยงามและสมบูรณ์ที่สุดชิ้นหนึ่งของเมืองไทย จึงเป็นศิลปกรรมขอมโบราณที่ควรนำมาใช้เป็นแรงบันดาลใจให้เกิดแนวคิดสร้างสรรค์ออกแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณให้กับกลุ่มผ้าไหมทอมือสุรินทร์ และนำมาเป็นแนวคิดสร้างสรรค์เพื่อการออกแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณ นำไปใช้เป็นลายอัตลักษณ์ และรู้คุณค่าของภูมิปัญญาของบรรพบุรุษ สอดคล้องกับงานวิจัยศึกษาลวดลายกราฟิกบนผ้าไหมมัดหมี่อำเภอชนบทจังหวัดขอนแก่น เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ (Saiyakit, P., Kriaomang, K. and Nisamanee, N., 2015) เพื่อให้ได้เข้าใจเกี่ยวกับลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ ประวัติ โครงสร้างของลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ การสร้างลวดลาย แนวคิดในการออกแบบ เพื่อนำไปเป็นต้นแบบในการออกแบบผลิตภัณฑ์ แสดงความเป็นเอกลักษณ์ของลวดลายกราฟิก เมื่อนำต้นแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณที่ได้พัฒนาการออกแบบลวดลายจากกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ไปทดสอบหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ผลที่ได้พบว่า ต้นแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณ มีประสิทธิภาพค่ามากกว่า 1 จึงกล่าวได้ว่าต้นแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกยูแกนส์

การอภิปรายผลการใช้เทคโนโลยีช่วยในการออกแบบลวดลายผ้าไหมปูมโบราณ เพื่อช่วยให้ได้ต้นแบบลายผ้าที่มีความสะดวก รวดเร็ว แก้ง่าย และมีความสมจริง ใกล้เคียงกับชิ้นผ้าทอสำเร็จเป็นผืนผ้ามากที่สุด ผลการศึกษาได้เลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Illustrator CS ช่วยในการออกแบบลวดลายในตารางกราฟ เพราะผ้าไหมปูมโบราณเกิดจากเทคนิคการทอมัดหมี่ที่มีลักษณะเฉพาะตัวเป็นเอกลักษณ์ของผ้าทอโบราณของท้องถิ่นที่บ่งบอกความเป็นพิเศษนั้น จะอยู่ที่ลวดลาย การวางลายเพื่อนำไปใช้ในเส้นพุ่งสำหรับการย้อมและทอผ้า กล่าวคือ การออกแบบลวดลายผ้าไหมมัดหมี่ที่ใช้แนวคิดสร้างสรรค์จากองค์ประกอบส่วนใดส่วนหนึ่งของศิลปกรรมขอมโบราณในท้องถิ่นสามารถใช้เป็นแนวทางพัฒนาต่อยอด สร้างเป็นงานศิลปประยุกต์ลายอัตลักษณ์ของท้องถิ่นตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยการออกแบบลายพิมพ์ผ้าตีนจก สำหรับสร้างสรรค์แฟชั่นร่วมสมัยจากภูมิปัญญาไทยพวน จังหวัดสุโขทัย (Sutthiwong, A. and Suwaannawaj, S., 2016) เช่นเดียวกันกับงานวิจัยการออกแบบลวดลายมัดหมี่ไหม เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นสินค้าแฟชั่น กรณีศึกษาลวดลายผ้าโฮลเปราะห์ จังหวัดสุรินทร์ (Meeprom, R. and Nillit, T., 2019) ที่ได้ศึกษาถึงเอกลักษณ์ลวดลายผ้าโฮลเปราะห์จังหวัดสุรินทร์ เพื่อการสร้างสรรค์งานออกแบบแฟชั่นร่วมสมัยที่ได้ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบลวดลายผ้า เพื่อการสร้างโอกาสทั้งคุณค่าและมูลค่า

เชิงพาณิชย์ เป็นช่องทางหนึ่งเพราะถือว่าศิลปะร่วมสมัย ที่พัฒนาเป็นสินค้าแฟชั่นได้ สิ่งแสดงอัตลักษณ์ของตนให้ดำรงอยู่ท่ามกลางกระแสโลกาภิวัตน์ การหาประสิทธิภาพ ภาพของต้นแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์จากกลุ่มตัวอย่าง มีค่าอัตราส่วนเท่ากับ 1.012 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ที่สอดคล้องกับงานวิจัยการพัฒนาบทเรียนบนเว็บตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับเทคนิคการคิดนอกกรอบ ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (Khamdirat, C. Simmatun, P. and Nachairit, D., 2017) ที่ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนบนเว็บตามเกณฑ์เมกุยแกนส์เท่ากับ 1.09 มีความสามารถในการสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เป็นเพราะว่าผู้วิจัยได้ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์โปรแกรม Illustrator CS ช่วยในการออกแบบลวดลายผ้าในรูปแบบตารางกราฟหรือกริด บูรณาการกับการออกแบบลายผ้ามัดหมี่ปุมโบราณ โดยใช้ขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ สามารถพัฒนาลวดลายผ้าไหมจากกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบลายผ้า และนำมาทดสอบหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 อย่างเป็นระบบ ดังนั้นสรุปได้ว่า เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบลวดลายผ้าไหมปุมโบราณ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้กับกลุ่มผ้าไหมทอมือจังหวัดสุรินทร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 7. เอกสารอ้างอิง

- Jeaujan, J. (1909). **The Development Database of Sikhorphum Sanctuary' Stone Engraving**. [online], Available: <http://prasatsikhorphum.wordpress.org>. access on Octet 10, 2018. (in Thai)
- Khamdirat, C. Simmatun, P. and Nachairit, D. (2017). The Development of Web-based Instruction on Constructivist Theory with Lateral Thinking to Promote Creative Thinking Ability for Mathayomsuksa 1-3 Students. **Journal of Education Khonkaen University (Graduate Studies Research)**, Vol.11(1), 35 – 46. (in Thai)
- Saiyakit, P. Khiew Mang, K. and Nisamanee, N. (2015). A Study of Graphics design Pattern Mudmee silk, Chonnabot district, Khonkaen province for Product design, **Art and Architecture Journal, Naresuan University**, Vol.6(2), 148 – 164. (in Thai)
- Meeprom, R. and Nilit, T. (2019). Mudmee silk pattern design for leading to development into a fashion product. Case study of the patterns of Whole Bpror fabric Surin Province. **Institute of Culture and Arts Journal Srinakharinwirot University**, Vol.20(2), 23 - 35. (in Thai)
- Suthipong, A. and Suwanawat, S. (2016). Design of Teenjok Printing for Creating Contemporary Fashion from Thai Phun Wisdom, Sukhothai, **Art and Architecture Journal, Naresuan University**, Vol.7(2), 145 - 158. (in Thai)

## การพัฒนาชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้นทุนต่ำ สำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า

### Development of a Low-Cost Synchronous Generator Experimental Test Bench for Power Grid Synchronization

สุนทร ปลื้มสง<sup>1\*</sup>

Sunthorn Pluemsong<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 1 หมู่ 4 ตำบลท่าจั่ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

E-mail: yottong2000@gmail.com

<sup>1\*</sup>Faculty of Industrial Technology Nakhon si Thammarat Rajabhat University

1 M. 4, Tha-ngew, Muang, Nakhon si Thammarat 80280 E-mail: yottong2000@gmail.com

วันที่รับบทความ 31 มีนาคม 2563

Received: Mar. 31, 2020

วันที่รับแก้ไขบทความ 14 มิถุนายน 2563

Revised: Jun. 14, 2020

วันที่ตอบรับบทความ 15 มิถุนายน 2563

Accepted: Jun. 15, 2020

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสราคาถูก เพื่อใช้ทดลองการต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า ชุดทดลองถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสที่ดัดแปลงมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟสแบบเพลาลอยทั่วไป พิกัด 220 V 50 Hz 2 kVA และใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นเครื่องต้นกำลังขับเคลื่อนโดยทำงานร่วมกับชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชุดทดลองที่ได้จากการวิจัยถูกนำไปทดสอบการต่อขนานกับระบบไฟฟ้า 380 V 50 Hz ณ ห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบพบว่าสามารถต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับโครงข่ายไฟฟ้าได้ สามารถจ่ายกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟเข้าโครงข่ายไฟฟ้าได้ และสามารถรับกำลังรีแอกทีฟจากโครงข่ายไฟฟ้าได้ตามต้องการ ข้อได้เปรียบของชุดทดลองนี้ คือ การที่สามารถผลิตขึ้นมาใช้งานเอง โดยใช้ส่วนประกอบที่หาซื้อได้ภายในประเทศ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า

**คำสำคัญ:** เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส, ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส, การขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

#### Abstract

This research aimed to develop a low-cost synchronous generator experimental test bench (LCSGEB) for power grid synchronization. The LCSGEB was designed and built using a synchronous generator which was modified from a 1 phase 220 V 50 Hz 2 kVA brush alternator generator, and using an induction motor as the prime mover, working together with a synchronizing module. The LCSGEB was obtained by 380 V 50 Hz power grid synchronization testing based in the laboratory. The results revealed that the LCSGEB was able to synchronize the power grid, supply active and reactive power to the grid, and absorb reactive power from the grid as necessary. Furthermore,

the LCSGEB was able to be produced from local components reducing the cost, which is an advantage of this research.

**Keywords:** Synchronous Generator, Synchronous Generator Test Bench, Synchronous Generator line Synchronization

## 1. บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีอัตราความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันมีสาเหตุมาจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ขยายตัวขึ้นเรื่อย ๆ ทุกปี ตามข้อมูลสถิติความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 – 2561 (Electricity Generating Authority of Thailand, 2019) พบว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 26,942 MW เป็น 28,338 MW จากปัญหาดังกล่าวรัฐบาลจึงได้จัดทำแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าระยะยาวหรือแผน PDP ขึ้น เพื่อให้ประเทศไทยมีความมั่นคงด้านพลังงาน โดยเฉพาะกำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยจะต้องมีเพียงพอต่อการใช้งาน ปัจจุบันกำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยส่วนใหญ่มาจากโรงไฟฟ้าของรัฐบาล (กฟผ.) และของเอกชน ทั้งรายใหญ่ รายเล็ก รายเล็กมาก จำนวนหลายต่อหลายโรงกระจายอยู่ทั่วประเทศ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าเหล่านี้จะถูกซิงโครไนซ์ (Synchronize) เข้ากับระบบโครงข่ายไฟฟ้า (Power Grid) เพื่อร่วมกันจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้ากำลัง ขั้นตอนการซิงโครไนซ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครไนส์ และการควบคุมการจ่ายกำลังของโรงไฟฟ้านั้น ถึงแม้จะมีระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย แต่ต้องกระทำโดยผู้มีความรู้และมีความชำนาญ ดังนั้นในส่วนของการศึกษาซึ่งมีหน้าที่เตรียมกำลังคนออกไปทำงาน จึงจำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องดังกล่าว ซึ่งการใช้ชุดทดลองเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอนก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้นจากการปฏิบัติจริง

จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครไนส์ที่นิยมใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน ประกอบด้วยชุด LabVolt Series ของ Festo Inc. ประเทศเยอรมัน (Festo Didactic Inc., 2017) และของ Nvis Technology ประเทศอินเดีย (Nvis Technologies Pvt., 2017) พบว่าในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครไนส์ผู้ผลิตใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครไนส์ 3 เฟส แบบแยกกระตุ้นที่ออกแบบมาสำหรับชุดทดลองนี้โดยเฉพาะ ส่วนเครื่องต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซิงค์ รวมไปถึงชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ใช้ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ และชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใช้หลอดไฟซิงโครไนซ์หรือซิงโครสโคป ปัญหาของชุดทดลองเหล่านี้คือมีราคาแพงเนื่องจากเป็นของต่างประเทศ ต้องใช้งบประมาณจัดซื้อที่สูง

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงมีแนวคิดถ้าสามารถพัฒนาชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครไนส์ขึ้นมาใช้งานเอง โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครไนส์ที่ดัดแปลงมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเพลาลอยทั่วไป ซึ่งหาซื้อได้ง่ายและราคาถูกแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับชุดทดลอง และใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งหาซื้อได้ง่ายและราคาถูกเช่นเดียวกันเป็นเครื่องต้นกำลังแทนการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซิงค์ รวมทั้งใช้ชุดขับเคลื่อนแปรผันความถี่ได้ (Variable Frequency Drive: VFD) หรือที่นิยมเรียกกันว่าเครื่อง VFD เป็นชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์แทนชุดควบคุม

ความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ในชุดทดลองจากต่างประเทศ รวมไปถึงดำเนินการออกแบบและสร้างส่วนประกอบอื่น ๆ ของชุดทดลองเพิ่มเติมขึ้นมา จะได้ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้นแบบที่มีราคาถูกลง ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและช่วยชาติประหยัดงบประมาณได้มาก

ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส และการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสกับโครงข่ายไฟฟ้าอยู่บ้าง ประกอบด้วย การออกแบบและสร้างชุดขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกึ่งอัตโนมัติต้นทุนต่ำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เป็นตัวประมวลผลและใช้วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า ความถี่ และลำดับเฟสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะเข้าไปขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า (Sen, S. et al., 2014) นอกจากนั้นก็จะเป็นการพัฒนาชุดฝึกเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบออนไลน์ผ่านอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาที่เรียนไปด้วยทำงานไปด้วยซึ่งกำลังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในยุโรป (Herrera, M.R.S. et al., 2013) และการวิจัยปฏิบัติการทดลองแบบเสมือนจริงผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต ในหัวข้อการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสเข้ากับโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับนักศึกษา เพื่อเตรียมตัวศึกษาทดลองปฏิบัติการจริงในห้องเรียน (Martis, C.S. et al., 2006)

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อทดลองใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสที่ดัดแปลงมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเพลาลอยทั่วไป เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสของชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้นแบบสำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า

2.2 เพื่อทดลองใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำร่วมกับเครื่อง VFD เป็นชุดเครื่องต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้นแบบ สำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า

2.3 เพื่อพัฒนาต้นแบบชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้นแบบสำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า สำหรับนำไปใช้จัดการเรียนการสอนแทนชุดทดลองจากต่างประเทศ

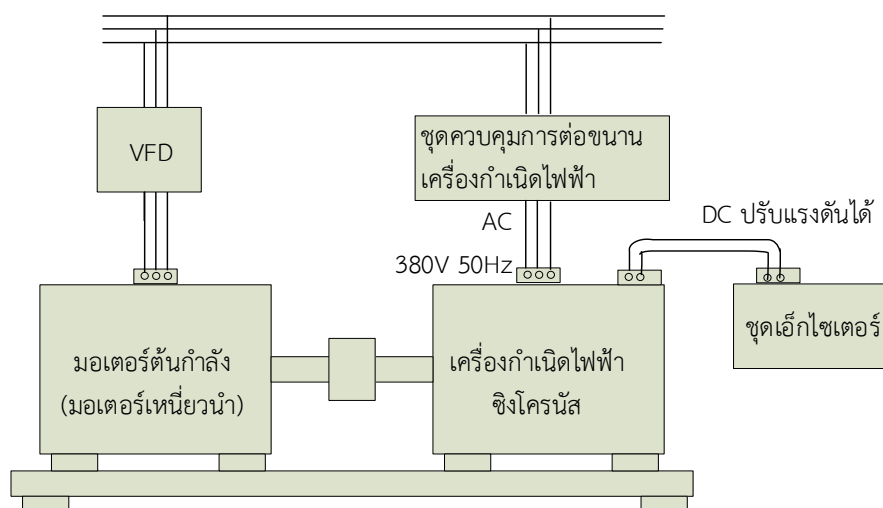
## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 กรอบความคิดของชุดทดลองที่นำเสนอ

ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสสำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้าประกอบไปด้วย 5 ส่วนประกอบหลัก ๆ คือ 1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส 2) มอเตอร์ต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3) ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 4) ชุดเอ็กไซเตอร์ หรือชุดจ่ายกระแสฟลักซ์เพื่อกระตุ้นหรือทำให้เกิดสนามแม่เหล็กในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และ 5) ชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในชุดทดลองนี้ จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟสแบบแยกกระตุ้น (Separately Excited) ซึ่งชุดควบคุมสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์จะถูกต่อออกไปภายนอกตัวเครื่อง เพื่อรับการกระตุ้นจากชุดเอ็กไซเตอร์ที่เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ เนื่องจากในการทดลองจะต้องมีการปรับค่ากระแสฟลักซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อย่างอิสระ การพัฒนาชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้นแบบสำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้าในครั้งนี้

ได้กำหนดกรอบความคิดไว้ คือ ตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสจะทำการดัดแปลงจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพลาลอยทั่วไป มอเตอร์ต้นกำลังจะใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์จะใช้เครื่อง VFD ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้สามารถหาซื้อได้จากร้านขายสินค้าอุตสาหกรรมทั่วไป ส่วนชุดเอ็กไซเตอร์และชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะทำขึ้นมาใช้เองเพื่อลดต้นทุนของชุดทดลองให้ได้มากที่สุด ภาพรวมทั้งหมดของชุดทดลองที่นำเสนอจะเป็นดังภาพที่ 1

โครงข่ายไฟฟ้า 3 เฟส 380V 50Hz



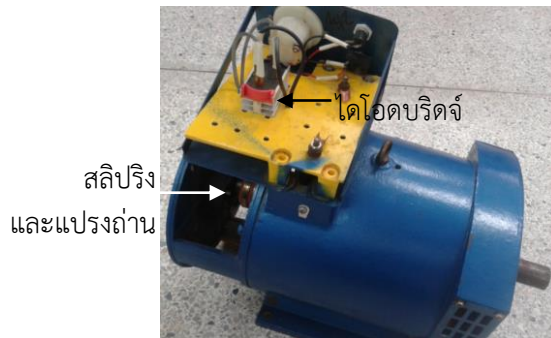
ภาพที่ 1 ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสที่นำเสนอ

### 3.2 การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เลือกมาดัดแปลงใช้งานในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพลาลอยทั่วไป มีลักษณะดังภาพที่ 2 ก. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเอง (Self-Excited) ที่สเตเตอร์มีขดลวดอาร์เมเจอร์พันอยู่ ที่โรเตอร์เป็นขั้วแม่เหล็กแบบขั้วยื่น (Salient Pole) มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันอยู่ ระบบกระตุ้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประกอบไปด้วยขดลวดกระตุ้นที่พันรวมอยู่กับขดลวดอาร์เมเจอร์ แรงดันที่เกิดขึ้นในขดลวดกระตุ้นเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ถูกนำมาผ่านไดโอดบริดจ์เพื่อแปลงผันให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ก่อนถูกส่งไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์โดยผ่านทางแปรงถ่านและสลีปริง ดังภาพที่ 2 ข. ในงานวิจัยได้เลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ายี่ห้อ FUJIWA ขนาด 1 เฟส พิกัด 220 V 50 Hz 1,500 rpm 2 kVA ซึ่งเป็นรุ่นที่เล็กที่สุด นำมาดัดแปลงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส แบบแยกกระตุ้น



ก. สภาพภายนอกตัวเครื่อง  
ภาพที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เลือกมาใช้งาน



ข. ส่วนของไดโอดบริดจ์ สลิปริง และแปรงถ่าน

การตัดแปลงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องนี้ ให้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส 3 เฟส แบบแยกกระตุ้นนั้น ที่สเตเตอร์จะต้องรีดขดลวดออกทั้งหมดแล้วพันขดลวดอาร์เมเจอร์ใหม่เป็นแบบ 3 เฟส ต่อขดลวดแบบ Y โดยพันขดลวดแบบเศษส่วนพิทช์ (Fractional Pitch) เพื่อลดฮาร์มอนิกในแรงดันไลน์ให้ได้มากที่สุด (Jha, R.K. et al., 2013) ส่วนระบบกระตุ้นเดิมทั้งขดลวดกระตุ้นและไดโอดบริดจ์จะถูกถอดออก และทำการต่อขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกมาภายนอกโดยตรง โดยผ่านทางสลิปริงและแปรงถ่าน ค่าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายหลังจากตัดแปลงแล้วเป็นไปตามตารางที่ 1

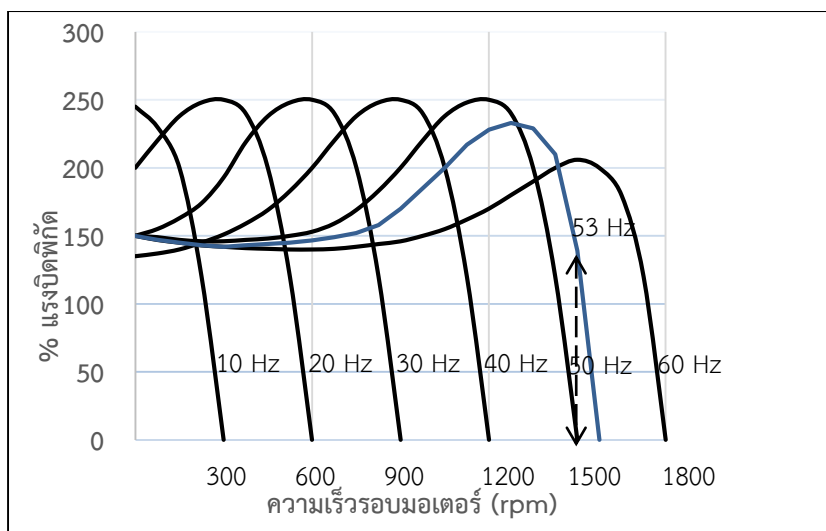
ตารางที่ 1 ค่าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

| กำลัง    | 2 kVA | ความเร็วรอบ   | 1,500 rpm |
|----------|-------|---------------|-----------|
| จำนวนเฟส | 3     | จำนวน pole    | 4         |
| แรงดัน   | 380 V |               |           |
| กระแส    | 3.0 A | แรงดันกระตุ้น | 33 V      |
| ความถี่  | 50 Hz | กระแสกระตุ้น  | 2 A       |

### 3.3 การออกแบบมอเตอร์ต้นกำลังและชุดควบคุมความเร็วรอบ

เลือกใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 2.2 kW 220/380 V 50 Hz 4 pole 1,420 rpm เป็นมอเตอร์ต้นกำลังของชุดทดลอง ส่วนเครื่อง VFD เลือกใช้ยี่ห้อ FUJI รุ่น FRENIC – Mini ขนาดพิกัด 2.2 kW เป็น VFD แบบ v/f คอนโทรล หลักการทำงานของเครื่อง VFD คือการเปลี่ยนความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ทำให้มอเตอร์มีความเร็วรอบแปรผันไปตามความถี่ของแรงดันไฟฟ้าจากเครื่อง VFD ดังนั้นการปรับเพิ่มความถี่ของเครื่อง VFD จะทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามภายหลังจากการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะคงที่ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส 4 ขั้วแม่เหล็กที่ใช้งานในชุดทดลองนี้ เมื่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 Hz ความเร็วรอบจะคงที่ที่ 1,500 rpm ทำให้มอเตอร์ต้นกำลังมีความเร็วรอบคงที่ 1,500 rpm ตามไปด้วย การปรับเพิ่มความถี่ของเครื่อง VFD ภายหลังจากการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว จึงไม่ทำให้มอเตอร์มีความเร็วรอบเพิ่มขึ้นแต่จะทำให้

แรงบิดของมอเตอร์เพิ่มขึ้นแทนดังภาพที่ 3 จากลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถควบคุมการจ่ายกำลัง แอक्तिของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ จากการปรับความถี่ของเครื่อง VFD เครื่อง VFD ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้รับการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ตามพิกัดของมอเตอร์ต้นกำลัง คือ 2.2 kW 380 V รวมทั้งปรับตั้งความถี่ฐานและความถี่สูงสุด ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 3 กราฟแรงบิด-ความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อถูกขับด้วยเครื่อง VFD

ตารางที่ 2 ค่าความถี่ปรับตั้งในเครื่อง VFD

| รายการ            | ค่าปรับตั้ง |
|-------------------|-------------|
| Base Frequency    | 50 Hz       |
| Maximum Frequency | 60 Hz       |



ก. การจัดวางอุปกรณ์หน้าแผง



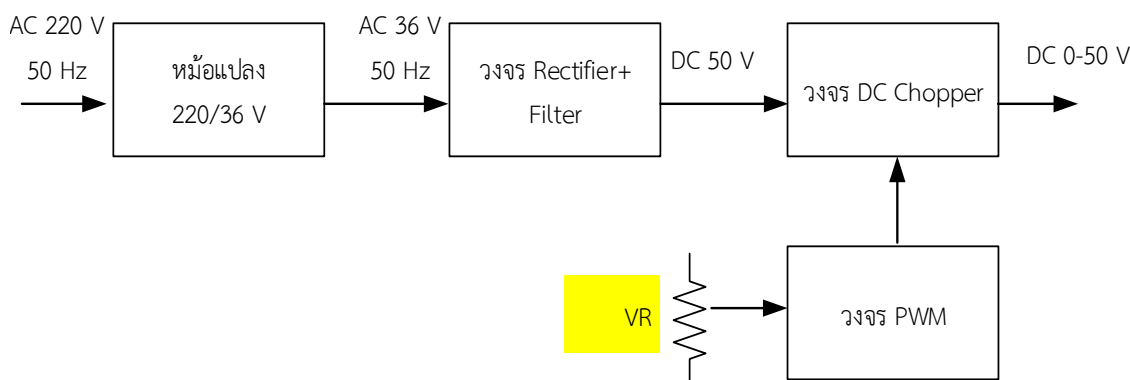
ข. เครื่อง VFD

ภาพที่ 4 ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ต้นกำลัง

### 3.4 การออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์เตอร์

ได้ออกแบบชุดอิเล็กทรอนิกส์เตอร์ขึ้นมาใหม่แทนระบบกระตุ้นเดิมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ขนาด 50 V 2 A ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ หม้อแปลง วงจรเรียงกระแส (Rectifier) และวงจรดีซีช็อปเปอร์ (DC Chopper) โดยมีการทำงานดังภาพที่ 5

แรงดันขาออกของชุดอิเล็กทรอนิกส์นี้ สามารถปรับได้จากการหมุนปุ่มตัวต้านทานแปรผันค่าได้ (Variable Resistor: VR) ในวงจร PWM ซึ่งเป็นส่วนควบคุมการสวิทช์ของวงจรดีซีซีโอเปอร์



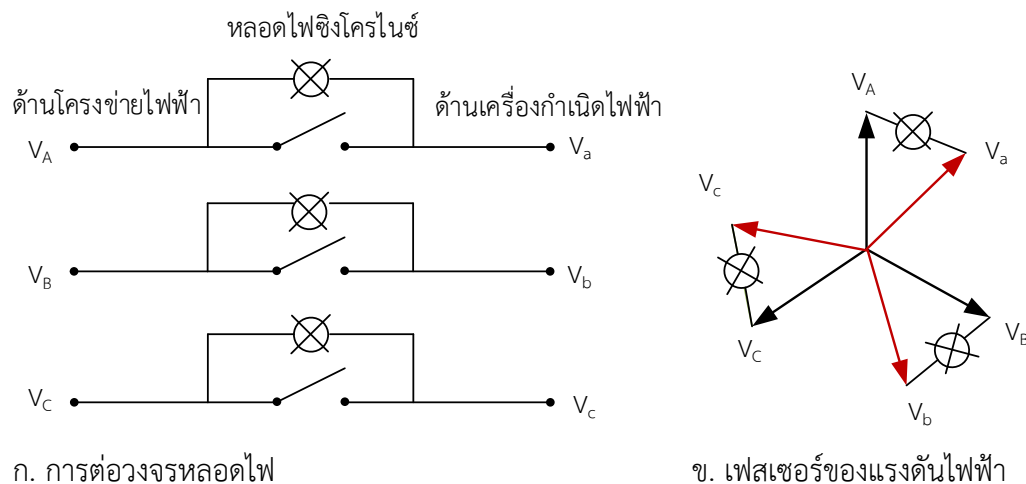
ภาพที่ 5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดอิเล็กทรอนิกส์

### 3.5 การออกแบบชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกออกแบบโดยใช้หลอดไฟซีงโครโนซ์เหมือนกับชุดทดลองที่ได้สำรวจมา และเลือกต่อวงจรแบบ Dark Lamp Method ซึ่งโดยวิธีนี้หลอดไฟซีงโครโนซ์ 3 ดวง จะถูกต่อระหว่างเฟสที่ตรงกันระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับโครงข่ายไฟฟ้า ดังภาพที่ 6 ก. และสามารถทำการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ก็ต่อเมื่อหลอดไฟดับหมดทั้ง 3 ดวง ซึ่งหมายความว่าไปตามเงื่อนไขการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือ ขนาดของแรงดันเท่ากัน ความถี่เท่ากัน และลำดับเฟสตรงกัน อย่างไรก็ตามถ้าหากความถี่ยังไม่เท่ากันหลอดไฟทั้ง 3 ดวงจะกระพริบติด-ดับ พร้อมกันเป็นจังหวะ หรือถ้าลำดับเฟสไม่ตรงกันหลอดไฟจะติด-ดับเรียงกันไปทีละหลอด อธิบายได้ด้วยแผนภาพเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ดังภาพที่ 6 ข.

### 3.6 การทดสอบการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับโครงข่ายไฟฟ้า

ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซีงโครโนซ์ที่พัฒนาขึ้นถูกนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบการต่อขนานกับระบบไฟฟ้า 380 V 50 Hz ของ กฟภ. วิธีการทดสอบเริ่มจากการขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีความเร็วรอบสูงกว่า 1,500 rpm เล็กน้อย พร้อมกับจ่ายกระแสฟิลต์เข้าไปกระตุ้นจนแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันไลน์ของระบบไฟฟ้าที่จะต่อขนาน เล็กน้อย ที่ชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำการสังเกตการ ติด-ดับ ของหลอดไฟซีงโครโนซ์ ตรวจสอบการเรียงลำดับเฟสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และแก้ไขให้ตรงกันกับระบบไฟฟ้าที่จะต่อขนาน เมื่อลำดับเฟสตรงกันแล้วหลอดไฟทั้ง 3 จะติด-ดับพร้อมกัน หลังจากนั้นทำการปรับลดความถี่เครื่อง VFD ลงเล็กน้อย เพื่อควบคุมให้ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟาลดลงจนความถี่ของแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกับความถี่ของระบบไฟฟ้ามากที่สุด ซึ่งส่งผลให้หลอดไฟซีงโครโนซ์ติด-ดับอย่างช้า ๆ และในจังหวะที่หลอดไฟดับหมดทุกดวงทำการปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ 6 การต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยวิธี Dark Lamp Method



ก. ชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า      ข. ชุดเอ็กไซเตอร์

ภาพที่ 7 ชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและชุดเอ็กไซเตอร์

### 3.7 การทดสอบการจ่ายและรับกำลังกับโครงข่ายไฟฟ้า

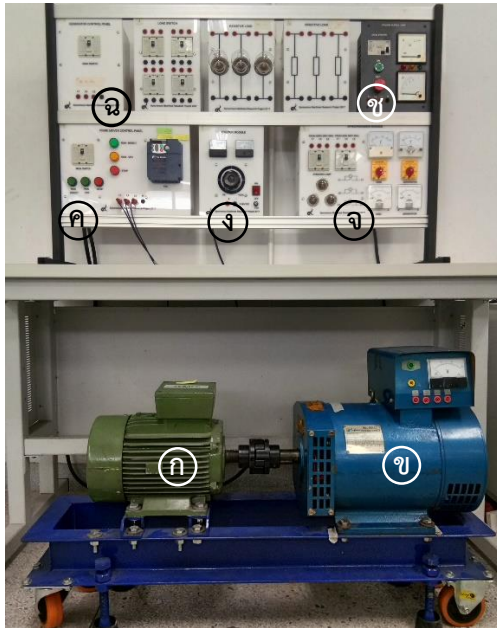
หลังจากขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้แล้ว ชุดทดลองจะถูกทดสอบความสามารถในการจ่ายและรับกำลังกับโครงข่ายไฟฟ้า วิธีการทดสอบเริ่มจากการปรับค่ากระแสฟลัดให้สูงกว่าและต่ำกว่าค่ากระแสฟลัดตอนเริ่มขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยค่ากระแสฟลัดอยู่ในช่วง 0 – 2 A ตามพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พร้อมทั้งทำการวัดกระแสไลน์ กำลังแอกทีฟ และตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละค่ากระแสฟลัด ต่อจากนั้นทำการปรับความถี่เครื่อง VFD ให้สูงขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย เพื่อเพิ่มแรงบิดของมอเตอร์ต้นกำลังให้สูงขึ้น แล้วทำการปรับค่ากระแสฟลัดในช่วง 0 – 2 A พร้อมวัดกระแสไลน์ กำลังแอกทีฟ และตัวประกอบกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละค่ากระแสฟลัดอีกครั้ง เสร็จแล้วนำค่ากระแสฟลัดและกระแสไลน์ไปพล็อตกราฟ

## 4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

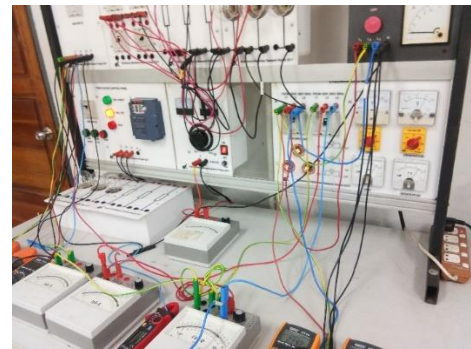
### 4.1 ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครไนซ์ที่ได้จากการวิจัย

ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครไนซ์ที่พัฒนาขึ้น จากงานวิจัยนี้มีลักษณะดังภาพที่ 8 ก. ซึ่งแสดงให้เห็นส่วนประกอบต่าง ๆ คือ ที่วางอยู่บนพื้นประกอบด้วยมอเตอร์ต้นกำลัง (ก)

และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส (ข) ที่แผงด้านบนประกอบด้วยชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (ค) ชุดอิเล็กทรอนิกส์ (ง) ชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (จ) และแผงอื่น ๆ เช่น แผงสวิตช์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ฉ) แผงสวิตช์ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 3 เฟส ที่รับไฟมาจาก กฟภ. (ช) สำหรับค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลองประมาณ 50,000 บาท (ไม่รวมโต๊ะและชั้นวางแผงทดลอง) ถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับชุดทดลองจากต่างประเทศ ที่มีลักษณะเดียวกันซึ่งมีราคาไม่ต่ำกว่า 270,000 บาทต่อชุด



ก. ส่วนประกอบทั้งหมดของชุดทดลอง  
ภาพที่ 8 ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส



ข. ขณะกำลังทดสอบการต่อขนานกับโครงข่าย

#### 4.2 ผลการทดสอบการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับโครงข่ายไฟฟ้า

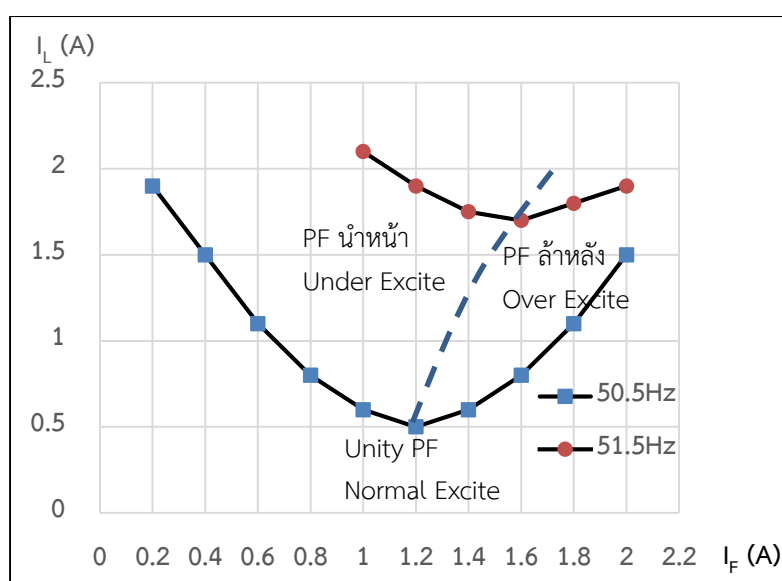
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการต่อขนานชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโครนัสกับโครงข่ายไฟฟ้า

| ส่วนประกอบ                            | ผลการทดสอบ         | หมายเหตุ                                              |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------|
| เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส           | ทำงานได้ตามต้องการ | จ่ายแรงดันได้ตามพิกัด 380 V 50 Hz                     |
| มอเตอร์ต้นกำลัง                       | ทำงานได้ตามต้องการ | ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ทำงานถึงค่าพิกัดได้           |
| ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์           | ทำงานได้ตามต้องการ | ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ได้                             |
| ชุดอิเล็กทรอนิกส์                     | ทำงานได้ตามต้องการ | ปรับกระแสฟลักซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ตามพิกัด 0-2 A |
| ชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | ทำงานได้ตามต้องการ | ขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับโครงข่ายไฟฟ้าได้             |

จากตารางที่ 3 พบว่า ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้า 380 V 50 Hz ของ กฟภ. ได้ โดยส่วนประกอบทุกส่วนไม่ว่าจะเป็นตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส มอเตอร์ต้นกำลัง ชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ ชุดอิเล็กทรอนิกส์ และชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถทำงานได้ตามต้องการ

#### 4.3 ผลการทดสอบการจ่ายและรับกำลังกับโครงข่ายไฟฟ้า

จากการทดสอบการจ่ายและรับกำลังระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของชุดทดลองกับระบบไฟฟ้าของ กฟภ. เมื่อนำค่ากระแสฟลักซ์ ( $I_F$ ) และกระแสไลน์ ( $I_L$ ) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาพล็อตกราฟจะได้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟรูปตัววีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส

จากภาพที่ 9 กราฟเส้นแรกเป็นกราฟขณะเริ่มทำการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความถี่ของเครื่อง VFD ถูกปรับไว้ที่ 50.5 Hz มอเตอร์ต้นกำลังทำงานที่แรงบิดระดับหนึ่ง โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังแอกทีฟให้ระบบไฟฟ้า 329 W กราฟเส้นที่ 2 เป็นกราฟขณะที่มอเตอร์ต้นกำลังมีแรงบิดสูงขึ้น โดยความถี่ของเครื่อง VFD ถูกปรับเพิ่มไปที่ 51.5 Hz ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังแอกทีฟให้ระบบไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 1,119 W เมื่อพิจารณากราฟแต่ละเส้น พบว่าเป็นกราฟรูปตัว V ที่จุดต่ำสุดของกราฟเป็นจุดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกกระตุ้นปกติ (Normal Excite) ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor: PF) เท่ากับ 1 กระแสไลน์จะมีค่าน้อยที่สุด ที่จุดนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่จ่ายและไม่รับกำลังรีแอกทีฟ ส่วนทางด้านซ้ายของกราฟเป็นช่วงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกกระตุ้นต่ำเกิน (Under Excite) ค่าตัวประกอบกำลังเป็นแบบนำหน้า (Leading) มีค่าต่ำกว่า 1 กระแสไลน์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะรับกำลังรีแอกทีฟจากระบบไฟฟ้า และทางด้านขวาของกราฟเป็นช่วงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกกระตุ้นสูงเกิน (Over Excite) ค่าตัวประกอบกำลังเป็นแบบล้าหลัง (Lagging) มีค่าต่ำกว่า 1 กระแสไลน์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะจ่ายกำลังรีแอกทีฟเข้าสู่ระบบไฟฟ้า ทั้งนี้การจ่าย - รับ กำลังรีแอกทีฟ

จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่ากระแสฟิลต์ ผลการทดสอบในขั้นตอนนี้มีผลถูกต้องและตรงตามทฤษฎีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสที่ Chapman, S.J. (1991). และ Guru, B.S. and Hiziroglu, H.R. (2001). กล่าวไว้ทุกประการ

## 5. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้นทุนต่ำสำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า ได้ข้อสรุปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ดังนี้

5.1 สามารถนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเพลาลอยทั่วไป มาดัดแปลงเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสของชุดทดลองได้ โดยยกเลิกการใช้งานระบบกระตุ้นเดิมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ขดลวดกระตุ้นและไดโอดบริดจ์) และทำการต่อขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกมาภายนอกโดยตรงโดยผ่านทางสลิปริงและแปรงถ่าน เพื่อรับการกระตุ้นจากภายนอก

5.2 สามารถใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำร่วมกับเครื่อง VFD เป็นชุดต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของชุดทดลองได้ โดยภายหลังจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับโครงข่ายไฟฟ้าแล้วการปรับเพิ่มความเร็วของเครื่อง VFD จะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังแอกทีฟให้กับโครงข่ายไฟฟ้าได้มากขึ้นในขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์เท่าเดิม

5.3 การพัฒนาชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสต้นทุนต่ำ สำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้า มีข้อสรุปคือ

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสของชุดทดลอง สามารถใช้การดัดแปลงจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเพลาลอยทั่วไปตามข้อ 5.1 ขนาดพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดคือ ขนาดพิกัด 2 kVA 220 V 50 Hz 1,500 rpm เนื่องจากมีขนาดเล็กที่สุดและราคาถูกที่สุด แต่เนื่องจากที่พิกัด 2 kVA จะมีเฉพาะขนาด 1 เฟส จึงต้องนำมาดัดแปลงพันขดลวดอาร์เมเจอร์ใหม่ให้เป็น 3 เฟส เสียก่อน

2) มอเตอร์ต้นกำลังขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ของชุดทดลอง สามารถใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ร่วมกับเครื่อง VFD ได้ตามข้อ 5.2 โดยขนาดพิกัดกำลังของมอเตอร์และเครื่อง VFD ต้องไม่น้อยกว่าพิกัดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในงานวิจัยเลือกใช้มอเตอร์ขนาดพิกัด 2 kW 380V 50 Hz 4 Pole และเครื่อง VFD ขนาด 2.2 kW

3) ชุดอิเล็กทรอนิกส์ของชุดทดลอง สามารถออกแบบและสร้างขึ้นใหม่เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ขนาด 50 V 2 A ตามพิกัดกระแสฟิลต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้วงจรเรียงกระแส และวงจรดีซีช็อปเปอร์ที่สามารถปรับแรงดันขาออกได้

4) ชุดควบคุมการต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของชุดทดลอง สามารถออกแบบและสร้างขึ้นใหม่โดยใช้หลอดไฟซิงโครไนซ์ต่อวงจรแบบ Dark Lamp Method

5) ภายหลังจากนำชุดทดลองไปทดสอบการต่อขนานกับระบบไฟฟ้า 380 V 50 Hz ณ ห้องปฏิบัติการ ผลปรากฏว่าชุดทดลองสามารถต่อขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับโครงข่ายไฟฟ้าได้ รวมทั้งสามารถจ่ายกำลังแอกทีฟและกำลังรีแอกทีฟเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า และสามารถรับกำลังรีแอกทีฟจากโครงข่ายไฟฟ้าได้ เป็นการยืนยันว่าชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้นทุนต่ำสำหรับต่อขนานกับโครงข่ายไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง

## 6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี พ.ศ.2560 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

## 7. เอกสารอ้างอิง

- Chapman, S.J. (1991). **Electric Machinery Fundamentals**. Hightstown: McGraw-Hill.
- Electricity Generating Authority of Thailand. (2019). **Statistical Data, Peak Demand**, [online], Available: [https://www.egat.co.th/index.php?option=com\\_content&view=article&layout=edit&id=353&Itemid=200](https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=353&Itemid=200), access on February 22, 2019. (in Thai)
- Festo Didactic Inc. (2017). **Electromechanical Training Systems LV Series 8001-1**, [online], Available: [https://www.labvolt.com/solutions/6\\_electricity\\_and\\_new\\_energy/59-8001-10\\_complete\\_0\\_2\\_kw\\_ems\\_modular](https://www.labvolt.com/solutions/6_electricity_and_new_energy/59-8001-10_complete_0_2_kw_ems_modular), access on January 17, 2018.
- Guru, B.S. and Hizioglu, H.R. (2001). **Electric Machinery & Transformers**. London: Oxford University Press.
- Herrera, M.R.S., Marquez, J.M.A., Borrero, A.M.B. and Sanchez, M.A.M. (2013). Testing Bench for Remote Practical Training in Electric Machines, **Proceeding of the 10<sup>th</sup> IFAC Symposium Advances in Control Education**, pp. 357 – 362.
- Jha, R.K., Pande, A.S. and Singh, H. (2013). Design and Analysis of Synchronous Alternator for Reduction Harmonics and Temperature by Short Pitch Winding, **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, Vol 3(10), Oct. 2013, pp. 651 - 656.
- Martis, C.S., Hedesiu, H.C., Szabo, L., Tataranu, B., Jurca, F. and Oprea, C. (2006). Electrical Machines Virtual Laboratory: Grid Connection of Synchronous Generator, **Proceeding of the 12<sup>th</sup> International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE PEMC 2006)**, pp. 1709 – 1714.
- Nvis Technologies Pvt. (2017). **Synchronous Machine Training System Nvis 7018 Technical Specification**, [online], Available: <https://www.nvistech.com/images/pdf/NV7018.pdf>, access on January 17, 2018.
- Sen, S., Mazumder, P., Jamil, H. and Chowdhury, R. (2014). Design & Construction of a Low Cost Quasi Automatic Synchronizer for Alternators, **International journal of Engineering Research & Technology**, Vol 3(5), May 2014, pp. 1860 – 1864.

ภาคผนวก

## ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

เพื่อให้วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เป็นวารสารที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ทางกองบรรณาธิการจึงมีข้อกำหนดของวารสารดังต่อไปนี้

**1. วัตถุประสงค์ของวารสารวิชาการ** เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ในวารสารจะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยเผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้ส่งบทความโดยตรง

### **2. ครอบคลุมสาขาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้**

2.1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์  
2.2 สาขาวิชาเทคโนโลยี เน้น เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม ได้แก่ เทคโนโลยีไฟฟ้า เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีพลังงาน/พลังงานทดแทน เทคโนโลยีก่อสร้าง/โยธา เทคโนโลยีการผลิต มาตราวิทยา วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีเซรามิก การบริหารจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

2.3 สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรม

### **3. กำหนดออกวารสาร**

วารสารมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม ด้วยระบบ Online: ThaiJo

### **4. การพิจารณาบทความ**

4.1 การพิจารณาบทความ เลือกผู้ทรงคุณวุฒิจากกองบรรณาธิการตรงตามสาขาวิชาในพิจารณา 2 คน ต่อ 1 บทความ

4.2 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณาส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก 2 คน

4.3 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณาส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและหรือภายนอก 2 คน

4.4 กรณีผู้ส่งบทความ แก้ไขไม่เป็นไปตามกำหนดเวลา ที่กองบรรณาธิการแจ้งกองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์พิจารณา ยกเลิก กระบวนการเพื่อการตีพิมพ์

### **5. คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์**

5.1 วิธีส่งบทความ เจ้าของบทความสามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และส่งต้นฉบับบทความ ในรูปแบบไฟล์ word และรูปแบบไฟล์ PDF ได้ที่ระบบออนไลน์ของวารสารวิชาการ <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/Itech> และนำส่งเอกสารได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง  
119 ม.9 ถ.ลำปาง – แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

## 5.2 รูปแบบบทความที่ส่งกองบรรณาธิการเพื่อตีพิมพ์

**ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย)**

**ชื่อเรื่อง (English)**

ชื่อ นามสกุล<sup>1\*</sup>, ชื่อ นามสกุล<sup>2</sup> และ ชื่อ นามสกุล<sup>3</sup> (ภาษาไทย)

ชื่อ นามสกุล<sup>1\*</sup>, ชื่อ นามสกุล<sup>2</sup> และ ชื่อ นามสกุล<sup>3</sup> (ภาษาอังกฤษ)

<sup>1\*</sup> ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โทรxxxxx โทรสารxxxxx E-mail: YYYYYY

<sup>2</sup> ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

<sup>3</sup> ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ (ภาษาไทย)

<sup>1\*</sup> ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โทรxxxxx โทรสารxxxxx E-mail: YYYYYY

<sup>2</sup> ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

<sup>3</sup> ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ (ภาษาอังกฤษ)

วันที่รับบทความ XXXXXXXXXX

Received: XXXXXXXXXX

วันที่รับแก้ไขบทความ XXXXXXXXXX

Revised: XXXXXXXXXX

วันที่ตอบรับบทความ XXXXXXXXXX

Accepted: XXXXXXXXXX

### บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยต้องประกอบด้วยบทคัดย่อที่ระบุถึงความสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลการศึกษาและบทสรุป ในกรณีที่ต้นฉบับเป็นภาษาไทย ให้ผู้ค้นพบเขียนบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ ระบุคำสำคัญของเรื่อง (keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ

**คำสำคัญ:** รูปแบบบทความ, ขนาดตัวอักษร, รูปแบบตัวอักษร

### Abstract

An article of research to composes with abstract to specify importance of subject, object, method to study, result and summary. Both Thai and English abstracts are required. The length of each should not exceed 300 words. Also, the keywords should not be used more than 5 words.

**Keywords:** submission procedure, manuscript format, font size, font style, blank line

### 1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเขียนบทความฉบับเต็มสำหรับผู้ที่มีความประสงค์ในการส่งบทความเข้าตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพและเพื่อให้การจัดทำเอกสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว ผู้ที่ส่งบทความควรพิมพ์บทความตามรูปแบบและแนวทางที่กำหนดอย่างเคร่งครัด

## 2. เนื้อหาบทความ

วารสารฉบับเต็มควรประกอบด้วย ชื่อบทความ ชื่อและที่อยู่ของผู้เขียนบทความ บทคัดย่อ คำสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหาโดยสมบูรณ์ของบทความ กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง โดยในส่วนของเนื้อหาของบทความ สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อหลัก หัวข้อย่อย และอาจแบ่งถึงหัวข้อย่อยลงมา ทั้งนี้ตัวอักษรทั้งหมดที่ใช้ในการพิมพ์ทุกส่วนให้ใช้ตัวอักษรแบบ TH SarababunPSK ขนาด 16 ตัวหนาทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ระยะระหว่างบรรทัดเป็นแบบบรรทัดเดี่ยว (Single Space) และแต่ละหน้าไม่ต้องการเติมหมายเลขหน้า

### 2.1 ขนาดและการตั้งค่าหน้ากระดาษ

ขนาดของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์กำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน A4 ( $8\frac{1}{4} \times 11\frac{1}{4}$  นิ้ว)

โดยกำหนดการตั้งค่าหน้ากระดาษดังนี้

|                      |     |      |
|----------------------|-----|------|
| ริมขอบกระดาษด้านบน   | 1.5 | นิ้ว |
| ริมขอบกระดาษด้านล่าง | 1   | นิ้ว |
| ริมขอบกระดาษด้านซ้าย | 1.5 | นิ้ว |
| ริมขอบกระดาษด้านขวา  | 1   | นิ้ว |

ความยาวโดยรวมของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้ากระดาษ และบันทึกไฟล์ข้อมูลด้วย Microsoft Word 2016 เท่านั้น

### 2.2 ชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียน

ในการพิมพ์ชื่อบทความให้พิมพ์ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยใช้ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์ พิมพ์เป็นตัวหนา โดยแต่ละคำในชื่อภาษาอังกฤษให้พิมพ์อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ (ยกเว้น คำนำหน้านาม: articles, คำสันธาน: coordinate conjunctions และ คำบุพบท: prepositions นอกจากคำเหล่านี้จะถูกใช้นำชื่อเรื่อง) สำหรับชื่อผู้เขียนบทความให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยต์ ในขณะที่ส่วนของที่อยู่ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 พอยต์ โดยที่อยู่ควรประกอบไปด้วย

#### สำหรับบุคลากรภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ตำแหน่งทางวิชาการ สาขาวิชาที่สังกัด เบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ และ E-mail ที่สามารถติดต่อได้ กรณีผู้เขียนมากกว่าหนึ่ง สามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจันทน์ (\*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียด ผู้ติดต่อให้ระบุ เบอร์โทรศัพท์ และ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

#### สำหรับบุคลากร ภายนอก มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ ซึ่งสามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจันทน์ (\*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียดผู้ติดต่อให้ระบุ

เบอร์โทรศัพท์ เบอร์โทรสารและ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

### 3. บทคัดย่อและคำสำคัญ

การพิมพ์บทคัดย่อและคำสำคัญให้พิมพ์ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ และจัดรูปแบบอยู่ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษ โดยให้พิมพ์ชื่อหัวข้อ “บทคัดย่อ” และ “Abstract” เป็นแบบตัวหนา

### 4. เนื้อหาของบทความ

บทความวิจัยควรประกอบด้วย บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา นำไปสู่การศึกษา วัตถุประสงค์ วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Method) กล่าวถึงรายละเอียด การวิเคราะห์และการทดลองที่กระชับและชัดเจน ผลการทดลอง (Results) บอกผลที่พบอย่างชัดเจน สมบูรณ์ และมีรายละเอียดครบถ้วน สรุปและอภิปรายผล (Discussion and Conclusion) อาจเขียนรวมกับการทดลองได้ เป็นการประเมิน การตีความ และการวิเคราะห์ในแง่มุมต่าง ๆ ของผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลงานผู้อื่นอย่างไร ต้องมีการอ้างหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนหรือการหักล้างอย่างเป็นเหตุเป็นผลและอาจมีข้อเสนอแนะที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

ส่วนของเนื้อหาบทความ กำหนดตัวอักษรที่ใช้ในเนื้อหาให้มีขนาด 16 พอยต์ รวมถึงไม่ต้องมีการเว้นบรรทัดระหว่างย่อหน้า (ไม่ต้องเคาะบรรทัดเมื่อขึ้นย่อหน้าใหม่) สำหรับรูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการพิมพ์หัวข้อกำหนดดังนี้

#### 4.1 หัวข้อหลัก

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อหลัก และให้พิมพ์ไว้ชิดริมซ้ายของคอลัมน์

#### 4.2 หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา และให้พิมพ์ห่างจากริมซ้ายของคอลัมน์ 0.5 นิ้ว

### 5. รูปภาพ ตาราง และสมการ

#### 5.1 รูปภาพและตาราง

การนำเสนอรูปภาพและตารางสามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึงหรืออาจนำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อหรือนำเสนอในหน้าใหม่ ขนาดของรูปภาพและตารางไม่ควรเกินกรอบของการตั้งค่านำหน้ากระดาษที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 2.1

ทั้งรูปภาพและตารางจะต้องมีคำอธิบายโดยคำอธิบายของรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพ และอยู่ชิดซ้ายของหน้ากระดาษ หากรูปภาพใดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับเช่น (ก) และ (ข) ส่วนคำอธิบายตารางให้

พิมพ์ไว้เหนือตารางและขีดริมนซ้ายของกระดาษ โดยการเรียงลำดับรูปภาพและตารางให้แยกการเรียงลำดับออกจากกัน

ตารางข้อมูลที่นำลงตีพิมพ์ ต้องพิมพ์ด้วย word เพื่อความคมชัดของตาราง เช่น

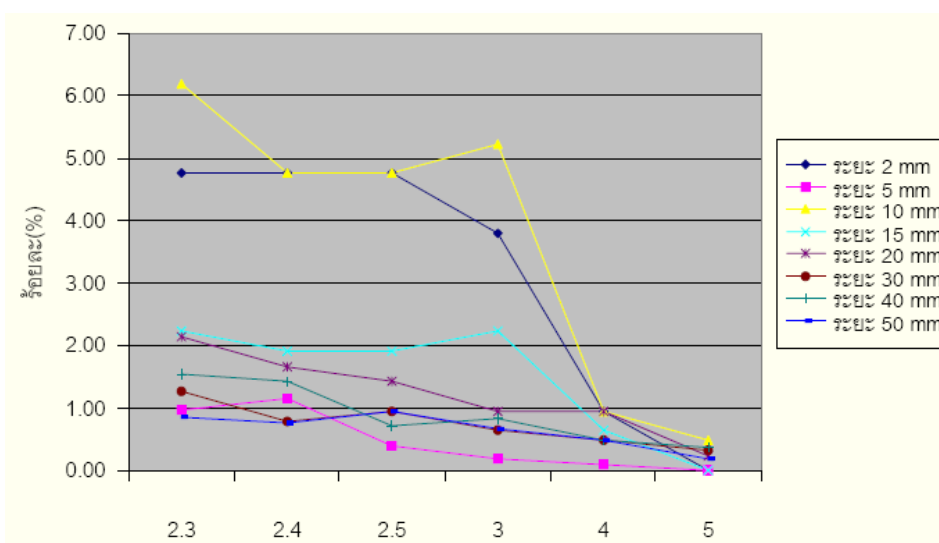
ตารางที่ 1 ตารางที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

| ผู้ออกแบบ                                                                                               | ผู้อาคาร                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1)กระเบื้องดินเผามีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม                                                 | 1)กระเบื้องดินเผาที่ขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว                                    |
| 2)ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ ติดตั้งยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา | 2)กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพัก มีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้อาคารอาจจะลื่นเมื่อใช้งาน                                                         |
|                                                                                                         | 3)เนื่องจากความไม่แข็งแรงของกระเบื้องดินเผา เมื่อผ่านการใช้งาน หรือมีวัตถุตกกระทบ ทำให้กระเบื้องดินเผาแตก กะเทาะ หรือบิ่น ซึ่งแสดงถึงความไม่ทนทานแข็งแรง |

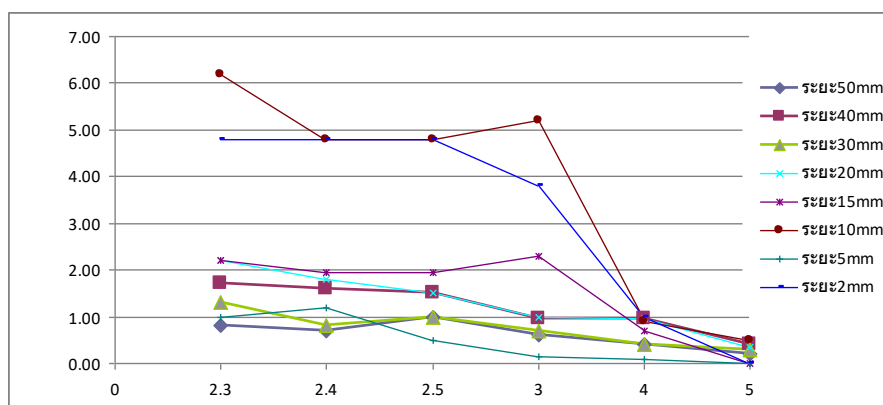
ตารางที่ 2 ตารางที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

| ผู้ออกแบบ                                                                                                | ผู้อาคาร                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) กระเบื้องดินเผาที่มีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม                                              | 1) กระเบื้องดินเผาที่มีขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว |
| 2) ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ ติดตั้งยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา | 2) กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพักมีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้อาคารอาจจะลื่น เมื่อใช้งาน                        |

รูปภาพที่นำลงตีพิมพ์ ควรเลือกภาพที่เหมาะสมและคมชัดที่สุด

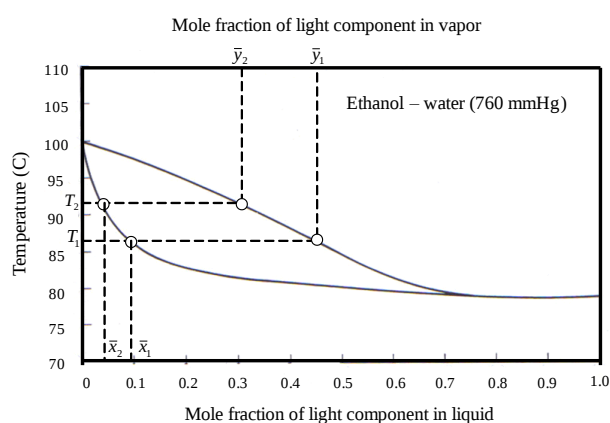


ภาพที่ 1 ภาพที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์



ภาพที่ 2 ภาพที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

การระบุหมายเลขลำดับรูปภาพและตารางในบทความให้ระบุเป็นรูปที่และตารางที่ เช่น ภาพที่ 1, ภาพที่ 1 – 3, ตารางที่ 1, ตารางที่ 1 – 3 เป็นต้น



ภาพที่ 1 แผนภาพสมดุลของของผสมไอ – ของเหลวที่มี 2 องค์ประกอบภายใต้สภาวะความดันคงที่

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในแต่ละภาคเศรษฐกิจ ๆ ของประเทศไทย (หน่วย: ล้านลิตร)

| ภาคเศรษฐกิจ                 | ปี     |        |
|-----------------------------|--------|--------|
|                             | 2545   | 2546   |
| 1. เกษตรกรรม                | 3,509  | 3,827  |
| 2. เหมืองแร่                | 19     | 26     |
| 3. อุตสาหกรรม               | 4,821  | 4,937  |
| 4. ไฟฟ้า                    | 703    | 757    |
| 5. การก่อสร้าง              | 169    | 172    |
| 6. ที่พักอาศัยและการพาณิชย์ | 2,729  | 2,792  |
| 7. คมนาคมขนส่ง              | 23,980 | 25,475 |
| Total                       | 35,930 | 37,986 |

## 5.2 สมการ

การเขียนสมการให้เขียนไว้กลางคอลัมน์และมีการระบุลำดับของสมการโดยใช้ตัวเลขที่พิมพ์อยู่ในวงเล็บ เช่น (1), (2) เป็นต้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

หากต้องการเขียนกิตติกรรมประกาศเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนได้ โดยให้อยู่หลังเนื้อหาหลักของบทความและก่อนเอกสารอ้างอิง เช่น

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้เอื้อเฟื้อเอกสารและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 24

## 7. การอ้างอิง

ให้รวบรวมรายชื่อสิ่งพิมพ์และวัสดุความรู้ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานหรือเอกสารอ้างอิงในการศึกษาแทรกไว้ในเนื้อหาและท้ายบทความ โดยระบุเป็น 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การอ้างอิงในเนื้อหา เป็นการวงเล็บระบุแหล่งที่มาอย่างกว้าง ๆ แทรกอยู่ในเนื้อหาของบทความวิชาการ ส่วนรายละเอียดที่สมบูรณ์ของแหล่งข้อมูลจะแสดงใน “เอกสารอ้างอิง” ในส่วนท้ายของบทความวิชาการ การอ้างอิงในเนื้อหาและท้ายบทความให้เป็นระบบ APA

### 7.1 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงในเนื้อหา

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และผู้แต่งคนที่สอง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และคณะ, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, ไม่มีเลขหน้า)

(หน่วยงาน, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(นามแฝง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

### 7.2 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงท้ายบทความ

ให้อ้างอิงรายการลำดับตามอักษรตัวแรกของผู้แต่ง ตามการเรียงลำดับตัวอักษรของพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน สำหรับรูปแบบการพิมพ์รายชื่อเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่าง ๆ กำหนดให้มีรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

#### (1) บทความจากวารสาร (Journal)

Waszkiewics, S.D., Tierney, M.J. and Scott, H.S. (2009). Development of coated, annular fins for adsorption chillers, **Applied Thermal Engineering**, vol. 29 ( 11- 12), August 2009, pp. 2222 – 2227.

จักรกฤษณ์ นรมิตผดุงการ และ ทวี สอนมาลี. (2519). ความสามารถในการเงินของเทศบาลกรณีของเทศบาลนครกรุงเทพ ก่อนเปลี่ยนแปลงเป็นกรุงเทพมหานคร, **วารสารพัฒนาบริหารศาสตร์**, 16, เมษายน 2519, หน้า 231 – 254.

## (2) บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

Kato, S. and Widiyanto, A. (2001). Environmental Impact Assessment of Various Power Generation Systems, **paper presented in the Tri-University International Joint Seminar & Symposium 2001**, Chiang Mai, Thailand.

มารุต บุรพา, ญัฐนี วรยศ และทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2551). โมเดลอย่างง่ายของการทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพเสริม, **การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทน สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย**, มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

## (3) รายงานทางวิชาการ / รายงานวิจัย

Division of Technical Services and Planning. (2003). **Chiang Mai City Municipality. Annual Report.**

จุฬาร โชติช่วงนิรันดร์, นลินี ตันธวนิตย์ และปัทมา เพ็ชรสิงห์. (2529). **รายงานการวิจัยเรื่องประวัติศาสตร์หมู่บ้านคำม่วง, โครงการวิจัยระบบการทำฟาร์ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 54 – 57.

พรพิมล เกลิมพลาภาพ. (3535). **พฤติกรรมและการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วารสารศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.**

## (4) หนังสือ

Myers, R.H. and Montgomery, D.C. (1995). **Response Surface Methodology: Process and product optimization using designed experiments**, New York: John Wiley & Sons,.

Goswami, Y.D., Kreith, F. and Kreider, J.F. (1999). **Principles of Solar Engineering, 2<sup>nd</sup> edition.** ISBN: 1-56032-714-6, Philadelphia: Taylor & Francis,

วิบูล วิจารณ์ และกนกนาถ ชูปัญญา. (2525). **เคมีคลินิก.** กรุงเทพฯ: โครงการตำราศิริราช คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล.

## (5) วิทยานิพนธ์

สุรจิตร ทิบัว. (2538). **การศึกษาสภาพการใช้แหล่งชุมชนประกอบการสอนวิชาสังคมศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดกรมสามัญศึกษา ของจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.**

Herbert-Cheshire, L. (1997). **Living by the sea.** Unpublished honours thesis, Central Queensland University, Rockhampton, QLD, Australia.

## (6) เว็บไซต์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2554). **“คู่มือการศึกษาปีการศึกษา 2554”.** [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.psu.ac.th/handbook/> สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2554.

Brown, H. (1994). **“Citing computer references”.** [online], Available: <http://neal.ctstateu.edu/history/cite.html>. access on April 3, 1995.

## (7) การสัมภาษณ์

ดิลก บุญเรืองรอด. (2543, กรกฎาคม 14). **อธิการบดี, สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา. สัมภาษณ์.**

## ตัวอย่างการอ้างอิงในเนื้อหา

(สุวิมล ตีรakanันท์, 2553) (Tirakanan, S., 2011)

## ตัวอย่างการแปลเอกสารอ้างอิงภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ

### 1.1 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือ

สุวิมล ตีรakanันท์. (2553). การวิเคราะห์ตัวแปรพหุในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Tirakanan, S. (2011). **Multivariate variables analysis in social science research**. Bangkok: Chaulalongkorn University Printing House. (in Thai)

### 1.2 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงที่เป็นบทความ

ปาน จินดาพล. (2557). การเป็นเจ้าของกิจการกับทัศนคติต่อความเสี่ยง. **วารสารนักบริหาร**, 34(1), 130-135.

Jindapon, P. (2014). Entrepreneurship and risk attitudes. **Executive Journal**, 34(1), 130-135. (in Thai)

สุวรรณ ลัคนวณิช. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล พฤติกรรมการใช้ชีวิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักศึกษาที่ใช้ชีวิตในที่พักเอกชน ย่านรังสิต จังหวัดปทุมธานี. **BU Academic Review**, 13(1), 13-16.

Luckanavanich, S. (2014). Personal relationship, living behaviors, and academic achievement of university students in the private residence, rangsit area, Pathumthani. **BU Academic Review**, 13(1), 13-16. (in Thai).

### 1.3 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงข้อมูลจากเว็บไซต์

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2556). สถานการณ์การท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวต่างประเทศเข้าในปี 2555. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: [http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic\\_tst.php](http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic_tst.php) สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2557.

Tourism Authority of Thailand. (2013). **Inbound foreign tourists situation in 2012**. [online], Available: [http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic\\_tst.php](http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic_tst.php). access on February 9, 2014. (in Thai)

\*\*\*\*\*

ท่านสามารถดาวน์โหลดรูปแบบบทความได้ที่ <http://www.journal.itech.lpru.ac.th>  
หรือ ติดต่อสอบถามที่ **ผู้ประสานงาน** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธิติมา คุณยศยิ่ง โทร 0 5423 7399 ต่อ 1339  
**Tel.**: 08 0502 8598 **E-mail**: [journalitech@gmail.com](mailto:journalitech@gmail.com)

ปรับปรุงเมื่อ 10 มกราคม 2562