



# วารสารวิชาการ นวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

Academic Journal of Industrial Technology Innovation

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2566 Vol. 1 No. 2 May - August 2023

วารสารวิชาการกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Doctor of Philosophy Program in Innovation of Industrial Technology and Faculty of Industrial Technology  
Nakhon Si Thammarat Rajabhat University



## วารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช  
Academic Journal of Industrial Technology Innovation, Doctor of Philosophy Program in Innovation of Industrial Technology and  
Faculty of Industrial Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2566, Vol. 1 No. 2 May – August 2023 ISSN : 2822-1125 (print)

**เจ้าของ** หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช  
**บรรณาธิการ** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย แก้วดี

### วัตถุประสงค์

วารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เป็นวารสารวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นสื่อกลางเผยแพร่ผลงานวิชาการ ผลงานวิจัยของบุคลากร วิทยานิพนธ์ ดุษฎีนิพนธ์ ของนักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจทั้งภายในและภายนอก โดยมุ่งเน้นเผยแพร่บทความวิชาการทางด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาทิ สาขาวิชาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.

### คณะที่ปรึกษา

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| นายกสภามหาวิทยาลัย                            | ที่ปรึกษา |
| อธิการบดีมหาวิทยาลัย                          | ที่ปรึกษา |
| รองอธิการบดี (ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการศึกษา) | ที่ปรึกษา |
| คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม                   | ที่ปรึกษา |

### นโยบาย

- สนับสนุนผลงานทางวิชาการของสถาบันการศึกษา
- เผยแพร่ผลงานทางวิชาการของบุคลากรมหาวิทยาลัยและบุคคลทั่วไป
- สร้างความรู้และองค์ความรู้ที่ถูกต้อง พัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมชุมชนภูมิปัญญาท้องถิ่น และสากล

### ขอบเขตงาน

เป็นวารสารที่ครอบคลุมสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาทางด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาทิ สาขาวิชาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอในรูปแบบบทความวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์ และบทความปริทัศน์ ซึ่งผู้นำเสนอบทความเป็นนักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจทั้งภายในและภายนอก

ทั้งนี้ บทความจะผ่านขั้นตอนการประเมินเบื้องต้นถึงคุณภาพและขอบเขตของเนื้อหา ความถูกต้องของรูปแบบการเตรียมบทความ ความซ้ำซ้อน และการคัดลอกวรรณกรรม (Duplication and Plagiarism) โดยกองบรรณาธิการวารสารฯ จากนั้นบทความจะได้รับการประเมินคุณภาพทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิทางสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 3 ท่านซึ่งผู้เขียน (Author) และผู้ประเมิน (Reviewer) จะไม่ทราบข้อมูลของกันและกัน (Double-Blinded Peer Reviews) โดยบทความที่ผ่านการปรับปรุงตามผลการประเมินจะได้รับการพิจารณาอนุมัติให้ตีพิมพ์บทความ ขั้นตอนสุดท้าย กองบรรณาธิการจะดำเนินการตรวจสอบบทความและพิสูจน์อักษรก่อนที่จะเผยแพร่บทความแบบออนไลน์ และจัดพิมพ์บทความทั้งหมดรวมเล่มเพื่อดำเนินการเผยแพร่ต่อไป

อนึ่งผลงานวิจัยและผลงานทางวิชาการที่ปรากฏเผยแพร่ในวารสารฯ เป็นความคิดเห็นอิสระของผู้แต่ง โดยผู้แต่งเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความเผยแพร่นั้น ซึ่งกองบรรณาธิการและคณะผู้จัดทำวารสารฯ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

กองบรรณาธิการ ประกอบด้วย

|                                         |                                                                                                           |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข        | คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ                                      |
| ศาสตราจารย์เกียรติคุณเสริมศักดิ์ นาคบัว | ศิลปินแห่งชาติ สาขาออกแบบอุตสาหกรรม                                                                       |
| ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช      | ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์                                       |
| ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ์ อัครเอกผาลิน    | ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ                      |
| ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์ หอพิบูลสุข      | สำนักวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี                                    |
| รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล | ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| รองศาสตราจารย์ ดร.อัศรินทร์ พูลกระจำ    | ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี                |
| รองศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ จริตงาม        | ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์                                         |
| รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์   | ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี               |
| รองศาสตราจารย์ ดร.กนกทิพย์ บุญเกิด      | ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์<br>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                                                |
| รองศาสตราจารย์เรวัต สุขสีกาญจน์         | สำนักวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ<br>มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์                                           |
| รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิตา วรรณพิรุณ       | คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ                                      |

ฝ่ายประสานงานและเผยแพร่

|                                             |                                                                                                             |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระยุทธ สุดสมบูรณ์   | สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                     |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมสันต์ สุวรรณโรจน์ | สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนทร ปลื้มสง             | สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                      |
| ดร.วิลาวัลย์ จินวรรณ                        | สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและโลจิสติกส์<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช        |

|                                              |                                                                                                                    |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์เทพ วีระพงศ์           | สาขาวิชาอุตสาหกรรมและการผลิต<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                           |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตยากร ไทยพันธ์           | สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์<br>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                        |
| <b>ฝ่ายจัดการ</b>                            |                                                                                                                    |
| อาจารย์วิสา รวยรวย                           | สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                                |
| อาจารย์วิศรุต ช่วยจันทร์                     | สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                          |
| ดร.วรากรณ์ สาริชา                            | สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช             |
| อาจารย์อัจฉรสิริ อนุมณี                      | สาขาวิชานวัตกรรมการออกแบบ<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                              |
| อาจารย์เปมิกา แซ่เตียว                       | สาขาวิชาอุตสาหกรรมและการผลิต<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                           |
| อาจารย์ชัยญุรักษ์ ไชยพรรณ                    | สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและจีستิกส์<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                 |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพรณ อำนวยศิลป์         | สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช        |
| อาจารย์ประภัสสร กุลทอง                       | สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมการอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช |
| ดร.วีรพล ปานศรีนวล                           | สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                    |
| <b>คณะผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบภาษาอังกฤษ</b> |                                                                                                                    |
| ดร.ไยฟ้า ตระกูลสันติ                         | สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและจีستิกส์<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                 |

|                                                                                      |                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ดร.ธานี จินตสุพธ์ศักดิ์                                                              | สาขาวิชานวัตกรรมคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช     |
| ดร.ปิสุตา สังข์ศรี                                                                   | สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช |
| ดร.จิราพร สุขกรง                                                                     | สาขาวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจ<br>คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                      |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณาพร แก้วแกมจันทร์                                                | สาขาวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจ<br>คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                      |
| Asst.Dr. Mohammed Yassin Mohammed Aba Sha'ar สำนักวิทยบริการ<br>และเทคโนโลยีสารสนเทศ | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                                                                                  |

**ผู้จัดการวารสาร**

|                            |                                                                                      |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| นางเกวณีน เกื้อสุข         | นักวิชาการศึกษา<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช          |
| นายโพธิ์เศรษฐ์ โพธิ์ปลอด   | นักวิชาการโสตทัศนศึกษา<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช   |
| นางสาวชาลิสา พรหมณัฐ       | นักวิเคราะห์นโยบายและแผน<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช |
| นางสาวพัชณีย์ แก้วคงจันทร์ | นักวิชาการเงินและบัญชี<br>คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช   |
| นายศวีระ วิเศษโชค          | นักวิชาการโสตทัศนศึกษา<br>บัณฑิตวิทยาลัย<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช           |

ปก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย แก้วดี

สำนักงาน 1812 อาคาร 18 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช  
เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่าจี้ อำเภอมะนัง นครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280  
โทรศัพท์: 075-377-439 e-mail: technstru.editorjournal@gmail.com

เว็บไซต์วารสาร <http://techjournal.nstru.ac.th>

กำหนดเผยแพร่ เผยแพร่ปีละ 3 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – เมษายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม  
และฉบับที่ 3 ระหว่างเดือน กันยายน – ธันวาคม ของทุกปี

**พิมพ์ที่** สำนักงานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
นครศรีธรรมราช 1812 อาคาร 18  
เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่าจั่ว อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280  
โทรศัพท์ 089-729-2549 e-mail: technstru.editorjournal@gmail.com

**ข้อกำหนดเฉพาะของวารสาร**

1. บทความที่ลงตีพิมพ์ทุกเรื่องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการ โดยผู้ประเมินอิสระหรือพิชญพิจารณ์ (Peer review) ที่มีความเชี่ยวชาญจำนวนบทความละ 3 ท่าน
2. ข้อคิดเห็นใด ๆ ของบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการฉบับนี้เป็นของผู้เขียน คณะผู้จัดทำวารสารไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
3. กองบรรณาธิการวารสารวิชาการไม่ได้สงวนสิทธิ์การคัดลอกแต่ให้อ้างอิงแสดงที่มา

## บทบรรณาธิการ

“วารสารวิชาการนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี” ปัจจุบันเป็นฉบับที่ 2 ของปีที่ 1 โดยเป็นวารสารของหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้นักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจทั้งภายในและภายนอกในการพัฒนางานวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์ และบทความปริทัศน์ได้มีช่องทางในการนำเสนอความคิด และผลผลิตจากการพัฒนางานวิจัยในระดับสูง สื่อสารผลงานวิชาการสู่ภายนอกอย่างเป็นระบบในช่องทางวิชาการ โดยการจัดทำวารสารมีเป้าหมายสู่การรับรองในกลุ่มภายในประเทศและวางกรอบสูงระดับนานาชาติในอนาคต

ขอบเขตของผลงานในวารสาร “วารสารวิชาการนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี” เน้นเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์ และบทความปริทัศน์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องอาทิสาขาวิชาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ เพื่อในกรอบความคิดและการนำเสนอเป็นศาสตร์เดียวกัน

ขอขอบคุณความร่วมมือในการเผยแพร่ผลงานในรูปแบบของวารสารทางวิชาการในครั้งนี้ จากผู้เกี่ยวข้องหลากหลายฝ่าย ผู้สนใจตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการ กองบรรณาธิการ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจประเมินบทความ (Peer reviewers) ทีมงานจัดทำวารสารทุกท่าน บรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นช่องทางใหม่ให้กับทุกคนที่สนใจและเป็นแหล่งสืบค้น เรียนรู้และอ้างอิงให้กับนักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจทั้งภายในและภายนอก เพื่อประโยชน์แก่การพัฒนางานทางวิชาการให้มีคุณภาพต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัตถชัย แก้วดี

บรรณาธิการ

## สารบัญ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | หน้า  |
| วัตถุประสงค์ (Objectives)                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | A     |
| กองบรรณาธิการวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>(Editorial Board of The Journal of Industrial Technology)                                                                                                                                                                                                                     | B     |
| บทบรรณาธิการ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | F     |
| บทความวิจัย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |
| แนวทางการพัฒนาเตาเผาไฟต่ำของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช<br>The Guideline for Development of Low-fire Wood Kilns for Local Ceramic Communities<br>in Nakhon Si Thammarat Province<br><i>Somjai Mahmeen and Chatchai Kaewdee</i>                                                                                  | 1-17  |
| การปรับปรุงกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว: กรณีศึกษาบริษัท Dangtex Industrial จำกัด<br>Improvement of Coconut Fiber Board Production Process: A Case Study of Dangtex<br>Industrial Co., Ltd.<br><i>Jutamas Prommontree, Chanyaphak Chaiyaphan, Chatchai Kaewdee,<br/>Weerayute Sudsomboon, Weeraphol Pansrinual and Roihathai kaewmai</i> | 18-26 |
| อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจากวัตถุดิบท้องถิ่นนครศรีธรรมราชต่อการผลิตอิฐทนไฟสำหรับเตาเผาไฟต่ำ<br>The optimum mix ratio of local materials in Nakhon Si Thammarat for<br>the production of low-temperature refractory bricks<br><i>Chatchai Kaewdee</i>                                                                                      | 27-38 |
| การศึกษาคุณสมบัติทางกลของโฟมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่<br>A Study on Mechanical Properties of Bamboo Fiber Reinforced Foam Concrete<br><i>Suwattana Nikhom, Dittaporn Kaewmuneechoke, Chatchai Kaewdee<br/>Weerayute Sudsomboon and Weeraphol Pansrinual</i>                                                                                   | 39-45 |
| การออกแบบและพัฒนากระบวนการแยกน้ำในการหมักน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น<br>Design and Development of a Water Separation Process in Cold-Pressed Coconut Oil<br>Fermentation<br><i>Ratsawat Kingkaew, Wassa Ruayruay, Adisorn Krainara, Weerayute Sudsomboon,<br/>Weeraphol Pansrinual, and Roihathai kaewmai</i>                                | 46-56 |
| คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 57-64 |



|                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสาร (Publication Ehtics)                                                                                                                                                           | 65 |
| แบบฟอร์มการส่งต้นฉบับ                                                                                                                                                                                                 | 67 |
| รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและพิจารณาบทความวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม<br>ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2566)                                                                                    | 69 |
| แบบประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับการตีพิมพ์บทความวิจัย/บทความ<br>วิชาการวารสารนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตและคณะเทคโนโลยี<br>อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช | 70 |
| แบบสรุปผลการประเมินบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช                                                      | 71 |

# แนวทางการพัฒนาเตาเผาไฟต่ำของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช

## The Guideline for Development of Low-fire Wood Kilns for Local Ceramic Communities in Nakhon Si Thammarat Province

สมใจ มะหมื่น<sup>1</sup> และ จัตรชัย แก้วดี<sup>2\*</sup>Somjai Mahmeen<sup>1</sup> and Chatchai Kaewdee<sup>2\*</sup><sup>1</sup> คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ<sup>2</sup> หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: aj.chatchai@gmail.com

วันที่รับบทความ: 6 สิงหาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 19 สิงหาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 22 สิงหาคม 2566

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 31 สิงหาคม 2566

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเตาเผาไฟต่ำที่เหมาะสมกับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาระดับชุมชนท้องถิ่นของจังหวัดนครศรีธรรมราช กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบการเครื่องปั้นดินเผาชุมชนภาคใต้ ผลการวิจัยพบว่า สามารถสร้างระบบฐานข้อมูลการพัฒนาอิฐทนไฟและรูปแบบโครงสร้างเตาเผาไฟต่ำจากวัสดุท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช, ได้แบบจำลองเตาเผาไฟต่ำขนาดกลางที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในเขตภาคใต้ของไทย และสามารถนำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจากเตาเผาไฟต่ำที่พัฒนาขึ้นไปจดทะเบียนสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) รหัสประจำตัวผู้ผลิต ผู้ประกอบการ OTOP ปี พ.ศ. 2560-2561 หมายเลข 80080005

**คำสำคัญ:** เตาเผาไฟต่ำ, ชุมชนเครื่องปั้นดินเผาท้องถิ่น

**Abstract:** The objective of this research is to study and develop a low-fire kiln which is suitable for the community pottery production in Nakhon Si Thammarat. The sample group consisted of experts and pottery entrepreneurs in the southern provinces of Thailand. The results showed that the proposed method can be used to create a database system for the development of refractory bricks and low-fire wood kiln structures from local materials in Nakhon Si Thammarat. Moreover, a medium-sized low-fire kiln model suitable for the condition of the southern region of Thailand can be developed. The pottery products from the developed low-fire kiln could be registered as one-village one-product (OTOP) products with manufacturer ID 80080005 in 2017-2018.

**Key words:** Low-fire kiln, Local pottery community

### 1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีวิกฤตทางเศรษฐกิจจากการลดลงของการส่งออก การบริโภคภายนอกและ

ภายในประเทศ และราคาสินค้าเกษตร จากสภาพสงคราม การเกิดโรคระบาด และเงินเฟ้อทั้งในและต่างประเทศ สร้างความไม่มั่นคงให้กับประชาชนใน

ท้องถิ่นทางด้านการดำรงชีพ คนรุ่นใหม่ไร้งานทำในเมือง และกลับมายังท้องถิ่นบ้านเกิดของตนเอง ส่งผลให้เครื่องจักรทางเศรษฐกิจของประเทศนั้นไม่สามารถขับเคลื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รัฐบาลจึงมีนโยบายกระตุ้นการสร้างงาน สร้างเงินในระดับครัวเรือน โดยส่งเสริมให้พัฒนาสินค้าภายในประเทศให้มีคุณภาพและทันสมัย เพื่อกระตุ้นการบริโภคจากการท่องเที่ยวภายในประเทศ ด้วยการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการท้องถิ่นมีโอกาสสร้างรายได้เพิ่มขึ้นจากการพัฒนาสินค้าชุมชนสู่สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) สร้างเศรษฐกิจที่ยั่งยืนไม่พึ่งพาการส่งออกเพียงด้านเดียว ลดการคาดหวังผลิตผลทางการเกษตรเพื่อการดำรงชีพโดยไม่สร้างอาชีพเสริม และกระจายงานสู่ท้องถิ่น ลดการกระจุกตัวของแรงงานในจังหวัดปริมณฑลและหัวเมืองขนาดใหญ่ แนวคิดดังกล่าวส่งเสริมให้กลุ่มธุรกิจวิสาหกิจชุมชนเกิดการตื่นตัว ทั้งจากการส่งเสริมเชิงนโยบายและการส่งเสริมการลงทุนของรัฐอย่างแน่วแน่เป็นรูปธรรม[1]

ผลิตภัณฑ์หนึ่งที่อยู่ในความสนใจและต้องการไม่น้อยสำหรับโรงแรมในภาคใต้ของไทย คือ เครื่องปั้นดินเผา ที่ทำหน้าที่ใช้สอยทั้งภายในและภายนอกอาคาร เพื่อประโยชน์ของการตกแต่งสถานที่ ภาชนะสำหรับสปาในโรงแรม ซึ่งผลิตภัณฑ์ดินเผาชุมชน(ดินแดง) สามารถสร้างความรู้สึกรักเป็นธรรมชาติ สร้างบรรยากาศเชื่อมโยงระหว่างสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมกับผู้เข้ามาท่องเที่ยวในสถานที่ท่องเที่ยวและโรงแรมต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีแต่ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่มีคุณภาพดีต้องผลิตและจัดหามาจากแหล่งผลิตนอกเขตพื้นที่ภาคใต้เกือบทั้งหมด[2] เนื่องจากปัญหาทางด้านคุณภาพการผลิตและกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดและสมบัติที่เหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับโรงแรมและสถานที่ท่องเที่ยว การส่งเสริมและพัฒนาเตาเผาเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีสำหรับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ชุมชนเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผาสำหรับรองรับแหล่งท่องเที่ยวในภาคใต้จึงเป็นโจทย์ที่น่าสนใจเพื่อสร้างงานและสร้างรายได้ให้กับกลุ่มธุรกิจชุมชนขนาดย่อมผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากภาคใต้มีแหล่งวัตถุดิบที่ยัง

สำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ชุมชนมีทักษะฝีมือทางช่าง และสภาพเศรษฐกิจที่สินค้าทางการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งยางพาราและปาล์มตกต่ำ[3] ทำให้ชุมชนมีความพร้อมที่จะฟื้นฟูความรู้ความสามารถของตนเองจากภูมิปัญญาของท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นอาชีพเสริม แต่จากการศึกษาและสำรวจแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาในภาคใต้ตั้งแต่ปี 2556-2565 ของผู้วิจัยไม่พบรูปแบบของเตาเผาไฟต่ำที่พัฒนาเพื่อรองรับการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาขนาดใหญ่เช่นเดียวกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและผู้ประกอบการขนาดย่อมในเขตภาคกลาง ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น เครื่องปั้นดินเผาราชบุรี ปากเกร็ด ด่านเกวียน และบ้านเชียง[4] ทำให้การผลิตเครื่องปั้นดินเผาในภาคใต้ขาดโอกาสในการผลิตด้วยตนเองเพื่อจำหน่ายในท้องถิ่น การผลิตเครื่องปั้นดินเผาเองในภาคใต้จึงสามารถลดภาระราคาสินค้าจากการขนส่งจากแหล่งผลิตนอกพื้นที่ ส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น สร้างงานสร้างเงินให้กับคนในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นแนวทางต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยนำประเพณี วัฒนธรรมและความคิดของชุมชนสู่สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ได้ แต่ต้องอาศัยการเผาผลิตภัณฑ์อย่างมีคุณภาพด้วยเตาเผาที่เหมาะสมกับท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช การพัฒนาเตาเผาไฟต่ำที่เหมาะสมทั้งทางโครงสร้างเตาเผา การใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับท้องถิ่น การออกแบบทางเดินลมและรูปแบบของวัสดุเตาเผาที่เหมาะสมกับสภาพดินฟ้าอากาศของภาคใต้ เพื่อให้ชุมชนผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในภาคใต้นำองค์ความรู้จากการวิจัยไปปรับใช้กับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และพัฒนาธุรกิจของชุมชนผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาได้อย่างมีประสิทธิภาพและส่งเสริมการผลิตสินค้าชุมชน (OTOP) รองรับแหล่งท่องเที่ยว ในเขตภาคใต้ตามนโยบายส่งเสริมอาชีพสู่ชุมชนของรัฐบาล

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและพัฒนาเตาเผาไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาในระดับชุมชนท้องถิ่นของจังหวัดนครศรีธรรมราช

## 3. ขอบเขตการวิจัย

### 3.1 วัตถุดิบ ได้แก่

3.1.1 ดินขาวทุ่งใหญ่ บ้านควนคลัง ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช อัตราส่วนผสมระหว่าง

3.1.2 ดินเหนียวทุ่งน้ำเค็ม บ้านมะยง ตำบลโพธิ์ทอง อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.1.3 ทรายน้ำแคว ชุมชนบ้านน้ำแคว ตำบลอินทรี อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.1.4 แกลบ ได้จากแหล่งท้องถิ่นทั่วไปในจังหวัดนครศรีธรรมราช

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

3.2.1 วิศวกรรมย้อนรอย (Reverse engineering) เพื่อทำการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการออกแบบและพัฒนาเตาเผาไฟฟ้า (Low temperature kiln) ที่เหมาะสมเพื่อสร้างเตาเผาไฟฟ้าต้นแบบตามคุณลักษณะของเตาเผาสำหรับธุรกิจชุมชนหรือธุรกิจขนาดย่อมผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในเขตพื้นที่ของจังหวัดภาคใต้[5]

3.2.2 แบบทดลองและประเมินผลการทดลองต้นแบบเตาเผาไฟฟ้า (Low temperature kiln) ที่เหมาะสมเพื่อสร้างเตาเผาไฟฟ้าต้นแบบตามคุณลักษณะของเตาเผาสำหรับธุรกิจชุมชนหรือธุรกิจขนาดย่อมผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในเขตพื้นที่ของจังหวัดภาคใต้[6]

### 3.3 การเผาและทดสอบเตาเผา

3.3.1 การเผาทดสอบอิฐทนไฟโดยใช้เตาเผาทดลองขนาดเล็กจากการใช้อิฐทนไฟที่ได้จากการทดลอง อุณหภูมิ 800-1,000 องศาเซลเซียส[7]

3.3.2 การเผาทดสอบอิฐทนไฟโดยใช้เตาเผาจริงจากการวิจัยในชุมชนกลุ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียส

3.4 รูปแบบของเตาเผา คือ เตาเผาไฟฟ้าสามารถเผาผลิตภัณฑ์อุณหภูมิสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส โดยศึกษารูปแบบโครงสร้างที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ภูมิอากาศ สภาพเศรษฐกิจ สังคม วัตถุดิบ และเชื้อเพลิงของภาคใต้

3.5 สถานที่ทดลองวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน ได้แก่

3.5.1 ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีชุมชน อาคาร 25 (ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

3.5.2 โรงงานเครื่องเคลือบเมืองลิเกอร อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช

3.5.3 กลุ่มแม่บ้านชุมชนบ้านมะยง ตำบลโพธิ์ทอง อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพในส่วนที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบและเทคนิคการผลิตงานหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช การเก็บรวบรวมข้อมูลจึงอาศัยแหล่งข้อมูลภาคสนามในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากการสัมภาษณ์และสังเกตในขณะเก็บรวบรวมข้อมูลหลายพื้นที่ เช่น กลุ่มแม่บ้านปากมะยง ประกอบด้วยผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านมากกว่า 10 ครัวเรือนนำมาประกอบกับการศึกษาเอกสาร การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก การสำรวจภาคสนาม ในสถานที่จริงของแหล่งผลิตที่ประสบความสำเร็จในการผลิตสินค้าที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเอง เช่น ด้านเกวียน ทางดง ปากเกร็ด ราชบุรี และเข้าร่วมกิจกรรมการจำหน่ายสินค้าภายในและต่างประเทศ และนำเสนอเปรียบเทียบรูปแบบและลักษณะที่เป็นที่ต้องการของตลาดจำหน่ายสินค้าในเขตชุมชนกับตลาดสินค้าที่จัดจำหน่ายเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์หรือเพื่อให้

ทราบแนวทางในการปรับปรุงสินค้าเข้าสู่มาตรฐานสินค้าชุมชนตรงตามความต้องการของตลาดนอกเขตชุมชน ผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน และตรวจสอบรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

#### 4.1 การกำหนดอัตราส่วนผสมของเนื้อดิน

โดยเป็นอัตราส่วนผสมของเนื้อดินอิฐทนไฟแสดงเป็นสูตรที่ในรูปอัตราส่วนน้ำหนักของวัตถุดิบมีความสะดวกต่อการใช้งาน สามารถชั่งวัตถุดิบตามน้ำหนักในอัตราส่วนตามสูตรได้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

4.1.1 การหาอัตราส่วนผสมดิน โดยการทดลองหาอัตราส่วนผสม A ของ เนื้อดินอิฐทนไฟ ทำได้โดยใช้วิธีหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินเหนียวทุ่งน้ำเค็ม, ดินขาวทุ่งใหญ่, หวายบ้านน้ำแคบ, และกลบ ไม่เกินร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ด้วยตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Quad axial grid) จากวัตถุดิบพื้นฐาน 5 ส่วน แบบลดและเพิ่มสัดส่วน ครั้งละร้อยละ 10[8] ดังนี้ 1) ดินเหนียวทุ่งน้ำเค็ม อัตราส่วน ร้อยละ 0-50 2) หวายบ้านน้ำแคบ อัตราส่วน ร้อยละ 0-50 3) ดินขาวทุ่งใหญ่ อัตราส่วน ร้อยละ 0-50 4) กลบ อัตราส่วน ร้อยละ 0-50 เพื่อหาดินที่เหมาะสมสำหรับการทำอิฐทนไฟ ลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพ ความทนไฟ การหดตัว ความพรุนตัว ความแข็งแรง และผิวเรียบ โดยใช้สัดส่วนตามตารางสี่เหลี่ยม

หลังจากได้อัตราส่วนผสม A จึงทดลองหาอัตราส่วนผสม B ของเนื้อดินอิฐทนไฟ เพื่อขยายผลให้ละเอียดขึ้นเป็นร้อยละ 1 ทำได้โดยใช้วิธีหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินเหนียวทุ่งน้ำเค็ม, ดินขาวทุ่งใหญ่, หวายบ้านน้ำแคบ และกลบ ไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก แบบตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Quad Axial Grid) จากวัตถุดิบพื้นฐาน 5 ส่วน แบบลดและเพิ่มสัดส่วน ครั้งละร้อยละ 1 ดังนี้ 1) ดินเหนียวทุ่งน้ำเค็ม อัตราส่วน ร้อยละ 0-5 2) หวายบ้านน้ำแคบ อัตราส่วน ร้อยละ 0-5 3) ดินขาวทุ่งใหญ่ อัตราส่วน ร้อยละ 0-5 4) กลบ อัตราส่วน ร้อยละ 0-5 เพื่อหาดินที่เหมาะสมสำหรับการทำอิฐทนไฟ ลักษณะที่พึงประสงค์และคุณสมบัติทาง

กายภาพ ความทนไฟ การหดตัว ความพรุนตัว ความแข็งแรง และผิวเรียบ โดยใช้สัดส่วนตามตารางสี่เหลี่ยม

4.2 กำหนดอัตราส่วนผสมของเนื้อดินอิฐทนไฟ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดอัตราส่วนผสมของเนื้อดินดังนี้

4.2.1 ศึกษาหลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำรา บทความทางวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องการกำหนดอัตราส่วนผสมด้วยตารางสามเหลี่ยมและตารางสี่เหลี่ยม และจัดเก็บรวบรวมข้อมูลวัตถุดิบ ดังนี้ 1) ดินเหนียวทุ่งน้ำเค็ม 2) ดินขาวทุ่งใหญ่ 3) หวายบ้านน้ำแคบ และ 4) กลบ

4.2.2 หาอัตราส่วนผสม ที่ได้จากการกำหนดอัตราส่วนผสมโดยใช้ตารางสี่เหลี่ยม ในอัตราส่วนผสม A โดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมโดยขึ้นครั้งละร้อยละ 10 มากที่สุดร้อยละ 50 จะได้มาทั้งหมด 36 สูตร โดยนำมาทดลองด้วยการขึ้นรูป และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ 1) ความทนไฟ 2) การหดตัว 3) ความพรุนตัว 4) พื้นผิว และ 5) ความแข็งแรง

4.2.3 ประเมินอัตราส่วนผสม ที่ได้จากการทดลองด้วยการขึ้นรูปและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดให้อัตราส่วนผสม

4.2.4 เลือกอัตราส่วนผสม ที่ดีที่สุดที่ได้จากการประเมินอัตราส่วนผสม A

4.2.5 สรุปอัตราส่วนผสม ที่ได้ในสูตร A เพื่อเลือกนำไปพัฒนาเป็นสูตร B

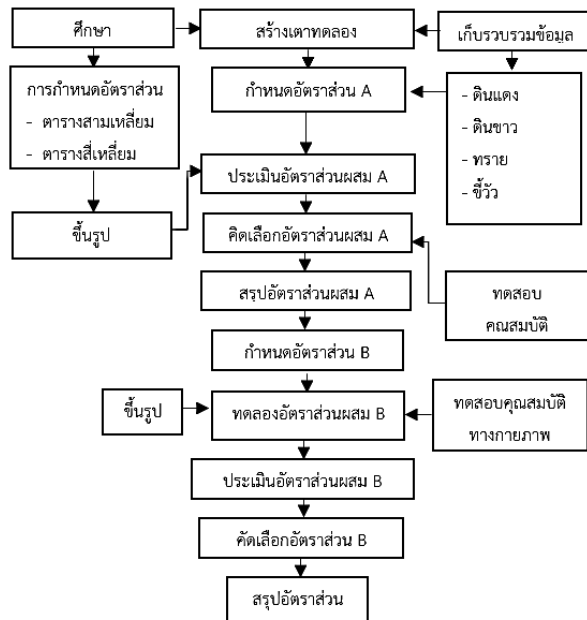
4.2.6 กำหนดอัตราส่วน ที่ดีที่สุดจากสูตร A มาการหาอัตราส่วนผสม B โดยใช้ตารางสี่เหลี่ยม โดยขึ้นและลงแกน W, X, Y และ Z ครั้งละร้อยละ 1 มากที่สุด ร้อยละ 2 จะได้มาทั้งหมด 25 สูตร

4.2.7 ทดลองอัตราส่วนผสม B ด้วยการขึ้นรูป และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ 1) ความทนไฟ 2) การหดตัว 3) ความพรุนตัว 4) พื้นผิว และ 5) ความแข็งแรง

4.2.8 ประเมินอัตราส่วนผสม B ที่ได้จากการทดลองด้วยการขึ้นรูป และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดให้อัตราส่วนผสม

4.2.9 คัดเลือกอัตราส่วนผสม B ที่ดีที่สุดที่ได้จากการประเมินอัตราส่วนผสม

4.2.10 สรุปอัตราส่วนผสม B ที่ดีที่สุดในสูตรเพื่อนำมาเป็นส่วนในการผลิตอิฐทนไฟ



ภาพที่ 1 การกำหนดอัตราส่วนผสมของเนื้อดินอิฐทนไฟ

**4.3 ศึกษาแบบและออกแบบ** โดยนำอัตราส่วนผสมมาขึ้นรูป การร่างชิ้นงานใหม่ (Sketch) เป็นการออกแบบชิ้นงานใหม่บนชิ้นงานหลัก โดยอาศัยหลักการเลือกพื้นผิวของรูปทรงต้นแบบในตำแหน่งที่ต้องการแล้วออกแบบใหม่เพิ่มขึ้น หลังจากนั้น วาดรูปทรงที่ต้องการออกแบบโดยมีขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 ศึกษาแบบของอิฐทนไฟ จากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1) อิฐ C1 2) อิฐ C2 3) อิฐคางหมู 4) อิฐหัวขาน และเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการขึ้นรูปอิฐทนไฟในปัจจุบัน

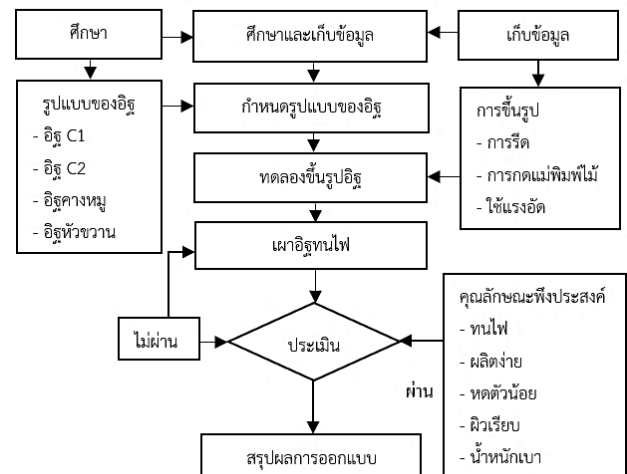
4.3.2 กำหนดรูปแบบอิฐทนไฟ สำหรับเตาเผาไฟต่ำ จากการศึกษาแบบที่เหมาะสม

4.3.3 ขึ้นรูปอิฐทนไฟ เมื่อได้รูปแบบสำหรับอิฐทนไฟสำหรับเตาเผาไฟต่ำ โดยใช้วิธีกดแม่พิมพ์ไม้

4.3.4 เผาอิฐทนไฟ ที่ได้จากการกดแม่พิมพ์ไม้ นำไปเผาด้วยอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้อิฐทนไฟที่สมบูรณ์

4.3.5 ประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของอิฐทนไฟที่ได้ ได้แก่ 1) ความทนไฟ 2) ผลิตได้ง่าย 3) การหดตัวน้อย 4) พื้นผิวเรียบ และ 5) น้ำหนักเบา

4.3.6 สรุปผลการทดลอง ที่ได้ในอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการเลือกมาทำอิฐทนไฟ



ภาพที่ 2 การศึกษาและออกแบบอิฐทนไฟ

#### 4.4 ทดลองหาประสิทธิภาพของอิฐทนไฟ

ในการทดลองแต่ละขั้นตอนจะต้องมีเครื่องมือประเมินในรูปแบบทดสอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดตามประเภท และทำการปรับปรุง ให้ดีขึ้นจนถึงเกณฑ์ ที่กำหนด จึงจะถือว่ามีประสิทธิภาพ โดยเกณฑ์ที่นำมากำหนดประสิทธิภาพของอิฐทนไฟ ประกอบด้วย 1) ความทนไฟ 2) การหดตัว 3) ความพรุน 4) พื้นผิว และ 5) ความแข็งแรง ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพของอิฐทนไฟ ดังนี้

4.4.1 ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำรา บทความทางวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่อง แบบประเมินคุณสมบัติต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ และเก็บรวบรวมข้อมูล คุณสมบัติที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิภาพของอิฐทนไฟ ได้แก่ 1) ความทนไฟ 2) การหดตัว 3) ความพรุน 4) พื้นผิว และ 5) ความแข็งแรง

4.4.2 กำหนดเกณฑ์วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อหาประสิทธิภาพของอิฐทนไฟที่เหมาะสมสำหรับเตาเผาไฟต่ำ



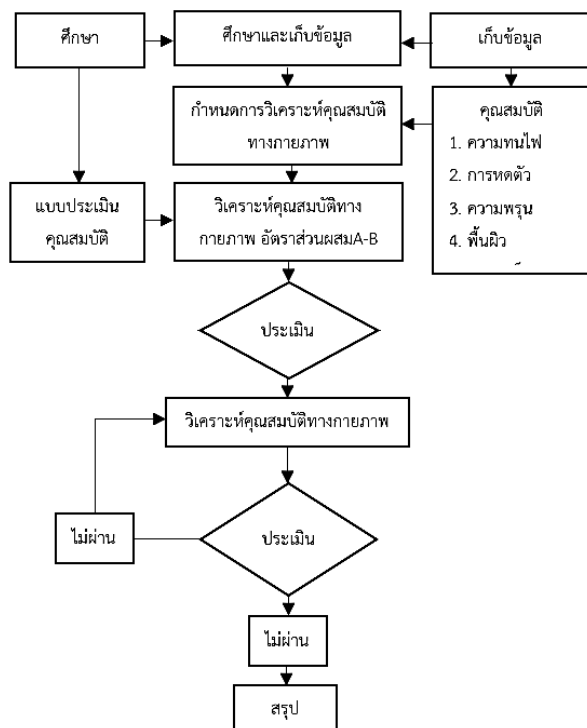
4.4.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย 1) ความทนไฟ 2) การหดตัว 3) ความพรุน 4) พื้นผิว และ 5) ความแข็งแรง

4.4.4 ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพในอัตราส่วน A และ B

4.4.5 เลือกอัตราส่วนผสม ที่ดีที่สุดทั้งอัตราส่วนผสม A และอัตราส่วนผสม B โดยนำเกณฑ์วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของอิฐทนไฟ ในแต่ละสูตร

4.4.6 ประเมินสูตร ที่ดีที่สุดเพื่อนำมาสรุปเก็บข้อมูล

4.4.7 สรุปการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ในอัตราส่วน A และ B



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทดลองประสิทธิภาพ

4.5 สร้างเตาเผาทดลอง โดยสร้างเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาจากต้นแบบเตามังกร เตาทุเรียง และเตาสุโขทัย เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับเตาเผาไฟต่ำ ดังนี้

4.5.1 ศึกษาหลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำรา บทความทางวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องใน เรื่อง รูปแบบของเตาเผา ได้แก่

1) เตาเผาในท้องถิ่น 2) เตาเผาภายในประเทศไทย ได้แก่ เตามังกร เตาทุเรียง และเตาสุโขทัย

4.5.2 เก็บข้อมูลการสร้างเตาเผา จากข้อมูลจากสถานที่จริงและผู้เชี่ยวชาญ

4.5.3 กำหนดรูปแบบของเตาเผา จากการศึกษาารูปแบบของเตาเผาทั้งในท้องถิ่น เตาเผาภายในประเทศไทย และนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์

4.5.4 สร้างเตาเผา จากการกำหนดรูปแบบจากการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ

4.5.5 ประเมินเตาเผา โดยผู้เชี่ยวชาญ ประเมินค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC: Index of Item Objective Congruence) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของอิฐทนไฟใน 5 ประเด็น ได้แก่ 1) ความทนไฟ 2) หดตัว 3) พื้นผิว 4) การผลิต และ 5) น้ำหนัก

4.5.6 ปรับปรุงเตาเผา จากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

4.5.7 ทดลองเผา เครื่องปั้นดินเผาจริง

4.5.8 สรุปข้อมูล เกี่ยวกับการนำอิฐทนไฟที่ทดลองหาอัตราส่วนผสมจากวัตถุดิบท้องถิ่นมาสร้างเตาเผาไฟต่ำ

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล การพัฒนาเตาเผาไฟต่ำของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำข้อมูลจากการวิจัยมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยแบ่งรูปแบบของการวิเคราะห์ไว้ดังนี้

4.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบเนื้อดินอิฐทนไฟ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินอิฐทนไฟ ได้แก่

1) การวิเคราะห์ความทนไฟ (Refractory) เพื่อจำแนกว่าเนื้อดินอิฐทนไฟที่ได้ควรใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดทนไฟได้หรือไม่ เนื้อดินอิฐทนไฟที่บ้านที่ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟนั้นต้องมีความทนไฟขั้นต่ำสุดที่ 1,100 องศาเซลเซียส โดยนำขึ้นทดลองที่เตรียมไว้แล้วเข้าเตาเผาและทำการเผาโดยใช้อุณหภูมิในการเผา 1,100 องศาเซลเซียส และ 1,200 องศาเซลเซียส หาก

ขึ้นทดลองมีรูปร่าง รูปทรงที่เปลี่ยนไป เช่น โกงงอ บูดพอง แตกร้าว หรือสลายเป็นผง แสดงว่าเนื้อดินอิฐทนไฟอัตราส่วนผสมนั้นทนไฟในอุณหภูมิที่เผาไม่ได้ [4]

2) การวิเคราะห์การหดตัว (Shrinkage) โดยการวิเคราะห์ค่าความหดตัวของเนื้อดินสามารถ วัดได้ 2 ขั้นตอน คือ การหดตัวเมื่อแห้งก่อนเผา และการหดตัวภายหลังเผาด้วยการคำนวณขนาดของผลิตภัณฑ์ ภายหลังแห้งและเผานิยมทำเป็นแท่งและวัดตามความยาวแล้ววิเคราะห์ตามความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปตามสูตรแล้ว นำมาวิเคราะห์ความเหมาะสมของดินอิฐทนไฟ ซึ่งดินอิฐทนไฟสูตรใดหดตัวน้อยแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมภายหลังการนำมาสร้างเป็นเตาเผา

3) การวิเคราะห์ความพรุนตัว (Porosity) โดยการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักจากการดูดซึมน้ำของอิฐทนไฟภายหลังผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800-900 องศาเซลเซียส ด้วยการชั่งน้ำหนักหลังเผาแล้วนำขึ้นทดลองไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการแทนที่ความพรุนตัวของอิฐทนไฟด้วยน้ำ ทำให้ทราบความหนาแน่นของอิฐ ซึ่งอิฐทนไฟที่มีความพรุนตัวสูงจะสามารถเก็บกักความร้อนได้ดี และเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นอิฐทนไฟในการก่อเตาเผา

4) การวิเคราะห์พื้นผิว (Surface) โดยทดสอบความสามารถในการกักดินอิฐเตาเผาในแม่พิมพ์ โดยนำดินปั้นที่มีความชื้นเทียบเท่าการใช้งานทำอิฐเตาเผาจริงมาใช้ในการทดสอบ ด้วยการกดในแม่พิมพ์เดิมอย่างต่อเนื่อง 10 ครั้ง และวิเคราะห์ผลการหลุดร่อนของดินจากแม่พิมพ์ และลักษณะของอิฐ ซึ่งอิฐที่มีผิวเรียบและหลุดร่อนจากแม่พิมพ์ได้ง่ายจะเหมาะสมต่อการ ก่อผนังเตาเผา

5) การทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินอิฐทนไฟ (Modulus of rupture หรือ M.O.R.) โดยความแข็งแรงของเนื้อดินอิฐทนไฟเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกระแทกหรือแรงกดที่กระทำต่อเนื้อดินอิฐทนไฟที่ขึ้นรูปแล้ว เนื้อดินอิฐทนไฟที่มีความแข็งแรง เมื่อแห้งจะไม่เปราะแตกง่ายสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก โดยทั่วไปเนื้อดินอิฐทนไฟที่มีความเหนียว

มากจะมีความแข็งแรงมาก เมื่อขึ้นรูปและผึ่งให้แห้งจะมีความแข็งแรงของเนื้อดินสูง แต่จะ โค้งงอได้ง่ายภายหลังการเผา การทดสอบทำได้โดยการใช้แรงกดเมื่อดินแห้ง ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิกำหนดไว้

4.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่ออิฐทนไฟ การวิจัยครั้งนี้มีการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่ออิฐทนไฟที่นำมาทดสอบคุณลักษณะอันพึงประสงค์สำหรับการก่อเตาเผา โดยการวิเคราะห์เชิงคุณภาพจากการประเมินและแสดงความคิดเห็น 5 ระดับของลิเคิร์ต (Likert scale) และประเมินผลโดยใช้วิธีการของเบส (Best)

4.6.3 สถิติเพื่อคำนวณคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐทนไฟ[9] ประกอบด้วย

1) ค่าความทนไฟ (Refractory) วิเคราะห์ได้โดยการหาค่าการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) [10] ดังนี้

1.1) ค่า Conduction heat transfer ซึ่งการถ่ายเทความร้อนแบบมิติเดียวนี้สามารถแสดง ได้ดังนี้ (Fourier's Law)

$$q = -kA \frac{dT}{dx} = -kA \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} \dots\dots\dots(1)$$

q แทน อัตราการนำความร้อน, W

A แทน พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน, m<sup>2</sup>

ΔT แทน ความแตกต่างของอุณหภูมิ, °C

Δx แทน ระยะทางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน, m

K แทน ค่าการนำความร้อน Thermal Conductivity, w/m°C Heat Flux, Q (watt/m<sup>2</sup>)

$$Q = \frac{q}{A}$$

$$Q = \frac{q}{A} = -k \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} \dots\dots\dots(2)$$

1.2) ค่า Convection Heat Transfer พลังงานของการพาความร้อน สามารถคำนวณจาก



$$q = hA(T_p - T_f) \dots\dots\dots(3)$$

h แทน สัมประสิทธิ์การพาความร้อน Heat Transfer Coefficient ที่ผิวสัมผัสระหว่างของไหลกับวัตถุ (W/m<sup>2</sup>°C)  
A แทน พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของไหล (m<sup>2</sup>)  
T<sub>p</sub> แทน อุณหภูมิของผิววัตถุ (K)  
T<sub>f</sub> แทน อุณหภูมิของของไหลที่อยู่ห่างออกไปจากผิว หรืออุณหภูมิส่วนต้นของของไหล (K)

2) การหดตัว (Shrinkage) ของเนื้อดินอิฐทนไฟ ทำการวิเคราะห์โดยใช้สูตร ดังนี้ [11]

$$\text{ร้อยละของการหดตัวของดินขณะแห้ง} = \frac{(\text{ความยาวดินเปียก} - \text{ความยาวดินแห้ง})}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของการหดตัวของดินที่เผาแล้ว} = \frac{(\text{ความยาวดินแห้ง} - \text{ความยาวดินที่เผาแล้ว})}{\text{ความยาวดินแห้ง}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของการหดตัวของดิน} = \frac{(\text{ความยาวดินแห้ง} - \text{ความยาวดินที่เผาแล้ว})}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$

3) ความพรุนของเนื้อดินอิฐทนไฟ ทำการวิเคราะห์โดยใช้สูตร ดังนี้ [11]

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 = \%$$

4) ค่าความแข็งแรง (Modulus of Rupture หรือ M.O.R.) และทำการวิเคราะห์ด้วยสมการ ดังนี้ [11]

$$\text{M.O.R} = \frac{8LD}{2bd^2} \dots\dots\dots(4)$$

L แทน ค่าน้ำหนักแรงกดที่แท่งทดสอบหัก  
D แทน ระยะห่างของลิ้มที่รองรับแผ่นทดสอบ  
b แทน ความกว้างของแผ่นทดสอบ  
d แทน ความหนาของแผ่นทดสอบ

#### 4.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการศึกษาและการพัฒนาเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน แบ่งได้ดังนี้

4.7.1 ข้อมูลทุติยภูมิ เก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

4.7.2 ข้อมูลปฐมภูมิ เก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และทำการศึกษาสำรวจจากกระบวนการผลิตจริงของผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน ชุมชนบ้านมะยิง ตำบลโพธิ์ทอง อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

#### 5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษารูปแบบเตาเผาไฟต่ำที่เหมาะสมกับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาระดับชุมชน ผู้วิจัยได้นำหลักและข้อดีของเตาเผาแต่ละประเภทมาใช้บูรณาการผสมผสานตามหลักการทางวิศวกรรมย้อนรอยจากรูปทรงที่เหมาะสมในเกณฑ์ดังนี้

5.1.1 รูปทรงของเตาเผา ผู้วิจัยใช้รูปทรงของเตาเผาแบบเตาแมงป่อง ซึ่งเป็นเตาพื้นบ้านของจังหวัดราชบุรีที่ใช้สำหรับเผาผลิตภัณฑ์ไฟสูง ภายหลังจากนำมาปรับปรุงพัฒนาให้เป็นเตามังกรสำหรับเผาโอ่งมังกรราชบุรี โดยมีรูปทรงที่สามารถรักษาโครงสร้างของเตาเผาให้สามารถผลิตได้ง่ายและลดการหลุดตัวจากความชื้นที่สูงในเขตภาคใต้ โดยนำเอารูปแบบของเตาแมงป่องที่มีลักษณะโค้งเหมาะสำหรับการใช้อิฐก้อนเล็ก โครงสร้างมีการสอดรับกันมากที่สุด สามารถสร้างโครงสร้างแบบสองชั้นได้โดยไม่หลุดตัวระหว่างผนังคู่ที่จะสร้างห่างกันเพื่อให้เกิดช่องว่างของอากาศให้เกิดการนำความร้อนไม่เสียดำเนินทำให้ความร้อนไม่ต่อเนื่อง ซึ่งทำให้การถ่ายนำความร้อนสู่ภายนอกเตาช้าลง เพิ่มการเก็บกักความร้อนภายในเตาเผาได้นานยิ่งขึ้น

5.1.2 ทางเดินลมและห้องเผาผลิตภัณฑ์ของเตามังกรพื้นบ้าน(ธนบดี) จ.ลำปาง เป็นเตาเผาที่ปรับปรุงมาจากเตามังกรจากประเทศจีน เป็นเตาที่มีห้องเผาผลิตภัณฑ์ยาวและลาดเอียง เพื่อให้ความร้อนไหลผ่านขึ้นงานจากห้องเผาด้านหน้าเตาเผาไปสู่ปล่องเผาที่มีพื้นที่ภายในห้องเผามากที่สุดจากเตาเผาพื้นบ้านแต่ละประเภทของไทย ระหว่างห้องเผา มีช่องเล็ก ๆ เพื่อสอดแท่งฟืนเพิ่มอุณหภูมิในห้องเผา ปล่องมีลักษณะทรงขวดปากแคบ ต่อบปล่องเตาเผาสูงขึ้นให้สามารถดูดลมร้อน ออกนอกปล่องไฟได้สะดวก รูปแบบเช่นนี้เมื่อ

พิจารณาจะเห็นความเหมาะสมของการเพิ่มความร้อนระหว่างการเผาและรูปแบบของเตาเผาที่มีพื้นเอียงสามารถทำให้น้ำที่อาจเกิดจากปริมาณฝนมากในเขตภาคใต้ไหลผ่านบริเวณภายนอกเตาเผาได้ง่ายลดความสูญเสียจากอุทกภัย และทางเดินลมเอียงช่วยทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผามีการไหลจากพื้นต่ำสู่พื้นสูงได้รวดเร็วขึ้น ไม่เกิดการใช้ความร้อน เพื่อเผาพื้นเตาให้ร้อนขึ้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากความชื้นใต้ดินของภาคใต้ที่กว่าภูมิภาคอื่น ๆ ของไทยได้ดี อีกทั้งมีช่องเพิ่มพื้นรอบเตาเผาทำให้สามารถลดความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในเตาเผาได้ดี

5.1.3 ช่องเผาและเติมเชื้อเพลิง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาเตาเผาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเติมเชื้อเพลิงประเภทหินขนาดใหญ่และกลุ่มเปลือกไม้จากวัสดุธรรมชาติประเภททางปาล์ม ทางมะพร้าวและกาบมะพร้าว เป็นหลัก พบว่าการใช้โครงสร้างของเตาเผาที่มีช่องเติมเชื้อเพลิงเป็นโครงสร้างเดียวกันกับเตาเผาหลัก ทำให้เกิดเชื้อในเตาเผาจำนวนมากและกำจัดทิ้งระหว่างเผาได้ยากทั้งระบบเตามังกร เตาทูเรียม และเตาพื้นบ้านของบ้านมะยง จ.นครศรีธรรมราช จึงทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเตาเผาไฟต่ำที่อาศัยการสร้างห้องเติมเชื้อเพลิงแบบแยกส่วนจากเตาเผาหลัก พบว่า โครงสร้างเตาแบบฝรั่งเศสเป็นรูปแบบทางเดินลมล่าง สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเตาเผาไฟต่ำพื้นบ้านของไทยได้เป็นอย่างดี โดยปรับปรุงช่องเติมพื้นต่อเข้ากับช่องให้ความร้อนปกติของเตาเผาไฟต่ำ ให้ความร้อนส่งผ่านไปห้องเผาโดยเข้ามาจากการเผาพื้นตกลงในห้องเผาด้านหน้าโดยไม่เข้าไปในห้องเผา และสามารถกำจัดออกได้ง่าย ซึ่งจากการศึกษาได้นำแบบมาจากเตาฝรั่งเศสของ ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เป็นต้นแบบในการพัฒนากับเตาเผาไฟต่ำของภาคใต้ ผสมผสานกับรูปแบบของห้องเผาของเตาเผาพื้นบ้านชุมชนบ้านด่านเกวียน จ.นครราชสีมา ที่มีห้องเผาแยกส่วนกับห้องเผาผลิตภัณฑ์แต่มีขนาดสั้นกว่า

5.1.4 ปล่องเตาเผา ผู้วิจัยได้นำความรู้และผลการศึกษาข้อมูลจากการสำรวจเพื่อประเมินการใช้ปล่องไฟแบบเดิมจากเตาเผาพื้นบ้านมะยง ซึ่งใช้ปล่องไฟแบบสี่เหลี่ยม และเตาพื้นบ้านของด่านเกวียน จ.นครราชสีมา พบว่า เตาเผาที่ใช้ปล่องไฟสี่เหลี่ยม ทำให้การไหลวนของความร้อนภายในเตาเผาไม่สม่ำเสมอ เกิดการปะทะของลมร้อน ทำให้ลมร้อนไม่สิ้นไหล และความร้อนชื้นเข้า ส่วนเตาเผาที่มีปล่องไฟสี่เหลี่ยมเกิดไปทำให้ความร้อนชื้นไม่สูง ห้องเผาปรับออกซิเจนไม่เพียงพอ และใช้เวลารวมทั้งเชื้อเพลิงจำนวนมากในการเผา จึงเลือกใช้ปล่องไฟแบบกลมลักษณะเช่นเดียวกับเตาทูเรียม บ้านเก่าเลี้ยว จ.นครสวรรค์ และต่อปล่องไฟให้ยาวขึ้นเช่นเดียวกับเตามังกรของ จ.ลำปาง[12]

## 5.2 ผลการทดลองพัฒนาเตาเผาไฟต่ำที่เหมาะสมกับชุมชนจังหวัดนครศรีธรรมราช

5.2.1 อัตราส่วนผสมของดินทนไฟ เป็นอัตราส่วนผสมระหว่างดินทุ่งน้ำเค็ม : ดินขาวทุ่งใหญ่ : ทรายน้ำแคว : แกลบ ซึ่งพบว่า สัดส่วน 40 : 20 : 10 : 30 เป็นสัดส่วนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการทำเป็นอิฐทนไฟมากที่สุด โดยมีลักษณะความเหนียวก่อนเผา ระดับมาก ผิวอิฐหลังเผามีเนื้อหยาบ ความชื้นหลังเผาร้อยละ 18.93 การหดตัวก่อนเผาร้อยละ 5.00 ความแข็งแรงก่อนเผา 2.30 Kg/cm<sup>2</sup> ความแข็งแรงหลังเผา 2.30 Kg/cm<sup>2</sup> การดูดซึมน้ำหลังเผา ร้อยละ 43.20 และความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปด้วยการอัดในแม่พิมพ์อยู่ในระดับมากที่สุด



ภาพที่ 4 การขึ้นรูปแท่งทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ อัตราส่วนผสมของดินทนไฟ



ภาพที่ 5 การรีดผสมดินทนไฟจากอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับทำอิฐเตาเผาไฟต่ำ



ภาพที่ 6 การอัดขึ้นรูปอิฐทนไฟเป็นรูปแบบต่าง ๆ ด้วยแม่พิมพ์ไม้



ภาพที่ 7 รูปแบบต่าง ๆ ของ อิฐทนไฟจากวัตถุดิบท้องถิ่นในจังหวัดนครราชสีมา

5.2.2 รูปแบบของอิฐทนไฟ ที่ใช้มี 2 แบบ คือ  
1) อิฐก่อขนาดมาตรฐาน C1 ความกว้าง 11.5 เซนติเมตร ความยาว 23.0 เซนติเมตร และความหนา 7.0 เซนติเมตร และ 2) อิฐหลังคาหรืออิฐคางหมู ความกว้าง

11.5 เซนติเมตร ความยาว 22.5 เซนติเมตร และความหนา 7.5 เซนติเมตร



(1) อิฐก่อผนังเตาและก่อหลังคาเตา (2) อิฐหัวขวาน

ภาพที่ 8 ตัวอย่างอิฐทนไฟจากส่วนผสมดินทนไฟ ชุด B

### 5.3 ผลการพัฒนาต้นแบบเตาเผาไฟต่ำที่เหมาะสมกับชุมชนของจังหวัดนครราชสีมา

ผลการศึกษาข้อมูลการพัฒนาและรูปแบบโครงสร้างเตาเผาไฟต่ำที่เหมาะสมกับชุมชนของจังหวัดนครราชสีมา มีบทสรุปจากการศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบโครงสร้างเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาของไทยที่ บูรณาการผสมผสานตามหลักการทางวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อนำมาพัฒนาใช้สำหรับเตาเผาไฟต่ำของภาคใต้ ได้ดังนี้

5.3.1 รูปทรงของเตาเผาใช้รูปทรงพัฒนาจากเตาแมงป่องจากจังหวัดราชบุรี

5.3.2 ทางเดินลมและห้องเผาผลิตภัณฑ์ใช้รูปทรงพัฒนาจากเตามังกรพื้นบ้าน(ชนบท) จังหวัดลำปาง

5.3.3 ช่องเผาและเติมเชื้อเพลิงใช้โครงสร้างเตาแบบฝรั่งเศสที่พัฒนาจากเตาเผาพื้นบ้านชุมชนบ้านด่านเกวียน จังหวัดนครราชสีมา

5.3.4 ปล่องเตาเผาใช้ปล่องแบบกลมตามแบบเตาทุเรียง บ้านเก่าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ และต่อปล่องไฟให้ยาวขึ้นเช่นเดียวกับเตามังกรของจังหวัดลำปาง





ภาพที่ 9 ทางเดินลมและห้องเผาผลิตภัณฑ์ใช้รูปทรงพัฒนาจากเตามังกรพื้นบ้าน(ธนบดี) จังหวัดลำปาง



ภาพที่ 10 ช่องเผาและเติมเชื้อเพลิงใช้โครงสร้างเตาแบบฝรั่งเศสจากเตาเผาพื้นบ้านชุมชนบ้านด่านเกวียน จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 11 รูปทรงของเตาแมงป่อง จังหวัดราชบุรี

5.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโครงสร้าง การสร้าง การเผา ระบบทางเดินลมร้อน กลศาสตร์ของไหล อุณหภูมิการเผา และเชื้อเพลิง

5.4.1 อิฐทนไฟ ประสิทธิภาพของอิฐทนไฟสำหรับเตาเผาไฟต่ำพื้นบ้านท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราชมีการดำเนินงานโดยการแบ่งเป็นการทดลองสร้างเตาเผาตัวอย่างและการทดสอบการเผาอิฐ โดยสร้างเตาเผาขนาดเล็กจากอิฐทนไฟจากดินทนไฟชุด B อัตราส่วนผสมลำดับที่ 8 ที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างดินทุ่งน้ำเค็ม : ดินขาวทุ่งใหญ่ : ทรายน้ำแควบ : แกลบเท่ากับ 41 : 20 : 9 : 30 ขนาด 1 คืบปิดฟุต (ภายในห้องเผา) และใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซ LPG เเผา ที่อุณหภูมิ 800, 1,000 และ 1,200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยใช้เครื่องอินฟราเรด ตรวจสอบการพาความร้อนของอิฐทนไฟจากภายในเตาเผาสูงภายนอกเตาเผา สามารถกันความร้อนตามระดับการเผาทั้ง 3 ระดับระหว่าง 37.80-40.56 องศาเซลเซียส เฉลี่ยทั้ง 3 ระดับอุณหภูมิอยู่ที่ 39.15 องศาเซลเซียส ที่เวลาเฉลี่ย 9.43 ชั่วโมง

5.4.2 ลักษณะโครงสร้างของเตาเผาไฟต่ำ ซึ่งการออกแบบร่างโครงสร้างของเตาเผาไฟต่ำพื้นบ้านท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช การศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการของชุมชนในการพัฒนาเตาเผาไฟต่ำพื้นบ้านท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้ดำเนินการประเมินความต้องการของคนในชุมชน และผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในท้องถิ่น จำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน รวม 50 คน พบว่าความต้องการของชุมชนในการพัฒนาเตาเผาไฟต่ำพื้นบ้านท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช เฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด คือ  $\bar{X} = 4.65$ ,  $SD = 0.25$  ภายหลังจึงทำการออกแบบและร่างแบบที่เหมาะสมจากการประยุกต์จากเตาเผาทั้ง 4 แบบ ที่ทำการศึกษาตามหลักวิศวกรรมย้อนรอยและปรับขนาดพร้อมรูปแบบของการใช้งานในแต่ละส่วนของเตาเผาร่วมกับนักวิชาการที่มีประสบการณ์และความรู้เกี่ยวกับเตาเผาพื้นบ้าน จากผลการตอบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ประกอบการเครื่องปั้นดินเผาชุมชนขนาดย่อม เจ้าของโรงงานเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน ทุกกลุ่มมีความพึงพอใจต่อเตาเผาไฟต่ำพื้นบ้านท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราชต้นแบบเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.57$ ,  $SD = 0.45$ ) โดยกลุ่มของเจ้าของโรงงาน

เครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านเป็นกลุ่มที่ให้ระดับคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยสูงสุด คือ ( $\bar{X} = 4.97$ ,  $SD = 0.07$ ) อันดับ 2 เป็นกลุ่มผู้ประกอบการเครื่องปั้นดินเผาชุมชนขนาดย่อม คือ ( $\bar{X} = 4.35$ ,  $SD = 0.62$ ) และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ คือ ( $\bar{X} = 4.35$ ,  $SD = 0.62$ ) และเสนอแนะเพิ่มเติม 1) เตาเผาที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถสร้างได้จำนวนมากหรือได้ทุกชุมชนควรมีแนวทางส่งเสริมจากภาครัฐหรือการให้ทุนแบบรวมกลุ่มเพื่อผลิตสินค้าร่วมกันหรือนำผลิตภัณฑ์มาเผาร่วมกัน 2) ควรมีการเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตกับผู้ซื้อให้ชัดเจนเนื่องจากเตาที่มีขนาดใหญ่และต้องเผาครั้งละจำนวนมากหากตลาดไม่ชัดเจนอาจไม่สามารถเผาได้บ่อยครั้ง 3) ควรมีการพัฒนางานผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่มีรูปแบบตามตลาดต้องการให้ด้วยเป็นโครงการต่อเนื่อง เพราะจะได้ผลิตตรงกับความต้องการของตลาดลดต้นทุนการประกอบธุรกิจ 4) ควรศึกษาปรับโครงสร้างเตาเผาให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้ผู้ผลิตรายย่อยสามารถสร้างได้ด้วยตนเอง และ 5) ควรทดลองใช้โครงสร้างเตาเผาตามต้นแบบแต่เปลี่ยนแปลงอิฐเผาเป็นวัสดุที่ชุมชนสามารถผลิตได้เองในต้นทุนต่ำ



ภาพที่ 12 การสร้างต้นแบบ (Model) โครงสร้างของเตาเผาไฟต่ำเพื่อวิเคราะห์และประเมินความคิดเห็นโครงสร้าง



ภาพที่ 13 ต้นแบบ (Model) โครงสร้างเตาเผาไฟต่ำภายนอก



ภาพที่ 14 ต้นแบบ (Model) โครงสร้างเตาเผาไฟต่ำภายใน



ภาพที่ 15 ต้นแบบ (Model) โครงสร้างแบบประกบเตาเผาไฟต่ำ



ภาพที่ 16 โครงสร้างช่องเดิมเชื้อเพลิงเตาเผาไฟต่ำ





ภาพที่ 17 โครงสร้างช่องใส่ผลิตภัณฑ์เตาเผาไฟต่ำ



ภาพที่ 18 โครงสร้างช่องเติมเชื้อเพลิงและอากาศผนังข้างเตาเผาไฟต่ำ



ภาพที่ 19 โครงสร้างผนังข้างและปล่องเตาเผาไฟต่ำ

5.4.3 การเผา พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างชั่วโมงเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง ในการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างชั่วโมงเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง ในการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส โดยเตาเผาที่สร้างขึ้นเหมาะสมกับการเผาผลิตภัณฑ์ระหว่างอุณหภูมิ 800-1,000 บาท



ภาพที่ 20 การปิดทางบรรจุผลิตภัณฑ์เตาเผาไฟต่ำเพื่อเตรียมเผา



ภาพที่ 21 ผลิตภัณฑ์จากเตาเผาไฟต่ำหลังเผา

5.4.4 ระบบทางเดินลมร้อน ทางเดินลมและห้องเผาผลิตภัณฑ์ของเตามังกรพื้นบ้าน (ชนบท) จ.ลำปาง เป็นเตาเผาที่ปรับปรุงมาจากเตามังกรจากประเทศจีน เป็นเตาที่มีห้องเผาผลิตภัณฑ์ยาวและลาดเอียง เพื่อให้ความร้อนไหลผ่านชิ้นงานจากห้องเผาด้านหน้าเตาเผาไปสู่ปล่องเผา มีพื้นที่ภายในห้องเผามากที่สุดจากเตาเผาพื้นบ้านแต่ละประเภทของไทย ระหว่างห้องเผามีช่องเล็ก ๆ เพื่อสอดแท่งฟืนเพิ่มอุณหภูมิในห้องเผา ปล่องมีลักษณะทรงขวดปากแคบ ต่อปล่องเตาเผาสูงขึ้นให้สามารถดูดลมร้อน ออกนอกปล่องไฟได้สะดวก รูปแบบเช่นนี้เมื่อพิจารณาจะเห็นความเหมาะสมของการเพิ่มความร้อนระหว่างการเผาและรูปแบบของเตาเผาที่มีพื้นเอียงสามารถทำให้น้ำที่อาจเกิดจากปริมาณฝนมากในเขตภาคใต้ไหลผ่านบริเวณภายนอกเตาเผาได้ง่ายลดความสูญเสียจากอุทกภัย และทางเดินลมเอียงช่วยทำให้อุณหภูมิภายในเตาเผามีการไหลจากพื้นต่ำสู่พื้นสูงได้รวดเร็วขึ้น ไม่เกิดการใช้ความร้อน เพื่อเผาพื้นเตาให้ร้อนขึ้นซึ่งอาจเกิดขึ้นจากความชื้นใต้ดินของภาคใต้ที่กว่าภูมิภาคอื่น ๆ ของไทยได้ดี อีกทั้งมีช่องเพิ่มฟืนรอบ

เตาเผาทำให้สามารถลดความไม่สม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในเตาเผาได้ดี



ภาพที่ 22 โครงสร้างปล่องไฟทางดินลมและห้องเผา  
ต้นแบบจากเตามังกรพื้นบ้าน (ธนบดี)

5.4.5 การไหลของความร้อนในเตาเผา จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมทางด้านไฟไนต์เอลิเมนต์ และพลศาสตร์ของไหล ซึ่งนำผลของอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองมาเป็นข้อมูลอ้างอิง หลังจากทำการเปลี่ยนเอลิเมนต์ขนาดต่าง ๆ พบว่าอากาศร้อนที่ไหลเข้าไปภายในเตามีความเร็ว 0.20 เมตรต่อวินาที เห็นได้ว่ากระแสของอากาศร้อนที่ไหลเข้าสู่เตาค่อนข้างช้า อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความดันที่อยู่ภายในกับสิ่งแวดล้อม พิจารณาได้จากรูปแบบการไหลของอุณหภูมิ ความเร็วและความดัน ลักษณะการกระจายอุณหภูมิ บริเวณหน้าเตาจะมีอุณหภูมิสูงที่สุดและลดลงตามลำตัวเตาส่วนบริเวณที่อยู่ใกล้กับผนังเตาจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายใน เนื่องจากผนังเตามีความหนาประมาณ 30 เซนติเมตร

5.4.6 อุณหภูมิการเผา ผลจากแบบจำลอง โดยได้เปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 30, 60, 90 และ 120 นาที อุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งของแบบจำลอง มีความคลาดเคลื่อนไปจากการทดลองจริงอยู่ประมาณ 9.50, 14.55, 17.85 และ 16.84 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากการคำนวณแบบจำลอง เห็นได้ว่ามีแนวโน้มลดลงตามตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิ และเมื่อเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองตลอดลำตัวเตามีค่าประมาณ 11.75 เปอร์เซ็นต์

5.4.7 เชื้อเพลิง อัตราความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงโดยใช้วัสดุเผา กาบมะพร้าวและปึกไม้ยางพารา อยู่ประมาณ 725 กิโลกรัม ในการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และ 1,350 กิโลกรัม ในการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา เน้นความพร้อมทางด้านเชื้อเพลิงที่หาได้ในท้องถิ่น เช่น เปลือกมะพร้าว กาบมะพร้าว กาบปาล์ม กิ่งไม้ยางพารา และเศษไม้ที่เหลือจากการแปรรูป เป็นต้น เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาเป็นปัจจัยในการออกแบบและพัฒนาเตาเผา เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุดิบ โดยชุมชนสามารถเลือกใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูก และเผาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้



ภาพที่ 23 ปึกไม้ยางพาราที่เป็นเชื้อเพลิงในการเผา  
ผลิตภัณฑ์เตาเผาไฟต่ำ

## 6. การอภิปรายผลหรือการวิจารณ์และสรุป

ผลการพัฒนาเตาเผาไฟต่ำของชุมชนเครื่องปั้นดินเผาท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งพบว่าดำเนินการประเมินความต้องการของคนในชุมชน และผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาในท้องถิ่น พบว่าชุมชนผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผามีความต้องการของชุมชนในการพัฒนาเตาเผาไฟต่ำพื้นบ้านท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช เฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดและภายหลังจึงทำการออกแบบและร่างแบบที่เหมาะสมจากการประยุกต์จากเตาเผาทั้ง 4 แบบ ที่ทำการศึกษาตามหลักวิศวกรรมย้อนรอยและปรับขนาดพร้อมรูปแบบของการใช้งานในแต่ละส่วนของเตาเผาร่วมกับนักวิชาการที่มีประสบการณ์และความรู้เกี่ยวกับเตาเผาพื้นบ้านเพื่อนำไปทดลองเตาเผาต้นแบบ อาจเป็นเพราะว่าผู้ผลิตเห็นช่องทางของการ



พัฒนาอาชีพ และการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่ตอบโจทย์ของชุมชน โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่ยังยาก สามารถสร้างเตาเผาและผลิตภัณฑ์ได้จริง และเกิดผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ตอบโจทย์ท้องถิ่น มีขนาดใหญ่ขึ้น และคุณภาพดีขึ้นจากเตาเผาที่มีคุณภาพ สร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภค ทำให้จำหน่ายสินค้าได้เพิ่มขึ้น และสามารถผลิตได้จำนวนมากขึ้นตอบสนองความต้องการของตลาดแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งต้องซื้อเครื่องปั้นดินเผาจากภาคอื่น ๆ ของไทย เพราะผู้ประกอบการในท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราชผลิตได้ไม่ทันตามความต้องการ การวิจัยครั้งนี้จึงเป็นแนวทางที่ได้รับการตอบรับที่ดี และสนใจจากผู้ประกอบการรุ่นใหม่ในชุมชน เพื่อรักษาอาชีพชุมชนของบรรพบุรุษ ไม่ต้องย้ายถิ่นไปทำงานในเมืองหลวง สอดคล้องกับงานวิจัยของธนสิทธิ์ จันทะรี และบรรชา สุภาวรงค์[13] ซึ่งได้ศึกษาการผลิตเครื่องปั้นดินเผาไฟต่ำในท้องถิ่นแบบดั้งเดิมเพื่ออนุรักษ์การผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนไว้ แต่พยายามพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและเศรษฐกิจ เช่นเดียวกับ สุจินต์ เพิ่มพูน[14] ได้พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านทุ่งหลวง อำเภอดำรงวิทยะ จังหวัดสุโขทัย ซึ่งทำการศึกษารูปแบบดั้งเดิมของเครื่องปั้นดินเผา ในชุมชนกลุ่มตัวอย่าง และพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ให้ชุมชนเพื่อสร้างแนวทางการผลิตสินค้าตอบสนองตลาดในท้องถิ่นให้ชุมชนสามารถประกอบอาชีพได้อย่างยั่งยืน

ผลการสร้างเตาเผาไฟต่ำที่บ้านท้องถิ่น จังหวัดนครศรีธรรมราชสามารถสร้างเตาเผาจำลองขนาดเท่าจริงที่สามารถเผาได้อย่างมีประสิทธิภาพที่อุณหภูมิ 800- 1,200 องศาเซลเซียส โดยใช้เชื้อเพลิงท้องถิ่นในปริมาณน้อยลงจากเดิม คุณภาพของผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอ และลดเวลาในการเผา อาจเป็นเพราะการสร้างและใช้วัตถุดิบท้องถิ่นเหมาะสมกับระดับพื้นฐานของชุมชนที่สามารถนำไปประกอบอาชีพได้จริง เตาเผามีคุณภาพจากการผลิตได้โดยชุมชน วัตถุดิบในท้องถิ่นและสอดคล้องกับสภาพของภูมิภาคในเขตภาคใต้ เตาเผามีการพาความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพโดยพัฒนาเตาเผาใน

รูปแบบของเตาทุเรียง[14] ประสานกับการพัฒนากระบวนการศึกษาเตาเผาที่มีอยู่เดิมของแต่ละสถานประกอบการตามหลักการวิศวกรรมย้อนรอย[15] และมีการจำลองการไหลของความร้อนในเตาเผาก่อนการสร้างเตาเผาจริงเพื่อลดการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อนระหว่างวัสดุ[16]

## 7. ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปพัฒนางานวิจัยต่อยอดและปรับปรุงงานวิจัยการพัฒนาเตาเผาไฟต่ำของชุมชนเครื่องปั้น ดินเผาองถิ่น จังหวัดนครศรีธรรมราช ในอนาคต ไว้ ดังนี้

7.1 ควรมีรายวิชาที่เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นบรรจุไว้ในหลักสูตรสำหรับชุมชนเพื่อเป็นการปลูกจิตสำนึกให้เยาวชนในท้องถิ่นเห็นความสำคัญของมรดกทางภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง โดยผ่านการเรียนการสอน การฝึกปฏิบัติ และการทวียวิจัย เพื่อให้นักเรียน นักศึกษาเหล่านั้นได้มาเรียนรู้ในสถานที่จริง หรือมีการฝึกงานในสถานที่จริง เพื่อเป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านภูมิปัญญาโดยตรงซึ่งเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการอนุรักษ์ภูมิปัญญาให้คงอยู่สืบไป

7.2 ควรมีการพัฒนาศูนย์การผลิตงานหัตถกรรมภูมิปัญญาท้องถิ่นในแต่ละชุมชนเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาในท้องถิ่น และเป็นแหล่งท่องเที่ยวเพื่อสร้างรายได้แก่ชุมชนท้องถิ่น

7.3 ควรส่งเสริมการขึ้นทะเบียนหรือจดลิขสิทธิ์งานหัตถกรรมภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อป้องกันปัญหาการลอกเลียนแบบ

## 8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ อุตสาหกรรมจังหวัด จังหวัดนครศรีธรรมราช พาณิชยจังหวัดนครศรีธรรมราช และส่งเสริมอุตสาหกรรมจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ให้คำแนะนำ ซึ่งแนวทางชี้แหล่งข้อมูลที่สำคัญ ช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ขอขอบคุณคณะวิจัยทุกท่านที่ทำงานอย่างหนักด้วยความมุ่งมั่นตั้งใจ ด้วยหวังความสำเร็จเพื่อชุมชน

ร่วมกัน และทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

## 9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Community Technology Division, Department of Science Service, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. (2022). *Report on OTOP Product Upgrading Project to Achieve Standardization: 2022 Performance Report*. Bangkok: Community Technology Division, Department of Science Service, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. (In Thai)
- [2] Kaewdee, C. (2015). Development of slip casting clay from local red clay for household ceramic production. *Wichcha*, 34(2), 34-48. (In Thai)
- [3] Soontorn Rakrong. (2033). The 16 Provinces Rubber Farmers Association: From Standard Living Problems Towards Changing Policy. *Journal of Educational Innovation and Research*, 7(1), 230-247. (In Thai)
- [4] Mameeen, S. (2013). Development of community pottery products in Nakhon Si Thammarat using high-temperature kilns. *Journal of the Faculty of Architecture*, Khon Kaen University, 12(1), 101-113. (In Thai)
- [5] Sansanantana, M. (2007). *Product Design for Creative Innovation and Reverse Engineering*. Bangkok: SE-ED. (In Thai)
- [6] Jongpluempiti, J., and Tangchaichit, K. (2011). Simulation of Temperature Distribution without Products inside a Clay Pottery Kiln at Dan Kwian, Thailand. *KKU Research Journal*, 16(2), 127-135. (In Thai)
- [7] Sasrisitti, S., et al. (2004). Development of thermal insulation bricks and construction of high-temperature resistant kiln for ceramic using ceramic materials in Nakhon Si Thammarat Province. *Research Report*. Nakhon Si Thammarat: Walailak University. (In Thai)
- [8] Rakson, D., & Tse, W. (2011). Development of clay and glaze for Dan Kwien earthenware in Nakhon Ratchasima Province. *Journal of Academic Research and Innovation*, 5 (Special Issue of the 5th Rajamangala University of Technology Conference), 1-15. (In Thai)
- [9] Nakapparesert, P., & Dumrongsak, D. (2005). Simulation of hot air flow in a brick kiln by changing the position of hot gas outlet. in *Proceedings of the 5th Conference on Heat and Mass Transfer in Heat Equipment*, 207-212. (In Thai)
- [10] Aniko Toth, Elemer Bobok. (2015). *Flow and Heat Transfer in Geothermal Systems Basic Equations for Describing and Modelling Geothermal Phenomena and Technologies*. Cambridge, MA: Elsevier Inc.
- [11] Ingsiriwat, P. (1998). *Ceramic clay*. Bangkok, Thailand: Odeon Store. (In Thai)

- [12] Chanreun, J., et al. (2013). Guidelines for product development and conservation of local wisdom of the pottery group at Ban Mon Khao Kaew, Phichai Subdistrict, Mueang District, Lamphun Province. *Research report*. Lamphun: Intertek College Research Center. (In Thai)
- [13] Chantaree, T., and Supawong, B. (2008). *Development of clay and glaze to add value: Isan low-fired pottery products*. Khon Kaen: Faculty of Architecture. (In Thai)
- [14] Permpool, S. (2008). *Development of product designs and packaging for Samkhok pottery*. Faculty of Fine and Applied Arts Rajamangala University of Technology Thanyaburi: Pathum Thani. (In Thai)
- [15] National Metal and Materials Technology Center (MTEC). (2002). *Reverse engineering for the creation of new products and replacement parts*. 1st edition. Bangkok: Technology Promotion Association (Thai-Japanese). (In Thai)
- [16] Fourier, J. (1822). *Theorie Analytique de la Chaleur*. Firmin Didot. (Reissued by Cambridge University Press, 2009).

## การปรับปรุงกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว: กรณีศึกษา Dangtex Industrial Co., Ltd. Improvement of Coconut Fiber Board Production Process: A Case Study of Dangtex Industrial Co., Ltd.

จุฑามาศ พรหมมนตรีย์<sup>1</sup>, ชัญญภากร ไชยพรรณ<sup>2\*</sup>, ธราพงศ์ เปลียนจันทร์<sup>2</sup>,  
ฉัตรชัย แก้วดี<sup>3</sup>, วีระยุทธ สุตสมบุญ<sup>3</sup>, วีรพล ปานศรีนวล<sup>3</sup>  
และรอยหทัย แก้วไหม<sup>4</sup>

Jutamas Prommontree<sup>1</sup>, Chanyaphak Chaiyaphan<sup>2\*</sup>, Tharapong Plieanjan<sup>2</sup>,  
Chatchai Kaewdee<sup>3</sup>, Weerayute Sudsomboon<sup>3</sup>, Weeraphol Pansrinual<sup>3</sup>  
and Roihathai kaewmai<sup>4</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาผู้ประกอบการฐานนวัตกรรมและการออกแบบ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหาดใหญ่

<sup>2</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรมและโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: chanyaphak\_cha@nstru.ac.th

<sup>3</sup> หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

<sup>4</sup> หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

วันที่รับบทความ: 7 สิงหาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 25 สิงหาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 28 สิงหาคม 2566

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 31 สิงหาคม 2566

**บทคัดย่อ:** การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว: กรณีศึกษา Dangtex Industrial Co., Ltd. โดยศึกษาข้อมูลการปรับปรุงกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าวโดยใช้หลักการ 7 QC Tools ระหว่าง มกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2564 และสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2564 เป็นเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน ข้อมูลสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าวและเสนอแนวทางในการแก้ไขเพื่อปรับปรุงการผลิตโดยใช้หลักการ 7 QC Tools มาปรับปรุงกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว ผลการวิจัยพบว่า Dangtex Industrial Co., Ltd. เกิดของเสียจำนวนที่ผลิตทั้งหมด 107,244 ชิ้น และจากการสำรวจเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงระหว่าง มกราคม-มีนาคม 2564 มีจำนวนของเสียรวมทั้งสิ้น 6,491 แผ่น คิดสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 6.44 เป็นมูลค่า 5,841,900 บาท จากปัญหาของกระบวนการผลิต คือ 1) คนไม่มีความรู้ขาดทักษะในการทำงาน 2) สภาพเครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา ไม่มีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรแรงดันที่ใช้ในการอัดแผ่นใยมะพร้าวมีแรงดันมากหรือน้อยเกินไป 3) กระบวนการมีอุณหภูมิที่ใช้ในการอบมีมากหรือน้อยเกินไปจำนวนแผ่นที่อบ/ครั้งมีมากหรือน้อยเกินไปวัตถุดิบมีสิ่งสกปรกมีก้อนหินปะปน และ 4) วัตถุดิบเปียกมีความชื้นสูง ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะทางการแก้ไขดังต่อไปนี้ 1) ปัญหาเรื่องของคน ควรจัดให้มีการอบรมและให้ความรู้พนักงาน 2) ปัญหาเรื่องของเครื่องจักร ควรตรวจเช็คสภาพเครื่องจักรให้พร้อมปฏิบัติงาน โดยก่อนหน้านี้ไม่มีการตรวจเช็คสภาพเครื่องจักร ผู้วิจัยจึงจัดให้มีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรทุก ๆ สัปดาห์ ก่อนปฏิบัติงาน 3) ปัญหาเรื่องของกระบวนการ จัดให้มีการทำคู่มือปฏิบัติงาน และ 4) ปัญหาเรื่องของวัตถุดิบ จัดให้มีการจัดเก็บคลังวัตถุดิบและจัดให้มีการทำความสะอาดแผ่นใยมะพร้าว ภายหลังดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลตามกระบวนการปรับปรุงกระบวนการผลิตระหว่างเดือน สิงหาคม-ตุลาคม 2564 พบว่า ของเสียมีจำนวนลดลงถึงร้อยละ 4.49

**คำสำคัญ:** การปรับปรุงกระบวนการผลิต, แผ่นใยมะพร้าว

**Abstract:** This research aims to improve the coconut fiber board production process at Dangtex Industrial Co., Ltd. The research data were collected from January to March 2022 and August to October 2022 for a total of 6 months. The data were used to identify the causes of problems in the coconut fiber board production process and to propose solutions for improving production using 7 QC Tools. The research found that Dangtex Industrial Co., Ltd. produced 107,244 pieces of coconut fiber board. The survey data collected before the improvement, from January to March 2022, showed that a total of 6,491 sheets were wasted, representing 6.44% of the total production. The value of the waste was 5,841,900 baht. The problems in the production process were as follows: The workers lacked knowledge and skills. The machines were not maintained and were not checked regularly. The pressure used to compress the coconut fiber boards was too high or too low. A process had too high or too low temperature. The number of sheets baked at a time was too high or too low. The raw materials were dirty and had stones mixed in. The raw materials were wet and had high humidity. The researcher proposed the following solutions to the problems: for the problem of workers, training and education should be provided to the employees. The problem of machines, the machines should be checked regularly to ensure that they are in good working condition. Before the improvement, the machines were not checked regularly. The researcher arranged for the machines to be checked every week before operation. The problem of process, a work manual should be created. The problem of raw materials, a warehouse should be set up for raw materials and the coconut fiber boards should be cleaned. After implementing the proposed solutions, the researcher collected data on the production process improvement process from August to October 2022. The results showed that the amount of waste was reduced to 4.49%.

**Key words:** Improvement of the production process, coconut fiber boards

## 1. บทนำ

ปัจจุบันมะพร้าวมีผลผลิตมากมายจึงทำให้ปริมาณของเส้นใยมะพร้าวที่เหลือทิ้งจากการใช้ประโยชน์ก็มีอยู่ในปริมาณมากตามไปด้วย โดยปัจจุบันนี้การนำเส้นใยมะพร้าวมาใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่แล้วจะนำมาใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ เช่น ทำโซฟา เป็นต้น ดังนั้นจึงคิดหาวิธีการนำแผ่นใยมะพร้าวมาปรับปรุงใหม่ให้มีประโยชน์มากขึ้นในลักษณะของการเป็นสินค้ากลาง เพื่อเพิ่มมูลค่าของแผ่นใย

มะพร้าวให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นใยมะพร้าว ยังประสบปัญหาในเรื่องการมีต้นทุนการผลิตที่สูง เนื่องจากราคาของวัตถุดิบที่ไม่คงที่ คู่แข่งในตลาดที่เพิ่มขึ้น และปัญหาด้านคุณภาพของสินค้าที่อาจจะไม่ได้มาตรฐาน โรงงานอุตสาหกรรมจึงต้องปรับตัวเพื่อให้สินค้าผลิตได้ตามระบบมาตรฐานและตรงตามความต้องการของลูกค้าโดยการลดความสูญเสียในการผลิต[1]



ในปัจจุบันการตรงต่อเวลาในการส่งมอบสินค้าและผลิตภัณฑ์ถือว่าเป็นเรื่องสำคัญระดับต้น ๆ ในการทำธุรกิจร่วมกันระหว่างผู้ค้าและผู้ซื้อแต่สิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันกลับพบว่าหลายบริษัทหรือหลายโรงงานอุตสาหกรรมพบเจอผลกระทบในการส่งมอบสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นในการทำ ธุรกิจร่วมกัน และอาจเป็นช่องว่างที่ทำให้เกิดคู่แข่งได้ Dangtex Industrial Co., Ltd. เป็นอุตสาหกรรมโรงงานผลิตแผ่นใยมะพร้าวเพื่อการส่งออก เช่น โซฟา ที่นอน เป็นต้น จดทะเบียนจัดตั้งบริษัทเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ.2532 เพื่อก้าวขึ้นเป็นผู้นำของธุรกิจผลิตแผ่นใยมะพร้าวม้วน (Coconut fiber rolls) และใยมะพร้าวอัดแผ่น (Coconut fiber sheets) เพื่อทำที่นอนเพื่อสุขภาพสำหรับใช้ในโรงพยาบาล หอพัก ค่ายทหาร ฯลฯ มีกำลังการผลิต มากกว่า 1,000,000 ฟุตต่อปี มีลูกค้าทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น จีน เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น มาเลเซีย มุ่งเน้นผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green Product) พบว่าเกิดปัญหาการผลิตจำนวนสินค้าไม่ทันตามที่โรงงานกำหนดซึ่งทางโรงงานได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าวเนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้น ส่งผลกระทบโดยตรงกับเวลานัดส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า ซึ่งจะกลายเป็นช่องว่างให้เกิดการแข่งขันและเกรงว่าลูกค้าอาจจะไปสั่งซื้อแผ่นใยมะพร้าวทางโรงงานแห่งอื่นที่ต้องมีการจัดการอย่างเร่งด่วนและถูกจุดเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตในปริมาณที่โรงงานนี้ต้องการหรือใกล้เคียงมากที่สุด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจแก้ปัญหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการส่งแผ่นใยมะพร้าวให้ทันเวลาที่ลูกค้ากำหนด ทางผู้ผลิตมีปัจจัยการผลิตด้านพื้นที่จำกัด จึงจะทำการศึกษาหาแนวทางเพื่อการปรับปรุงโดยใช้หลักการ 7 QC Tools [2]

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว

2.2 เพื่อเสนอแนวทางการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว

## 3. ขอบเขตการวิจัย

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างการศึกษาคือการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ พนักงาน Dangtex Industrial Co., Ltd. จำนวน 10 คน จาก 20 คน

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ใช้แบบสัมภาษณ์ร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant observation) โดยการเข้าไปร่วมปฏิบัติงานกับพนักงานโดยตรง

3.2.2 ผังแสดงเหตุผล (Cause and effect diagram)

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้การศึกษาที่มีข้อมูลที่จะใช้ในการศึกษาโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ โดยข้อมูลปฐมภูมิเป็นการศึกษาที่เกี่ยวกับข้อมูลที่รวบรวมมาจากการสำรวจภายในบริษัทกรณีศึกษา ข้อมูลทุติยภูมิ ได้ศึกษาข้อมูลทางเอกสารวิชาการบทความทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์เชิงพรรณนา เป็นการบรรยายให้เห็นถึงสภาพทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากข้อมูลปริมาณการจัดเก็บ แล้วนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อค้นหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา โดยใช้หลักการของแผนผังก้างปลา (Fish bone diagram) โดยการกำหนดลักษณะของปัญหาใหญ่เพียงปัญหาเดียวในการศึกษา

โดยแบ่งประเด็นในการร่วมกันวิเคราะห์หาสาเหตุจากปัจจัย 4 M 1E [3]

## 5. ผลการวิจัย

**5.1 ผลการศึกษาระบบการดำเนินงานในปัจจุบัน** ผู้วิจัยทำการศึกษาระบบการดำเนินงานทั้งหมดในปัจจุบัน พบว่า มีขั้นตอนเริ่มจากการรับสินค้า เข้าคลัง การจัดเก็บ การค้นหา และการส่งมอบสินค้าคืนให้กับลูกค้า สามารถอธิบายรายละเอียดการทำงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

### 5.1.1 กระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว

1) วัตถุดิบและเครื่องจักรในการผลิตแผ่นใยมะพร้าวประกอบไปด้วยวัตถุดิบและเครื่องจักรดังนี้

1.1) ใยมะพร้าว ได้มาจากเกษตรกร ได้นำเอาส่วนกาบมะพร้าว หรือจะเรียกอีกอย่างว่า “ใยมะพร้าว” ด้วยเส้นใยที่มีลักษณะเฉพาะทางธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่หยาบเหนียว แข็งแรง ทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติจึงสามารถทำลายได้ง่าย ดังนั้นใยมะพร้าวจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันโดยDangtex Industrial Co., Ltd. ได้รับซื้อใยมะพร้าวมาจากภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1.2) เครื่องจักรเป็นเครื่องจักรที่ใช้พลังงานจากเครื่องต้นกำลัง และเครื่องส่งกำลังในการดำเนินการผลิตหรือใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์โดยเครื่องจักรทำการผลิตจะถูกออกแบบมาเพื่อให้มีประสิทธิภาพ ในการใช้งานในการตีใยมะพร้าวให้เป็นเส้น และเนื่องจากเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างปราศจากความเหน็ดเหนื่อย มีความผิดพลาดน้อยกว่าคนงาน ตลอดจนมีศักยภาพในการผลิตสินค้าได้ปริมาณมากในเวลาที่ยากัด

2) กระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว โดยการนำเอาก่อนที่อัดแข็งเข้ามาทำงานใน

เครื่องจักรตีใยเพื่อให้ใยฟูขึ้นประมาณ 2 รอบ จึงนำแผ่นใยที่ตีมาถักด้วยเข็ม จากนั้นนำสเปรย์พ่นให้มีการยึดตัวกันทำให้แผ่นใยมะพร้าวไม่ฉีกขาดมีความคงทนมากกว่าเดิม จากนั้นนำแผ่นใยมะพร้าวผ่านตู้อบเพื่อทำความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อโรค แล้วนำมาตัดแผ่นตามที่ต้องการเพื่อที่จะนำไปอัดให้แข็ง และมีความหนาแน่นตามที่ลูกค้าต้องการแล้วจึงนำส่งออก Dangtex Industrial Co., Ltd. วัตถุดิบซื้อมาจากโรงงานชุมชนมะพร้าวจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีวิธีการผลิต 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมวัตถุดิบเมื่อได้รับวัตถุดิบ จะนำก้อนใยมะพร้าวเข้ากระบวนการตีแยกเส้นใย ขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 ทำงานผ่านเครื่องจักรเมื่อได้รับวัตถุดิบ จะนำก้อนใยมะพร้าวเข้าเครื่องจักร

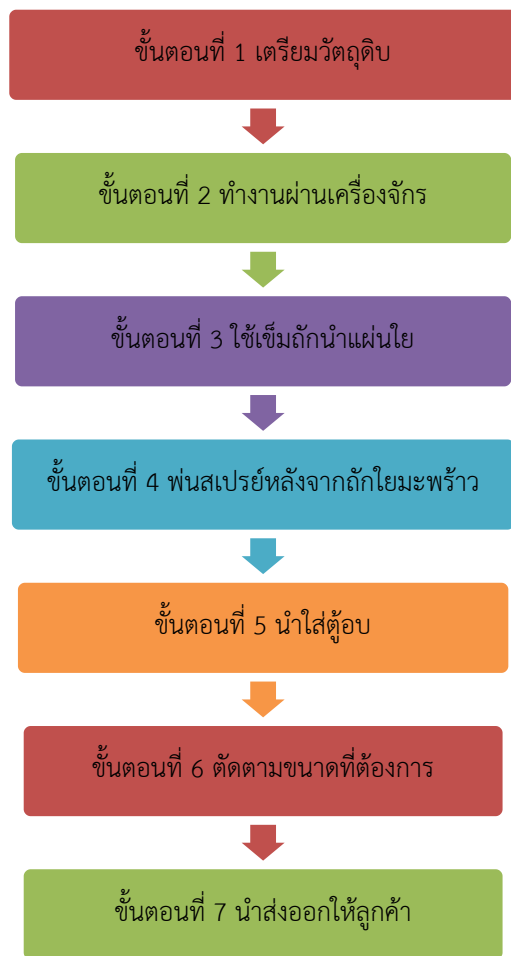
ขั้นตอนที่ 3 ใช้เข็มถักนำแผ่นใยที่ตีจากเครื่องจักรมาถักด้วยเข็ม

ขั้นตอนที่ 4 พ่นสเปรย์หลังจากถักใยมะพร้าวด้วยเข็มเสร็จจึงนำแผ่นใยมะพร้าวมาพ่นด้วยสเปรย์ ให้มีการยึดตัวกันจะทำให้แผ่นใยมะพร้าวไม่ฉีกขาดและมีความแข็งแรงคงทน

ขั้นตอนที่ 5 นำใส่ตู้อบนำแผ่นใยมะพร้าวมาเข้าตู้อบเพื่อทำความร้อนฆ่าเชื้อโรค

ขั้นตอนที่ 6 ตัดตามขนาดที่ต้องการหลังจากนั้นจึงนำแผ่นใยมะพร้าวมาตัดขนาดตามที่ลูกค้าต้องการ

ขั้นตอนที่ 7 นำส่งออกให้ลูกค้าตามกำหนด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว

## 5.2 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

ในการศึกษานี้ได้ใช้แผนผังก้างปลา (Fish bone Diagram) เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขต่อไป โดยแบ่งประเด็นในการร่วมกันวิเคราะห์สาเหตุจากปัจจัย ดังนี้ คน (Man) วัตถุดิบ (Material) วิธีการทำงาน (Method) และสภาพแวดล้อม (Environment)[5] ซึ่งสาเหตุที่ทำให้แผ่นใยมะพร้าว ฉีกขาดเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าวพบว่า ปัญหาหลักคืองานฉีกขาด ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นภายในแผ่นใยมะพร้าวของโรงงานตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์จาก 4 ปัจจัยหลัก คือ 1) คน เครื่องจักร กระบวนการและวัตถุดิบ จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ประการ จึงได้เลือกสาเหตุรองมาอย่างละ 1 สาเหตุ เพื่อทำการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพใน

กระบวนการผลิตและลดการเกิดลักษณะงานเสียของงานเสียฉีกขาด โดยได้ระบุไว้ในตารางที่ 1 โดยแสดงวิธีการแก้ไขปรับปรุงของสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่ได้ทำการเลือก ลักษณะรูปแบบของงานที่เสียทั้งหมด

ตารางที่ 1 ลักษณะรูปแบบของงานที่เสียทั้งหมดที่พบ

ในช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2564

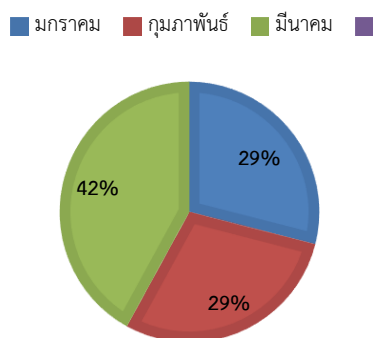
| เดือน<br>(พ.ศ.2564) | รูปแบบของงาน<br>ที่เสีย |       | รวม<br>จำนวน<br>ข้อเสีย | จำนวน<br>งานดี | งานที่ทำ<br>ทั้งหมด | ของเสีย<br>สะสม | ร้อยละ<br>ของ<br>ข้อเสีย | ร้อยละ<br>สะสม |
|---------------------|-------------------------|-------|-------------------------|----------------|---------------------|-----------------|--------------------------|----------------|
| มกราคม              | 1,710                   | 260   | 1,970                   | 33,890         | 35,860              | 1,970           | 30.36                    | 30.36          |
| กุมภาพันธ์          | 1,177                   | 1,080 | 2,257                   | 31,323         | 33,580              | 6,227           | 36.77                    | 65.12          |
| มีนาคม              | 1,160                   | 1,160 | 2,266                   | 35,500         | 37,806              | 6,691           | 36.87                    | 100.00         |
| ผลรวม               | 6,007                   | 2,066 | 6,091                   | 100,753        | 107,266             | -               | 100.00                   | -              |

จากตารางที่ 1 พบว่า ลักษณะรูปแบบของงานที่เสียทั้งหมดจำนวนของเสียที่ตรวจพบในเดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2564 มีจำนวนของเสียแผ่นใยมะพร้าวฉีกขาดในเดือนมกราคมจำนวน 1,710 แผ่น เดือนกุมภาพันธ์แผ่นใยมะพร้าวฉีกขาดจำนวน 1,177 แผ่น และเดือนมีนาคมมีจำนวนแผ่นใยมะพร้าวฉีกขาดจำนวน 1,160 แผ่น

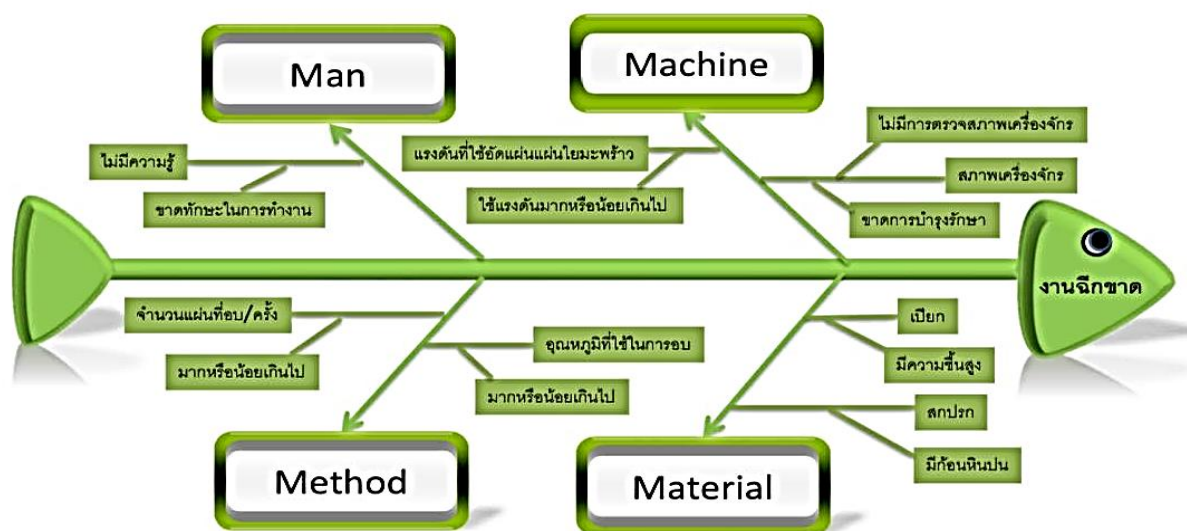
โดยมีผลรวมของแผ่นใยมะพร้าวที่ฉีกขาดจำนวน 4,047 แผ่น ประกอบด้วย ขนาดแผ่นเล็กเกินกำหนดในเดือนมกราคมจำนวน 260 แผ่น เดือนกุมภาพันธ์ขนาดแผ่นเล็กเกินกำหนดจำนวน 1,080 แผ่น เดือนมีนาคมขนาดแผ่นเล็กเกินกำหนดจำนวน 1,104 แผ่น ผลรวมของแผ่นใยมะพร้าวที่มีขนาดเล็กเกินกำหนดจำนวน 2,444 แผ่น รวมจำนวนของเสียทั้งหมดในเดือนมกราคมจำนวน 1,970 แผ่น เดือนกุมภาพันธ์จำนวน 2,257 แผ่น และเดือนมีนาคมจำนวน 2,266 แผ่น ของเสียสะสมในเดือนมกราคมจำนวน 1,970 แผ่น เดือนกุมภาพันธ์จำนวน 4,227 แผ่น และเดือนมีนาคมจำนวน 6,491 แผ่น ร้อยละของของเสียในเดือนมกราคมร้อยละ 30.34 เดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 34.77 และเดือนมีนาคม ร้อยละ 34.87 สะสมในเดือนมกราคม ร้อยละ 30.34 เดือนกุมภาพันธ์ ร้อยละ 65.12 และเดือนมีนาคม ร้อยละ 100

ซึ่งรูปแบบของงานที่เสียพบในช่วงเดือน  
มกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2564 แสดงไว้ดังภาพที่ 2

ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว คิดเป็นสัดส่วน  
ของเสียทั้งหมดที่พบในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม พ.ศ.2564



ภาพที่ 2 แสดงร้อยละสัดส่วนลักษณะของการเกิดของ  
เสียทั้งหมด



ภาพที่ 3 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ก่อให้เกิดงานฉีกขาด

จากภาพที่ 3 สาเหตุที่ทำให้แผ่นใยมะพร้าวฉีกขาดเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าวพบว่า ปัญหาหลักคืองานฉีกขาด ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นภายในแผ่นใยมะพร้าวของโรงงานตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์จาก 4 ปัจจัยหลัก คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) กระบวนการ (Method) และวัตถุดิบ (Material)

ผู้วิจัยจึงร่วมกับบริษัทค้นหาสาเหตุของปัญหา เพื่อเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการนำปัญหาดังกล่าวมาเขียนเป็นแผนผังก้างปลาเพื่อแสดงให้เห็นแผนภาพสาเหตุและผลจากการเกิดของเสียงานฉีกขาด โดยการระดมสมองกับพนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการผลิตแผ่นใยมะพร้าวแล้วจึงทำการเขียนเป็นแผนผังก้างปลาได้ดังภาพที่ 3

### 5.3 การกำหนดแนวทางและมาตรการในการ แก้ปัญหา

จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ประการ ได้เลือกสาเหตุรองมาอย่างละ 1 สาเหตุเพื่อทำการปรับปรุงที่ สาเหตุย่อยของสาเหตุรองนั้น ๆ เพื่อให้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและลดการเกิดลักษณะงานเสียของงานเสียฉีกขาด โดยได้ระบุสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่เลือกมาทำการปรับปรุง และแสดงวิธีการแก้ไขปรับปรุงสาเหตุ

หลักและสาเหตุย่อยที่ได้ทำการเลือกดังกล่าวไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงแนวทางการปรับปรุงการแก้ไข ปัญหาสาเหตุหลักและย่อย

| ปัจจัยหลัก            | สาเหตุหลัก                                                                  | สาเหตุย่อย                                                                             |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| คน (Man)              | - ไม่มีความรู้                                                              | - ขาดทักษะในการทำงาน                                                                   |
| เครื่องจักร (Machine) | - สภาพเครื่องจักรไม่พร้อม<br>- แร่งดันที่ใช้ในการอัดแผ่นโยมะพร้าวไม่เหมาะสม | - ขาดการบำรุงรักษา<br>- ไม่มีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร<br>- ใช้แรงดันมากหรือน้อยเกินไป |
| กระบวนการ (Method)    | - อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ<br>- จำนวนแผ่นที่อบ/ครั้ง                           | - มากหรือน้อยเกินไป                                                                    |
| วัตถุดิบ (Material)   | - สกปรก<br>- เปียกชื้น                                                      | - มีก้อนหินปะปน<br>- มีความชื้นสูง                                                     |

ตารางที่ 2 พบว่า สาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่เลือกมาทำการปรับปรุง ปัจจัยหลักที่ 1 คือ คน สาเหตุคือ ความรู้ สาเหตุย่อยคือ ขาดทักษะในการทำงาน ปัจจัยหลักที่ 2 คือ เครื่องจักร สาเหตุ คือ สภาพเครื่องจักรและแรงดันที่ใช้ในการอัดแผ่นโยมะพร้าว สาเหตุย่อยคือ ขาดการบำรุงรักษา ไม่มีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรใช้แรงดันมากหรือน้อยเกินไป ปัจจัยหลักที่ 3 คือ กระบวนการ สาเหตุ คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบและจำนวนแผ่นที่อบ/ครั้ง สาเหตุย่อยคือ มากหรือน้อยเกินไป และปัจจัยหลักที่ 4 คือ แผ่นโยมะพร้าวสกปรกและเปียก สาเหตุย่อยคือ มีก้อนหินปนและมีความชื้นสูง

จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่ามีสาเหตุที่ทำให้การผลิตมีการฉีกขาด ฉะนั้น ทางผู้ทำวิจัยจึงได้มีทิศทางและแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยมุ่งเน้นการแก้ไข ปัญหา ในจุดที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดโดยอาศัยแนวโน้มทางสถิติและการหาข้อมูลเพื่อสนับสนุน สมมติฐาน ที่ตั้งไว้เพื่อบ่งชี้ชัดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงหรือไม่ในด้านการผลิต และสามารถระบุต่อไปได้ว่าสาเหตุเหล่านั้นมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพและต้นทุนของผลิตภัณฑ์มากน้อยเพียงใด

5.3.1 คน มีการจัดการในด้านของการให้ความรู้ความเข้าใจต่อการทำงานโดยการทำเอกสารประกอบวิธีการทำงานรวมถึงวิธีการตรวจวัดชิ้นงานเชิงลึกและ

ขั้นตอนในการผลิต ซึ่งจะทำให้พนักงานทั้งเก่าและใหม่มีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้นรวมถึงพนักงานใหม่ที่เข้ามา ก็มีการให้ความรู้ความเข้าใจและฝึกอบรมกับผู้ที่ชำนาญการระดับหัวหน้าเป็นคนคอยให้คำชี้แนะ อยู่ตลอดเวลาโดยจัดหาเวลาให้กับแผนกโดยเฉพาะและให้เวลาการปรับปรุงการทำงาน ของพนักงานใหม่อย่างน้อย 2-4 สัปดาห์ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสมัยก่อนพนักงานที่เข้ามาใหม่ แม้จะมีการอบรมจากหัวหน้าแผนกแต่ก็ไม่ได้มีความจริงใจหรือมีความเอาใจใส่มากเพราะผลิตภัณฑ์ของบริษัทมีมากมายหลากหลายทำให้ไม่ค่อยมีเวลามากนั้นรวมทั้งยังมีวันหยุดเสาร์และอาทิตย์ จึงมีข้อบกพร่องเรื่องเวลานั้นจึงมีการเจาะจงให้เวลากับผลิตภัณฑ์หลักมากที่สุดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดและเป็นการให้ความรู้ความสามารถแก่พนักงานใหม่อีกด้วยทำให้มีกำลังใจ ในการทำงานต่อไปเพื่อไม่ให้เกิดว่าเป็นงานที่ยุ่งยากเกินความสามารถรวมถึงการให้ความรู้ ความเข้าใจกับแผนกควบคุมคุณภาพ (Quality control) ให้มีการควบคุมคุณภาพอย่างเจาะจงและให้ความรู้เชิงลึกในด้านลูกค้าและการเฉพาะเจาะจงที่ลูกค้าต้องการหรือมาตรฐานที่ลูกค้าให้ความยอมรับได้เช่นให้รู้ถึงมาตรฐานอย่างชัดเจน ว่าสินค้าชิ้นนี้สมควรมากน้อยเพียงใดที่จะให้ผ่านและส่งถึงมือลูกค้าโดยที่ไม่ต้องส่งคืน

5.3.2 เครื่องจักร เป็นลักษณะของการตรวจเช็คสภาพเครื่องจักร ก่อนหน้านี้ไม่มีการตรวจเช็คสภาพเครื่องจักรเลย ผู้วิจัยจึงจัดให้มีการตรวจสภาพเครื่องจักรทุก ๆ สัปดาห์ ก่อนปฏิบัติงาน โดยผู้วิจัยได้ออกแบบใบตรวจสอบเช็คสภาพเครื่องจักรทั้ง 3 ตัว

5.3.3 กระบวนการ โดยให้ความรู้ความเข้าใจถึงวิธีการปฏิบัติงานให้สอดคล้อง กับเวลาของเครื่องจักรและจัดทำคู่มือปฏิบัติงานจำนวน 1 เล่ม

5.3.4 วัตถุดิบ วัตถุดิบไม่ตรงตามกำหนดเนื่องจากเราไม่ได้สต็อกตัววัตถุดิบ จึงทำให้ขาดแคลนในระยะเวลาบางช่วงในช่วงฤดูฝน วัตถุดิบมันจึงเปียกชื้น ผู้วิจัยจึงให้สั่งเก็บคลังสินค้าวัตถุดิบไว้ก่อนล่วงหน้าเพื่อที่จะไม่ให้เกิดปัญหาในช่วงฤดูฝน และมีก้อนหินปนบนแผ่นโยมะพร้าวจึงทำให้วัตถุดิบสกปรก ผู้วิจัยจึงให้มีการจัดทำ



ความสะอาดแผ่นใยมะพร้าวก่อนและหลังก่อนนำเข้าเครื่องจักรโดยมีผู้จัดการฝ่ายการผลิตคอย ตรวจเช็คความเรียบร้อย จัดแผนผังการวางแผ่นใยมะพร้าวโดยมีการกำหนดโซนแบ่งตามสีของผลิตภัณฑ์แผ่นไหนที่สะอาดและแผ่นไหนที่สกปรก

จากการที่ผู้วิจัยได้สรุปผลที่ได้ก่อนและหลังทำการปรับปรุงการลดของเสียในกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว สามารถนำมาเปรียบเทียบแสดงผลก่อนและหลังในช่วงระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม และสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2564 และผู้วิจัยได้สรุปผลที่ได้ก่อนและหลังทำการปรับปรุงการลดของเสียในกระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว สามารถนำมาเปรียบเทียบแสดงผลก่อนและหลังในช่วงระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม และสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2564 โดยแสดงไว้ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** สรุปการเปรียบเทียบการดำเนินงานก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

| ก่อนการปรับปรุง            |                     |                  | หลังการปรับปรุง            |                     |                  |
|----------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------|------------------|
| เดือน (พ.ศ. 2564)          | จำนวนของเสีย (ชิ้น) | ร้อยละของของเสีย | เดือน (พ.ศ. 2564)          | จำนวนของเสีย (ชิ้น) | ร้อยละของของเสีย |
| มกราคม                     | 1,970               | 1.83             | สิงหาคม                    | 987                 | 0.83             |
| กุมภาพันธ์                 | 2,257               | 2.10             | กันยายน                    | 530                 | 0.00             |
| มีนาคม                     | 2,260               | 2.11             | ตุลาคม                     | 320                 | 0.27             |
| รวม                        | 6,091               | 6.06             | รวม                        | 1,837               | 1.55             |
| จำนวนที่ผลิตทั้งหมด (ชิ้น) | 107,208             | 100.00           | จำนวนที่ผลิตทั้งหมด (ชิ้น) | 11,8275             | 100.00           |

จากตารางที่ 3 การเก็บข้อมูลจำนวนของเสียก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง พบว่า ของเสียลดลงเท่ากับร้อยละ 4.49 ก่อนการปรับปรุง เดือนมกราคม จำนวนของเสีย 1,970 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 1.83 เดือนกุมภาพันธ์ จำนวนของเสีย 2,257 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 2.10 เดือนมีนาคม จำนวนของเสีย 2,264 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 2.11 รวมจำนวนของเสียทั้งหมด 6,491 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 6.44 จำนวนที่ผลิตทั้งหมด 107,244 ชิ้น ผลหลังการปรับปรุง เดือนสิงหาคม จำนวนของเสีย 987 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 0.83 เดือนกันยายน จำนวนของเสีย 530 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของ

เสียเท่ากับร้อยละ 0.44 เดือนตุลาคม จำนวนของเสีย 320 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 0.27 รวมจำนวนของเสียทั้งหมด 1,837 แผ่น คิดเป็นสัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 1.55 จำนวนที่ผลิตทั้งหมด 118,275 ชิ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยได้เข้าไปตรวจสอบที่ Dangtex Industrial Co., Ltd. ปรากฏว่าจำนวนของเสียลดลงอย่างเห็นได้ชัด

## 6. สรุปและการอภิปรายผล

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้ผังเหตุและผล พบว่า รูปแบบงานเสียที่ฉีกขาดและขนาดแผ่นเล็กเกินกำหนดที่เกิดขึ้น สาเหตุเกิดจาก คน ไม่มีความรู้ ขาดทักษะในการทำงานและประสบการณ์การทำงาน ปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักร ได้แก่ สภาพเครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา และสายพานตัวอบติดขณะทำการอบ ปัญหาจากวิธีการ ได้แก่ ผู้ปฏิบัติงานไม่มีใบตรวจสอบสภาพเครื่องจักร ปัญหาที่เกิดจากวัตถุดิบ ได้แก่ วัตถุดิบไม่ตรงตามกำหนดเนื่องจากเราไม่ได้สต็อกตัววัตถุดิบ จึงทำให้ขาดแคลนในระยะเวลาบางช่วง ในช่วงฤดูฝน วัตถุดิบมันจึงเปียกชื้น และมีเศษก้อนหินปน ส่งผลให้แผ่นใยมะพร้าวมีลักษณะการเกิดของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแก้ปัญหาแล้วโดยใช้หลักทฤษฎี 7 QC TOOL พบว่า มีปัญหาและของเสียที่เกิดขึ้นลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์แล้วปรากฏว่าตรงประเด็นกับงานวิจัยของ เฉลิมศักดิ์ ถาวรวัตร ระพี กาญจนะ ศรีโร จารุกัญญ์ และวราญา วัฒนจิตศิริ[6] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการลดของเสียในกระบวนการผลิตเหล็กถลุง พบว่าใช้ทฤษฎีแผนผังก้างปลาเป็นวิธีการแก้ไขปัญหามาในกระบวนการผลิตและผลทำให้ของเสียลดน้อยลงเช่นกัน ผลการศึกษากระบวนการผลิตแผ่นใยมะพร้าว และยังพบว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภเดช เบญจพัฒน์มงคล และวิสิษฐ์ ภัครพรหมินทร์[7] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำเครื่องมือ QC 7 TOOLS: FLOWCHART มาวิเคราะห์ปัญหาในขั้นตอนการทำงาน พบว่า ใช้ทฤษฎีแผนผัง

ก้างปลาเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต และ  
ผลทำให้ของเสียลดน้อยลงเช่นกัน

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Dangtex Industrial Co., Ltd.  
ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกและขอบคุณ  
ผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย  
กำลังใจในการทำงานวิจัยจากผู้ร่วมวิจัย และเพื่อน  
ร่วมงานทุกท่าน

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Homasavin, K., Sangsate, K. and Intharchuto,  
S. (2007). Using coconut fiber and rubber  
as sound absorbing insulation. in  
*Proceedings of the 45th Kasetsart  
University Academic Conference:  
Architecture and Engineering, Natural  
Resources and Environment*. Bangkok:  
Thailand Research Fund. (In Thai)
- [2] Pha-ra-phuk, Ch. (1990). *Business Research  
Methods*. Bangkok: Marketing Department,  
Faculty of Management, Suan Dusit  
Rajabhat University. (In Thai)
- [3] Sukcharoenpong, P. (2000). *Engineering  
Quality Control*. Bangkok: C Education Co.,  
Ltd. (In Thai)
- [4] Ruangsiri, T. (2007). *Development of the  
control process for printing packaging  
boxes to reduce losses: A case study of a  
packaging box manufacturing plant*. King  
Mongkut's Institute of Technology North  
Bangkok. (In Thai)
- [5] Cheripoth, S. (2016). *Application of QC 7  
Tools: Flowchart to Analyze Problems in  
Work Processes*. Master's thesis, Burapha  
University. (In Thai)

- [6] Thavornwattana, Ch., Kanchana, R.,  
Jarupinyo, S., and Wattanajitsiri, W. (2017).  
The defect reduction in wire parts process  
for car seat. *Thai Industrial Engineering  
Network Journal*. 3(1), 25-33. (In Thai)
- [7] Benjaponamonkol, S., & Phakpromintharn,  
W. (2013). Application of QC 7 TOOLS to  
reduce waste in production process. *Thai-  
Japanese Institute of Technology Journal  
of Business and Language*, 1(1), 1-5.  
(In Thai)

# อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจากวัตถุดิบท้องถิ่นนครศรีธรรมราชต่อการผลิตอิฐทนไฟ สำหรับเตาเผาไฟต่ำ

## The optimum mix ratio of local materials in Nakhon Si Thammarat for the production of low-temperature refractory bricks

ฉัตรชัย แก้วดี<sup>1\*</sup>

Chatchai Kaewdee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: aj.chatchai@gmail.com

วันที่รับบทความ: 7 สิงหาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 19 สิงหาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 22 สิงหาคม 2566

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 31 สิงหาคม 2566

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนผสมจากวัตถุดิบท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราชที่เหมาะสมต่อการผลิตอิฐทนไฟสำหรับเตาเผาไฟต่ำ โดยใช้ส่วนผสมจากดินแดงทุ่งน้ำเค็ม ดินขาว ทุ่งใหญ่ ทรายน้ำแคบ แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ และขี้วัว ด้วยการใช้อัตราส่วนผสมจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า และหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐทนไฟและสามารถขึ้นรูปได้โดยไม่แตกร้าว ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนระหว่าง ดินแดงทุ่งน้ำเค็ม : ดินขาวทุ่งใหญ่ (ค่าคงที่) + ทรายน้ำแคบ (ค่าคงที่) : แกลบดิบ + ขี้เถ้าแกลบ : ขี้วัว เท่ากับ 40 : 10+15 : 15+5 : 15 เเผที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส สามารถเป็นอิฐทนไฟที่มีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม 5 ด้าน คือ 1) ความทนไฟ (Refractory) ด้านการถ่ายเทความร้อนแบบมิติเดียว เท่ากับ ด้านการพาความร้อน เท่ากับ 2.14 2) การหดตัว (Shrinkage) เท่ากับ ร้อยละ 16.5 3) ความพรุนตัว (Porosity) เท่ากับร้อยละ 32.7 4) พื้นผิว (Surface) อยู่ในระดับ 4 และ 5) ความแข็งแรงของเนื้อดินอิฐทนไฟ (Modulus of Rupture) เท่ากับ 25.24 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

**คำสำคัญ:** อัตราส่วนผสม, อิฐทนไฟ, เตาเผาไฟต่ำ

**Abstract:** The objective of this research was to determine the optimum mix ratio of local materials in Nakhon Si Thammarat for the production of low-temperature refractory bricks. The mixture was composed of Thung Nam Khem red clay, Thung Yai kaolin, Nam Kap sand, raw husk, husk ash and cow dung. The mix ratio was determined using a square table and the physical properties of the bricks were tested. The results showed that the optimum mix ratio was 40:10+15:15+5:15, which was fired at 950°C. The bricks had the following physical properties: 1) thermal conductivity of, 2) shrinkage of 16.5%, 3) porosity of 32.7%, 4) surface level 4 and 5) modulus of rupture of 25.24 kg/cm<sup>2</sup>

**Key words:** mix ratio, refractory bricks, low-temperature kiln

## 1. บทนำ

การผลิตอิฐทนไฟจากวัตถุดิบท้องถิ่น เพื่อใช้ในการสร้างเตาเผาไฟต่ำในระดับชุมชนมีการพัฒนาและผลิตใช้กันมาอย่างยาวนาน โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและการสืบทอดกันมา ด้วยเทคนิควิธีการที่ไม่ได้ควบคุมคุณภาพ แต่อาศัยการพัฒนาและสังเกตจากรุ่นสู่รุ่นทำให้อิฐทนไฟสำหรับสร้างเตาเผาไฟต่ำทำหน้าที่เก็บกักความร้อนได้ไม่ดีเท่าที่ควร การเผาผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำ เตาเผามีอุณหภูมิสูงไม่เท่าที่ต้องการ ห้องเผาสูญเสียอุณหภูมิได้ง่ายและต้องใช้เชื้อเพลิงในปริมาณมาก ทำให้ในระยะยาวไม่คุ้มค่าต่อเชื้อเพลิงที่นำมาเผาผลิตภัณฑ์ แต่การผลิตและนำอิฐทนไฟคุณภาพสูงมาสร้างเตาเผาชุมชนไม่สามารถทำได้โดยง่ายในระดับท้องถิ่น ด้วยเหตุอิฐทนไฟมีราคาสูง ไม่มีผู้ผลิตในท้องถิ่นและชุมชนไม่สามารถจัดหาหรือจัดซื้อมาทำเตาเผาได้จากปัญหาดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากการขาด องค์ความรู้ในการวิจัยหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบท้องถิ่นที่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตอิฐทนไฟที่มีคุณภาพในระดับหนึ่งที่สามารถเก็บกักความร้อนได้ดี จัดหาวัตถุดิบได้ง่าย และมีราคาจากการผลิตต่ำ การวิจัยเพื่อผลิตอิฐทนไฟคุณภาพจึงมีความสำคัญต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนเพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจระดับฐานราก[1]

อิฐทนไฟเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ในระดับชุมชนท้องถิ่น ประกอบด้วย 1) วัตถุดิบที่ทำหน้าที่สร้างช่องว่างของอากาศภายในก้อนอิฐให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศและเก็บกักความร้อนในช่องว่างได้แก่ แกลบ และขี้เถ้าแกลบ 2) วัตถุดิบทำหน้าที่โครงสร้างแข็ง ได้แก่ ทราย 3) วัตถุดิบทำหน้าที่ทนไฟหลังเผา ได้แก่ ดินขาว 4) วัตถุดิบทำหน้าที่เพิ่มความเหนียวขณะขึ้นรูปได้แก่ ดินแดงพื้นบ้าน และ 5) วัตถุดิบเชื่อมประสานโครงสร้างขณะขึ้นรูป ได้แก่ เส้นใยเซลลูโลสจากงานวิจัยของ เลิศชาย สถิติพนาวงศ์[2] ได้ใช้อัตราส่วนผสมเพื่อพัฒนาอิฐทนไฟจากวัตถุดิบท้องถิ่นประกอบด้วย ดินบางปะหัน 20 % ดินขาว 30 % ทราย 30 % และขี้เถ้า 20 % สามารถทนไฟได้ที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส แต่ผลที่ปรากฏทำให้อิฐทนไฟ

มีหลายสูตรไม่สามารถขึ้นรูปได้เนื่องจากวัตถุดิบที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าเกินกว่า 20 % ไม่สามารถขึ้นรูปได้ การหาวัตถุดิบเพื่อให้วัตถุดิบที่ทำหน้าที่เพิ่มความพรุนตัวในอิฐทนไฟใส่ในปริมาณเพิ่มขึ้นได้จึงมีความน่าสนใจในการผลิตอิฐทนไฟ เพื่อให้สามารถทนไฟได้เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำมามูลวัวมาใช้เป็นวัตถุดิบประสานในอิฐทนไฟในขณะขึ้นรูป เนื่องจากการศึกษาการพัฒนาอิฐทนไฟและการทำผนังเตาเผาของประเทศอินเดียพบว่ามี การนำมูลวัวมาเป็นส่วนผสมสำคัญในการทำเตาเผา เพื่อทำหน้าที่เพิ่มความเหนียวและการคงสภาพของอิฐทนไฟและผนังเตาเผาได้ดีขณะขึ้นรูปและหาได้ง่ายในท้องถิ่น นครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบและผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่มีประวัติศาสตร์ยาวนานมาตั้งแต่สมัยศรีวิชัย[3] ผลิตและส่งออกจำหน่ายเครื่องปั้นดินเผาในเขตพื้นที่และจังหวัดใกล้เคียงมายาวนาน การพัฒนาความรู้เกี่ยวกับดินและวัตถุดิบที่ราคาถูกหาง่ายในจังหวัด มีศักยภาพเชิงพาณิชย์ และสร้างความยั่งยืนในการดำรงชีพบนพื้นฐานที่ผลิตได้ด้วยตนเอง มาทดลองเพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมอิฐทนไฟที่มีคุณภาพ แข็งแรง ทนทาน สามารถรักษาอุณหภูมิภายในเตาได้ดี ทำให้คุณภาพผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอและสวยงาม สามารถนำมาผลิตเป็นสินค้าชุมชนเป็นที่ต้องการของตลาด อีกทั้งลดการซื้ออิฐทนไฟคุณภาพสูงจากโรงงานอุตสาหกรรมจะช่วยให้ชุมชนมีนวัตกรรมทางการพัฒนาเตาเผาชุมชนใช้ได้อย่างยั่งยืนผลิตและสร้างได้ด้วยตนเองในราคาที่เหมาะสม และสอดคล้องกับการพัฒนาของประเทศและพึ่งพาตนเองตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งเป็นเหตุผลที่สำคัญในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ที่ผู้วิจัยมีความสนใจ และพัฒนาให้เหมาะสมกับนวัตกรรมในระดับชุมชน

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อหาอัตราส่วนผสมจากวัตถุดิบท้องถิ่น จังหวัดนครศรีธรรมราชที่เหมาะสมต่อการผลิตอิฐทนไฟสำหรับเตาเผาไฟต่ำ โดยใช้ส่วนผสมจากดินแดงทุ่งน้ำเค็ม ดินขาวทุ่งใหญ่ ทรายน้ำแคบ แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ และขี้วัว

2.2 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐทนไฟและสามารถขึ้นรูปได้โดยไม่แตกร้าว

### 3. ขอบเขตการวิจัย

#### 3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ดินแดงบ้านทุ่งน้ำเค็ม (Thung Nam Kam red clay) เป็นดินที่พบในแหล่งตำบลโมคลาน อำเภอนาทวี จังหวัดนครศรีธรรมราช ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านมะยิงและโรงงานอิฐในเขตอำเภอนาทวี ดินมีความละเอียดมาก กากค้ำตะแกรงร่อนน้อย เมื่อแห้งมีความแข็งแรงสูง การหดตัวและความแข็งแรงสูงสุดที่อุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส ความทนไฟได้ไม่เกิน 1,150 องศาเซลเซียส สีของดินหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นสีส้ม ดินมีส่วนประกอบด้วย  $\text{SiO}_2 = 63.85\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 21.04\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2.74\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.27\%$ ,  $\text{MgO} = 0.78\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 2.20\%$ ,  $\text{CaO} = 0.06\%$  และ  $\text{L.O.I.} = 7.93\%$  [4]

3.1.2 ดินขาวทุ่งใหญ่ (Thung Yai kaolin) เป็นดินจากแร่กาโอลินไนท์ (Kaolinite) จากแหล่ง อำเภอนาทวี จังหวัดนครศรีธรรมราช ดินขาวมีค่าการหดตัวหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส สูงมากถึงร้อยละ 16.4 และเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ให้เป็นสีเหลืองครีมทำให้ไม่เหมาะสมสำหรับงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ดินมีส่วนผสมของแร่กาโอลินไนท์ และควอร์ตซ์ (Quartz) เป็นองค์ประกอบหลัก ประกอบด้วย  $\text{SiO}_2 = 47.4\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 35\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1.06\%$  และ  $\text{TiO}_2 = 2\%$  [4]

3.1.3 ทรายน้ำแคบ (Nam Kap sand) เป็นทราย ที่เกิดขึ้นจากลำธารแม่น้ำ เรียกว่าทรายแม่น้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 - 0.5 มิลลิเมตร มีปริมาณซิลิกามากกว่าร้อยละ 95 มีสารประกอบอื่น ๆ อยู่ในปริมาณน้อย โดยเฉพาะมีเหล็กออกไซด์ไม่เกิน 10 % มีสูตรเคมีเป็นซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) [5]

3.1.4 แกลบ (Rice husk) เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือก มีลักษณะสีเหลือง

ทอง แกลบประกอบด้วยสารอินทรีย์และซิลิกา (Silica) ปริมาณสารอินทรีย์ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (Carbon)  $\approx 51\%$  ออกซิเจน  $\approx 42\%$  ส่วนที่เหลือเป็นไฮโดรเจน (Hydrogen) และไนโตรเจน (Nitrogen) เมื่อแกลบเผาไหม้จะทำให้เกิดเถ้า  $\approx 13 - 30\%$  ประกอบด้วย  $\text{SiO}_2 \approx 85 - 97\%$  ส่วนอื่นจะประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น  $\text{K}_2\text{O} = 2.3\%$ ,  $\text{MgO} = 0.5\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.4\%$ ,  $\text{CaO} = 0.4\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.2\%$  และ  $\text{Na}_2\text{O} = 0.1\%$  [6]

3.1.5 ชี้เถ้าแกลบ (Raw husk) โดยไพจิตร อังศิริวัฒน์[7] กล่าวว่า ชี้เถ้าแกลบมีปริมาณของซิลิกายู่สูงหากนำไปใช้ทำเคลือบโดยลำพังเคลือบจะทนไฟเกินไปไม่หลอมละลาย ดังนั้นจึงนิยมใช้ชี้เถ้าจากแกลบในสูตรเคลือบแทนควอร์ตซ์ (Quartz) หรือซิลิกา จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีของชี้เถ้าแกลบประกอบด้วย  $\text{SiO}_2 = 96.00\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.00\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0.04\%$ ,  $\text{CaO} = 0.48\%$ ,  $\text{MgO} = 0.22\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 0.90\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 0.26\%$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 = 0.02\%$ ,  $\text{MnO} = 0.19\%$

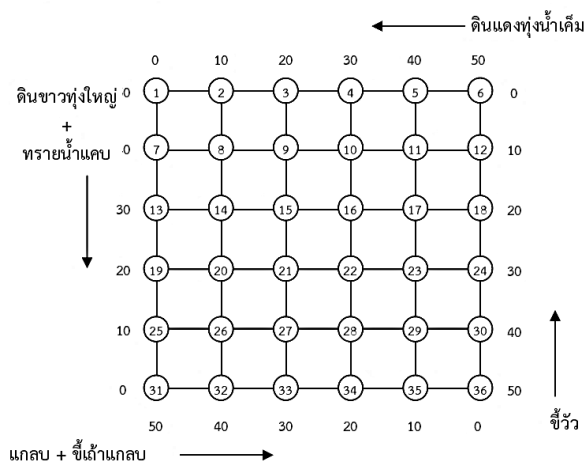
3.1.6 มูลวัว (Cow dung) เป็นของเสียจากวัวมีลักษณะเป็นเส้นใยจากเศษพืชที่หลงเหลือในรูปแบบเซลลูโลสเส้นใยยาว มีค่าเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 7.9 จัดอยู่ในระดับด่างเล็กน้อยค่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 10:1 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 20:1 จึงเหมาะสมต่อการใส่ให้กับพืช โดยค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 7.14 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 36.19% มีค่าไนโตรเจนเท่ากับ 2.0% ค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 1.3% และค่าโพแทสเซียม เท่ากับ 3.7% [8]

3.2 อุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์สำหรับการผสมและผลิตแม่พิมพ์พลาสติกได้แก่ อุปกรณ์ผสม แม่พิมพ์อัดขึ้นรูป เครื่องมือวัดสมบัติทางกายภาพของอิฐทนไฟและอุปกรณ์ทดสอบหาอัตราส่วนผสมของปูนพลาสติกและเครื่องมือประเมินสมบัติทางกายภาพของแม่พิมพ์ ได้แก่ ตาชั่ง เครื่องชั่งตวงวัด เครื่องวัดความแข็งแรง และเตาเผา



#### 4. วิธีดำเนินการวิจัย

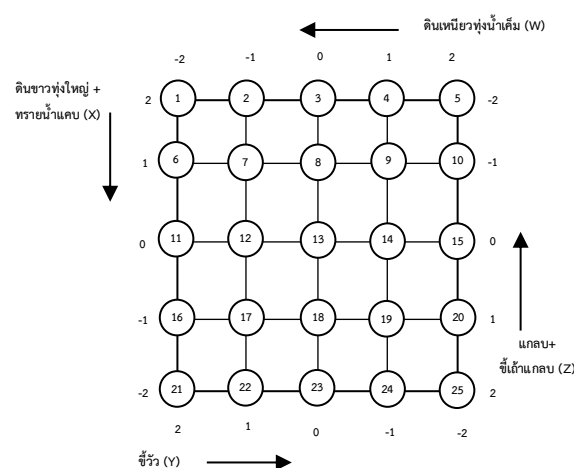
**4.1 การกำหนดอัตราส่วนผสมของเนื้อดินอิฐทนไฟ** โดยทดลองหาอัตราส่วนผสมชุด A ของเนื้อดินอิฐทนไฟ ทำได้โดยใช้วิธีหาอัตราส่วนผสม ดินแดง หุงน้ำเค็ม ดินขาวหุงใหญ่ หวายบ้านน้ำแคบ แกลบ ชี้เถ้า แกลบ และชี้วัว ไม่เกิน 50% โดยน้ำหนัก ด้วยตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Quad axial grid)[9] จากวัตถุดิบพื้นฐาน 5 ส่วน แบบลดและเพิ่มสัดส่วน ครั้งละ 10% ดังนี้ 1) ดินแดงบ้านหุงน้ำเค็ม อัตราส่วนผสม 0 - 50% 2) ดินขาวหุงใหญ่ (50%) รวมกับหวายบ้านน้ำแคบ (50%) รวมอัตราส่วนผสม 0 - 50% 3) แกลบ (50%) รวมกับชี้เถ้าแกลบ (50%) อัตราส่วนผสม 0 - 50% 4) ชี้วัว อัตราส่วน 0-50% เพื่อหาดินที่เหมาะสมสำหรับการทำอิฐทนไฟ ลักษณะและสมบัติทางกายภาพความทนไฟ การหดตัว ความพรุนตัว ความแข็งแรง และผิวเรียบ โดยใช้สัดส่วนตามตารางสี่เหลี่ยมดังภาพที่ 1



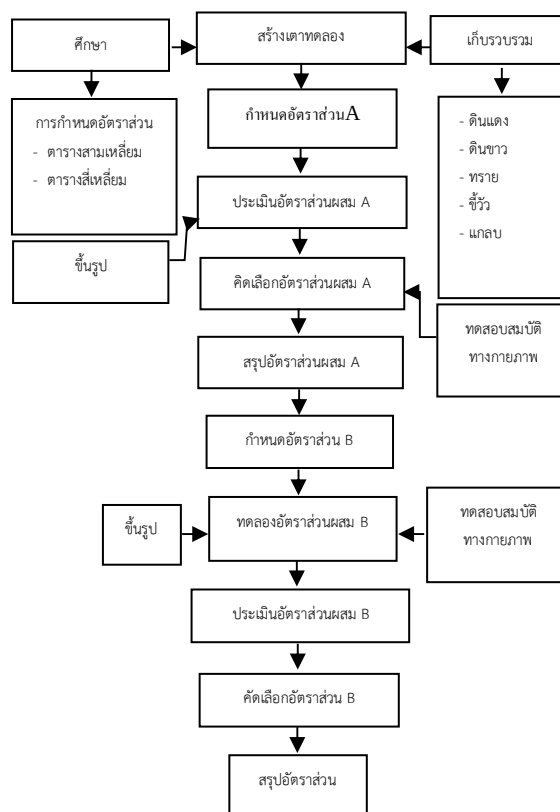
ภาพที่ 1 ตารางสี่เหลี่ยมอัตราส่วนผสมของดินชุด A

ทำได้โดยใช้วิธีหาอัตราส่วนผสม ดินเหนียวหุงน้ำเค็ม ดินขาว หุงใหญ่ หวายบ้านน้ำแคบ และแกลบ ไม่เกิน ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก แบบตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Quad axial grid) จากวัตถุดิบพื้นฐาน 5 ส่วน แบบลดและเพิ่มสัดส่วน ครั้งละ ร้อยละ 1 ดังนี้ 1) ดินแดงบ้านหุงน้ำเค็ม อัตราส่วน ร้อยละ 0-5 2) หวายบ้านน้ำแคบ อัตราส่วน ร้อยละ 0-5 3) ดินขาวหุงใหญ่ อัตราส่วน ร้อยละ 0-5 4) แกลบ อัตราส่วน ร้อยละ 0-5 เพื่อหาดินที่เหมาะสมสำหรับการทำอิฐทนไฟ ลักษณะที่พึงประสงค์

และสมบัติทางกายภาพ ความทนไฟ การหดตัว ความพรุนตัว ความแข็งแรง และผิวเรียบ โดยใช้สัดส่วนตามตารางสี่เหลี่ยมในรูปที่ 2 และได้อัตราส่วนตามตารางที่ 1 ดินที่เหมาะสมสำหรับการทำอิฐทนไฟ ลักษณะที่พึงประสงค์ และสมบัติทางกายภาพ ความทนไฟ การหดตัว ความพรุนตัว ความแข็งแรง และผิวเรียบ โดยใช้สัดส่วนตามตารางสี่เหลี่ยม ในรูปที่ 2 และ 3 ซึ่งได้อัตราส่วนชุด B ตามตารางที่ 1



ภาพที่ 2 ตารางสี่เหลี่ยมอัตราส่วนผสมของดินชุด B



ภาพที่ 3 การกำหนดอัตราส่วนผสมของดินชุด A เป็น B

ที่ 1 อัตราส่วนผสมของดินชุด B

| ลำดับ<br>ที่ | อัตราส่วนผสมของวัสดุดิบ |                                    |                 |                       | รวม |
|--------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----|
|              | ดินแดง<br>ทุ่งน้ำเค็ม   | ดินขาวทุ่งใหญ่+<br>ทรายบ้านน้ำเค็ม | ซีวีว           | อกลบดิบ+<br>ซีเถ้ากลบ |     |
| 1            | W <sub>2</sub>          | X <sub>2</sub>                     | Y <sub>2</sub>  | Z <sub>2</sub>        | 100 |
| 2            | W <sub>2</sub>          | X <sub>1</sub>                     | Y <sub>1</sub>  | Z <sub>1</sub>        | 100 |
| 3            | W <sub>2</sub>          | X <sub>0</sub>                     | Y <sub>0</sub>  | Z <sub>0</sub>        | 100 |
| 4            | W <sub>2</sub>          | X <sub>-1</sub>                    | Y <sub>-1</sub> | Z <sub>-1</sub>       | 100 |
| 5            | W <sub>2</sub>          | X <sub>-2</sub>                    | Y <sub>-2</sub> | Z <sub>-2</sub>       | 100 |
| 6            | W <sub>1</sub>          | X <sub>2</sub>                     | Y <sub>2</sub>  | Z <sub>2</sub>        | 100 |
| 7            | W <sub>1</sub>          | X <sub>1</sub>                     | Y <sub>1</sub>  | Z <sub>1</sub>        | 100 |
| 8            | W <sub>1</sub>          | X <sub>0</sub>                     | Y <sub>0</sub>  | Z <sub>0</sub>        | 100 |
| 9            | W <sub>1</sub>          | X <sub>-1</sub>                    | Y <sub>-1</sub> | Z <sub>-1</sub>       | 100 |
| 10           | W <sub>1</sub>          | X <sub>-2</sub>                    | Y <sub>-2</sub> | Z <sub>-2</sub>       | 100 |
| 11           | W <sub>0</sub>          | X <sub>2</sub>                     | Y <sub>2</sub>  | Z <sub>2</sub>        | 100 |
| 12           | W <sub>0</sub>          | X <sub>1</sub>                     | Y <sub>1</sub>  | Z <sub>1</sub>        | 100 |
| 13           | W <sub>0</sub>          | X <sub>0</sub>                     | Y <sub>0</sub>  | Z <sub>0</sub>        | 100 |
| 14           | W <sub>0</sub>          | X <sub>-1</sub>                    | Y <sub>-1</sub> | Z <sub>-1</sub>       | 100 |
| 15           | W <sub>0</sub>          | X <sub>-2</sub>                    | Y <sub>-2</sub> | Z <sub>-2</sub>       | 100 |
| 16           | W <sub>-1</sub>         | X <sub>2</sub>                     | Y <sub>2</sub>  | Z <sub>2</sub>        | 100 |
| 17           | W <sub>-1</sub>         | X <sub>1</sub>                     | Y <sub>1</sub>  | Z <sub>1</sub>        | 100 |
| 18           | W <sub>-1</sub>         | X <sub>0</sub>                     | Y <sub>0</sub>  | Z <sub>0</sub>        | 100 |
| 19           | W <sub>2</sub>          | X <sub>1</sub>                     | Y <sub>1</sub>  | Z <sub>1</sub>        | 100 |
| 20           | W <sub>-1</sub>         | X <sub>-2</sub>                    | Y <sub>-2</sub> | Z <sub>-1</sub>       | 100 |
| 21           | W <sub>-2</sub>         | X <sub>2</sub>                     | Y <sub>2</sub>  | Z <sub>2</sub>        | 100 |
| 22           | W <sub>-2</sub>         | X <sub>1</sub>                     | Y <sub>1</sub>  | Z <sub>1</sub>        | 100 |
| 23           | W <sub>-2</sub>         | X <sub>0</sub>                     | Y <sub>0</sub>  | Z <sub>0</sub>        | 100 |
| 24           | W <sub>-2</sub>         | X <sub>-1</sub>                    | Y <sub>-1</sub> | Z <sub>-1</sub>       | 100 |
| 25           | W <sub>-2</sub>         | X <sub>-2</sub>                    | Y <sub>-2</sub> | Z <sub>-2</sub>       | 100 |

#### 4.2 การทดสอบทางกายภาพของดินอิฐเผาไฟ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทดสอบทางกายภาพของดินอิฐเผาไฟ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาในเรื่องความทนไฟ (Refractory) การหดตัว (Shrink) ความพรุนตัว (Porosity) ลักษณะพื้นผิว (Texture) และความแข็งแรง (Strength) และการขึ้นรูป (Forming)[9] ดังนี้

##### 4.2.1 ความทนไฟ (Refractory) เป็น

การพิจารณาความร้อนสูญเสียจากการนำ (Conduction Loss) ความร้อนของวัสดุแล้วคำนวณด้วยสูตรการถ่ายเทความร้อนจากการนำเป็นการถ่ายเทที่อาศัยของแข็งเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวทั้งสองด้านของของแข็งการนำความร้อนจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ ความหนาของวัสดุและผลต่างของอุณหภูมิตามกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law of Conduction) ดังนี้ [6]

$$Q_{cond} = \left( \frac{kA(T_{sin}-T_{sout})}{\Delta x} \right) \Delta t \dots \dots \dots (1)$$

เมื่อ  $k$  แทน ค่าการนำความร้อน ( $W/m-K$ ) มีค่า  $7.0 W/m-K$  สำหรับอิฐทนความร้อน

$A$  แทน พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน ( $m^2$ )

$T_{sin}$  แทน อุณหภูมิผิวภายใน (องศาเซลเซียส)

$T_{sout}$  แทน อุณหภูมิผิวนอก (องศาเซลเซียส)

$\Delta t$  แทน ช่วงเวลาที่พิจารณา (s)

$\Delta x$  แทน ความหนาของผนัง (m)

##### 4.2.2 การทดสอบลักษณะพื้นผิว

(Surface) เป็นการทดสอบด้านความสามารถในการกดดินแม่พิมพ์ โดยนำดินปั้นที่มีความชื้นเทียบเท่าการใช้งานทำอิฐเตาเผาจริงมาใช้ในการทดสอบ ด้วยการกดในแม่พิมพ์เดิมอย่างต่อเนื่อง 10 ครั้ง และวิเคราะห์ผลการหลุดร่อนของดินจากแม่พิมพ์ ๆ ถ้าเนื้อดินอิฐเตาเผามีการหดตัวมากก็จำเป็นที่จะต้องให้เนื้อดินอิฐเตาเผานั้นแห้งอย่างช้า ๆ และแห้งอย่างสม่ำเสมอทั่วเนื้อดินสาเหตุโดยลักษณะผิว 5 ระดับ[1] ได้แก่

ระดับ 1 หมายถึง ผิวเรียบมาก

ระดับ 2 คือ ผิวเรียบ

ระดับ 3 คือ ผิวเรียบปานกลาง

ระดับ 4 คือ ผิวหยาบ

ระดับ 5 คือ ผิวหยาบมาก

##### 4.2.3 การทดสอบการหดตัว

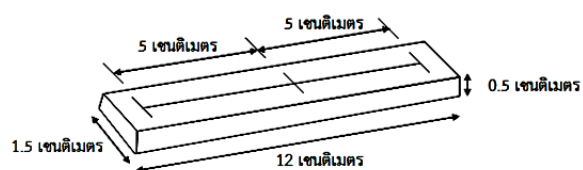
(Shrinkage) ของเนื้อดินอิฐเตาเผา สมบัติเกี่ยวกับการหดตัวของเนื้อดินอิฐเตาเผามีความสำคัญ เพราะในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ๆ ถ้าเนื้อดินอิฐเตาเผา มีการหดตัวมากก็จำเป็นที่จะต้องให้เนื้อดินอิฐเตาเผานั้นแห้งอย่างช้า ๆ และแห้งอย่างสม่ำเสมอทั่วเนื้อดินสาเหตุที่หดตัวก็เนื่องมาจากน้ำที่อยู่รอบ ๆ เนื้อดินอิฐเตาเผา ระเหยออกไป ทำให้เนื้อดินอิฐเตาเผาเข้ามาติดกันจึงเกิดการหดตัว โดยปกติแล้วเนื้อดินอิฐเตาเผาที่มีความละเอียดและเหนียวย่อมมีการหดตัวมากกว่าเนื้อดินอิฐเตาเผาหยาบ การหดตัวของเนื้อดินอิฐเตาเผาเมื่ออยู่ 2 ระยะด้วยกัน คือ การหดตัวหลังจากการผึ่งให้แห้ง (Drying Shrinkage) และการหดตัวหลังจากการเผา

(Firing shrinkage) การหดตัวหลังจากการเผามีความสำคัญในการเผาผลิตภัณฑ์มาก เพราะถ้าเนื้อดินอิฐเตาเผาเกิดการหดตัวสูง จำเป็นจะต้องเผาลิขสิทธิ์อย่างช้าและควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์จะเกิดการบิดเบี้ยว หรือแตกเสียหายได้ นอกจากนี้การทดสอบหาร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินอิฐเตาเผาทั้งก่อนเผาและหลังเผายังเป็นประโยชน์ต่อการขยายแบบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์มีขนาดตามที่ต้องการ วิธีทดสอบความหดตัวของเนื้อดินอิฐเตาเผาโดยวิธีการหาความยาวของวัตถุดิบที่หายไปโดยใช้แท่งทดสอบดังภาพที่ 4 และนำไปวิเคราะห์ด้วยสมการ[9] ดังนี้

$$\text{ร้อยละของการหดตัวของดินขณะแห้ง} = \frac{(\text{ความยาวดินเปียก} - \text{ความยาวดินแห้ง})}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของการหดตัวของดินที่เผาแล้ว} = \frac{(\text{ความยาวดินแห้ง} - \text{ความยาวดินที่เผาแล้ว})}{\text{ความยาวดินแห้ง}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของการหดตัวของดิน} = \frac{(\text{ความยาวดินแห้ง} - \text{ความยาวดินที่เผาแล้ว})}{\text{ความยาวดินเปียก}} \times 100$$



ภาพที่ 4 แท่งทดสอบปูนปลาสเตอร์

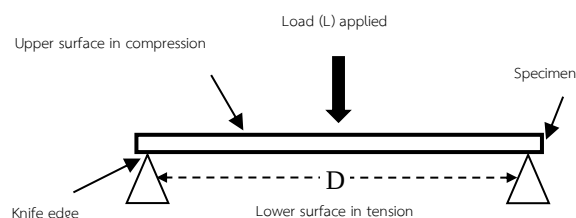
**4.2.4 ค่าความแข็งแรง (Modulus of Rupture or M.O.R.)** ทำการวิเคราะห์ด้วยสมการ[9] ดังนี้

$$MOR = \frac{8LD}{2bd^2} \dots\dots\dots (2)$$

|   |     |                                   |
|---|-----|-----------------------------------|
| L | แทน | ค่าน้ำหนักแรงกดที่แท่งทดสอบหัก    |
| D | แทน | ระยะห่างของลิ่มที่รองรับแผ่นทดสอบ |
| b | แทน | ความกว้างของแผ่นทดสอบ             |
| d | แทน | ความหนาของแผ่นทดสอบ               |

**4.2.5 การทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินอิฐทนไฟ (Modulus of Rupture หรือ M.O.R.)** โดยความแข็งแรงของเนื้อดินอิฐทนไฟเป็นสมบัติที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกระแทกหรือแรงกดที่กระทำต่อเนื้อดินอิฐทนไฟที่ขึ้นรูปแล้ว เนื้อดินอิฐทนไฟที่มีความ

แข็งแรงเมื่อแห้งจะไม่เปราะแตกง่ายสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก โดยทั่วไปเนื้อดินอิฐทนไฟที่มีความเหนียวมากจะมีความแข็งแรงมาก เมื่อขึ้นรูปและผึ่งให้แห้ง ขั้นตอนในการทำการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินทำตามขั้นตอนดังนี้ 1) อัดดินลงในแบบพิมพ์พลาสติกสำหรับทำแท่งทดลองความแข็งแรง 2) เมื่อแท่งทดลองแห้งนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 3) นำแท่งทดลองมาหาค่าแรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหักโดยใช้อุปกรณ์ทดสอบความแข็งแรง ดังภาพที่ 5 และ 4) จดบันทึกแรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหักแล้วนำไปคำนวณหาความแข็งแรง[10]



ภาพที่ 5 แสดงแท่งทดสอบวางบนลิ่มปลายแหลม 2 จุด และแรงกดทางด้านบนของแผ่นทดสอบ

## 5. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ตารางสูตรอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ ชุด A ที่ไม่สอดคล้องกับเป้าหมายของการใช้วัตถุดิบ พบว่า มีอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ ชุด A จำนวน 19 สูตร จาก 36 สูตร ไม่สอดคล้อง ได้แก่ สูตรลำดับที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 18, 19, 24, 25, 31, 32, 33, 34, 35 และ 36 และเลือกสูตรจากอัตราส่วนผสมอิฐทนไฟที่เหลือจำนวน 17 สูตร เป็นอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบทางกายภาพของเนื้อดินที่เหมาะสมเป็นอิฐทนไฟ 5 ประเด็น ได้แก่ 1) ความทนไฟ 2) การหดตัว 3) ความพรุนตัว 4) พื้นผิว และ 5) ความแข็งแรง เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ชุด A สำหรับทำอิฐทนไฟของเตาเผาไฟฟ้าที่บ้านท้องถิ่นภาคใต้ ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบทางกายภาพอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ ชุด A

| อัตราส่วนผสม<br>ลำดับที่<br>(สูตร) | รายการประเมิน (ระดับอุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส) |         |                        |         |                 |         |                 |         |                                          |         |                     |         | ความเหมาะสมต่อการขึ้นรูป<br>ด้วยการอัดแม่พิมพ์ (5 ระดับ) |            |                |             |                       |
|------------------------------------|------------------------------------------------|---------|------------------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|------------------------------------------|---------|---------------------|---------|----------------------------------------------------------|------------|----------------|-------------|-----------------------|
|                                    | ความทนไฟ                                       |         | ลักษณะผิว<br>(5 ระดับ) |         | ความชื้น<br>(%) |         | การหดตัว<br>(%) |         | ความ<br>แข็งแรง<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) |         | การดูดซึมน้ำ<br>(%) |         | มาก<br>ที่สุด<br>(5)                                     | มาก<br>(4) | ปานกลาง<br>(3) | น้อย<br>(2) | น้อย<br>ที่สุด<br>(1) |
|                                    | ก่อนเผา                                        | หลังเผา | ก่อนเผา                | หลังเผา | ก่อนเผา         | หลังเผา | ก่อนเผา         | หลังเผา | ก่อนเผา                                  | หลังเผา | ก่อนเผา             | หลังเผา |                                                          |            |                |             |                       |
| 8                                  | 5                                              | -       | -                      | 2       | -               | 6.35    | -               | 5.00    | 2.54                                     | 5.46    | -                   | 52.00   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 9                                  | 5                                              | -       | -                      | 4       | -               | 17.23   | -               | 5.00    | 2.22                                     | 5.78    | -                   | 48.00   |                                                          |            | ✓              |             |                       |
| 10                                 | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 18.93   | -               | 5.00    | 2.30                                     | 6.25    | -                   | 43.20   | ✓                                                        |            |                |             |                       |
| 11                                 | 3                                              | -       | -                      | 2       | -               | 11.93   | -               | 5.00    | 2.40                                     | 6.10    | -                   | 43.00   | ✓                                                        |            |                |             |                       |
| 14                                 | 3                                              | -       | -                      | 2       | -               | 13.13   | -               | 5.00    | 2.35                                     | 5.42    | -                   | 51.00   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 15                                 | 3                                              | -       | -                      | 4       | -               | 14.15   | -               | 4.00    | 2.25                                     | 5.32    | -                   | 49.50   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 16                                 | 5                                              | -       | -                      | 4       | -               | 11.11   | -               | 5.00    | 2.23                                     | 5.05    | -                   | 45.50   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 17                                 | 3                                              | -       | -                      | 3       | -               | 22.53   | -               | 6.00    | 2.30                                     | 5.41    | -                   | 40.10   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 20                                 | 2                                              | -       | -                      | 2       | -               | 12.08   | -               | 4.00    | 2.48                                     | 5.22    | -                   | 52.40   | ✓                                                        |            |                |             |                       |
| 21                                 | 3                                              | -       | -                      | 3       | -               | 8.06    | -               | 5.00    | 2.32                                     | 5.32    | -                   | 52.00   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 22                                 | 3                                              | -       | -                      | 3       | -               | 13.17   | -               | 5.00    | 2.33                                     | 5.24    | -                   | 44.00   |                                                          |            | ✓              |             |                       |
| 23                                 | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 14.88   | -               | 6.00    | 2.25                                     | 4.84    | -                   | 38.50   |                                                          |            | ✓              |             |                       |
| 26                                 | 3                                              | -       | -                      | 5       | -               | 16.90   | -               | 6.00    | 1.65                                     | 4.65    | -                   | 45.00   |                                                          |            | ✓              |             |                       |
| 27                                 | 2                                              | -       | -                      | 5       | -               | 16.25   | -               | 6.00    | 1.25                                     | 3.57    | -                   | 40.00   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 28                                 | 2                                              | -       | -                      | 5       | -               | 15.01   | -               | 6.00    | 1.01                                     | 3.22    | -                   | 40.10   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 29                                 | 2                                              | -       | -                      | 5       | -               | 22.74   | -               | 6.00    | 1.08                                     | 3.12    | -                   | 41.50   |                                                          |            |                | ✓           |                       |
| 30                                 | 2                                              | -       | -                      | 5       | -               | 23.12   | -               | 6.00    | 1.03                                     | 3.07    | -                   | 41.50   |                                                          |            |                | ✓           |                       |

\* หมายเหตุ 1) ลักษณะความเหนียว 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 คือ เหนียวน้อยที่สุด ระดับ 2 คือ เหนียวน้อย ระดับ 3 คือ เหนียวปานกลาง ระดับ 4 คือ เหนียวมาก ระดับ 5 คือ เหนียวมากที่สุด

2) ลักษณะผิว 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 คือ ผิวเรียบมาก ระดับ 2 คือ ผิวเรียบ ระดับ 3 คือ ผิวเรียบปานกลาง ระดับ 4 คือ ผิวหยาบ ระดับ 5 คือ ผิวหยาบมาก

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบทางกายภาพอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ ชุด A พบว่าอัตราส่วนผสมลำดับที่ 10 ที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างดินฟุ้งน้ำเค็ม : ดินขาวฟุ้งใหญ่ : ทรายน้ำแฉะ : แกลบ เท่ากับ 40 : 20 : 10 : 30 มีสมบัติเหมาะสมสำหรับการทำเป็นอิฐทนไฟมากที่สุด โดยมีลักษณะความเหนียวก่อนเผาระดับมาก ผิวอิฐหลังเผาไม่มีเนื้อหยาบ ความชื้นหลังเผาร้อยละ 18.93 การหดตัวก่อนเผาร้อยละ 5.00 ความแข็งแรงก่อนเผา 2.30 Kg/cm<sup>2</sup> ความแข็งแรงหลังเผา 2.30 Kg/cm<sup>2</sup> การดูดซึมน้ำหลังเผา ร้อยละ 43.20 และความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปด้วยการอัดในแม่พิมพ์อยู่ในระดับมากที่สุด แล้วกำหนดเป็นศูนย์ลำดับกลางของอัตราส่วนผสมชุด B ดังตารางที่ 3 (อัตราส่วนผสมลำดับที่ 10 กำหนดเป็นอัตราส่วนผสมลำดับที่ 13 ของชุด B)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบทางกายภาพอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ ชุด B

| อัตราส่วนผสม<br>ลำดับที่ | รายการประเมิน (ระดับอุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส) |         |                        |         |                 |         |                 |         |                                          |         |                     |         | ความเหมาะสมต่อการขึ้นรูป     |            |                |             |                       |
|--------------------------|------------------------------------------------|---------|------------------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|------------------------------------------|---------|---------------------|---------|------------------------------|------------|----------------|-------------|-----------------------|
|                          | ลักษณะ<br>ความเหนียว<br>(5 ระดับ)              |         | ลักษณะผิว<br>(5 ระดับ) |         | ความชื้น<br>(%) |         | การหดตัว<br>(%) |         | ความ<br>แข็งแรง<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) |         | การดูดซึมน้ำ<br>(%) |         | ด้วยการอัดแม่พิมพ์ (5 ระดับ) |            |                |             |                       |
|                          |                                                |         |                        |         |                 |         |                 |         |                                          |         |                     |         | มาก<br>ที่สุด<br>(5)         | มาก<br>(4) | ปานกลาง<br>(3) | น้อย<br>(2) | น้อย<br>ที่สุด<br>(1) |
|                          | ก่อนเผา                                        | หลังเผา | ก่อนเผา                | หลังเผา | ก่อนเผา         | หลังเผา | ก่อนเผา         | หลังเผา | ก่อนเผา                                  | หลังเผา | ก่อนเผา             | หลังเผา |                              |            |                |             |                       |
| 1                        | 5                                              | -       | -                      | 3       | -               | 23.98   | -               | 6.0     | 3.28                                     | 8.54    | -                   | 39.3    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 2                        | 5                                              | -       | -                      | 3       | -               | 18.17   | -               | 5.0     | 3.30                                     | 7.85    | -                   | 40.0    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 3                        | 5                                              | -       | -                      | 3       | -               | 19.28   | -               | 5.0     | 3.25                                     | 8.11    | -                   | 40.1    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 4                        | 5                                              | -       | -                      | 3       | -               | 22.74   | -               | 5.0     | 3.33                                     | 8.05    | -                   | 38.0    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 5                        | 5                                              | -       | -                      | 4       | -               | 26.66   | -               | 5.0     | 3.01                                     | 8.24    | -                   | 38.2    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 6                        | 5                                              | -       | -                      | 5       | -               | 17.64   | -               | 5.0     | 3.20                                     | 8.13    | -                   | 39.1    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 7                        | 5                                              | -       | -                      | 5       | -               | 22.25   | -               | 6.0     | 3.15                                     | 8.74    | -                   | 39.3    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 8                        | 5                                              | -       | -                      | 5       | -               | 27.24   | -               | 5.0     | 3.20                                     | 9.25    | -                   | 41.00   | ✓                            |            |                |             |                       |
| 9                        | 4                                              | -       | -                      | 5       | -               | 20.27   | -               | 5.0     | 3.15                                     | 9.10    | -                   | 40.0    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 10                       | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 24.11   | -               | 5.0     | 2.98                                     | 9.15    | -                   | 43.0    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 11                       | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 24.08   | -               | 5.0     | 2.88                                     | 9.14    | -                   | 40.1    | ✓                            |            |                |             |                       |
| 12                       | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 15.71   | -               | 7.0     | 2.50                                     | 7.28    | -                   | 38.5    |                              |            | ✓              |             |                       |
| 13**                     | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 18.93   | -               | 5.00    | 2.30                                     | 6.25    | -                   | 43.20   |                              |            | ✓              |             |                       |
| 14                       | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 20.21   | -               | 5.0     | 2.30                                     | 6.18    | -                   | 40.0    |                              |            | ✓              |             |                       |
| 15                       | 3                                              | -       | -                      | 4       | -               | 25.49   | -               | 8.0     | 2.28                                     | 6.20    | -                   | 40.0    |                              |            | ✓              |             |                       |
| 16                       | 3                                              | -       | -                      | 4       | -               | 18.57   | -               | 5.0     | 2.29                                     | 6.54    | -                   | 43.05   |                              |            | ✓              |             |                       |
| 17                       | 3                                              | -       | -                      | 4       | -               | 22.66   | -               | 5.0     | 2.24                                     | 6.08    | -                   | 40.0    |                              |            | ✓              |             |                       |
| 18                       | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 21.87   | -               | 5.0     | 2.65                                     | 5.87    | -                   | 44.0    |                              |            | ✓              |             |                       |
| 19                       | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 16.01   | -               | 5.0     | 2.45                                     | 5.48    | -                   | 42.8    |                              |            |                | ✓           |                       |
| 20                       | 3                                              | -       | -                      | 4       | -               | 27.44   | -               | 7.0     | 2.25                                     | 5.90    | -                   | 47.5    |                              |            |                | ✓           |                       |
| 21                       | 3                                              | -       | -                      | 4       | -               | 12.80   | -               | 6.0     | 2.26                                     | 5.11    | -                   | 43.0    |                              |            |                | ✓           |                       |
| 22                       | 3                                              | -       | -                      | 4       | -               | 25.25   | -               | 6.0     | 2.18                                     | 6.25    | -                   | 40.0    |                              |            |                | ✓           |                       |
| 23                       | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 20.05   | -               | 5.0     | 2.11                                     | 5.78    | -                   | 40.0    |                              |            |                | ✓           |                       |
| 24                       | 4                                              | -       | -                      | 4       | -               | 11.94   | -               | 5.0     | 2.15                                     | 5.65    | -                   | 40.1    |                              |            |                | ✓           |                       |
| 25                       | 3                                              | -       | -                      | 4       | -               | 11.18   | -               | 7.0     | 2.12                                     | 6.10    | -                   | 38.0    |                              |            |                | ✓           |                       |

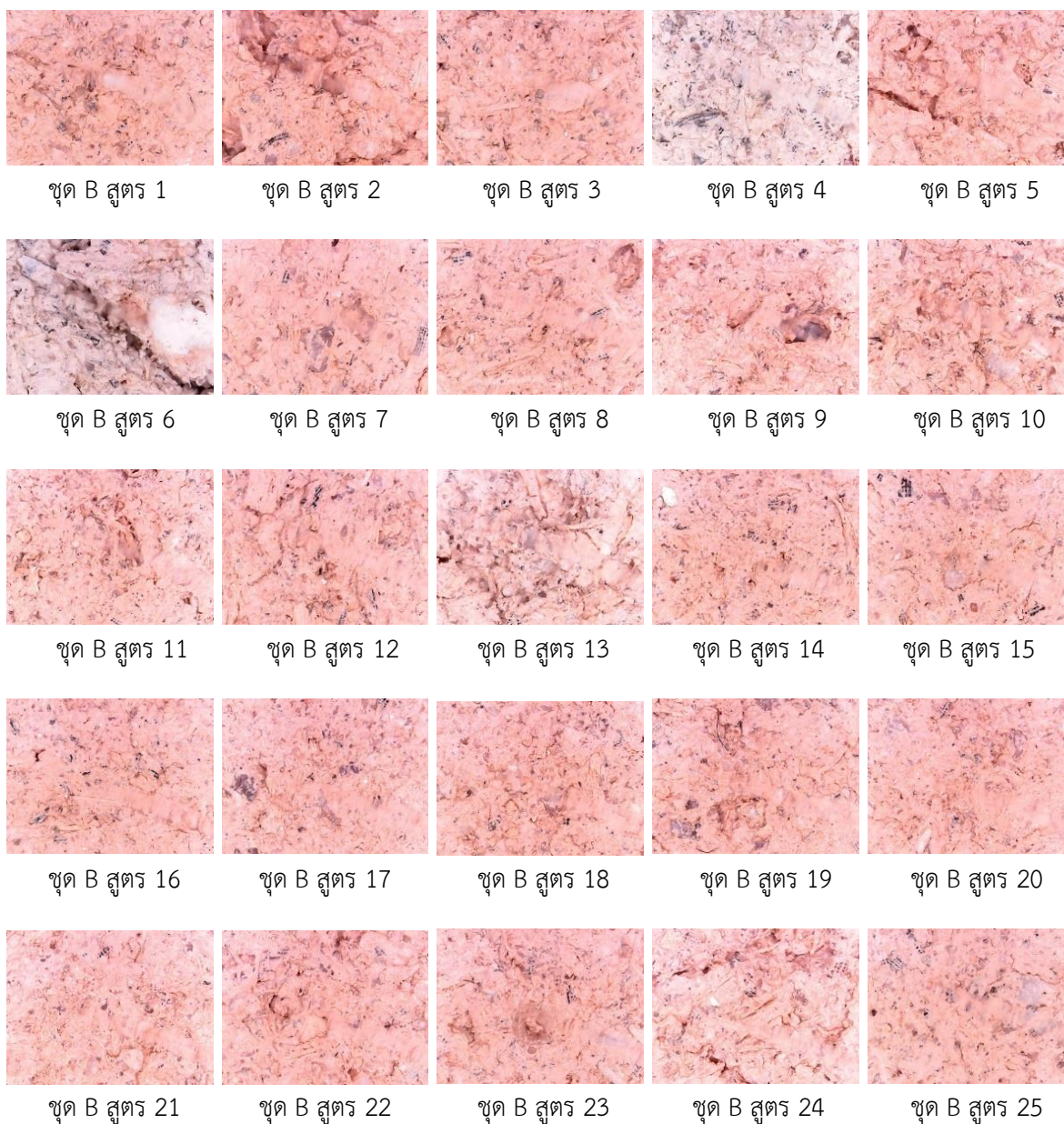
\* หมายเหตุ 1) ลักษณะความเหนียว 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 คือ เหนียวน้อยที่สุด ระดับ 2 คือ เหนียวน้อย ระดับ 3 คือ เหนียวปานกลาง ระดับ 4 คือ เหนียวมาก ระดับ 5 คือ เหนียวมากที่สุด

2) ลักษณะผิว 5 ระดับ ได้แก่ ระดับ 1 คือ ผิวเรียบมาก ระดับ 2 คือ ผิวเรียบ ระดับ 3 คือ ผิวเรียบปานกลาง ระดับ 4 คือ ผิวหยาบ ระดับ 5 คือ ผิวหยาบมาก

\*\* อัตราส่วนผสมลำดับที่ 13 ของ ชุด B คือ อัตราส่วนผสมลำดับที่ 10 ของ ชุด A (เดิม)

จากตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางกายภาพอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟ ชุด B พบว่าอัตราส่วนผสมลำดับที่ 10 ที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างดินทุ่งน้ำเค็ม : ดินขาวทุ่งใหญ่ : ทรายน้ำแควบ : แกลบ เท่ากับ 41 : 20 : 9 : 30 มีสมบัติเหมาะสมสำหรับการทำเป็นอิฐทนไฟมากที่สุด โดยมีลักษณะความเหนียวก่อนเผาระดับมาก ผิวอิฐหลังเผาไม่เนือหยาบ ความชื้นหลังเผาร้อยละ 27.24 การหดตัวก่อนเผาร้อยละ 5.00 ความแข็งแรงก่อนเผา 3.20Kg/cm<sup>2</sup> ความแข็งแรงหลังเผา 9.25 Kg/cm<sup>2</sup> การดูดซึมน้ำหลังเผา ร้อยละ 41.00 และความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปด้วยการอัดในแม่พิมพ์อยู่ในระดับมากที่สุด





ภาพที่ 6 ลักษณะผิวอิฐทนไฟแต่ละสูตร จากอิฐทนไฟ ชุด B



ภาพที่ 7 ตัวอย่างอิฐทนไฟสูตร B13 จากอัตราส่วนผสมดินทนไฟ ชุด B





ภาพที่ 8 อิฐทนไฟหลังเผาพร้อมใช้ก่อเตาเผา



ภาพที่ 11 การใช้อิฐ C2 ชนิดก่อหลังคาเตาเผา



ภาพที่ 9 การใช้อิฐ C2 ชนิดก่อผนังนำมาก่อพื้นเตาเผา



ภาพที่ 12 การใช้โครงเหล็กถัดผนังเตาเผาเพื่อรักษาโครงสร้าง



ภาพที่ 10 การใช้อิฐ C2 ชนิดก่อผนังเตาเผา

## 6. การอภิปรายผลหรือการวิจารณ์และสรุป

จากการการพัฒนาส่วนอัตราส่วนผสมของอิฐทนไฟจากดินแดงทุ่งน้ำเค็ม ดินขาวทุ่งใหญ่ แกลบ ขี้เถ้า แกลบ มูลวัว โดยทดลองกับดินและวัตถุดิบท้องถิ่นตามธรรมชาติในแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาชุมชนนครศรีธรรมราช จำนวน 5 ตัวอย่าง ด้วยการใช้อัตราส่วนผสมแบบตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า และประเมินความเหมาะสมต่อการใช้เผาเครื่องปั้นเครื่องปั้นดินเผาด้วยเกณฑ์ 5 ด้าน ได้แก่ ความทนไฟ, การหดตัว, ความพรุนตัว, ความพรุนตัว ความแข็งแรง และสมบัติทนไฟ หดตัวน้อย ผิวเรียบ ผลิตง่าย น้ำหนักเบา และการประเมินความพึงพอใจผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ ความสามารถ หรือนักวิชาการที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเครื่องปั้นดินเผาชุมชน

ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนระหว่าง ดินแดงทุ่งน้ำเค็ม ดินขาวทุ่งใหญ่ แกลบ ขี้เถ้าแกลบ มูลวัว

ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองสามารถพัฒนาเพื่อเป็นส่วนผสมในการพัฒนาอิฐทนไฟสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน มีอัตราส่วนเท่ากับ 40 : 20 : 10 : 15 : 15, สามารถนำมาเผาเครื่องปั้นดินเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 750-1,050 องศาเซลเซียส และทนต่อการทดสอบ การใช้งาน จากผลิตภัณฑ์ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส โดยส่วนผสมที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น สามารถผลิตอิฐทนไฟเพื่อใช้สำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา และเหมาะสมต่อการนำไปเผาเครื่องปั้นดินเผาไฟต่ำกับผู้เชี่ยวชาญและผู้ผลิตระดับชุมชนกลุ่มบ้านมะยิง ต.โพธิ์ทอง อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช ผู้ร่วมทดสอบการใช้งานมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.41$ , S.D. = 0.58) และพอใจต่อการใช้ดินและดับหินสีที่นำมาผลิตเป็นสีเขียนบนเครื่องปั้นดินเผาเนื่องจากไม่ยุ่งยากต่อการผลิตเกิดความแตกต่างและแปลกใหม่ช่วยลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองเกินความจำเป็น สีผิวของชิ้นงานสม่ำเสมอเป็นที่ต้องการของตลาด ผู้ซื้อมีความสนใจในสินค้าเพิ่มขึ้น

## 7. ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปพัฒนางานวิจัยต่อยอดและปรับปรุงงานวิจัยในอนาคตไว้ ดังนี้

7.1 หากต้องการนำวัตถุดิบธรรมชาติจากการทดลองครั้งนี้ไปใช้ผลิตเชิงอุตสาหกรรมระดับครัวเรือนหรือผลิตสำหรับชุมชน สามารถทำได้โดยวัตถุดิบที่จัดหาสำหรับการผลิตควรมาจากแหล่งวัตถุดิบในบริเวณเดียวกัน และควรจัดหาในปริมาณมากเพียงพอ และมูลวัวที่ใช้การทดลองควรมีการใช้ในระยะเวลาไม่เกิน 1 ปี เพื่อคุณภาพของสารช่วยยัดเกาะ

7.2 ควรมีการศึกษาข้อมูลของวัตถุดิบในหลายแหล่งหรือบริเวณใกล้เคียงของแหล่งคัดเลือกเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงหรือความแตกต่างกันของวัตถุดิบเมื่อจะผลิตจำนวนมาก หรืออาจใช้วิธีการผสมวัตถุดิบในแหล่งก่อนการทดสอบสมบัติเพื่อประกันความเสี่ยงหรือข้อผิดพลาดในการจัดทำอิฐทนไฟจากวัตถุดิบท้องถิ่น

7.3 ควรมีการศึกษาหรือพัฒนาระบบการผลิตเชิงอุตสาหกรรมหรือสำรวจศักยภาพของชุมชนที่สามารถผลิตเชิงอุตสาหกรรมเพื่อรองรับการผลิตในปริมาณมากในอนาคต

## 8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำ ชี้แนวทาง ชี้แหล่งข้อมูลที่สำคัญ ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการแก้ปัญหาในการทำกิจกรรมต่างๆ ขอขอบคุณคณะวิจัยทุกท่านที่ทำงานอย่างหนักด้วยความมุ่งมั่นตั้งใจ ด้วยหวังความสำเร็จเพื่อชุมชนร่วมกัน และทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

## 9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kaewdee, K. (2015). Solving the problem of cracking of folk pottery from production process. In *The 3rd National and International Research Conference of Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 20-22 May 2015, Nakhon Si Thammarat, Thailand, 125-137. (In Thai)
- [2] Sathitpanawong, L., Krajangyao, A., & Kongkaew, S. (2012). *Development of 1,300 °C refractory bricks from Bang Pa Han clay, white clay, sand and sawdust*. Nakhon Si Ayutthaya: Faculty of Science and Technology, Department of Applied Science, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University. (In Thai)
- [3] Nakhon Si Thammarat Provincial Culture Office. (2006). *Local wisdom in folk handicraft: Ma Ying pottery, Thasala District, Nakhon Si Thammarat Province*. Nakhon Si Thammarat: Nakhon Si Thammarat Provincial Culture Office. (In Thai)

- [4] Rasigreeyakorn, C. (1999). *Mapping for geological resource exploration*. Bangkok: Secretariat of the Department of Mineral Resources. (In Thai)
- [5] Sarasit, S. (2004). *Development of thermal insulation bricks and construction of high-temperature kiln for ceramic production in Nakhon Si Thammarat Province*. Nakhon Si Thammarat Rajabhat University: Office of the Higher Education Commission. (In Thai)
- [6] Phintsukul, S. (2012). *Development of insulating refractory bricks from rice husk ash*. Phitsanulok: Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University. (In Thai)
- [7] Ingsiriwattana, P. (2004). *Ceramic glaze recipes*. (2nd ed.). Bangkok: Odeon Store. (In Thai)
- [8] Pornmeeyoo, S., Chittaladakorn, A., & Pataradelok, H. (2012). Effect of cow manure, compost and chemical fertilizers on water convolvulus (*Ipomoea aquatica*) production. In *Proceedings of the 2nd Postgraduate Research Conference of Suan Sunandha Rajabhat University*, 4-5 September 2012, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, Thailand, 1-12. (In Thai)
- [9] Ingkirit, P. (1998). *Ceramic body*. (1st ed.). Bangkok: O.S. Printing House. (In Thai)
- [10] Yosat, N., et al. (2016). *Guidelines for the production of wall materials such as jointed earth blocks mixed with ceramic waste to increase energy saving efficiency*. Bangkok: Faculty of Architecture, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (In Thai)

## การศึกษาคุณสมบัติทางกลของโฟมคอนกรีตเสริมเส้นใยไม้ไผ่

### A Study on Mechanical Properties of Bamboo Fiber Reinforced Foam Concrete

สุวัฒน์ นิคม<sup>1\*</sup>, ดิษฐพร แก้วมณีโชค<sup>2</sup>, จัตรชัย แก้วดี<sup>3</sup>, วีระยุทธ สุตสมบุญ<sup>3</sup> และวีรพล ปานศรีนวล<sup>3</sup>  
 Suwattana Nikhom<sup>1\*</sup>, Dittaporn Kaewmuneechoke<sup>2</sup> and Chatchai Kaewdee<sup>3</sup>,  
 Weerayute Sudsomboon<sup>3</sup>, and Weeraphol Pansrinual<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: suwattana\_nik@nstru.ac.th

<sup>2</sup> หลักสูตรเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

<sup>3</sup> หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

วันที่รับบทความ: 11 สิงหาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 18 สิงหาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 28 สิงหาคม 2566

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 31 สิงหาคม 2566

**บทคัดย่อ:** การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโฟมคอนกรีตด้วยไม้ไผ่ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการสร้างสมการเชิงเส้นระหว่างปูนซีเมนต์กับค่าความหนาแน่นแห้ง กำหนดค่าความหนาแน่นโฟมคอนกรีต 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเป็นค่าเหมาะสม ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง 0.702 กิโลกรัม อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.4 เม็ดโฟมโพรียูรีเทน 0.85 ลิตร ศึกษาการอัดและกำลังตัดโฟมคอนกรีตโดยบ่มที่ 28 วัน เปรียบเทียบโมเมนต์ดัดของโฟมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ โดยแบ่งเป็นสองชนิดคือทาและไม่ทาน้ำยาประสานคอนกรีตที่ไม้ไผ่ ค่าโมเมนต์ดัดโฟมคอนกรีตมีค่า 1,215 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อทำการเสริมไม้ไผ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร รับโมเมนต์ดัด 8,854 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการทดสอบพบว่าไม้ไผ่มีคุณสมบัติใช้เสริมในโฟมคอนกรีตเพื่อรับแรงดัดได้

**คำสำคัญ:** โฟมคอนกรีต, เส้นใยไม้ไผ่, กำลังดัด

**Abstract:** This study aims to enhance the performance of foam concrete through the incorporation of bamboo fibers and it also to investigate the suitable mix proportions for establishing linear correlations between cement paste and dry density. A foam concrete density of 700 kg/m<sup>3</sup> was selected as an appropriate value and the cement used in the experiment was 0.702 kg. A water-to-cement ratio was 0.702 kg, and the admixture of polyurethane form was 0.85 liters. The research includes an evaluation of compressive and flexural strengths, involving the curing of foam concrete specimens for a duration of 28 days. A comparative analysis is undertaken, contrasting the compressive strength of bamboo fiber-reinforced foam concrete in two distinct categories: 1) specimens treated with a concrete bonding agent and 2) those without such treatment. Notably, the flexural strength of unreinforced foam concrete was set at 1,215 kg/cm<sup>3</sup>, while the incorporation of bamboo fibers passing through the center with a diameter of 0.95 cm results in a reinforced foam



concrete flexural strength of 8,854 kg/cm<sup>3</sup>. The results reveal that bamboo can be utilized as a reinforcement material in foam concrete to enhance the tensile strength.

**Key words:** Foamed concrete, bamboo fibers, Flexural strength

## 1. บทนำ

โฟมคอนกรีตเป็นวัสดุที่ผลิตมาจากการนำเม็ดโฟมผสมซีเมนต์เพลส โดยใช้สารกักฟองอากาศช่วยลดการแยกตัวระหว่างเม็ดโฟมกับซีเมนต์เพลส ทำให้เกิดการไหลตัวสามารถเทลงในแบบได้ดี เมื่อซีเมนต์เพลสแข็งตัวเกิดเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและความร้อนได้เป็นอย่างดี นิยมนำมาใช้ทำผนังเพราะช่วยลดน้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้างคาน ทำให้โฟมคอนกรีตเริ่มเป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีการพัฒนาโฟมคอนกรีตในหลายรูปแบบ เช่น ผนังคอนกรีตแซนวิช (Sandwich Concrete wall) ที่ใช้แผ่นซีเมนต์บอร์ดเป็นผิวนอก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้เป็นผนังซึ่งสามารถติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว แผ่นผนังสามารถเลื่อยหรือเจาะได้ไม่ต้องฉาบผิวเหมือนผนังก่ออิฐทั่วไป แผ่นซีเมนต์บอร์ดยังทำหน้าที่เป็นวัสดุคอมโพสิต (Composite material) รับแรงดึงที่ผิวนอกแทนโฟมคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุที่เปราะส่งผลให้ผนังคอนกรีตแซนวิชสามารถรับแรงได้ดีขึ้น โดยเฉพาะแรงดัด แตกต่างกับคอนกรีตทั่วไปนิยมนำเหล็กเส้นมาเสริมเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดัดเรียกกันโดยทั่วไปว่าคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่เหล็กเส้นมีความแข็งแรงมากหากนำมาเสริมในแผ่นโฟมคอนกรีตทำให้ไม่สามารถใช้เลื่อยมีดตัดได้ ดังนั้นการใช้วัสดุมาเสริมในโฟมคอนกรีตควรเป็นวัสดุที่รับแรงดึงได้ดีและสามารถเลื่อยออกได้ง่าย วัสดุที่เหมาะสมตามคุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ ไม้ไผ่

ในประเทศไทยได้มีการนำไม้ไผ่มาใช้แทนเหล็กเสริมในคอนกรีตมานานแล้วส่วนใหญ่มักใช้กับโครงสร้างชั่วคราวหรือโครงสร้างที่รับน้ำหนักไม่มาก จากการศึกษาได้มีการนำไม้ไผ่ซีกเสริมในโครงสร้างคอนกรีตแทนเหล็กเส้น[1] เพราะไม้ไผ่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น(E) ใกล้เคียงกับคอนกรีตและรับแรงดึงได้สูง จึงมีคุณสมบัติเหมาะสมนำมาใช้ทดแทนเหล็กเสริมโดยเฉพาะกับ

คอนกรีตมวลเบา[2] แต่ไม้ไผ่มีปัญหาอีกประการหนึ่งคือมีแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวระหว่างคอนกรีตต่ำเนื่องจากการหดตัวจากการสูญเสียน้ำในเส้นใยเซลลูโลสส่งผลให้รับกำลังได้ไม่ดี

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาการนำโฟมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่โดยประยุกต์ใช้น้ำยาประสานคอนกรีตเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะระหว่างไม้ไผ่และโฟมคอนกรีต โดยน้ำยาประสานคอนกรีตเป็นสารประเภทอิมัลชันของยางสังเคราะห์โดยทั่วไปนำมาผสมน้ำก่อนทาผิวที่ต้องการเพิ่มการยึดเกาะทิ้งไว้ให้แห้งก่อนเทคอนกรีต

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 ศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตโฟมคอนกรีตโดยกำหนดค่าความหนาแน่นแห้งที่ 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2 ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการนำไม้ไผ่เสริมในโฟมคอนกรีต

2.3 ศึกษาแนวทางในการออกแบบการรับโมเมนต์ดัดของโฟมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

## 3. ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโฟมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ออกแบบและทดสอบส่วนผสมที่เหมาะสมของปูนซีเมนต์ น้ำ เม็ดโฟม EPS และสารกักกระจายฟองอากาศ ศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความชื้นเหลวของซีเมนต์เพลส กำลังอัดโฟมคอนกรีตและกำลังดัดโฟมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การศึกษาสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ ทำการศึกษาสมบัติการรับแรงดึงของไม้ไผ่ 2 รูปแบบ ประกอบด้วย การรับแรงดึงของไม้ไผ่ส่วนที่มีเปลือกนอก

และไม่มีเปลือกนอก โดยเลือกไม้ตงซึ่งเป็นไม้ที่นิยมนำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์และเครื่องจักรสาน การเตรียมตัวอย่างทดสอบโดยเหลาไม้ไม้เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8-10 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 20 ตัวอย่างทดสอบแรงดึงขนานกับเส้นไม้โดยใช้เครื่อง UTM ขนาด 200 ตันเพื่อหาค่าเฉลี่ยการรับแรงดึงของไม้

**ตารางที่ 1** การออกแบบส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์

| สัญลักษณ์ | ปูนซีเมนต์<br>(กิโลกรัม) | น้ำ<br>(ลิตร) | โม่<br>(ลิตร) | สารกัก<br>ฟอง (cc) | สารลดน้ำ<br>(cc) |
|-----------|--------------------------|---------------|---------------|--------------------|------------------|
| C-0.60    | 0.60                     | 0.24          | 0.85          | 3.00               | 3.00             |
| C-0.65    | 0.65                     | 0.26          | 0.85          | 3.25               | 3.25             |
| C-0.70    | 0.70                     | 0.28          | 0.85          | 3.50               | 3.50             |
| C-0.75    | 0.75                     | 0.30          | 0.85          | 3.75               | 3.75             |
| C-0.80    | 0.80                     | 0.32          | 0.85          | 4.00               | 4.00             |
| C-0.85    | 0.85                     | 0.34          | 0.85          | 4.25               | 4.25             |

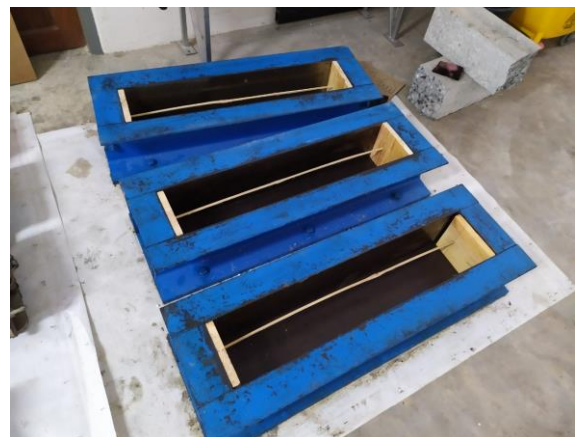
#### 4.2 ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของซีเมนต์

**เพสต์** การออกแบบส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์โดยพิจารณาจากการเอี่ยมหรือสภาวะการคายน้ำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ น้ำและสารผสมเพิ่ม ซึ่งน้ำส่วนที่เอี่ยมออกมานั้นส่งผลให้เม็ดโม่เกิดการแยกส่วนลอยขึ้นสู่ผิวบนโดยกำหนดค่าการเอี่ยมไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ในการทดลองหาอัตราส่วนผสมเพื่อหาความหนาแน่นแห้งที่เหมาะสม ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่ 0.4 โดยปริมาณสารกักฟองอากาศและสารลดน้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นปริมาณที่แนะนำจากผู้ผลิต โดยกำหนดให้สารกักฟองอากาศและสารลดน้ำที่ปริมาตร 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อปูนซีเมนต์ 1 กิโลกรัมดังตารางที่ 1 ในการทดลองจะนำมาหล่อเพื่อหาค่าความหนาแน่นแห้งโดยกำหนดค่าความหนาแน่นแห้งที่ 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อให้เป็นมาตรฐานการทดลองดังตารางที่ 1

#### 4.3 ศึกษาสมบัติเชิงกลของโม่คอนกรีตเสริม

**ไม้** การทดสอบกำลังอัดของโม่คอนกรีตเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 109[3] โดยหล่อก้อนลูกบาศก์ขนาด 150 มิลลิเมตร ทดสอบกำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วัน ค่าที่ได้จากการทดสอบเฉลี่ยจากจำนวน 6 ตัวอย่าง การทดสอบ

กำลังตัดโม่คอนกรีตเสริมไม้ โดยทำการหาค่าการรับน้ำหนักจากการทดสอบการรับแรงดัดของคอนกรีต (Flexural strength of concrete) ทำการหล่อในแบบหล่อคานขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638[4] โดยวิธี Third point loading มีน้ำหนักกระทำต่อคานที่ระยะหนึ่งในสามของความยาวคานระหว่างจุดรองรับ ใช้แผ่นไม้เจาะรูให้พอดีกับขนาดไม้เพื่อกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางไม้เป็นระยะ 2 เซนติเมตร จากผิวนอก จัดวางให้ไม้ใฝ่อยู่ในตำแหน่งด้านข้างแบบหล่อเพื่อให้แนวไม้ใฝ่ขนานไปกับท้องคาน การจัดวางในลักษณะนี้ทำให้เมื่อถอดแบบหล่อหลังคานและท้องคานมีผิวสัมผัสที่เรียบลดความคลาดเคลื่อนที่หน้าผิวสัมผัสจากการทดสอบการดัด ดังภาพที่ 1



**ภาพที่ 1** การจัดวางไม้ใฝ่ในแบบหล่อคาน

### 5. ผลการวิจัย

**5.1 ผลทดสอบแรงดึงไม้** พบว่าแรงดึงของไม้ส่วนที่ไม่มีเปลือกนอกมีค่าเฉลี่ย 1360 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในส่วนของการรับแรงดึงของไม้ส่วนที่มีเปลือกนอกมีค่าเฉลี่ย 1650 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่เป็นเช่นนี้เพราะเปลือกของไม้ใฝ่จะมีลักษณะแข็งและเหนียวกว่าส่วนที่เป็นเนื้อไม้

**5.2 ส่วนผสมที่เหมาะสมของซีเมนต์เพสต์** พบว่าโม่คอนกรีตมีค่าความหนาแน่นแห้งน้อยสุด 618 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ 0.6 กิโลกรัม และมีค่าสูงสุด 821 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ 0.85 กิโลกรัมดังตารางที่ 2 พบว่าค่าความหนาแน่นแห้งเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบเชิงเส้น (เฉพาะช่วงปูนซีเมนต์ 0.6-0.85 กิโลกรัมต่อการผสม) ดังภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาสมการเชิงเส้นระหว่างปูนซีเมนต์กับค่าความหนาแน่นแห้งจะได้สมการดังนี้

$$Y = 0.0013x - 0.2082 \dots \dots \dots (1)$$

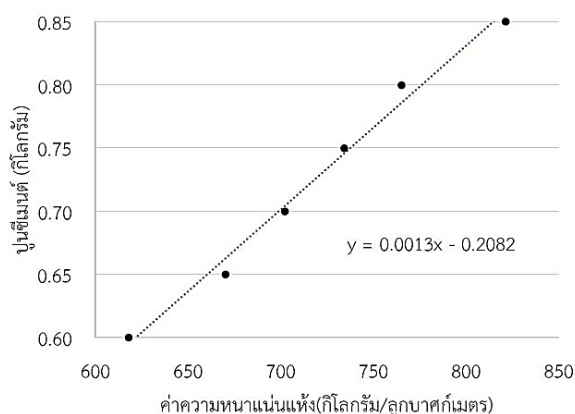
เมื่อ  $y$  = ปริมาณปูนซีเมนต์

$x$  = ค่าความหนาแน่นแห้ง (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

ผู้วิจัยกำหนดค่าความหนาแน่นแห้ง 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นตัวควบคุม ดังนั้นปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองจากการแทนค่าในสมการ(1) เท่ากับ 0.702 กิโลกรัม

**ตารางที่ 2** ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปูนซีเมนต์กับค่าความหนาแน่นแห้ง

| สัญลักษณ์ | ปูนซีเมนต์(กิโลกรัม) | ความหนาแน่นแห้ง (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) |
|-----------|----------------------|-----------------------------------------|
| C-0.60    | 0.600                | 618                                     |
| C-0.65    | 0.650                | 670                                     |
| C-0.70    | 0.700                | 702                                     |
| C-0.75    | 0.750                | 734                                     |
| C-0.80    | 0.800                | 765                                     |
| C-0.85    | 0.850                | 821                                     |



**ภาพที่ 2** ความสัมพันธ์ระหว่างปูนซีเมนต์กับค่าความหนาแน่นแห้ง

### 5.3 ค่ากำลังอัดโฟมคอนกรีต จากการทดสอบ

ค่ากำลังอัดโฟมคอนกรีตโดยหล่อในแบบขนาด 15x15x15 เซนติเมตร จำนวน 6 ก้อน เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย ทดสอบกำลังอัดที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.1, 25.8 และ 31.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของกำลังอัด พบว่าโฟมคอนกรีตมีพฤติกรรมการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดเหมือนกับคอนกรีตทั่วไปเพราะเม็ดโฟมเป็นวัสดุเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยา กำลังอัดจึงขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ กำลังอัดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรกประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์เทียบกับกำลังอัดที่ 28 วัน

### 5.4 การพบัติโฟมคอนกรีตเนื่องจากแรงอัด

จากการสังเกตลักษณะการพบัติของก้อนตัวอย่างทุกตัวอย่าง รอยแตกร้าวมีลักษณะเป็นเส้นตรงกระจายตัวทั้ง 4 ด้านของผิวโฟมคอนกรีตดังภาพที่ 3 โดยทิศทางของรอยร้าวขนาดกับแรงกด ลักษณะเช่นนี้เป็นการแตกเนื่องจากหน่วยแรงดึง (Tensile crack) ซึ่งเกิดขึ้นกับคอนกรีตที่มีกำลังอัดต่ำ



**ภาพที่ 3** ลักษณะการพบัติจากการทดสอบกำลังอัด

### 5.5 ค่ากำลังดัดโฟมคอนกรีต จากการทดสอบ

ค่าโมเมนต์ดัดและกำลังดัดโฟมคอนกรีตจำนวน 6 แท่ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยที่อายุบ่ม 28 วันมีค่าเท่ากับ 1215 กิโลกรัมเซนติเมตร และ 1.08 กิโลกรัมต่อตาราง

เซนติเมตร จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าโคมคอนกรีตรับแรงดัดได้น้อยมากคิดเป็นร้อยละ 3.4 เมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดโคมคอนกรีต ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อดัดโคมที่ใช้เป็นมวลรวมหยาบรับกำลังได้น้อย

**5.6 การพิบัติโคมคอนกรีตจากแรงดัด** จากการสังเกตลักษณะการพิบัติของแท่งตัวอย่างพบว่าการแตกเกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางแท่งตัวอย่างและทิศทางของรอยแตกขนานกับแรงกด ดังภาพที่ 4 โดยการแตกเริ่มเกิดขึ้นที่บริเวณผิวล่างของกึ่งกลางฐานรองรับ เพราะเป็นตำแหน่งที่คานามีหน่วยแรงดัดเกิดขึ้นสูงสุด



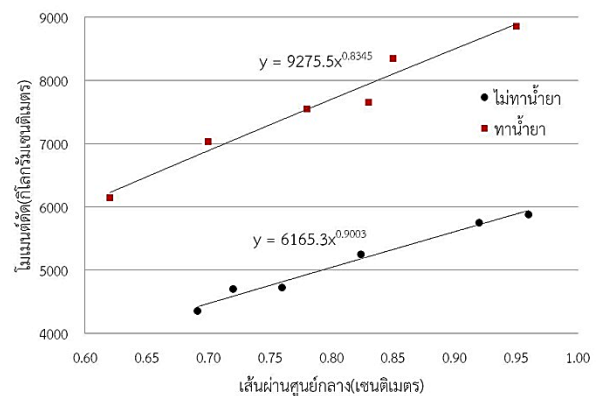
ภาพที่ 4 ลักษณะการพิบัติจากกำลังดัด

ตารางที่ 3 ค่ากำลังดัดโคมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

| รายการ      | โมเมนต์ดัด<br>(กิโลกรัมเซนติเมตร) | เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>(เซนติเมตร) |
|-------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|             | 4354                              | 0.69                             |
| ไม้ท่อน้ำยา | 4703                              | 0.72                             |
| ประสาน      | 4725                              | 0.76                             |
| คอนกรีต     | 5250                              | 0.82                             |
|             | 5753                              | 0.92                             |
|             | 5884                              | 0.96                             |
|             | 6150                              | 0.62                             |
| ท่อน้ำยา    | 7036                              | 0.70                             |
| ประสาน      | 7549                              | 0.78                             |
| คอนกรีต     | 7650                              | 0.83                             |
|             | 8348                              | 0.85                             |
|             | 8854                              | 0.95                             |

**5.7 ค่ากำลังดัดโคมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่** ค่าโมเมนต์ดัดโคมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ในการทดลองใช้ไม้สองประเภทได้แก่ ไม้ไผ่ไม่ท่อน้ำยาประสานคอนกรีตและชนิดท่อน้ำยาประสานคอนกรีต ได้ผลดังตารางที่ 3 จากการทดลองพบว่าการทำงานน้ำยาประสานคอนกรีตที่ผิวนอกของไม้ไผ่ก่อนนำมาหล่อคานโคมคอนกรีตทำให้ค่าโมเมนต์ดัดสูงขึ้น เนื่องจากน้ำยาประสานคอนกรีตทำหน้าที่เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวของไม้ไผ่กับโคมคอนกรีต และค่าโมเมนต์ดัดโคมคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม้ไผ่ที่เพิ่มขึ้น โดยไม้ไผ่ทำหน้าที่ขัดเขยหน่วยแรงดัดที่ผิวล่างของคานโคมคอนกรีต

เมื่อพิจารณาค่ากำลังดัดโคมคอนกรีตกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม้ไผ่ดังภาพที่ 5 พบว่า แนวโน้มของโมเมนต์ดัดเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางไม้ไผ่เพิ่มขึ้น เพราะตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกับโมเมนต์ดัดให้เพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นไม่ใช่พื้นที่หน้าตัดไม้ไผ่แต่เป็นความยาวเส้นรอบวงของไม้ไผ่ หรืออาจกล่าวได้ว่าคานโคมคอนกรีตจะรับโมเมนต์ดัดได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวสัมผัสไม้ไผ่กับโคมคอนกรีต หากพื้นที่ผิวไม้ไผ่มีมากค่าโมเมนต์ดัดก็สูงขึ้นตามเช่นกัน



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดัดโคมคอนกรีตกับความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางไม้ไผ่





ภาพที่ 6 ลักษณะการพิบัติบริเวณท้องคานจากการทดสอบกำลังอัด

**5.8 การพิบัติของโคมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่จากแรงอัด** จากการสังเกตลักษณะการพิบัติของคานตัวอย่างพบว่าการแตกเริ่มเกิดขึ้นที่ผิวบนอกบริเวณท้องคานที่เสริมไม้ไผ่ รอยแตกขนานกับแรงกดยาวประมาณกึ่งกลางคานแต่ยังไม่ขาดออกจากกัน ในส่วนของไม้ไผ่ที่เสริมเข้าไปในคานโคมคอนกรีตอยู่ในสภาพสมบูรณ์ การพิบัติเกิดจากไม้ไผ่สูญเสียความสามารถในการยึดเกาะกับโคมคอนกรีตดังภาพที่ 6 ต่างกับคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ ซึ่งความเค้นที่ไม้ไผ่ขาดออกจากกันคือจุดสุดท้ายที่คานคอนกรีตเสริมไม้ไผ่เสียรูปอย่างสิ้นเชิง [5]

ลักษณะเช่นนี้เป็นการพิบัติแบบ Over reinforced beam เมื่อมีโมเมนต์ดัดมากกระทำกับคานหน่วยแรงในโคมคอนกรีตเกิดขึ้นเกินกว่าจะรับได้ แต่ในขณะเดียวกันหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในไม้ไผ่ยังสามารถรับแรงได้อยู่

## 6. การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

**6.1 การหาอัตราส่วนผสมในการผลิตโคมคอนกรีต** งานวิจัยนี้มุ่งประเด็นศึกษาค่าความหนาแน่นแห้งเป็นสำคัญ ส่วนผสมในการผลิตโคมคอนกรีตประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ น้ำ เม็ดโคม EPS และสารกักกระจายฟองอากาศ ตัวแปรที่เหมาะสมในการใช้ในการหาค่าความสัมพันธ์ของความหนาแน่นแห้งได้ดีที่สุดคือปูนซีเมนต์เพราะเป็นส่วนผสมที่มีความหนาแน่นมากที่สุดและนิยมใช้เป็นตัวกำหนดสัดส่วนคงที่กับน้ำและสารกักกระจายฟองอากาศ จากการทดลองค่าความหนาแน่นแห้งเพิ่มขึ้นตามปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบเชิงเส้น

สามารถแทนค่าเพื่อหาส่วนผสมในการผลิตโคมคอนกรีตเพื่อให้ได้ความหนาแน่นแห้งระหว่าง 600-800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

**6.2 การเสริมไม้ไผ่ในโคมคอนกรีตเพื่อรับแรงอัด** พฤติกรรมการรับกำลังคานโคมคอนกรีตคล้ายกับคานคอนกรีต เพราะรับหน่วยแรงดึงที่เกิดจากการดัดได้น้อยมากเมื่อเทียบกับค่าการรับกำลังอัด การเพิ่มความสามารถในการรับแรงดัดสามารถทำได้โดยการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติรับแรงดึงได้ดีไปเสริมบริเวณท้องคานเพื่อชดเชยแรงดึงที่คอนกรีตไม่สามารถรับได้

เมื่อพิจารณาผิวของไม้ไผ่ที่ใช้ในการเสริมโคมคอนกรีตพบว่าไม้ไผ่มีลักษณะเรียบลื่นโดยเฉพาะที่เปลือกนอก ลักษณะเช่นนี้ทำให้ประสิทธิภาพการยึดเกาะระหว่างโคมคอนกรีตกับไม้ไผ่มีค่าน้อย การทาน้ำยาประสานคอนกรีตที่ไม้ไผ่ก่อนนำมาเสริมในโคมคอนกรีตช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับกำลังอัด เพราะน้ำยาประสานคอนกรีตเป็นของเหลวประเภทอิมัลชันของยางสังเคราะห์ (Synthetic rubber emulsion) ช่วยให้การยึดเกาะดีขึ้น

**6.3 แนวทางในการออกแบบการรับโมเมนต์ดัดของโคมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่** พฤติกรรมการพิบัติของคานโคมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มีภาวะหน้าตัดเกินสมดุล Over reinforced beam กล่าวคือคานโคมคอนกรีตจะพิบัติด้วยหน่วยแรงอัดเป็นหลัก ส่วนค่าหน่วยแรงในไม้ไผ่ไม่ถึงจุดคราก (Yield strength) จากการทดลองทำการเสริมไม้ไผ่เฉพาะส่วนล่างของคาน ดังนั้นเพื่อเพิ่มการรับหน่วยแรงอัดในคานโคมคอนกรีตควรเสริมไม้ไผ่ส่วนบนของคานโคมคอนกรีตด้วยเช่นกัน







ภาพที่ 7 เคา์เตอร์ซิงค์ล้างจานจากโคมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่

- (ก) ด้านบนผิวซีเมนต์บอร์ดและสแตนเลส  
(ข) ด้านล่างผิวโคมคอนกรีตเปลือย  
(ค) ทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก

**6.4 การประยุกต์ใช้งานโคมคอนกรีตเสริมไม้ไผ่** ผนังโคมคอนกรีตโดยทั่วไปจะหล่อโดยใช้แบบหล่ออยู่ในแนวตั้ง เพื่อวางแผ่นซีเมนต์บอร์ดให้อยู่ด้านข้างแบบก่อนหล่อโคมคอนกรีต ในกรณีที่หล่อโดยวางแบบแนวราบจะมีผิวด้านบนแบบหล่อเป็นเนื้อโคมคอนกรีต ดังภาพตัวอย่างที่ 7 เป็นการหล่อพื้นหน้าเคา์เตอร์ซิงค์ล้างจาน โดยด้านบนเป็นแผ่นซีเมนต์บอร์ดตัดเป็นช่องเพื่อติดตั้งซิงค์ล้างจานสแตนเลส ดังภาพที่ 7(ก) เมื่อหล่อโคมคอนกรีตในแนวราบทำให้ผิวบนเป็นโคมคอนกรีตเปลือยดังภาพที่ 7(ข) บริเวณนี้จะไม่สามารัรับโมเมนต์ดัดที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกได้ ดังนั้นเมื่อทำการเสริมไม้ไผ่โดยสานเป็นตะแกรงก่อนเทโคมคอนกรีตบริเวณด้านคอนกรีตเปลือย เมื่อโคมคอนกรีตแข็งตัวก็สามารถรับแรงได้โดยไม่ต้องมีแผ่นซีเมนต์บอร์ดเป็นผิวนอกดังภาพที่ 7 (ค)

จากการทดลองการเสริมไม้ไผ่ในโคมคอนกรีตเหมาะสำหรับการหล่อแผ่นโคมคอนกรีตในแนวราบเพื่อขัดเซียงแรงดัดผิวเปลือยที่ไม่มีแผ่นซีเมนต์บอร์ด การรับน้ำหนักขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ผิวสัมผัสของไม้ไผ่ที่สานเป็นตะแกรงเสริมเข้าไป ลดข้อจำกัดในการหล่อแผ่น

โคมคอนกรีตให้ง่ายขึ้นสามารถประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่กรุณาให้โอกาสแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา การวิจัยนี้สำเร็จออกมาได้ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการทำวิจัยในครั้งนี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Piyaphol S, (2019). "The development of steels replacement by using bamboo in reinforced concrete ready-made columns." *Research report*. Rajabhat Maha Sarakham University. (In Thai)
- [2] Udomvit, C. and Nichapha, M. (2015). "Study of properties and performance of lightweight concrete reinforced with mussel shell bamboo to produce guide post." *Journal of industrial technology*, 11(2), 69-77. (In Thai)
- [3] ASTM C 109/C109M-98 (1998). "Standard Test Methods for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar." *Annual Book of ASTM Standards*. New York: United States of America.
- [4] ASTM D638 – 14(2014). "Standard Test Method for Tensile Properties." *Annual Book of ASTM Standards*. New York: United States of America.
- [5] Tri, K. and Somchai, Y . (2016). "Evaluation of effective compressive-force in pre-stress concrete beam reinforcing cold-rolled ruak bamboo cane heat treatment processed." *SWU Engineering Journal*, 11(2), 114-124. (In Thai)

## การออกแบบและพัฒนากระบวนการแยกน้ำในการหมักน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น

## Design and Development of a Water Separation Process in Cold-Pressed Coconut Oil Fermentation

รัฐศวรรณ์ กิ่งแก้ว<sup>1\*</sup>, วัสสา รวยรวย<sup>2</sup>, อติสร ไกรนรา<sup>2</sup>, วีระยุทธ สุดสมบัติ<sup>3</sup>วีรพล ปานศรีนวล<sup>3</sup> และรอยหทัย แก้วใหม่<sup>4</sup>Ratsawat Kingkaew<sup>1\*</sup>, Wassa Ruayruay<sup>2</sup>, Adisorn Krainara<sup>2</sup>, Weerayute Sudsomboon<sup>3</sup>,Weeraphol Pansrinual<sup>3</sup> and Roihathai kaewmai<sup>4</sup><sup>1</sup> หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมทางธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: chamnikk@gmail.com

<sup>2</sup> หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช<sup>3</sup> หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช<sup>4</sup> หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

วันที่รับบทความ: 13 สิงหาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 25 สิงหาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 28 สิงหาคม 2566

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 31 สิงหาคม 2566

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนากระบวนการหมักและแยกน้ำมันมะพร้าว ด้วยวิธีการหมัก (Fermentation method) จากน้ำกะทิ เพื่อแก้ปัญหาการปนเปื้อนของน้ำหมักในน้ำมันมะพร้าวที่ส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน โดยการออกแบบอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าวให้สามารถแยกน้ำหมักออกจากกระบวนการก่อนเกิดขึ้นน้ำมันมะพร้าว ผลการวิจัยจากการทดลองหมักน้ำกะทิปริมาณ 5,000 กรัม จำนวน 10 ครั้ง สามารถแยกน้ำหมักได้ 3,475 กรัม คิดเป็นร้อยละ 69.50 และสกัดน้ำมันมะพร้าวได้ 856 กรัม คิดเป็นร้อยละ 17.12 โดยเฉลี่ย ผลการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.670/2547) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

**คำสำคัญ:** มะพร้าว, น้ำมันมะพร้าว, การสกัดน้ำมันมะพร้าว, การหมัก

**Abstract:** This research aims to design and develop a process of water separation in coconut oil fermentation to prevent the rancidity in coconut oil by using the fermentation from coconut milk. The developed method can separate the fermented water from the coconut oil before the layer of the coconut oil is formed in the fermentation process. The results of 10 experiments from fermenting 5,000 grams of coconut milk showed that the proposed method can separate 3,475 grams of fermented water, which were 69.50% of total, and it can extract 856 grams of coconut oil, which were 17.12% on average. In addition, the qualification test results according to Community Product Standard (CMEC 670/2547) was within the standard.

**Keywords:** coconut, coconut oil, coconut oil extraction, fermentation method

## 1. บทนำ

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีการนำส่วนต่าง ๆ ของมะพร้าวมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากใบมะพร้าว น้ำช่อดอกมะพร้าวที่ได้จากส่วน น้ำกะทิที่ได้จากเนื้อมะพร้าว เป็นต้น สถิติจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวทั้งสิ้น 860,903 ไร่ สร้างผลผลิตให้กับเกษตรกรได้ 655,433,433 ผล[1] ซึ่งมะพร้าวผลสดจะถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ หนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือน้ำมันมะพร้าว ในปี 2561 น้ำมันมะพร้าวโลกมีมูลค่าตลาดทั้งสิ้น 4.9 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ และมีอัตราการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง คาดว่าในปี 2568 จะมีมูลค่าการตลาดสูงถึง 8.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ[2]

น้ำมันมะพร้าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากกระบวนการผ่านความร้อนสูง (Refined Bleached Deodorized: RBD) และน้ำมันมะพร้าวบีบเย็น (cold-pressed coconut oil) การนำเนื้อมะพร้าวมาผ่านการบีบอัดโดยไม่ผ่านความร้อนสูง เพื่อสกัดให้ได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil)[3] การสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มี 2 วิธี คือ การสกัดแบบแห้ง (Dry process) โดยให้ความร้อนกับเนื้อมะพร้าว 40-50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อมะพร้าวไปบีบอัดแบบเย็นเพื่อให้ได้น้ำมันออกมา และวิธีการสกัดแบบเปียก (Wet process) เป็นการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ โดยวิธีการเคี้ยว (Boiling) วิธีการหมัก (fermentation) การแช่เย็น (refrigeration) การใช้เอนไซม์ (Enzymes) และการใช้เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) ซึ่งวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการหมัก (Fermentation) เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และลงทุนต่ำ แต่มีข้อเสียคือเกิดความชื้นในน้ำมันมะพร้าว และมีกลิ่นเปรี้ยวจากการปนเปื้อนของน้ำที่เกิดจากกระบวนการหมัก และอาจเกิดจากการแตกแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากภาชนะ ซึ่งวิธีการนี้สามารถสกัดน้ำมันมะพร้าวได้ 15 – 20 เปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักทั้งหมด[4]

กลิ่นเหม็นในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ เกิดได้ 2 แบบ คือ กลิ่นเหม็นหืน ได้แก่ การเหม็นหืนแบบ Oxidative, Hydrolytic และ Ketonic ซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไปย่อยกรดไขมันจากน้ำมันมะพร้าว และกลิ่นเหม็นเปรี้ยว เป็นกลิ่นที่เกิดจากการหมักกะทิ โดยที่มีเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ นอกจากตัวที่ทำหน้าที่ในการหมัก เกิดเป็นกรดแลกติกทำให้น้ำมันมะพร้าวมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว จากการศึกษากระบวนการหมักน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ของกลุ่มเกษตรกร พบว่า กลิ่นเหม็นหืนที่เกิดจากการแยกโดยน้ำ (Hydrolytic rancidity) จะเกิดขึ้นได้ง่ายจากการปนเปื้อนระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำที่หลงเหลืออยู่ในน้ำมันมะพร้าว ไปแยกสายโซ่ของกรดไขมันออกจากกลีเซอรอลในไตรกลีเซอไรด์ เกิดเป็นกรดไขมันอิสระ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนขึ้น สามารถป้องกันได้โดยการหยุดด้วยการไล่น้ำหรือความชื้นด้วยความร้อน หรือ ไม่ให้น้ำจากการหมักหลงเหลืออยู่ในกระบวนการ[5]

งานวิจัยนี้จึงเป็นการออกแบบและพัฒนาการแยกน้ำในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ก่อนการเกิดชั้นน้ำมันในกระบวนการหมักน้ำมันมะพร้าว โดยการออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถแยกน้ำจากกระบวนการหมักได้ก่อนที่จะเกิดการแยกชั้นน้ำมันมะพร้าว ทำให้สามารถลดน้ำที่หลงเหลืออยู่ในกระบวนการหมักและลดการเกิดปฏิกิริยาการเกิดกรดไขมันอิสระที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นในน้ำมันมะพร้าว

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบอุปกรณ์และพัฒนากระบวนการแยกน้ำออกจากระบบการหมักน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการหมัก (Fermentation method) น้ำมันมะพร้าว

บริสุทธิ์เป็นผลผลิตที่ได้จากการสกัดน้ำมันออกจากเนื้อมะพร้าวโดยไม่ผ่านความร้อน สามารถทำได้โดยการคั้นเอากะทิจากเนื้อมะพร้าวขูด ผสมน้ำต้มสุกในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนเกิดเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดเรียกว่าชั้นครีม ชั้นกลางเป็นน้ำมันมะพร้าว และชั้นล่างเป็นส่วนของน้ำที่เกิดจากการหมัก จะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 15 – 20 ของปริมาณกะทิ[6] กระบวนการหมักน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1) การคั้นกะทิจากเนื้อมะพร้าวสด โดยการนำผลมะพร้าวสดมาขูดเอาเนื้อมะพร้าว นำไปคั้นให้ได้หัวกะทิ

2) นำหัวกะทิใส่ในภาชนะทรงกระบอก เติมน้ำต้มสุกในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 แล้วปิดภาชนะด้วยผ้าขาวสะอาด

3) หมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะเกิดการแยกชั้นเป็น 3 ชั้น (ชั้นครีม, ชั้นน้ำมัน และ ชั้นน้ำหมัก)

4) ตักน้ำมันมะพร้าวออกจากภาชนะกรองด้วยผ้าขาวสะอาด

3.2 การศึกษาวิธีการหมักน้ำมันมะพร้าวแบบเดิม ศึกษาการผลิตน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีสกัดเย็นเพื่อปรับปรุงวิธีการหมักและแยกน้ำมันมะพร้าวแบบเดิมโดยการออกแบบ และพัฒนาอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว ให้มีประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันมะพร้าวให้ได้ปริมาณมากที่สุด หลังจากน้ำมันมะพร้าวเกิดการแยกตัวจากการหมักแล้ว ซึ่งจะศึกษาวิธีการหมักแบบเดิมเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวิธีการ และอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าวที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ใช้วิธีการหมักในโถแก้วใส ครั้งละ 3 กิโลกรัม โดยใช้ น้ำกะทิจากมะพร้าวผลแก่เต็มที่ได้แสดงในภาพที่ 1 (ก) เทน้ำกะทิตลงในโถแก้ว (ข) น้ำกะทิเริ่มแยกตัวเป็นสองส่วนภายใน 3 ชั่วโมง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 น้ำกะทิหมักในโถแก้ว ขนาด 3 ลิตร



ภาพที่ 2 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นที่ได้จากการหมัก

3.3 ออกแบบอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว จากการศึกษาวิธีการหมักแบบเดิมพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่เกิดจากการกระบวนการหมักได้ปริมาณเฉลี่ย 15-20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่สูญเสียไปกับการตักเพื่อแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากภาชนะระหว่างชั้นผ้าและชั้นครีมกะทิ ซึ่งต้องอาศัยทักษะความชำนาญในการตักเพื่อแยกน้ำมันมะพร้าวออกมา ดังนั้นจึงได้เกิดแนวคิดในการหมักและแยกน้ำมันมะพร้าว โดยอาศัยหลักการของปริมาตรทรงกระบอก มีสูตรในการคำนวณ คือ พื้นที่ฐาน  $\times$  สูง ในปริมาตรที่เท่ากัน เมื่อพื้นที่ฐานกว้าง ความสูงก็จะน้อย จึงได้ออกแบบให้ภาชนะมีพื้นที่ฐานแคบ ความสูงจึงเพิ่มขึ้นทำให้ชั้นน้ำมันมะพร้าวขยายความสูงและแยกออกได้ง่ายกว่า ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คำนวณความสูงและขนาดของท่อแยกน้ำมันมะพร้าว

| ปริมาตร<br>(ลบ.ซม.) | รัศมี<br>(เซนติเมตร) | พื้นที่ฐาน<br>(ตร.ซม.) | ความสูง<br>(เซนติเมตร) |
|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| 3,000               | 7                    | 154.00                 | 19.48                  |
| 3,000               | 5                    | 78.57                  | 38.18                  |
| 3,000               | 3                    | 28.29                  | 106.06                 |
| 3,000               | 1.5                  | 7.07                   | 424.24                 |

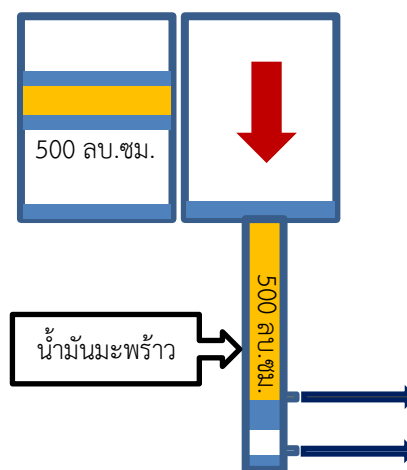
จากการหมักน้ำมันมะพร้าวแบบสกดเย็น ทำให้เกิดชั้นการหมักเป็น 5 ชั้น ดังนี้ ชั้นฝ้า ชั้นน้ำมัน ชั้นครีเมกะทิ ชั้นน้ำหมัก และชั้นครีเมกัม ในแต่ละชั้นคำนวณปริมาณได้ดังแสดงในตารางที่ 2 ปริมาณในการคั้นน้ำกะทิ 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร สัดส่วน 1:1 (มะพร้าวขูด : น้ำอุ่น) แสดงให้เห็นว่าน้ำกะทิ 1 กิโลกรัม จะให้ปริมาณน้ำหมัก 0.5 กิโลกรัม หรือ ปริมาณน้ำกะทิ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้น้ำหมัก 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยจากผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 2 ร้อยละของปริมาณส่วนประกอบแต่ละชั้นจากการหมักน้ำกะทิ

| ชั้นที่ | ประเภท        | ร้อยละ  |
|---------|---------------|---------|
| 1       | ชั้นฝ้า       | 10 – 15 |
| 2       | ชั้นน้ำมัน    | 15 – 20 |
| 3       | ชั้นครีเมกะทิ | 10 – 15 |
| 4       | ชั้นน้ำหมัก   | 60 – 70 |
| 5       | ชั้นครีเมกัม  | 2 – 5   |

จากปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 2 พบว่า มีปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นปริมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จึงได้ออกแบบอุปกรณ์เพื่อแยกน้ำมันมะพร้าวในท่อที่มีพื้นที่ฐานแคบลง ทำให้ความสูงของท่อเพิ่มขึ้น น้ำมันมะพร้าวจะอยู่ในท่อแคบทำให้เห็นปริมาณการแยกได้ยาวขึ้น ส่งผลให้แยกน้ำมันได้ง่ายและได้ปริมาณที่มากขึ้น ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ได้ประมาณ 500 – 600 ลูกบาศก์เซนติเมตร ท่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

3 เซนติเมตร จะต้องใช้ท่อยาวประมาณ 80 เซนติเมตร จึงได้ออกแบบอุปกรณ์แยกน้ำมันมะพร้าวที่มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 3 เปรียบเทียบพื้นที่หน้าตัดต่างกัน ความสูงจะเปลี่ยนแปลงไป ทำให้สามารถแยกน้ำมันมะพร้าวได้มากขึ้น



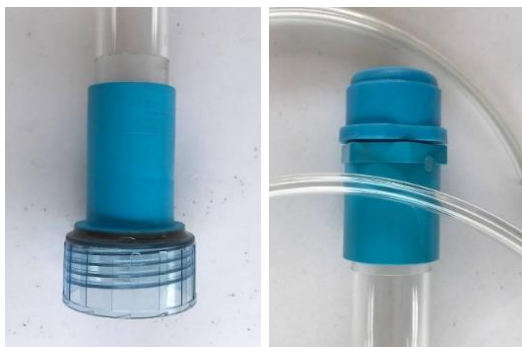
ภาพที่ 3 เปรียบเทียบปริมาตรน้ำมันมะพร้าว ด้วยวิธีการหมักแบบเดิม กับออกแบบอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบ

ส่วนประกอบของอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว ส่วนที่ 1 ถังหมักน้ำกะทิ ทำจากขวดน้ำดื่ม ขนาด 6 ลิตร วัสดุเป็นพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate : PET) ทำหน้าที่รองรับและหมักน้ำกะทิให้เกิดเป็นน้ำมันมะพร้าว ส่วนที่ 2 ท่อแยกน้ำมันมะพร้าว ทำจากท่ออะคริลิก ต่อกับข้อต่อเกลียวในขนาด 1.5 นิ้ว เจาะท่อในข้อต่อวาล์วลมเพื่อใช้เป็นทางระบายน้ำหมักและน้ำมันมะพร้าว ส่วนที่ 3 ขาตั้งสเตนเลส 3 ขา ใช้ในการรองรับอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว ดังแสดงในภาพที่ 4



(ก) ท่อแยกน้ำมันมะพร้าวที่ออกแบบและพัฒนา





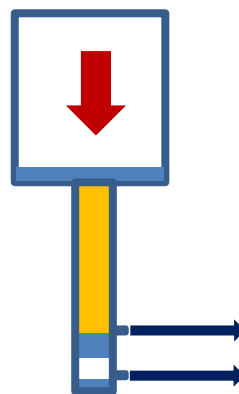
(ข) ส่วนประกอบของท่อแยกน้ำมันมะพร้าว



(ค) ถังหมักและการประกอบอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว

ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว

หลักการทำงานของอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว เริ่มจากการเตรียมน้ำกะทิ หลังจากนั้นเทน้ำกะทิลงในถังหมักผ่านการกรองด้วยผ้าขาวสะอาดทิ้งไว้ 2-3 วัน น้ำกะทิจึงแยกชั้น จึงทำการปล่อยน้ำหมักและชั้นครีมออกจากท่อด้านล่าง เพื่อให้ไขมันมะพร้าวไหลเข้ามาอยู่ในท่อแทนน้ำหมักในตำแหน่งท่อบน แล้วจึงถายน้ำมันมะพร้าวออกมาทางท่อบน ใช้กรองดักชั้นครีมอีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การใช้อุปกรณ์แยกน้ำมันมะพร้าว

3.4 ทดลองการใช้อุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว จากการออกแบบในทางทฤษฎีและการทดลองการใช้งานเบื้องต้น พบว่า อุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าวสามารถหมักและแยกน้ำมันมะพร้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้ทำการทดลองซ้ำเพื่อหาข้อบกพร่องและความคลาดเคลื่อนของการแยกน้ำมันมะพร้าว จึงได้ทำการทดลองหมักและแยกน้ำมันมะพร้าวจำนวน 10 ครั้ง ใช้น้ำกะทิตั้งละ 5,000 มิลลิลิตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร) และบันทึกค่าปริมาณน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันหมักที่เกิดจากกระบวนการแยก พร้อมทั้งหากระบวนการหมักและแยกที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น โดยมีวิธีการในการทดลอง ดังนี้

1) การทดลองหมัก ใช้เวลา 2 วัน ใช้น้ำกะทิตั้งในการทดลอง 5,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผ่านการกรองด้วยผ้าขาวสะอาดลงในถังหมัก และทำการหมักทิ้งไว้ 2 วัน ในทางทฤษฎีควรได้น้ำมันมะพร้าว 15% คือ ประมาณ 450 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผลจากการทดลองได้น้ำมันมะพร้าว ประมาณ 130 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้อยกว่าที่ควรจะเป็น พบว่า น้ำมันมะพร้าวปะปนอยู่ในชั้นครีม ทำให้แยกน้ำมันมะพร้าวในชั้นครีมได้ยาก สาเหตุน่าจะเกิดจากความหนืดของชั้นครีมทำให้น้ำมันมะพร้าวที่แยกชั้นแล้ว เมื่อปล่อยน้ำหมักออก ทำให้ชั้นครีมกะทิ ขึ้นน้ำมันมะพร้าว และชั้นครีมฝ้ายที่อยู่ชั้นบนสุด ลดระดับลงมาและถูกบีบให้เล็กผ่านท่อแยก จึงทำให้ทั้งสามชั้นปนกัน ส่งผลให้แยกน้ำมันมะพร้าวได้ปริมาณน้อยกว่าปกติ



ภาพที่ 6 น้ำมันมะพร้าวที่แยกได้จากอุปกรณ์

2) การทดลองหมักและแยกน้ำหมัก  
ออกก่อนเกิดการแยกตัวของน้ำมันมะพร้าว ใช้น้ำกะทิ  
ในการทดลอง 5,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เทผ่านการ  
กรองด้วยผ้าขาวสะอาดลงในถังหมัก สังเกตการณ์แยก  
ชั้นของน้ำกะทิในระยะเวลาที่ห่างกันทุก ๆ 3 ชั่วโมง



ภาพที่ 7 เริ่มต้นเทน้ำกะทิลงในอุปกรณ์



ภาพที่ 8 น้ำหมักเริ่มแยกตัวออกจากน้ำกะทิเมื่อเวลา  
ผ่านไป 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง

จากภาพที่ 9 และ 10 พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 3  
ชั่วโมง น้ำกะทิแยกเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นกะทิ และชั้นน้ำ  
หมัก จึงได้ทำการถ่ายน้ำหมักออก ได้ปริมาณน้ำหมัก  
ที่แยกได้ 2,064 ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพที่ 9 น้ำมันแยกชั้นจากน้ำกะทิที่ 12 ชั่วโมงวัดได้ ปริมาตร 2,064 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตารางที่ 3 สรุปการแยกตัวของน้ำกะทิที่ระยะเวลาต่าง ๆ

| ระยะเวลา (ชั่วโมง) | ปริมาตรน้ำมัน (ลูกบาศก์เซนติเมตร) |
|--------------------|-----------------------------------|
| 3                  | 2,064                             |
| 6                  | 25                                |
| 9                  | 1,105                             |
| 12                 | 95                                |
| 15                 | 72                                |
| 18                 | 23                                |
| 21                 | 54                                |
| 24                 | 12                                |
| รวม                | 3,450                             |

จากการสังเกตการณ์แยกชั้นของน้ำกะทิเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง พบว่า น้ำกะทิเริ่มเกิดการแยกตัวเป็นน้ำมันมะพร้าวกระจายอยู่ทั่วไปในถังหมักและท่อแยก ดังแสดงในภาพที่ 12



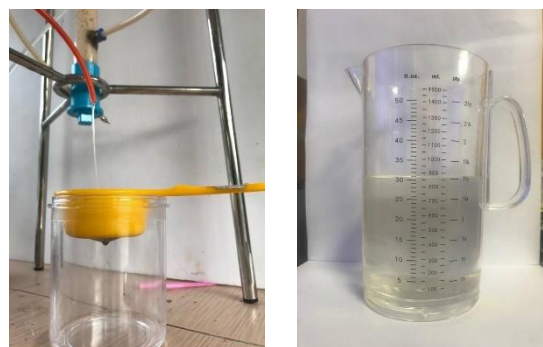
ภาพที่ 10 น้ำมันมะพร้าวเริ่มจับตัวในถังหมัก

หลังจากแยกน้ำมันหมักออกแล้ว หมักทิ้งไว้ 36 ชั่วโมง เพื่อให้ไขมันแยกชั้นออกจากชั้นน้ำและชั้นครีมกะทิ ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 13 จากนั้นให้ถ่ายชั้นครีมกะทิออก จนชั้นน้ำมันลระดับลงมาต่ำกว่าช่องถ่ายน้ำมันช่องบน ทิ้งไว้อีก 12 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการแยกตัวที่สมบูรณ์ และได้น้ำมันมะพร้าวที่มีสีใส ไม่มีครีมกะทิปะปน ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 11 น้ำมันมะพร้าวกับชั้นครีมกะทิเกิดการแยกตัว

หลังจากผ่านไป 12 ชั่วโมง ให้ถ่ายน้ำมันมะพร้าวออกผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง และวัดปริมาตรของน้ำมันมะพร้าวที่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แยกน้ำมันมะพร้าวและกรองด้วยกระดาษกรอง

#### 4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองหมักและแยกน้ำมันมะพร้าวด้วยอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น กระบวนการที่ได้ออกแบบสามารถแยกน้ำมันหมักออกจากกระบวนการหมักน้ำมันมะพร้าวได้ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการนี้สามารถลดการหลงเหลือของน้ำที่ปะปนอยู่ในน้ำมันมะพร้าวได้ร้อยละ 100 และยังสามารถแยกน้ำมัน

มะพร้าวได้มากกว่าวิธีการหมักในภาชนะทรงกระบอกแบบเดิม โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 17.12 จากการทดลอง 10 ครั้ง สามารถสรุปได้ดังนี้

**ตารางที่ 4** ผลการทดลองหมักและแยกน้ำมันมะพร้าว (หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร)

| ครั้งที่  | ชั้นผ้า | ชั้นน้ำมัน | ชั้นครีมกะทิ | ชั้นน้ำหมัก | ชั้นครีมกัม |
|-----------|---------|------------|--------------|-------------|-------------|
| 1         | 320     | 860        | 240          | 3,450       | 80          |
| 2         | 330     | 880        | 250          | 3,400       | 120         |
| 3         | 280     | 840        | 220          | 3,550       | 70          |
| 4         | 250     | 870        | 240          | 3,500       | 120         |
| 5         | 260     | 800        | 270          | 3,550       | 90          |
| 6         | 280     | 860        | 220          | 3,400       | 130         |
| 7         | 270     | 880        | 210          | 3,450       | 110         |
| 8         | 260     | 870        | 220          | 3,550       | 140         |
| 9         | 300     | 790        | 280          | 3,500       | 120         |
| 10        | 300     | 910        | 230          | 3,400       | 100         |
| ค่าเฉลี่ย | 285     | 856        | 238          | 3,475       | 108         |
| ร้อยละ    | 5.70    | 17.12      | 4.76         | 69.50       | 2.16        |

จากตารางที่ 4 พบว่า อุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว มีประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันมะพร้าวได้ปริมาณโดยเฉลี่ย 856 ลูกบาศก์เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.12 และสามารถแยกน้ำหมักออกได้ก่อนหลังจากหมักไป 24 ชั่วโมง เมื่อทำการหมักต่อไปอีก 36 ชั่วโมง อุปกรณ์สามารถแยกครีมกะทิออกไปได้ ยังคงเหลือเฉพาะชั้นน้ำมันมะพร้าวและชั้นผ้าด้านบน จากการทดลองยังสามารถดักชั้นผ้าออกทางด้านบนได้เพื่อไม่ให้ปะปนกับน้ำมันมะพร้าวในขณะที่ถ่ายน้ำมันมะพร้าวออกมา จากการทดลองดังกล่าวสามารถเขียนเป็นขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าวได้ดังนี้

- 1) เทน้ำกะทิลงในถังหมัก กรองด้วยผ้าขาวสะอาด
- 2) ปิดถังหมักด้านบนด้วยฝาครอบ หรือปิดด้วยแผ่น Wrap อาหาร
- 3) หมักทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง น้ำกะทิจะแยกเป็นสองส่วน คือ น้ำกะทิ กับ น้ำหมัก ให้ถ่ายน้ำหมักออกให้หมด

ทางช่องถ่ายด้านล่าง น้ำหมักจะถูกถ่ายออกไปประมาณ 43%ของน้ำกะทิทั้งหมด

4) หมักต่อไปอีก 6 ชั่วโมง ให้ถ่ายน้ำหมักออกทางช่องถ่ายด้านล่าง น้ำหมักจะถูกถ่ายออกไปประมาณ 22%ของน้ำกะทิทั้งหมด

5) หมักต่อไปอีก 12 ชั่วโมง ให้ถ่ายน้ำหมักออกทางช่องถ่ายด้านล่างอีกครั้งหนึ่ง น้ำหมักจะถูกถ่ายออกไปประมาณ 3%ของน้ำกะทิทั้งหมด

6) หมักต่อไปอีก 36 ชั่วโมง ให้ถ่ายน้ำหมักออกบางส่วนประมาณ 2% และให้ถ่ายชั้นครีมออกทางช่องด้านล่าง จนระดับน้ำมันมะพร้าวถึงช่องถ่ายน้ำมันมะพร้าวช่องบน ครีมกะทิจะถูกถ่ายออกไปโดยเฉลี่ยประมาณ 5%

7) หมักต่อไปอีก 12 ชั่วโมง จนน้ำมันมะพร้าวใส และไม่มีปะปนอยู่ในชั้นครีมกะทิ และชั้นผ้า ให้ใช้ช้อนตักชั้นผ้าออกจนถึงชั้นน้ำมันมะพร้าว

8) ถ่ายน้ำมันมะพร้าวออกทางช่องถ่ายด้านบน ใช้ที่กรองและกระดาษกรอง ดักตะกอนจากชั้นครีมเพื่อให้ได้น้ำกะทิบริสุทธิ์ โดยเฉลี่ยจะได้น้ำมันมะพร้าวประมาณ 15 – 20% ของน้ำกะทิทั้งหมด



**ภาพที่ 13** น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการทดลอง

4.2 ประเมินคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวด้วยอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำมันมะพร้าว 2 ท่าน จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เพื่อการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการใช้งานอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าวให้มีคุณภาพที่ดี โดยนำตัวอย่างน้ำมันมะพร้าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพของน้ำมันมะพร้าว



ประเมินผลคุณภาพน้ำมันมะพร้าว อ้างอิงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.670/2547) ดังนี้

1) ค่าความเป็นกรด - ต่าง ด้วยวิธีวิเคราะห์ AOAC Method 934.18 ผลการวิเคราะห์ เท่ากับ 2.7

2) น้ำและสิ่งที่ระเหยได้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (Moisture Content, %) วิธีวิเคราะห์ ISO 622: 1998 ผลการวิเคราะห์ เท่ากับ 0.2

3) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value ; มิลลิกรัมสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม) ด้วยวิธีวิเคราะห์ IUPAC 2.501 ผลการวิเคราะห์ ไม่พบเปอร์ออกไซด์

4) ค่ากรด (Acid value ; มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกิโลกรัม) ด้วยวิธีวิเคราะห์ ISO 660 : 1992 ผลการวิเคราะห์ เท่ากับ 0.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5) สารตะกั่ว (Pb ; มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ด้วยวิธีวิเคราะห์ AAS-Flame ผลการวิเคราะห์ ไม่พบสารตะกั่ว

6) จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Bacteria ; โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ด้วยวิธีวิเคราะห์ Based on USFDA-BAM) ผลการวิเคราะห์ ไม่พบจุลินทรีย์

จากผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่หมักและแยกจากอุปกรณ์ที่ได้สร้างขึ้นมีค่าคุณภาพทุกปัจจัยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มผช. 670/2547

**ตารางที่ 5** ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำมันมะพร้าว กับมาตรฐาน มผช.670/2547

| พารามิเตอร์<br>ที่ตรวจวิเคราะห์                              | ค่ามาตรฐาน มผช.<br>670/2547 | ผลการ<br>วิเคราะห์ |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| ต้องไม่พบสิ่ง<br>แปลกปลอม เส้น<br>ผม ทราเย กรวด              | ไม่พบ                       | ไม่พบ              |
| น้ำและสิ่ง<br>ที่ระเหยได้ที่<br>อุณหภูมิ 105<br>องศาเซลเซียส | ร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก       | 0.2                |

| พารามิเตอร์<br>ที่ตรวจวิเคราะห์ | ค่ามาตรฐาน มผช.<br>670/2547                                                                            | ผลการ<br>วิเคราะห์ |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| ค่าเปอร์ออกไซด์                 | ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัม<br>สมมูลเปอร์ออกไซด์<br>ออกซิเจนต่อกิโลกรัม                                   | ไม่พบ              |
| ตะกั่ว                          | ต้องไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อ<br>กิโลกรัม                                                               | ไม่พบ              |
| ค่าของกรด                       | ต้องไม่เกิน 4 มิลลิกรัม<br>โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อ<br>กรัม                                             | 2.7                |
| จุลินทรีย์                      | จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด<br>ต้องไม่เกิน 1.5x10 <sup>3</sup> โคโลนี<br>ต่อตัวอย่าง 1ลูกบาศก์<br>เซนติเมตร | ไม่พบ              |

ผลการประเมินคุณภาพตามน้ำมันมะพร้าวจากผู้เชี่ยวชาญ

- การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น
  - ต้องใส ไม่มีตะกอนแยกชั้น ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับ ดีมาก
  - ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของน้ำมันมะพร้าว ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับ ดีมาก
  - ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของน้ำมันมะพร้าว ปราศจากกลิ่นหืน หรือกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับ ดีมาก
  - ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราเย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูล จากสัตว์ ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับ ดีมาก
- น้ำและสิ่งที่ระเหยได้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ต้องไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับ ดี
- ค่าเปอร์ออกไซด์ ต้องไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูล ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับ ดีมาก
- สารปนเปื้อน พบว่า ตะกั่ว ต้องไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับ ดีมาก
- ค่าของกรด ต้องไม่เกิน 4 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับ ดีมาก



6) จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1.5 × 10<sup>3</sup> โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ค่าเฉลี่ย 4.00 อยู่ในระดับดีมาก

## 5. สรุปผลและอภิปรายผล

อุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าวที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถหมักน้ำมันมะพร้าวที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ของ มผช. 670/2547 โดยไม่มีการปนเปื้อนของน้ำหมักในระหว่างขั้นตอนการแยกน้ำมัน การแยกน้ำมันมะพร้าวสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและสะดวกในการใช้งาน และสามารถแยกน้ำหมักออกได้ก่อนที่จะเกิดการหมักน้ำกะทิให้เกิดเป็นน้ำมันมะพร้าวช่วยลดการปนเปื้อนระหว่างน้ำหมักและน้ำมันมะพร้าวที่ส่งผลทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นหืน และสามารถแยกครีมกะทิออกจากน้ำมันมะพร้าวได้เพื่อให้แยกน้ำมันมะพร้าวได้ง่ายขึ้น ปริมาณที่ได้จากการแยกน้ำมันมะพร้าวเฉลี่ยร้อยละ 17.12 สูงกว่าวิธีการหมักโดยทั่วไป อุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและพัฒนาสามารถแยกน้ำมันมะพร้าวได้อย่างสมบูรณ์และลดการสูญเสียน้ำมันมะพร้าวในกระบวนการตกแบบเดิมได้อีกด้วย

### 5.1 การเปรียบเทียบอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว

1) ด้านต้นทุน งบประมาณไม่เกิน 3,500 บาท วัสดุมีขายทั่วไปตามท้องตลาด (ระบบหมักและแยกงบประมาณไม่เกิน 1,000 บาท ขาตั้งสเตนเลส 2,500 บาท)

2) ด้านกำลังการผลิต ได้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น จากการแยกด้วยท่อทรงสูง แยกได้เฉลี่ยร้อยละ 17.12 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการหมักน้ำมันมะพร้าวของแต่ละพื้นที่ อุปกรณ์หมักและแยกสามารถแยกน้ำมันมะพร้าวได้เพิ่มขึ้น 2-5 เปอร์เซ็นต์

3) ด้านคุณภาพของน้ำมันมะพร้าว ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 670/2547 ผลการวิเคราะห์ ไม่พบสารตะกั่ว ไม่พบเพอร์ออกไซด์ ไม่พบจุลินทรีย์ค่ากรด (มิลลิลกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัม) มีค่าเท่ากับเท่ากับ 0.7 (มาตรฐานไม่เกิน 4.0)

4) ด้านการใช้งาน ใช้งานได้ง่าย ขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยาก แยกน้ำมันได้สะดวกโครงสร้างแข็งแรงและล้างทำความสะอาดได้ง่าย

5.2 การพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์หมักและแยกน้ำมันมะพร้าว จากการวิจัยของ ฉัตรชัย สังข์ผุด [6] และงานวิจัยของ ฉัตรชัย สังข์ผุด จีราภรณ์ สังข์ผุด และชุตินุช สุจริต[7] ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการหมักสกัดน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นเพื่อเพิ่มคุณภาพและปริมาณผลผลิตด้วยการนำน้ำกะทิไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แยกครีมมาบรรจุใส่โถแก้วเตมิก้าเชื้อ *Lactobacillus plantarum* (BCC 47647) ร้อยละ 1.0 พบว่า มีร้อยละการเก็บเกี่ยวน้ำมันจากครีมสูงสุดเท่ากับ 81.71 คิดเป็นปริมาณผลผลิตน้ำมันร้อยละ 31.45 ของครีมหลังจากกำจัดน้ำออกจากน้ำมันมะพร้าวแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 เดือน พบว่า น้ำมันมะพร้าวมีค่าคุณภาพทุกปัจจัยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ มผช. 670/2547 และมาตรฐาน อย. ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 57 (พ.ศ. 2524)

จากการศึกษาวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีความประสงค์ให้พัฒนาเครื่องมือที่สามารถแช่เย็นน้ำกะทิได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการแยกชั้นของน้ำหมักและน้ำกะทิ และทำการหมักด้วยวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Thai Trade Center Miami. (2020). *Coconut Oil Market Report United States*. Retrieved from [www.ditp.go.th/contents\\_attach/567745/567745.pdf](http://www.ditp.go.th/contents_attach/567745/567745.pdf) (In Thai)
- [2] Nakacha, P. (2014). Extraction of coconut oil. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 27(3), 12-31. (In Thai)
- [3] Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2022). *Export Statistics Office of Agricultural Economics*. Retrieved from [http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S\\_YEAR=2564](http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2564). (In Thai)

- [4] Chomchala, N. (2011). *Miracle Coconut Oil*. Bangkok Thailand: Post Books. (In Thai)
- [5] Utayarat, C. (2011). Virgin Coconut Oil. *Journal of Industrial Technology Innovation*, 6(1), 1-10. (In Thai)
- [6] Sangpud, C. (2014). Effect of starter culture on the extraction of virgin coconut oil by fermentation. *Wichcha Journal*, 33(1), 26-38. (In Thai)
- [7] Sangpud, C., Sangpud, J., & Sujarit, C. (2015). The different stages of coconut fruit and environmental factors affect to the quality of coconut oil fermented by *Lactobacillus plantarum* (BCC 47647). *Thaksin University Journal*, 18(3), 9-16. (In Thai)

## คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

“วารสารนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม” เป็นวารสารที่ครอบคลุมสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทความมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาทางด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาชีวศึกษา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา สถาปัตยกรรมและการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอในรูปแบบบทความวิจัย บทความวิชาการ บทความวิจารณ์ และบทความปริทัศน์ ซึ่งผู้นำเสนอบทความเป็นนักศึกษา คณาจารย์ บุคลากร นักวิชาการ ตลอดจนผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอก

ทั้งนี้ บทความจะผ่านขั้นตอนการประเมินเบื้องต้นถึงคุณภาพและขอบเขตของเนื้อหา ความถูกต้องของรูปแบบการเตรียมบทความ ความซ้ำซ้อน และการคัดลอกวรรณกรรม (Duplication and Plagiarism) โดยกองบรรณาธิการวารสารฯ จากนั้นบทความจะได้รับการประเมินคุณภาพทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิทางสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 3 ท่านซึ่งผู้พิมพ์ (Author) และผู้ประเมิน (Reviewer) จะไม่ทราบข้อมูลของกันและกัน (Double-Blinded Peer Reviews) โดยบทความที่ผ่านการปรับปรุงตามผลการประเมินจะได้รับพิจารณาอนุมัติให้ตีพิมพ์บทความ ขั้นตอนสุดท้าย กองบรรณาธิการจะดำเนินการตรวจสอบบทความและพิสูจน์อักษรก่อนที่จะเผยแพร่บทความแบบออนไลน์ และจัดพิมพ์บทความทั้งหมดรวมเล่มเพื่อดำเนินการเผยแพร่ต่อไป

อนึ่งผลงานวิจัยและผลงานทางวิชาการที่ปรากฏเผยแพร่ในวารสารฯ เป็นความคิดเห็นอิสระของผู้แต่ง โดยผู้แต่งเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความเผยแพร่ นั้น ซึ่งกองบรรณาธิการและคณะผู้จัดทำวารสารฯ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

## 1. ประเภทของเรื่องที่จะลงตีพิมพ์

**1.1 บทความวิจัย (Research articles or Original article)** เป็นบทความที่ผู้เขียนเรียบเรียงขึ้นจากงานวิจัยของตนซึ่งเป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ได้แก่ บทความวิจัยทางสังคมศาสตร์ รวมทั้งสาขาวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและจะเป็นประโยชน์กับวิชาชีพต่าง ๆ

**1.2 บทความวิชาการ (Academic article)** เป็นบทความที่ผู้เขียนมุ่งนำเสนอเนื้อหาสาระเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพียงเรื่องเดียว ได้จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ และนำมาถ้อยแถลง เรียบเรียงขึ้นโดยผู้เขียน

**1.3 บทความวิจารณ์/บทความปริทัศน์ (Review article)** เป็นบทความที่ผู้เขียนวิเคราะห์ สังเคราะห์ วิพากษ์ วิจารณ์ เรื่อง/ประเด็นใดประเด็นหนึ่งเพื่อนำเสนอแนวคิดใหม่ หรือองค์ความรู้ใหม่

## 2. เงื่อนไขในการส่งเรื่องเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารอื่น ๆ

**2.1** เป็นเรื่องที่ไม่เคยลงตีพิมพ์หรือกำลังรอตีพิมพ์ในวารสารอื่น ๆ

**2.2** ต้นฉบับ ทุกเรื่องจะต้องผ่านการประเมินหรือได้รับความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อตรวจสอบเนื้อหา (Peer review) ถ้าได้รับคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข กองบรรณาธิการจะส่งเรื่องที่จะลงตีพิมพ์ที่ได้รับคำแนะนำให้ปรับปรุงแก้ไข หรือเพิ่มเติมไปยังเจ้าของต้นฉบับ (ผู้เขียน) ซึ่งเจ้าของต้นฉบับจะต้องส่งต้นฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วกลับคืนให้กับกองบรรณาธิการภายใน 2 สัปดาห์ กองบรรณาธิการจะตอบรับการตีพิมพ์ก็ต่อเมื่อต้นฉบับได้รับการแก้ไขจนครบถ้วนสมบูรณ์จากเจ้าของต้นฉบับแล้วเท่านั้น

**2.3** ให้ผู้เขียนส่งต้นฉบับมายังกองบรรณาธิการวารสารฯ ไม่เกิน 40 วันก่อนการตีพิมพ์แต่ละฉบับ เพื่อเรื่องที่จะลงตีพิมพ์จะได้รับการดำเนินการตามขั้นตอนการวินิจฉัยและพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารต่อไป

2.4 ต้นฉบับที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด คำแนะนำในการตีพิมพ์ต้นฉบับ

2.5 เรื่องที่ได้รับพิจารณาตีพิมพ์ ผู้เขียนสามารถดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

### 3. การเตรียมต้นฉบับ

**3.1 ต้นฉบับพิมพ์** เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ องค์ประกอบต่าง ๆ ของบทความ วิจัยหรือบทความวิชาการให้จัดทำตามคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับนี้ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และการเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ควรหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีคำแปลหรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนปนภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาเป็นเบื้องต้นก่อน

**3.2 การพิมพ์** ให้จัดพิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word ขนาดของต้นฉบับใช้กระดาษขนาด Executive (18.8 X 26.6 เซนติเมตร) ตั้งค่าน้ำกระดาษสำหรับการพิมพ์ ห่างจากขอบกระดาษด้านบน ด้านล่าง ด้านขวา ด้านละ 2.5 เซนติเมตร ด้านซ้าย 2.3 เซนติเมตร จัดเป็นคอลัมน์เดียวกระจายเต็มบรรทัด การลำดับหัวข้อของเนื้อเรื่อง หัวข้อหลักหรือหัวข้อใหญ่ พิมพ์ขีดซ้าย เป็นหัวข้อลอย ไม่มีภาษาอังกฤษหรือข้อความใด ๆ ต่อท้าย เป็นหัวข้อที่ใช้ตัวเลขกำกับข้อ หากมีหัวข้อรอง หัวข้อย่อย และหัวข้อย่อย ๆ ให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับ หัวข้อดังกล่าว เช่น หัวข้อรอง หมายเลข 1.1 หัวข้อย่อย หมายเลข 1.1.1 หัวข้อย่อย ๆ หมายเลข 1.1.1.1 และ 1) เป็นต้น

**3.3 รูปแบบตัวอักษร** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษใช้ตัวอักษรแบบ TH Sarabun PSK ขนาดตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษใช้ขนาดเดียวกัน ดังนี้ ชื่อ

เรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 18 pt. ตัวพิมพ์หนา ชื่อผู้เขียน และหัวข้อหลักใช้ตัวอักษรขนาด 15pt. ตัวพิมพ์หนา หัวข้อย่อยใช้ตัวอักษรขนาด 15 pt. ตัวพิมพ์หนา เนื้อความทุกส่วนใช้ตัวอักษรขนาด 15 pt. ตัวพิมพ์ปกติ เชิงอรรถหน้าแรก ที่เป็นชื่อ-สกุล ตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้เขียนบทความใช้ตัวอักษรขนาด 13 pt. ตัวพิมพ์ปกติ

**3.4 จำนวนหน้า** ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า รวมตาราง ภาพ และเอกสารอ้างอิง

**3.5 ตารางและภาพ** ให้จัดแทรกไว้ในเนื้อเรื่องโดยคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้นและเรียงลำดับให้สอดคล้องกับเนื้อเรื่อง

**3.5.1 ตาราง** เมื่อวางรูปตารางข้อมูลเรียบร้อยแล้วต้อง “กำกับ” ไว้ที่ด้านบนของตารางด้วยข้อความที่เป็น “ตารางที่...(และชื่อตารางหรือคำอธิบายสั้น)” ส่วน “ที่มา” ของตาราง(ถ้ามี)ให้อยู่ด้านล่างของตาราง “ที่มา” ของตารางใช้รูปแบบเดียวกับการอ้างอิงทุกประการ คือ(ชื่อ-สกุล, ปี) หากเป็นตารางที่สร้างขึ้นเองอาจไม่ระบุ “ที่มา” ก็ได้

**3.5.2 ภาพ** เป็นภาพที่ใช้ประกอบเนื้อหาได้แก่ ภาพถ่าย ภาพวาด ภาพกราฟิก ภาพดิจิทัล แผนภูมิ แผนผัง ผังโมโนทัศน์ แผนที่ ลายแทง ฯลฯ อาจจัดทำเป็นภาพขาวดำหรือภาพสีก็ได้ เมื่อจัดภาพเสร็จแล้วต้อง “กำกับ” ไว้ที่ได้ภาพด้วยข้อความที่เป็น ภาพที่....และชื่อภาพหรือคำอธิบายภาพสั้น ๆ และบรรทัดที่ถัดลงมาคือ “ที่มา:....” ของภาพ(ถ้ามี) ที่มาของภาพใช้รูปแบบเดียวกับที่มาของตารางทุกประการ

### 4. การเตรียมต้นฉบับแต่ละประเภท

**4.1 บทความวิจัย (Research articles)** เป็นการนำเสนอผลงานวิจัยที่เสร็จสมบูรณ์แล้วซึ่งผู้เขียนได้ดำเนินการด้วยตนเองมีองค์ประกอบดังนี้

**4.1.1 ส่วนประกอบตอนต้น** มีองค์ประกอบดังนี้

1) **ชื่อเรื่อง (Title)** ควรสั้นกะทัดรัด ไม่ยาวจนเกินไป ให้เขียนชื่อเรื่องเป็นภาษาไทยก่อนแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษในบรรทัดถัดไป

2) **ชื่อผู้เขียนบทความ (Authors and co-authors)** ให้ระบุชื่อเต็ม-นามสกุลเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะอักษรตัวแรกของชื่อตัวและนามสกุล ถ้ามีผู้วิจัยหลายคนให้ใส่เครื่องหมายดอกจัน (\*) พร้อมระบุตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ และชื่อหน่วยงานของผู้วิจัยที่ส่วนล่างของหน้าแรก พร้อม E-mail address (กรณีเป็นนักศึกษาให้ระบุระดับการศึกษา สาขาวิชา และสถาบันการศึกษา)

3) **บทคัดย่อ (Abstract)** ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พิมพ์คอลัมน์เดียว ความยาวไม่เกินอย่างละ 15 บรรทัด บทคัดย่อที่เขียนควรเป็นแบบ Indicative abstract คือสั้น ตรงประเด็น และให้สาระสำคัญเท่านั้น ไม่ควรเขียนแบบ Informative abstract ตามแบบที่เขียนในวิทยานิพนธ์หรือรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โดยให้ลำดับบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นก่อนตามด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

4) **คำสำคัญ (Keywords)** ให้ใช้คำที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเรื่องซึ่งเป็นตัวแทนบอกวิธีการวิจัย ประเด็นที่วิจัย ผลการวิจัย การใช้ประโยชน์หรือสถานที่ที่ทำการวิจัย คำสำคัญนี้ให้เขียนทั้งในภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใส่ไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษาอย่างละไม่เกิน 5 คำ

4.1.2 **เนื้อหาในบทความวิจัย** สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมุ่งเน้นเผยแพร่บทความวิชาการทางด้านนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อาทิ สาขาวิชาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ อุตสาหกรรมศึกษา สถาปัตยกรรม และการออกแบบ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

1) **บทนำ (Introduction)** อธิบายถึงที่มา ความสำคัญของปัญหา และเหตุผลที่นำไปสู่การ

ศึกษาวิจัย ให้ข้อมูลทางวิชาการที่มีการตรวจเอกสาร (literature review) โดยระบุถึงแหล่งที่มาของข้อมูล (อ้างอิง) และจุดมุ่งหมายที่เกี่ยวข้อง

2) **วัตถุประสงค์ (Research Objectives)** ระบุความมุ่งหมายที่ผู้วิจัยต้องการค้นหาข้อเท็จจริงโดยวิธีการวิจัย

3) **ขอบเขตการวิจัย (Research Scopes)** (ถ้ามี) เป็นการขีดวงจำกัดให้แน่นอนว่าจะศึกษาพิจารณาในขอบเขตแค่ไหน เช่น ขอบเขตของประชากร กลุ่มตัวอย่าง ขอบเขตของตัวแปร ขอบเขตเนื้อหา ขอบเขตของช่วงเวลา (งานวิจัยเชิงทดลอง)

4) **วิธีดำเนินการวิจัย (Research methods)** อธิบายกระบวนการดำเนินการวิจัย โดยบอกรายละเอียดวัสดุ วิธีการศึกษา สิ่งที่น่าสนใจศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา อธิบายแบบแผนการวิจัย การเลือกตัวอย่าง วิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้

5) **ผลการวิจัย (Results)** รายงานผลการวิจัยให้ได้ใจความชัดเจนและตรงประเด็นโดยยึดแนวทางตามวัตถุประสงค์เป็นหลักควรอธิบายผลการวิจัยด้วยคำบรรยายเป็นหลักแต่ถ้ามีตัวเลขหรือตัวแปรมากควรนำเสนอเป็นภาพและตาราง แทรกในเนื้อหา พร้อมอธิบายผลการวิจัยให้ได้สาระครบถ้วนอย่างสั้น ๆ

6) **การอภิปรายผลหรือการวิจารณ์และสรุป (Discussion and conclusion)** เป็นการชี้แจงผลการวิจัยว่าตรงกับวัตถุประสงค์/สมมติฐานของการวิจัย สอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลการวิจัยของผู้อื่นที่มีอยู่ก่อนหรือไม่อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์หรือทั้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

7) **กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)** ให้ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยนี้



ได้รับทุนสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากองค์กรใด และบุคคลใดบ้าง

**8) เอกสารอ้างอิง (References)** ให้ระบุเฉพาะเอกสารที่ผู้เขียนบทความได้นำมาอ้างอิงในบทความวิจัยอย่างครบถ้วน โดยระบุรายละเอียดและใช้รูปแบบการเขียนที่ถูกต้อง และครบถ้วน (ตามข้อ3) จัดเรียงลำดับตามตัวอักษร ถ้าเป็นบทความภาษาไทยนำโดยกลุ่มเอกสารภาษาไทยและตามด้วยกลุ่มเอกสารภาษาอังกฤษ

**4.2 บทความทางวิชาการ บทความวิจารณ์ และบทความปริทัศน์ (Review articles)** เป็นบทความที่ผู้เขียนได้เรียบเรียงโดยศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร งานแปล และผลงานจากประสบการณ์ของผู้เขียนหรือได้รับการถ่ายทอดจากผู้อื่น มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ องค์ความรู้ การเสนอความคิดเห็นที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ทางวิชาการของสาขาต่าง ๆ

**4.2.1 ส่วนประกอบตอนต้น** มีองค์ประกอบดังนี้

**1) ชื่อเรื่อง (Title)** ให้เป็นภาษาไทยก่อนและบรรทัดถัดลงมาเป็นภาษาอังกฤษ โดยภาษาอังกฤษใช้ตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะตัวแรก ยกเว้น Article และ Preposition ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ส่วนชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) ให้พิมพ์ด้วยตัวเอน ไม่ต้องขีดเส้นใต้ กรณีระบุชื่อภาษาไทยหรือชื่อสามัญของสิ่งมีชีวิตเป็นภาษาอังกฤษให้ใส่ชื่อวิทยาศาสตร์ด้วย

**2) ชื่อผู้เขียน (Authors and co-authors)** ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุลเต็มทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะอักษรตัวแรกของชื่อตัวและนามสกุล ถ้ามีผู้วิจัยหลายคนให้ใช้ตัวเลขยกกำกับ <sup>(1)</sup> พร้อมระบุตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ และชื่อหน่วยงานของผู้วิจัยที่ส่วนล่างของหน้าแรก พร้อม E-mail address (กรณีเป็นนักศึกษาให้ระบุระดับการศึกษา สาขาวิชาและสถาบันการศึกษา)

**3) สารสังเขป (Summary)** เป็นการย่อเนื้อความของบทความทั้งเรื่องให้สั้นได้เนื้อหาสาระครบถ้วน

**4) คำสำคัญ (Keywords)** (ถ้ามี) ให้ใช้คำที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเรื่องซึ่งเป็นตัวแทนบอกวิธีการ สิ่งที่ศึกษา ผลการศึกษา สาขา การใช้ประโยชน์และสถานที่ คำสำคัญให้เขียนทั้งคำสำคัญภาษาไทย และภาษาอังกฤษ แต่ละชุดไม่เกิน 5 คำ

**4.2.2 เนื้อหา (Main texts)** ในบทความทางวิชาการมีองค์ประกอบดังนี้

**1) บทนำ (Introduction)** กล่าวถึงความน่าสนใจของเรื่องที่น่าเสนอก่อนเข้าสู่เนื้อหา

**2) เนื้อความ (Content)** ควรนำเสนอพัฒนาการของเรื่องได้อย่างน่าสนใจ และเนื้อเรื่องมีเนื้อหาใหม่เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

**3) สรุป (Conclusion)** เป็นการย่อเฉพาะข้อมูลจากเนื้อความให้สั้นได้เนื้อหาสาระของเนื้อความครบถ้วน

**4) เอกสารอ้างอิง (References)** ให้ระบุเฉพาะเอกสารที่ผู้เขียนบทความได้นำมาอ้างอิงในบทความวิชาการอย่างครบถ้วนรูปแบบของการเขียนเอกสารอ้างอิงให้จัดทำตามที่ระบุไว้ในข้อ 2.3 (เอกสารอ้างอิง)

#### 4.3 การอ้างอิง (References)

การอ้างอิงในบทความวิจัยและบทความวิชาการสำหรับวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กำหนดให้อ้างอิงตามรูปแบบ IEEE (อ้างอิงจาก <https://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf> หรือจาก [http://www.ieee.org/documents/style\\_manual.pdf](http://www.ieee.org/documents/style_manual.pdf)) โดยต้องเขียนอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น หากบทความที่อ้างอิงมาจากบทความภาษาไทยต้องแปลเป็นภาษาอังกฤษให้ถูกต้อง สำหรับการใส่อ้างอิงในเนื้อเรื่อง (In-text citations) ให้ใช้เครื่องหมาย [ ] โดยมีตัวอย่างการเขียน เช่น [1] หรือ [2] หรือ [1], [2] หรือ [1], [3]-

[8] หรือ [9], [10], [15], [16] หากมีการอ้างอิงซ้ำบทความเดิมให้ใช้หมายเลขเดิม ในส่วนของการอ้างอิงส่วนท้าย (Reference list) จะต้องเรียงตามลำดับบทความที่เขียนอ้างอิงในเนื้อเรื่อง เอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษให้เพิ่มคำว่า (in Thai) ไว้ตอนท้ายการอ้างอิง

รายละเอียดของเอกสารประกอบด้วย ชื่อผู้เขียน ชื่อ หนังสือหรือชื่อของบทความ ชื่อของเอกสารที่พิมพ์ สำนักหรือสถานที่พิมพ์ ปีที่ (ฉบับที่) พิมพ์ และเลขหน้าที่อ้างอิง และทุกเรื่องที่ปรากฏในรายการเอกสารอ้างอิงต้องมีการอ้างอิง ในเนื้อเรื่อง โดยต้องเขียนเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น

การเขียนชื่อผู้ร่วมแต่งบทความไม่เกิน 3 คน ให้เขียน เรียงทุกคน และค้นด้วย จุลภาค (,) คนสุดท้ายให้เชื่อมด้วย “and” ในกรณีที่ร่วมแต่งบทความเกิน 3 คน ให้เขียนเฉพาะชื่อผู้เขียนคนแรกและตาม ด้วย “and et al.” ตัวอย่างเช่น

[1] Johnson, C. and Timothy F. 2002. “In the Eyes of the State: Negotiating a "Rights-Based Approach" to Forest Conservation in Thailand,” *World Development*. 30(9): 1591-1605.

[2] Martin, J. R. and et al. 1997. *Working with Functional Grammar*. London: Arnold.

## รูปแบบการเขียนจากแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ (Reference)

### 1) การอ้างอิงจากบทความในวารสาร (Journal Articles)

รูปแบบ: [1] Author. Year. “Title of Article,” *Title of Journal*, Volume(Issue): Pages.

#### ตัวอย่าง:

[3] Johnson, C. and Timothy F. 2002. “In the Eyes of the State: Negotiating a "Rights-Based Approach" to Forest Conservation in

Thailand,” *World Development*. 30 (9): pp. 1591-1605.

[4] Koolkalya, S., Matchakuea, U. and Jutagate, T. 2016. “Catch status and trend analysis of Brachyuran fisheries in the Gulf of Thailand,” *Burapha Science Journal*. 22(1): pp. 240-252. (in Thai)

### 2) การอ้างอิงจากการนำเสนอผลงานในการประชุมทางวิชาการ (Conference Technical Articles)

รูปแบบ: [1] Author. Year. “Title of paper,” in *Title of Conference*, Conference date, Editor, Ed. Location: Publisher, Country, Pages.

#### ตัวอย่าง:

[5] Jagacinski, N. and Gongjin, Z. 1990. “Agricultural Sacrifice and Village Culture of Dai People,” In *Proceedings of the 4th International Conference in Thai Studies*, 11-13 May 1990. Kunming, China, pp. 1150-1163.

[6] Ployyod, Y. and Porntrai, S. 2016. “Chromosome simulation: activity for teaching mitotic cell division,” In *Proceedings of the 10th National Research Conference of Ubon Ratchathani University*, 7-8 July 2016. Ubon Ratchathani, Thailand, pp. 279-291. (in Thai) Thesis / Dissertation

### 3) การอ้างอิงจากหนังสือ (Books)

รูปแบบ: [1] Author. Year. *Title of Book*, Editor, ed. Location: Publisher.

#### ตัวอย่าง:

[7] Wyatt, D.K. 1984. *Thailand: a Short History*. New Haven: Yale University Press.

- [8] R. C. Hibbeler. 2013. *Mechanics of Materials*, 9th ed. Boston: Pearson.
- [9] R. M. Burton, B. Obel and G. DeSanctis. 2011. *Organizational Design: A Step-by-Step Approach*, 2nd ed. New York: Cambridge University Press.
- [10] Suvarnaraksha, A. 2013. *Ichthyology*. Chiangmai: Maejo University Press. (in Thai)

#### 4) การอ้างอิงจากบทในหนังสือ (Edited Book Chapter)

รูปแบบ: [1] J. K. Author. Year. "Title of chapter in the book," in *Title of His Published Book*, xth ed. City of Publisher, Country if not USA: Abbrev. of Publisher, ch. x, sec. x, pp. xxx-xxx.

##### ตัวอย่าง:

- [11] Wambugu, F. 2002. "Why Africa needs agricultural biotech?" In *M. Ruse and D. Castle (eds.) Genetically Modified Foods: Debating Biotechnology*. NY: Prometheus Books, pp. 78-79.
- [12] L. Stein. 1994. "Random patterns," in *Computers and You*, J. S. Brake, Ed. New York: Wiley, pp. 55-70.
- [13] R. L. Myer. 1977. "Parametric oscillators and nonlinear materials," in *Nonlinear Optics*, vol. 4, P. G. Harper and B. S. Wherret, 1st ed. San Francisco, CA: Academic, pp. 47-160.
- [14] G. O. Young. 1964. "Synthetic structure of industrial plastics," in *Plastics*, vol. 3,

Polymers of Hexadromicon, J. Peters, Ed., 2nd ed. New York: McGraw-Hill, pp. 15-64.

[15] Sukosol, T. 1980. "Antigen and antibody," In *Sarasombat S. (ed.) Immunology*, Bangkok, K-T Printing, pp. 125. (in Thai)

#### 5) การอ้างอิงจากวิทยานิพนธ์ (Theses and Dissertations)

รูปแบบ: [1] J. K. Author. year. "Title of dissertation," Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State.

[2] J. K. Author. year. "Title of thesis," M.S. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State.

##### ตัวอย่าง:

- [16] J. O. Williams. 1993. "Narrow-band analyzer," Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA.
- [17] N. Kawasaki. 1993. "Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow," M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan.
- [18] N. M. Amer. 1995. "The effects of homogeneous magnetic fields on developments of tribolium confusum," Ph.D. dissertation, Radiation Lab., Univ. California, Berkeley, Tech. Rep. 16854.
- [19] Sidthilaw, S. 1996. "Impact Force and Kinematic Analysis of Roundhouse Kicks in Thai Boxing," Ph.D. Dissertation, Department of Biomechanics, Oregon State University.

- [20] Hanmanop, S. 2010. *"The Therapeutic Effects of White Kwao Krua Pueraria mirifica Airy, Shaw & Suvatabandhu on Ovariectomy-induced Osteoporotic Rats,"* M.Sc. Thesis, Chulalongkorn University. (in Thai)

#### 6) การอ้างอิงจากเว็บไซต์ (Web site)

**รูปแบบ:** [1] J. K. Author. Year. *Title (edition)* [Type of medium]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). Accessed day month year.

##### ตัวอย่าง:

- [21] Buis, A. and Lynch, P. 2016. *NASA Releases New Eye-Popping View of Carbon Dioxide.* [Online]. Available: <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=6701>. Accessed 14 January 2017.
- [22] J. Jones. 1991. *Networks (2nd ed.)*. [Online]. Available: <http://www.atm.com>. Accessed 21 June 2016.
- [23] Pantoom, J. 2008. *Food from Corn.* [Online]. Available: <http://www.ku.ac.th/agri/cornn/corn.html>. Accessed 14 February 2017. (in Thai)

#### 7) การอ้างอิงจากสิทธิบัตร (Patents)

**รูปแบบ:** [1] J. K. Author. year. *"Title of patent,"* U.S. Patent x xxx xxx, Abbrev. day month year.

##### ตัวอย่าง:

- [24] J. P. Wilkinson. 1990. "Nonlinear resonant circuit devices," U.S. Patent 3 624 125, 16 July 1996.

#### 8) การอ้างอิงจากมาตรฐาน (Standards)

**รูปแบบ:** [1] *Title of Standard*, Standard number, date.

##### ตัวอย่าง:

- [25] *IEEE Criteria for Class IE Electric Systems*, IEEE Standard 308, 1969.
- [26] *Letter Symbols for Quantities*, ANSI Standard Y10.5-1968.

#### 9) การอ้างอิงจากคู่มือ (Handbooks)

**รูปแบบ:** [1] *Name of Manual/Handbook*, x Ed., Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, year, pp. xx-xx.

##### ตัวอย่าง:

- [27] *Transmission Systems for Communications*, 3rd Ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, 1985, pp. 44-60.
- [28] *Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, 1989.
- [29] *RCA Receiving Tube Manual*, Radio Corp. of America, Electronic Components and Devices, Harrison, NJ, Tech. Ser. RC-23, 1992.

#### 5. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

การเขียนหน่วยต่าง ๆ ควรใช้ระบบ SI และเป็นสากล ถ้าหากต้องการย่อหน่วย ควรใช้ตัวย่อเป็นภาษาอังกฤษที่ถูกต้องและเป็นสากลการใช้ศัพท์วิทยาศาสตร์ให้ยึดคำบัญญัติของราชบัณฑิตยสถาน ชื่อสถานที่ต่าง ๆ ให้ใช้ตามประกาศของสำนักนายกรัฐมนตรี การเขียนคำที่มาจากภาษาต่างประเทศ หากต้องการทับศัพท์เป็นภาษาไทยหรือต้องการแปลเป็นภาษาไทย การแปลหรือเขียนทับศัพท์ครั้งแรกควรใส่คำศัพท์เดิมไว้ในวงเล็บต่อท้ายคำแปลด้วย ซึ่งถ้าคำศัพท์ใดที่ไม่ใช่ คำศัพท์

เฉพาะก็ไม่จำเป็นต้องขึ้นต้นด้วยตัวใหญ่เช่น “การ ต้องการ ใช้คำแปลเดิมซ้ำอีก ให้ใช้ภาษาไทยโดยไม่ต้อง  
เหนี่ยวนำ (induction)” “เวเบอร์ (weber)” และเมื่อ ใส่ภาษาอังกฤษกำกับ



## จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสาร (Publication Ethics)

## หน้าที่และความรับผิดชอบของผู้เขียนบทความ (Author Ethical Responsibilities)

- บทความที่ส่งให้พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารจะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อนและไม่ส่งต้นฉบับบทความซ้ำซ้อนกับวารสารอื่น
- บทความที่ส่งให้พิจารณาตีพิมพ์จะต้องไม่มีส่วนใดที่เป็นการคัดลอกผลงานวิชาการ ทั้งของตนเองและผู้อื่น และมีการอ้างอิงผลงานอย่างถูกต้องและครบถ้วน
- ผู้เขียนต้องตรวจสอบความถูกต้องของรายการเอกสารอ้างอิง ทั้งในด้านรูปแบบและเนื้อหา
- ผู้เขียนจะต้องเขียนบทความตามรูปแบบและขนาดตัวอักษรตามแบบฟอร์ม (template) ที่วารสารกำหนดไว้
- ผู้เขียนที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคน ต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในการดำเนินการบทความจริง
- ผู้เขียนต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนในการทำวิจัยนี้ และ/หรือมีผลประโยชน์ทับซ้อนจะต้องระบุในบทความ และแจ้งให้บรรณาธิการทราบ
- ผู้เขียนจะต้องไม่รายงานข้อมูลที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างข้อมูลเท็จ หรือการปลอมแปลง บิดเบือน รวมไปถึงการตกแต่ง หรือ เลือกแสดงข้อมูลเฉพาะที่สอดคล้องกับข้อสรุป
- ผู้เขียนต้องยินยอมโอนลิขสิทธิ์ให้แก่วารสารก่อนการตีพิมพ์ และไม่นำผลงานไปเผยแพร่หรือตีพิมพ์กับแหล่งอื่น ๆ หลังจากที่ได้รับการตีพิมพ์กับวารสารธรรมศาสตร์แล้ว
- กรณีที่ผลงานเป็นการศึกษาวิจัยและทำการทดลองในคนหรือสัตว์ทดลอง โดยการทดลองในคนอาจส่งผลกระทบต่อศักดิ์ศรี สิทธิ ความเป็นส่วนตัว และสุขภาวะของคน ขอให้แนบหนังสือรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง ทั้งนี้ การอนุมัติให้ลงตีพิมพ์ขึ้นอยู่กับพิจารณาจากกองบรรณาธิการวารสารฯ ถือเป็นที่สุด

## หน้าที่และความรับผิดชอบของบรรณาธิการวารสาร (Editor Roles and Responsibility)

- บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาและตรวจสอบบทความที่ส่งเข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารของตนเอง โดยพิจารณาเนื้อหาบทความที่สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพบทความในกระบวนการประเมินและคุณภาพบทความก่อนการตีพิมพ์
- บรรณาธิการมีหน้าที่ตรวจสอบบทความในด้านความซ้ำซ้อนหรือในด้านการคัดลอกผู้อื่น (Plagiarism) โดยใช้โปรแกรมตรวจสอบความซ้ำซ้อน หากตรวจสอบพบความซ้ำซ้อนหรือการคัดลอกผลงานของผู้อื่นในกระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องหยุดกระบวนการประเมิน และติดต่อผู้นิพนธ์หลักทันทีเพื่อขอคำชี้แจง เพื่อประกอบการ “ตอบรับ” หรือ “ปฏิเสธ” การตีพิมพ์บทความนั้น
- บรรณาธิการต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียน และผู้ประเมินบทความแก่ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องในระยะเวลาของการประเมินคุณภาพผลงานวิชาการ และจนกว่าบทความได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่
- บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีระเบียบวิธีวิจัยที่ถูกต้อง ใช้เหตุผลทางวิชาการในการพิจารณาบทความทุกครั้งโดยปราศจากอคติที่มีต่อบทความและผู้นิพนธ์ในด้านเชื้อชาติ เพศ ศาสนา วัฒนธรรม การเมือง และสังกัดของผู้นิพนธ์

- บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจหรือนำไปเป็นผลงานทางวิชาการของตนเอง
- บรรณาธิการต้องไม่แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาบทความและผลประโยชน์ของผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงไม่ปิดกั้นหรือแทรกแซงข้อมูลที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์
- บรรณาธิการต้องไม่ตีพิมพ์บทความที่เคยตีพิมพ์ในวารสารอื่นมาแล้ว

#### หน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ประเมินบทความ (Reviewer Roles and Responsibilities)

- ผู้ประเมินบทความต้องไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความที่พิจารณาแก่บุคคลอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องในช่วงระยะเวลาของการประเมินบทความ และจนกว่าบทความจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่
- หากผู้ประเมินบทความมีผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้เขียนผู้ประเมินบทความจะต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบและปฏิเสธการประเมินบทความนั้น
- ผู้ประเมินบทความควรรับประเมินบทความเฉพาะสาขาวิชาที่ตนมีความเชี่ยวชาญ และหากมีส่วนใดของบทความที่มีความเหมือนกัน หรือซ้ำซ้อนกับผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ประเมินบทความต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบ
- ต้องรักษาระยะเวลาประเมินตามกรอบเวลาประเมินที่กำหนด รวมถึงไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับรู้
- ผู้ประเมินบทความควรประเมินด้วยความซื่อตรง ปราศจากอคติ และไม่มีเจตนาอื่นแอบแฝง

## แบบฟอร์มการส่งต้นฉบับ

## 1. ชื่อบทความ

(ภาษาไทย).....

(ภาษาอังกฤษ).....

## 2. ประเภทบทความ

☐ บทความวิจัย ☐ บทความวิชาการ ☐ บทความวิจารณ์ ☐ บทความปริทรรศน์

## 3. ผู้เขียนบทความ หรือผู้แทนส่งบทความ

ชื่อ – สกุล (นาย/นาง/นางสาว/ตำแหน่งทางวิชาการ(ถ้ามี)/อื่น ๆ)

.....

## 4. สถานที่ติดต่อของเจ้าของบทความหรือผู้ส่งแทนบทความ

ที่อยู่.....

โทรศัพท์.....โทรสาร.....อีเมล.....

## 5. รายชื่อและที่อยู่ของผู้ร่วมบทความ (สามารถเพิ่มรายชื่อได้ในเอกสารแนบเพิ่มเติม)

| ชื่อ-สกุล<br>(ภาษาไทย-ตัวบรรจง) | ชื่อ-สกุล<br>(ภาษาอังกฤษ-ตัวบรรจง) | หน่วยงาน | โทรศัพท์ | E-mail |
|---------------------------------|------------------------------------|----------|----------|--------|
|                                 |                                    |          |          |        |
|                                 |                                    |          |          |        |
|                                 |                                    |          |          |        |

## 6. เสนอรายชื่อผู้ประเมิน

1. .... โทรศัพท์ ..... E-mail .....

2. .... โทรศัพท์ ..... E-mail .....

3. .... โทรศัพท์ ..... E-mail .....

## 7. สิ่งที่จะส่งมาด้วย (ประกอบด้วยไฟล์ Microsoft Word และ PDF)

☐ ส่งต้นฉบับ ทางเว็บไซต์ <http://techno2.nstru.ac.th/techno2022/>☐ ส่งต้นฉบับ ทางอีเมล [techjournal.nstru.editor@gmail.com](mailto:techjournal.nstru.editor@gmail.com)☐ ส่งต้นฉบับ ด้วยตนเองหรือทางไปรษณีย์ พร้อมแผ่นซีดีบันทึกข้อมูลต้นฉบับ

“ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นจริงทุกประการ และบทความที่เสนอนี้ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่มาก่อน ไม่อยู่ระหว่างการเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น ข้าพเจ้ายอมรับและยินดีปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การพิจารณาต้นฉบับ และยินยอมให้กองบรรณาธิการตรวจแก้ต้นฉบับได้ตามสมควร”

ลงชื่อ.....เจ้าของบทความหรือผู้แทนส่งบทความ

(.....)

...../...../.....

## Manuscript Submission Form

## 1. Article title

(Thai).....

(English).....

## 2. Article type

☐ Research Article ☐ Academic Article ☐ Review Article ☐ Periscope Article

## 3. Corresponding Author Name (Mr./Mrs./Miss/Academic Position (if any)/Other)

.....

## 4. Affiliation.....

Tel.....Fax.....E-mail.....

## 5. List of co-author(s) and address

| Name | Affiliation | Telephone | E-mail |
|------|-------------|-----------|--------|
|      |             |           |        |
|      |             |           |        |
|      |             |           |        |

## 6. Suggested reviews (Author must suggest the reviewer at least three people in the field of research presented in manuscript including name, organization, contact address and e-mail)

1. .... Tel. .... E-mail .....

2. .... Tel. .... E-mail .....

3. .... Tel. .... E-mail .....

## 7. Together with this form, I (we) have been attached other documents included Microsoft Word and PDF files:

☐ Manuscript submission by system online at <http://techno2.nstru.ac.th/techno2022/>☐ Manuscript submission by e-mail at [techjournal.nstru.editor@gmail.com](mailto:techjournal.nstru.editor@gmail.com)☐ Manuscript submission by self or post-mail with original data CD

"I hereby certify that the above statements are true in all respects, this proposed article has never been published before, and not in the process of submitting a request for publication in another journal. I accept and agree to comply with the original review criteria. and allow the editorial team to edit the manuscript as appropriate."

Signature..... Corresponding author

(.....)

Date.....Month.....Year.....

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและพิจารณาบทความวารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2566)

- |                                             |                                       |
|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.รัฐไท พรเจริญ          | มหาวิทยาลัยศิลปากร                    |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง | มหาวิทยาลัยบูรพา                      |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.วีระชัย แสงฉาย         | มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา                |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.ธชาชาย เหลืองวรานันท์  | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย                 |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล  | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.สรารุช จริตงาม         | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์              |
| 7. รองศาสตราจารย์สยมพร กาษรสุวรรณ           | มหาวิทยาลัยศิลปากร                    |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์เทพ วีระพงศ์       | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช        |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย แก้วดี     | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช        |





แบบประเมินคุณภาพตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับการตีพิมพ์บทความวิจัย/บทความวิชาการ  
วารสารนวัตกรรมอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตและคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

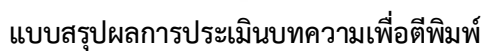
เรื่อง .....

| หัวข้อ                            | รายละเอียดการแก้ไขบทความวิจัย/บทความวิชาการ |                   |          |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|-------------------|----------|
|                                   | ข้อเสนอแนะ                                  | คำชี้แจง/การแก้ไข | หมายเหตุ |
| 1. ชื่อเรื่อง                     |                                             |                   |          |
| 2. บทคัดย่อ                       |                                             |                   |          |
| 3. บทนำ                           |                                             |                   |          |
| 4. วิธีการวิจัย                   |                                             |                   |          |
| 5. ผลการวิจัย                     |                                             |                   |          |
| 6. อภิปรายผลและ<br>สรุปผลการวิจัย |                                             |                   |          |
| 7. ข้อค้นพบและ<br>ข้อเสนอแนะ      |                                             |                   |          |
| 8. เอกสารอ้างอิง                  |                                             |                   |          |

(ลงนาม).....

(.....)

ผู้ประเมิน



เรื่อง.....

- ### 3. คำวิพากษ์และข้อเสนอแนะ

[illegible]

- ☐ ปรับปรุง      ☐ พอใช้      ☐ ดี      ☐ ดีมาก      ☐ ดีเด่น

(.....)

ผู้ประเมิน



หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

พิมพ์ที่

สำนักงานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ

นครศรีธรรมราช 1812 อาคาร 18

เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่าจี่ว อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

โทรศัพท์: 080-532-0512 e-mail: technstru.editorjournal@gmail.com