

# Science Technology & Innovation Journal



ปีที่ 2 ฉบับที่ 5  
กันยายน-ตุลาคม 2564

No.2 Vol.5  
September-October, 2021

E-ISSN : 2730-3314

## สารบัญ

|                                                                                                                                 | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| นวัตกรรมตู้อบผ้าอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีเซ็นเซอร์<br>สาริดา สาระวัน, อภิสิทธิ์ เพ็ชรศรี, สุธี ไสมาเทศ                             | 1    |
| การพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชน<br>อรอุมา เนียมหอม                           | 9    |
| การพัฒนาเครื่องจักตอกไม้ไผ่เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับงานหัตถกรรมชุมชน อำเภอบุณฑริก<br>จังหวัดอุบลราชธานี<br>คณาธิศ เนียมหอม | 19   |
| ระบบรู้จำสัญญาณมือทางทหารด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล<br>พิศณุ คูมีชัย                                                             | 28   |

## Innovative Automatic Clothes Dryer with Sensor Technology นวัตกรรมตู้อบผ้าอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีเซ็นเซอร์

|          |           |
|----------|-----------|
| Received | 24 Aug 21 |
| Reviewed | 14 Sep 21 |
| Revised  | 12 Oct 21 |
| Accepted | 19 Oct 21 |

Satida Sarawan\* and Apisit Phetkhiri

สาธิตา สารวัน\* และ อภิสิทธิ์ เพ็ชรศิริ

Student Electrical Engineering Faculty of Industrial Education Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok  
นักศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

Sutee Somaket

สุธี โสมาเกต

Advisor Electrical Engineering Faculty of Industrial Education Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok  
อาจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

\*Corresponding Author. +666-227-9617, E-mail: SATIDA-SA@rmutp.ac.th

\*ผู้รับผิดชอบประสานงาน โทรศัพท์. 062-227-9617 อีเมล: SATIDA-SA@rmutp.ac.th

### Abstract

This paper presents development of a clothes dryer for use in the residence. The purpose is to fix the problem of clothes not drying due to weather conditions, inappropriate place for drying clothes and to increase convenience for users. The system has important equipment. Temperature and humidity controller Arduino Uno R3, heating coil, temperature sensor, humidity sensor. Steps to use the fabric that has been spun and hung in the dryer. Close the tumble dryer to start using it. Then the heating coil and the temperature and humidity sensor will start working immediately. When the temperature inside the oven is higher than 60 degrees Celsius, the automatic control will be on-off by using a relay to cut-off the circuit of the heating coil. Fan motor to reduce the temperature inside the tumble dryer. When the internal temperature drops to 50 degrees Celsius, the heating coil will work again. At the same time, if the humidity sensor inside the dryer measures the humidity below 40 percent, the system will stop the heating coil immediately as the laundry is completely dry. For testing and benchmarking, it took 53 to 85 minutes to complete the drying process. The average power consumption for drying clothes was 0.95 to 1.27 kilowatts per dryer and the satisfaction survey was at the highest level of satisfaction among the 20 samples with an average of 4.42/5. From the experiment, the dryer can save costs. solve problems and know the duration of the finished drying.

**Keywords:** Temperature and humidity control system, Heating coil, Temperature sensor, Humidity sensor

### บทคัดย่อ

คณะผู้จัดทำได้สร้าง ตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัย มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาผ้าไม่แห้งเนื่องจากฝนตก สถานที่ไม่เหมาะสมในการตากผ้า และเพื่อลดระยะเวลาในการตากผ้า ซึ่งระบบที่นำเสนอมีอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้ ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น Arduino Uno R3, ขดลวดความร้อน, ตัวตรวจจับอุณหภูมิ, ตัวตรวจจับความชื้น เครื่องอบผ้ามีหลักการทำงานดังนี้ ให้นำผ้าที่ปั่นหมาดแล้วเท่านั้นเข้ามาแขวนในตู้อบผ้า ทำการปิดตู้อบผ้าแล้วเปิดเครื่องเพื่อเริ่มใช้งาน ขด

ลดความร้อน และตัวตรวจอุณหภูมิและความชื้นจะเริ่มทำงานทันที เมื่อภายในตู้อบผ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส การควบคุมแบบอัตโนมัติ จะเป็นแบบ เปิด-ปิด โดยใช้รีเลย์เป็นอุปกรณ์ตัด-ต่อวงจรของขดลวดความร้อน และมอเตอร์พัดลม เพื่อลดอุณหภูมิภายในตู้ เมื่ออุณหภูมิภายในตู้ลดลงถึง 50 องศาเซลเซียส ขดลวดความร้อนจะทำงานอีกครั้ง ในขณะเดียวกันเมื่อตัวตรวจรู้ความชื้นภายในตู้อบผ้าวัดค่าความชื้นได้ต่ำกว่าร้อยละ 40 เปอร์เซ็นต์ ระบบจะหยุดการทำงานของขดลวดความร้อนทันทีเนื่องจากผ้าได้แห้งสมบูรณ์แล้ว จากการทดสอบพบว่าใช้เวลา 53 ถึง 85 นาที ในการอบผ้าเสร็จ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบผ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.95 ถึง 1.27 กิโลวัตต์ ต่อการอบผ้า 1 ครั้ง และแบบสำรวจให้ความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.42/5 จากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน จากผลการทดลองดังกล่าวตู้อบผ้าสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย แก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และทราบถึงระยะเวลาในการอบผ้าเสร็จ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวมาข้างต้น

**คำสำคัญ:** ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ขดลวดความร้อน ตัวตรวจรู้อุณหภูมิ ตัวตรวจรู้ความชื้น

## 1. บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บ่อยครั้งที่พบผ้าเปียกชื้นผ้ามีกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ สาเหตุของการเกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ เนื่องมาจากการตากผ้าที่ไม่มีแดด จึงทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียมีจำนวนมากกกว่าในสภาวะที่มีแดด อันเนื่องจากฝนตก และสถานที่พักอาศัยไม่เอื้ออำนวยมีพื้นที่ในการตากผ้าอย่างจำกัด เช่น หอพัก อาคารคอนโดมิเนียม แพลต ตึกแถว เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าว จึงเป็นที่มาของปริณญาณินท์ ตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัย ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวมา และยังสามารถลดเวลาในการตากผ้า ใช้พลังงานง่าย สิ่งแวดล้อม ดังนั้นคณะผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัยขึ้นโดยใช้ การควบคุมแบบอัตโนมัติ จะเป็นแบบ เปิด-ปิด โดยใช้รีเลย์เป็นอุปกรณ์ตัด-ต่อวงจรของขดลวดความร้อน และมอเตอร์พัดลม เพื่อทดสอบหาระยะเวลาในการอบผ้า และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อการอบผ้าในแต่ละครั้งเพื่อพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้น และสามารถนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อสร้างตู้อบผ้าใช้งานภายในที่พักอาศัย
- 1.2.2 เพื่อออกแบบโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิและแสดงค่าร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบผ้า
- 1.2.3 เพื่อทดสอบระยะเวลาการอบผ้าเทียบกับร้อยละความชื้นสัมพัทธ์ ของผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester) และผ้าคอตตอน (Cotton) โดยมีการทดสอบแยกผ้าหนา กับผ้าบาง

1.2.4 เพื่อให้ทราบปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อการอบผ้าแต่ละครั้งของผ้าโพลีเอสเตอร์ และผ้าคอตตอน โดยมีการทดสอบแยกผ้าหนากับผ้าบาง

### 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- 1.3.1 ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าบาง จะใช้เวลาในการอบผ้าเสร็จน้อยกว่าผ้าคอตตอนในชนิดผ้าเดียวกัน
- 1.3.2 ตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัยใช้เวลาทำให้ผ้าแห้งน้อยกว่าการตากผ้าแบบปกติ

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ตัวตรวจรู้อุณหภูมิภายในตู้อบผ้า สำหรับควบคุมอุณหภูมิขดลวดความร้อน ให้ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส
- 1.4.2 ควบคุมความชื้นภายในตู้ให้ต่ำกว่าร้อยละ 40 ของความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อเป็นค่าบอกสถานะของผ้าแห้ง
- 1.4.3 ตัวตรวจรู้ความชื้นวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์สำหรับวัดค่าความชื้นของผ้าและสั่งให้ระบบหยุดการทำงานเมื่อผ้าแห้ง
- 1.4.4 ใช้ขดลวดความร้อนร่วมกับพัดลม ในการกระจายลมร้อนภายในตู้อบผ้า
- 1.4.5 ผ้าที่ใช้สำหรับทดสอบแต่ละครั้งแยกผ้าหนากับผ้าบาง ชนิดผ้า ผ้าโพลีเอสเตอร์ และผ้าคอตตอน
- 1.4.6 ผ้าที่นำมาใส่ตู้จะต้องเป็นผ้าหมดเท่านั้น
- 1.4.7 อุปกรณ์กำเนิดความร้อนเป็นฮีตเตอร์พัดลม ขนาด 1000 w แรงดันไฟฟ้า 220V AC



### 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1.5.1 ผ้าคอตตอนชนิดบางหมายถึง ผ้าคอตตอน 100%
- 1.5.2 ผ้าคอตตอน ชนิดหนาหมายถึง ผ้าคอตตอน ผสมกับโพลีเอสเตอร์ กำหนดเป็นผ้า TC
- 1.5.3 ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดบางหมายถึง ผ้าโพลีเอสเตอร์ 100%
- 1.5.4 ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดหนาหมายถึง โพลีเอสเตอร์ ผสมกับเมทัลลิก (Metallic pants) กำหนดเป็นผ้า วอร์มเทียม

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ได้เสื้อผ้านภายในที่พักอาศัย ใช้ขจัดลดความร้อนพัดลมทำให้ผ้าแห้ง
- 1.6.2 ควบคุมอุณหภูมิของขจัดลดความร้อนพัดลมภายในตู้อบผ้าให้ความร้อนไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส
- 1.6.3 เป็นอุปกรณ์ต้นแบบของตู้อบผ้า ชนิดแขวนตากภายในที่พักอาศัย
- 1.6.4 ได้ผลการทดสอบค่าร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากผ้าโพลีเอสเตอร์และผ้าคอตตอน แยกผ้าหนา กับผ้าบาง
- 1.6.5 ทำให้ทราบผลการทดสอบปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อการอบผ้าแต่ละครั้งของผ้าโพลีเอสเตอร์และผ้าคอตตอน โดยมีการทดสอบแยกผ้าหนา กับผ้าบาง

### 1.7 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

- 1.7.1 จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยของ สิทธิพล ศรีวิเศษ, คมสันต์ ดีไชยทอง, จิระพงษ์ มาลีลัม, สุพรรณ ยั่งยืน (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับตู้อบผ้าตู้อบผ้าโดยติดตั้งเบอร์เนอรอินฟราเรดเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงติดตั้งอยู่ด้านล่างโดยใช้เทอร์โมสตัทในการควบคุมอุณหภูมิ และมีพัดลมระบายติดตั้งด้านบนผลการทดลองพบว่าวิธีการตากแดดนั้นต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมงในการตากแห้งผ้า แต่เมื่อทดสอบโดยใช้เครื่องอบผ้าพบว่าสามารถทำให้ผ้าแห้งได้ในระยะเวลาประมาณ 15-30 นาทีที่อุณหภูมิอบแห้ง 40-60 องศาเซลเซียส [1]
- 1.7.2 จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยของ บัณฑิต กฤตาคม, ปฏิวัติ วรามิตร, นันทวัฒน์ วีรยุทธ, อำไพศักดิ์ ที่บุญมา, โสภณ สีนสร้าง (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ

แบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อนอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิและความเร็วคือ Thermo couple Type-K จากผลการวิเคราะห์หาแบบจำลองการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อนโดยใช้แบบจำลองเอมพีริคัลพบว่าแบบจำลองเอมพีริคัลสามารถทำนายอัตราความชื้นได้ดี มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับทำนายอัตราส่วนความชื้นในการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อนโดยอุณหภูมิและความเร็วลมในการอบแห้งจากสมการของเอมพีริคัล นั้นมีความสอดคล้องกับผลการทดลองการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อนมากที่สุด [2]

1.7.3 จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยของ วรินทร์ พูลศรี, ฐรินทร์ อัครกุลธร, กรรณพต แก้วสอน (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาวิธีการอบแห้งโดยการเปรียบเทียบในรูปแบบการให้ความร้อนเพื่อลดความชื้นโดยใช้กุหลาบสีขาวและสีแดง นำส่วนที่เป็นกลีบและดอกมาทำเป็นชาด้วยการทำให้แห้งโดยใช้กรรมวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อนเปรียบเทียบกับตู้อบลมร้อนแสงอาทิตย์ พบว่าอัตราการทำให้แห้งของกลีบดอกกุหลาบด้วยตู้อบลมร้อนอยู่ที่ประมาณ 31g/hr ส่วนตู้อบลมร้อนแสงอาทิตย์มีอัตราการทำให้แห้งของกลีบดอกกุหลาบอยู่ที่ประมาณ 5g/hr [3]

1.7.4 จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยของ อีรพงศ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์, และ ณรงค์ ภู่ออยู่, 2564 การศึกษาความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat capacity) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิสูงขึ้น 10C  $C = Q / (3) \text{ mt } Q = mct$  (4) เมื่อ m คือ มวลของสารมีหน่วยเป็น กรัม (g) หรือ กิโลกรัม (kg) Q คือ ปริมาณความร้อนที่สารได้รับหรือคาย ออกไป มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal) หรือจูล (J) t คือ อุณหภูมิ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (0 C) หรือ เคลวิน (K) [4]

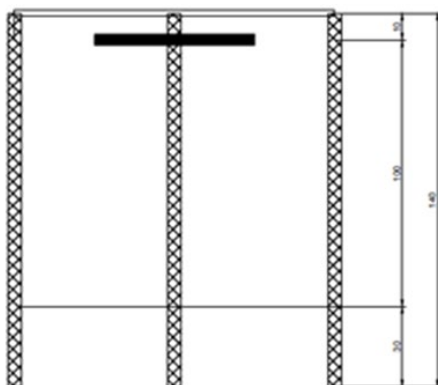
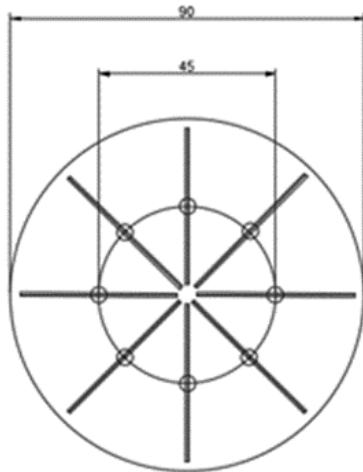
1.7.5 จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยของ อีรพงศ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์, และ ณรงค์ ภู่ออยู่, 2564การศึกษา ความร้อนแฝง (latent heat) คือ ความร้อนที่ได้รับหรือคายออก ในการเปลี่ยน สถานะเท่านั้น  $L = Q / (5) \text{ m } Q = mL$  (6) เมื่อ m คือ มวลของสารมีหน่วยเป็น กรัม (g) หรือ กิโลกรัม (kg) Q คือ ปริมาณความร้อนที่สารได้รับหรือคาย ออกไป มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal) หรือจูล (J) L คือ ความร้อนแฝงจำเพาะ มีหน่วยเป็นแคลอรี ต่อกรัม (cal/g) หรือจูลต่อกิโลกรัม (J/kg) [4]

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในลักษณะใกล้เคียงดังกล่าวจึงนำมาสู่การสร้างตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาผ้าไม่แห้ง ผ้ามีความอับชื้นเนื่องจากสถานที่ไม่เหมาะสมในการตากผ้า และยังสามารถลดระยะเวลาในการตากผ้าภายใต้สถานที่พักอาศัยที่ไม่เอื้ออำนวย

## 2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

### 2.1 การออกแบบโครงสร้างตู้อบผ้า

ภายในที่พักอาศัยผู้จัดทำได้ออกแบบโครงสร้างโดยคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานของคนทำงาน และคนที่มียพื้นที่จำกัดในการตากผ้า

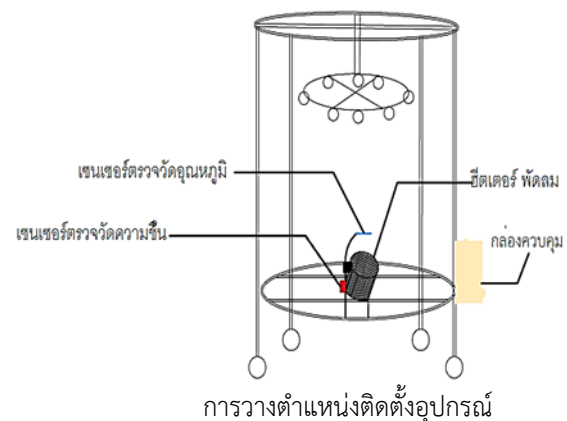


2 โครงสร้างฐานของตู้อบผ้า(มองจากด้านข้าง หน่วยเป็นเซนติเมตร)

ขนาดของตู้อบผ้ามีความกว้างอยู่ที่ 90 เซนติเมตร ขนาดของราวแขวนผ้ามีความกว้างอยู่ที่ 45 เซนติเมตร สามารถแขวนเสื้อผ้าได้ทั้งหมด 8 ตัว ดังรูปที่ 1 การออกแบบความสูงของตู้อบผ้า 140 เซนติเมตร ระยะห่างจากพื้นถึงขดลวดความร้อน 30 เซนติเมตร และระยะห่างจากราวแขวนผ้าถึงขดลวดความร้อน 100 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2 โครงสร้างตู้อบผ้าแบบจริงทำขึ้นจากสแตนเลส มีล้อเลื่อนสามารถเคลื่อนย้ายสะดวก



โครงสร้างตู้อบผ้า(แบบจริง)

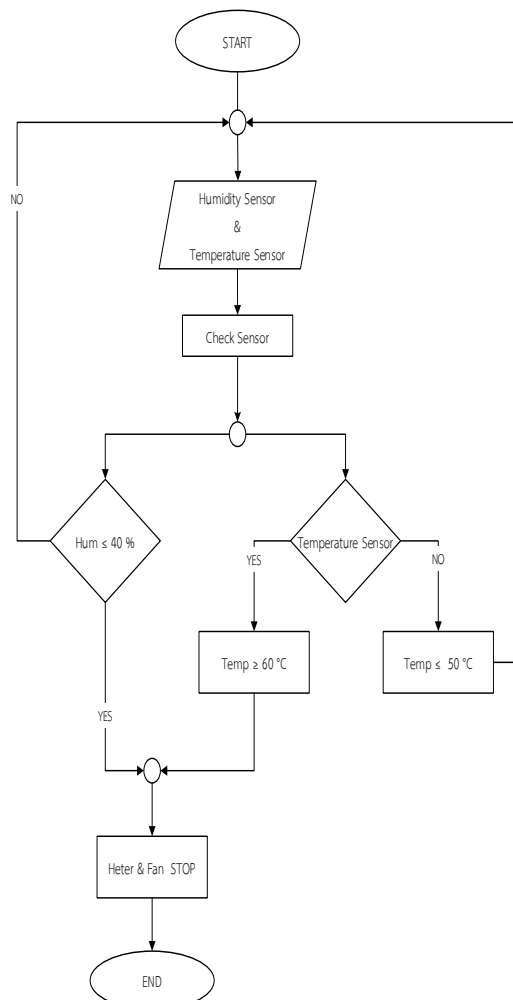


### 2.2 การติดตั้งอุปกรณ์

การติดตั้งอุปกรณ์นั้นเนื่องจากราวแขวนผ้าสามารถหมุนได้เพื่อสะดวกแก่การนำผ้าเข้ามาแขวนภายในตู้ และผ้าคลุมที่นำมาใช้เป็นผ้าที่สามารถทนความร้อนได้ดี คือผ้าคอตตอนทนความร้อนแห้งสูงกว่า 149 เซลเซียส

และด้านบนของผ้าคลุมมีรูระบายความร้อน ดังรูปที่ 3 การวางตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ของตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัยทั้งภายในและภายนอก ดังรูปที่ 4 โดยกำหนดขอบเขตการทำงานดังนี้ ตัวตรวจรู้อุณหภูมิภายในตู้อบผ้าสำหรับควบคุมอุณหภูมิขดลวดความร้อน ให้ไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส และตัวตรวจรู้ความชื้น สัมพัทธ์ภายในตู้ให้ต่ำกว่าร้อยละ 40 เพื่อเป็นค่าบอกสถานะของผ้าแห้ง และสั่งให้ระบบหยุดการทำงานเมื่อผ้าแห้ง โดยกำหนดใช้ขดลวดความร้อน ร่วมกับพัดลมในการกระจายลมร้อนภายในตู้อบผ้า ผ้าที่ใช้สำหรับทดสอบแต่ละครั้งแยกผ้าหนากับผ้าบาง

### 2.3 เงื่อนไขการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 5 เงื่อนไขการทำงานของโปรแกรม

ชนิดผ้าโพลีเอสเตอร์และผ้าคอตตอน โดยผ้าที่นำมา ใส่ตู้จะต้องเป็นผ้าที่ปั่นหามาเท่านั้น 1.เงื่อนไขการออกแบบการทำงานของขดลวดความร้อน ขณะที่เปิดเครื่องเพื่อเริ่มทำงานขดลวดความร้อน พัดลมจะเริ่มทำงานเป็นอันดับแรก 2.เงื่อนไขการออกแบบชุดตรวจจับความชื้น เมื่อขดลวดความร้อน เริ่มทำงาน ตัวตรวจรู้ความชื้น (DHT22) ก็จะเริ่มตรวจจับความชื้นของผ้าและทำการส่งสัญญาณไปยังบอร์ด Arduino เพื่อประมวลผลค่าความชื้น เมื่ออยู่ในสภาวะน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ ให้ขดลวดความร้อน หยุดการทำงานเนื่องจากผ้าแห้งสมบูรณ์ 3. เงื่อนไขการออกแบบชุดตรวจจับอุณหภูมิ

เมื่อขดลวดความร้อน เริ่มทำงานตัวตรวจรู้อุณหภูมิ (DS18B20) ก็จะทำการตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้อบผ้า และทำการส่งสัญญาณไปยังบอร์ด Arduino เพื่อประมวลผลค่าอุณหภูมิภายในตู้เมื่ออยู่ในสภาวะมากกว่าหรือเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส เพื่อสั่งให้ขดลวดความร้อน หยุดการทำงาน โดยไม่คำนึงถึงค่าของความชื้นว่าจะมีค่ากี่เปอร์เซ็นต์ เพื่อ ป้องกันความเสียหายของผ้า 4. เมื่ออุณหภูมิลดลงถึงค่าที่กำหนด 50 องศาเซลเซียส จากนั้นตัวตรวจรู้ความชื้น(DHT22) จะตรวจจับความชื้นของผ้าอีกครั้ง และแสดงผลไปยังบอร์ด Arduino เพื่อประมวลผลค่าความชื้นของผ้าเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่

- เป็นไปตามเงื่อนไข คือ ระบบจะสั่งหยุดการทำงานของขดลวดความร้อน ทันที

- ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข คือ ระบบจะสั่งให้ขดลวดความร้อนทำงานอีกครั้งตามเงื่อนไขการออกแบบโปรแกรม ดังรูปที่ 5

### 3. ผลการวิจัย

ดำเนินการทดสอบและสรุปผลการทดลองของตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัย โดยสรุปค่าเฉลี่ยของการอบผ้า ความชื้นสัมพัทธ์ก่อนอบผ้า ระยะเวลาในการอบผ้า ความชื้นสัมพัทธ์หลังอบผ้าเสร็จ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และค่าไฟฟ้าในการอบผ้า การทดสอบใช้ผ้าทั้งหมด 4 ชนิด ประกอบด้วย

1. ผ้าคอตตอน ชนิดผ้าบาง
2. ผ้าคอตตอน ชนิดผ้าหนา
3. ผ้าโพลีเอสเตอร์ ชนิดผ้าบาง
4. ผ้าโพลีเอสเตอร์ ชนิดผ้าหนา

5. ผ้าผสมทั้ง 4 ชนิด      ก่อนอบผ้าระยะเวลาในการอบผ้าความชื้นสัมพัทธ์หลังอบ  
โดยทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ต่อผ้าแต่ละ      ผ้าเสร็จ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และจำนวนเงิน ทดสอบผ้า  
ชนิด ดังตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของการอบผ้า ความชื้นสัมพัทธ์      จำนวน 10 ครั้ง

**ตารางที่ 1** ตารางสรุปค่าเฉลี่ยของการอบผ้า ความชื้นผ้าเสร็จ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และจำนวนเงิน

| ชนิดผ้า                    | ค่าเฉลี่ยความชื้น<br>ก่อนอบผ้า<br>(% RH) | ค่าเฉลี่ยความชื้น<br>หลังอบผ้าเสร็จ<br>(% RH) | ค่าเฉลี่ยระยะเวลาอบ<br>ผ้าเสร็จ<br>(นาท) | ค่าเฉลี่ยพลังงาน<br>ไฟฟ้าที่ใช้<br>(kW-h) |
|----------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| ผ้าคอตตอน ชนิดผ้าบาง       | 73.81                                    | 36.73                                         | 68                                       | 1.10                                      |
| ผ้าคอตตอน ชนิดผ้าหนา       | 74.00                                    | 36.64                                         | 85                                       | 1.27                                      |
| ผ้าโพลีเอสเตอร์ ชนิดผ้าบาง | 72.74                                    | 36.42                                         | 53                                       | 0.95                                      |
| ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าหนา  | 75.19                                    | 37.28                                         | 70                                       | 1.12                                      |
| ผ้าผสมทั้ง 4 ชนิด          | 60.08                                    | 36.25                                         | 61                                       | 1.01                                      |

สัมพัทธ์ก่อนอบผ้า ระยะเวลาในการอบผ้า ความชื้นหลังอบ พบว่าก่อนอบผ้ามีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย น้อยที่สุดคือผ้าผสมทั้ง 4 ชนิดมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 60.08 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือผ้าโพลีเอสเตอร์ ชนิดผ้าบาง มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 72.74 เปอร์เซ็นต์ ผ้าคอตตอน ชนิดผ้าบางมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 73.81 เปอร์เซ็นต์ ผ้า คอตตอนชนิดผ้าหนามีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 74.00 เปอร์เซ็นต์ และผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าหนาความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 75.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในขณะที่ระบบตัดการทำงานเมื่อมีความชื้น สัมพัทธ์ที่ 40 เปอร์เซ็นต์ ค้นพบว่าหลังอบผ้าเสร็จมี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยน้อยที่สุดคือผ้าผสมทั้ง 4 ชนิด มี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 36.25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผ้าแห้ง รองลงมาคือผ้าโพลีเอสเตอร์ ชนิดผ้าบางมีความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยที่ 36.42 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่ผ้าแห้ง ผ้าคอตตอนชนิด ผ้าหนามีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 36.64 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่ ผ้าแห้งผ้าคอตตอนชนิดผ้าบางมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 36.73 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผ้าแห้ง และผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิด ผ้าหนาความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 37.28 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ ผ้าแห้งตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาอบผ้าเสร็จ พบว่าผ้าที่ ใช้เวลาอบผ้าเสร็จน้อยที่สุด คือผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าบาง ใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 53 นาที รองลงมาคือผ้าผสมทั้ง 4 ชนิด ใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 61 นาที ผ้าคอตตอน ชนิดผ้าบาง

ใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 68 นาที ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้า หนาใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 70 นาที และผ้าคอตตอน ชนิดผ้าหนาใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 85 นาทีตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการใช้พลังงาน ไฟฟ้า พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด คือผ้า โพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าบางโดยมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เฉลี่ยที่ 0.95 กิโลวัตต์ รองลงมาคือผ้าผสมทั้ง 4 ชนิด มี ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1.01 กิโลวัตต์ ผ้า คอตตอน ชนิดผ้าบางมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 1.10 กิโลวัตต์ ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าหนามีปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า เฉลี่ยที่ 1.12 กิโลวัตต์ และผ้าคอตตอนชนิด ผ้าหนามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เฉลี่ยที่ 1.27 กิโลวัตต์ตามลำดับ

เมื่อคิดเป็นค่าไฟฟ้า พบว่าค่าไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าบางคิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อการ ใช้ 1 ครั้ง เฉลี่ยที่ 3.80 บาท รองลงมาคือผ้าผสมทั้ง 4 ชนิด คิดเป็น ค่าไฟฟ้าต่อการ ใช้ 1 ครั้งเฉลี่ยที่ 4.04 บาท ผ้าคอตตอน ชนิดผ้าบางคิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อการ ใช้ 1 ครั้งเฉลี่ยที่ 4.40 บาท ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าหนาคิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อการ ใช้ 1 ครั้งเฉลี่ยที่ 4.48 บาท และผ้าคอตตอนชนิดผ้าหนาคิด เป็นค่าไฟฟ้าต่อการ ใช้ 1 ครั้งเฉลี่ยที่ 5.08 บาทตามลำดับ (กำหนดค่าไฟฟ้าที่ 1 Unit = 4 บาท)

#### 4. อภิปรายผลและสรุป

##### 4.1 สรุปผล

จากการทดสอบตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัยโดยทำการทดลองอบผ้า 4 ชนิดได้แก่ 1. ผ้าคอตตอนชนิดผ้าบาง 2. ผ้าคอตตอนชนิดผ้าหนา 3. ผ้าโพลีเอสเตอร์ ชนิดผ้าบาง 4. ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าหนา 5. ผ้าผสมทั้ง 4 ชนิด พบว่าผ้าที่ใช้เวลาอบผ้าเสร็จน้อยที่สุด คือผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าบางใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 53 นาที รองลงมาคือผ้าผสมทั้ง 4 ชนิด ใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 61 นาที ผ้าคอตตอนชนิดผ้าบางใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 68 นาที ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดผ้าหนาใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 70 นาที และผ้าคอตตอนชนิดผ้าหนาใช้เวลาอบผ้าเสร็จเฉลี่ยที่ 85 นาที ตามลำดับ และจากการทดลองใช้จริงของกลุ่ม นักศึกษา และกลุ่มบุคคลทั่วไป ณ มิตรอนันต์ คอนโด 116/12 ซอยบางขุนนนท์ 12 แขวงบางขุนนนท์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700 เมื่อคะแนนเต็ม 5 คะแนนพบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.42 (SD = 0.43) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่าด้านหลักการทำงานหรือวิธีการใช้งาน มีระดับความพึงพอใจสูงสุดเป็นอันดับ 1 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.90 (SD = 0.31) รองลงมาอันดับ 2 คือด้านประโยชน์และความคุ้มค่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.75 (SD = 0.44) และด้านผลลัพธ์ที่ได้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70 (SD = 0.47) ตามลำดับ

##### 4.2 อภิปรายผล

จากการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า ตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัย สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้งานจริง สามารถลดภาระงานได้ดี ทำให้ผู้ใช้งานมีเวลาพักผ่อนเพิ่มขึ้น และมีเวลาร่วมกิจกรรมกับครอบครัวที่เพิ่มขึ้นทำให้กลุ่มเป้าหมายและครอบครัวมีความสุขทางกายและสุขภาวะทางจิตที่ดีขึ้น ตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัยมีความสอดคล้องกับ งานวิจัยของ สิทธิพล ศรีวิเศษ, คมสันต์ ติไชยทอง, จิระพงษ์ มาลีลัม, สุพรรณ ยั่งยืน (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับตู้อบผ้าโดยติดตั้งเบอร์เนอร์อินฟาเรดเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงติดตั้งอยู่ด้านล่างเมื่อทดสอบโดยใช้เครื่องอบผ้าพบว่าสามารถทำให้ผ้าแห้งได้ในระยะเวลาประมาณ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40-60 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ งานวิจัย

ของ บัณฑิต กฤตาคม, ปฏิวัติ วรามิตร, นันทวัฒน์ วีรยุทธ, อำไพศักดิ์ ธิบุญมา, โสภณ สิ้นสร้าง(2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อนภายใต้อุณหภูมิอบแห้ง 50-70 องศาเซลเซียส และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรินธร พูลศรี, ภูรินทร์ อัครกุลธร, กรรณพต แก้วสอน (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาวิธีการอบแห้งโดยการเปรียบเทียบในรูปแบบการให้ความร้อนเพื่อลดความชื้นโดยใช้กุหลาบสีขาและสีแดง นำส่วนที่เป็นกลีบและดอกมาทำเป็นชาด้วยการทำให้แห้งโดยใช้กรรมวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อน เปรียบเทียบกับตู้อบลมแสงอาทิตย์ ด้วยเหตุนี้ตู้อบผ้าภายในที่พักอาศัยจึงนับเป็นนวัตกรรมใหม่ที่ใช้งานได้ง่าย สามารถใช้กับที่พักอาศัยทุกประเภท และเหมาะสมกับชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบัน

##### 4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 การปรับตำแหน่งติดตั้งตัวตรวจวัดความชื้นให้อยู่บริเวณด้านล่างของผ้าคือตำแหน่งที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดสำหรับตัวตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบผ้า

4.3.2 สามารถติดตั้งตัวตรวจวัด (sensor) ป้องกันการทำงาน เมื่อสถานการณ์ลิมิตปิดผ้าคลุมตู้อบผ้า เพื่อป้องกันการดำเนินงานที่ไม่ได้ประสิทธิภาพ

4.3.3 สามารถเพิ่มเงื่อนไขการใช้งานให้สามารถใช้งานได้ 2 รูปแบบ คือ 1.สามารถใช้งานในรูปแบบตู้อบผ้า 2.สามารถใช้งานในรูปแบบราวตากผ้า ในกรณีที่ต้องการตากด้วยแสงแดด

4.3.4 การนำปัจจัยในเรื่องอากาศอัตราการไหลของอากาศ (Air Flow Rate) มาเป็นปัจจัยหนึ่งในการพิจารณา ที่ให้งานสมบูรณ์ขึ้น

4.3.5 สามารถใช้ขดลวดความร้อนพดลที่มีกำลังวัตต์มากกว่า 1,000 วัตต์ เมื่อต้องการลดระยะเวลาในการอบผ้า

4.3.6 สามารถติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า(electric motor) ที่ราวแขวนผ้าเพื่อทำการหมุนผ้าทำให้ผ้าได้รับความร้อนเท่า ๆ กันทุกตัว

4.3.7 สามารถสร้างบริเวณส่วนบนตู้อบผ้าให้เป็นลักษณะรูปทรงโดมเพื่อไล่ลมจากขดลวดความร้อน พดลลมหมุนเวียนได้ทั่วถึงทั้งตู้อบผ้าส่งผลให้ผ้าแห้งเร็วขึ้นและใช้พลังงานน้อยลง



4.3.8 โครงสร้างของตู้อบผ้าควรถอดประกอบได้ เพื่อสะดวกในการจัดเก็บ และขนย้าย

## 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] สิทธิพล ศรีวิเศษ, คมสันต์ ตี๋ไชยทอง, จิระพงษ์ มาลีลับ, สุพรรณ ยั่งยืน: การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรม เครื่องกลแห่งประเทศไทย. ตู้อบผ้า. [อินเทอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงวันที่ 2563 ตุลาคม 15];62(33): [หน้า1-9]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.tsme.org/me-nett/me-nett2019/fullpaper/ETM/ETM012.pdf>.
- [2] บัณฑิต กฤดาคม, ปฏิวัติ วรามิตร, นันทวัฒน์ วีรยุทธ, อำไพศักดิ์ ทัพญมา, โสภณ สิ้นสร้าง, แบบจำลองการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งบอระเพ็ดด้วยลมร้อน. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. [อินเทอร์เน็ต] 2554. [เข้าถึงวันที่ 2563 ตุลาคม 15];54(1) (หน้า60-68). เข้าถึงได้จาก: <http://web.eng.ubu.ac.th/2556/1.Paper%20No.1.pdf>.
- [3] วรินทร์ พูลศรี, ภูรินทร์ อัครกุลธร, กรรณพต แก้วสอน, 2560. การศึกษาวิธีการอบแห้งในการทำชาทุลาบ. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. [อินเทอร์เน็ต] 2560. [เข้าถึงวันที่ 2563 ตุลาคม 16]; 60(16) (หน้า1-9). เข้าถึงได้จาก: <http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202018/CRDC11/data/425-428.pdf>.
- [4] อีรพงศ์ บริรักษ์, พงษ์สวัสดิ์ คชภูมิ, วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์, และณรงค์ ภู่ออยู่, 2564: ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2561. [เข้าถึงวันที่ 2564 ตุลาคม 11]; (หน้า186). เข้าถึงได้จาก: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/download/247285/168474/>
- [5] ชินวัจน์ งามวรรณกร, สุทัศน์ รุ่งระวีวรรณ, อมรเทพ มณีเนียม: การพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อม ด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง IOT. [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงวันที่2563 ตุลาคม 17]; 61(33):[หน้า1-36]. เข้าถึงได้จาก: <https://wb.yru.ac.th/bitstream/yr/995/1/3.pdf>.

**A Development of bamboo sticks to increase productivity for the community in Bun-tharik District, Ubon Ratchathani.****การพัฒนาเครื่องจักตอกไม้ไผ่เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับงานหัตถกรรมชุมชน อำเภอขุนทริก จังหวัดอุบลราชธานี**

|          |           |
|----------|-----------|
| Received | 30 Aug 21 |
| Reviewed | 29 Sep 21 |
| Revised  | 30 Oct 21 |
| Accepted | 01 Nov 21 |

Kanatid Niamhom\*

คณาธิศ เนียมหอม\*

Program in Technology Product Design Faculty of Industrial Technology Ubonratchathani Rajabhat University  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

Onuma Niamhom

อรอุมา เนียมหอม

Program in Computer Technology Faculty of Industrial Technology Ubonratchathani Rajabhat University  
สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

\*Corresponding Author, Tel. +6689-722-3637, E-mail: kanatid.n@ubru.ac.th

\*ผู้รับผิดชอบประสานงาน โทรศัพท์. 08-9722-3637 อีเมล: kanatid.n@ubru.ac.th

**Abstract**

The research team has developed bamboo motifs to increase production potential for community handicrafts in Bun-tharik District, Ubon Ratchathani Province. With the objective of 1) to develop innovative bamboo basketry in order to increase the potential for producing raw materials for the community. so that the community can increase the capacity of raw material preparation for faster and more than interlace as same time. The operation of the machine will use people to feed the bamboo wood hemisphere into the metal rollers on the right side of the machine. Then the metal rollers Will clamp and push the bamboo halves through by the blade. To become thin bamboo sticks. And the rest will be on top of the blade. The remaining of bamboo will feed passed through the metal rollers again. To hit the bamboo again. Until there are no bamboo sticks on the blade. From the experiment of stick bamboo with a bamboo sticks. By using the time of testing, the total average in 1 minute will sticks 24.02 grams and the ability to work in 1 hour will sticks the bamboo that has passed by 1.44 kg of bamboo sticks and get the results of comparative test of bamboo stick. By hand from human labor with a bamboo sticks and developed by the researcher. It was found that use of the bamboo sticks machine was effective. The average is 114.90 grams. Which shows that to use a bamboo stick machine to have Effective in enhancing potential for community product handicrafts More compared to human labor at 91.69 Percent.

**Keywords:** Craft, Wicker, Bamboo, production potential

### บทคัดย่อ

คณะผู้วิจัยได้มีการพัฒนาเครื่องจักตอกไม้ไผ่เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับงานหัตถกรรม ชุมชน อำเภอ บุนทริก จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องจักตอกไม้ไผ่ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตวัตถุดิบให้แก่ชุมชน จะช่วยให้ชุมชนสามารถเพิ่มศักยภาพในการจัดเตรียมวัตถุดิบสำหรับการจักสานได้เร็วยิ่งขึ้น และมากขึ้น ในระยะเวลาเท่าเดิม ลักษณะการทำงานของเครื่องจะใช้แรงงานคนในการป้อนซีกไม้ไผ่เข้าสู่ชุดลูกกลิ้งโลหะ ทางด้านขวาของเครื่องจักตอก แล้วชุดลูกกลิ้งโลหะ จะหนีบและดันซีกไม้ไผ่ผ่านใบมีด เพื่อกลายเป็นเส้นตอกไม้ไผ่ขนาด บาง ส่วนที่เหลือจะอยู่ด้านบนของใบมีด จากนั้นจะนำซีกไม้ไผ่ที่เหลือมาผ่านชุดลูกกลิ้งโลหะอีกครั้ง เพื่อจักเส้นตอกไม้ไผ่ อีก จนกว่าจะไม่เหลือซีกไม้ไผ่บนใบมีด ซึ่งจากการทดลองการจักตอกไม้ไผ่ด้วยเครื่องจักตอกไม้ไผ่ โดยใช้เวลาในการทดสอบ ค่าเฉลี่ยรวม ใน 1 นาทีจะจักตอกได้ 24.02 กรัม และความสามารถในการทำงานใน 1 ชั่วโมง จะได้ตอกไม้ไผ่ที่ผ่านด้วย เครื่องจักตอกไม้ไผ่ 1.44 กิโลกรัม และได้ผลการทดลองเปรียบเทียบการจักตอกไม้ไผ่ด้วยมือจากแรงงานคน กับเครื่องจัก ตอกไม้ไผ่และที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่าการใช้เครื่องจักตอกไม้ไผ่นั้นมีประสิทธิภาพสามารถจักตอกไม้ไผ่ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 114.90 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้เครื่องจักตอกไม้ไผ่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับงานหัตถกรรม ชุมชน ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน อยู่ที่ 91.69 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ:** หัตถกรรม เครื่องจักสาน ไม้ไผ่ ศักยภาพในการผลิต

### 1.บทนำ

เครื่องจักสานเป็นเครื่องใช้ของคนไทย ที่มีใช้กัน ทั่วไปแทบทุกครัวเรือนมาตั้งแต่สมัยโบราณ เครื่องจักสาน นั้น นอกจากจะสานเป็นภาชนะต่างๆแล้ว ยังสานเป็น เครื่องมือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันอีกมากมายหลายชนิด ได้แก่ สานเป็นเครื่องดัก กุ้ง ปู ปลา ได้แก่ ลอบ ไซ ตุ่ม สุ่ม ชะนาง อีจู้ เป็นต้น วัตถุดิบหรือสิ่งที่นำมาทำเครื่องจักสาน ของไทยมีหลายชนิดแตกต่างกันไป เช่น ในภาคเหนือและ ภาคอีสาน มักทำเครื่องจักสานไม้ไผ่ โดยการนำไม้ไผ่มาจัก เป็นตอก สานเป็นสิ่งต่างๆ แต่ในภาคใต้มักทำเครื่องจักสาน จากต้นกระจุต ใบลำเจียก และย่านลิเภา เพราะเป็นวัตถุดิบ ที่มีมากในภาคใต้ และตอกไม้ไผ่ยังสามารถนำมาผูกมัด สิ่งของและเป็นผลิตภัณฑ์ของใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งในงาน กลุ่ม OTOP ในภาคอีสานได้รับความนิยมเป็นอย่างมากใน ผลิตภัณฑ์ที่เป็นงานอนุรักษ์ธรรมชาติมีอัตราการบริโภค เป็นอย่างสูงและยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและ

ในชุมชนทั่วไป ผลิตภัณฑ์จักสานสามารถสร้างชื่อเสียง ให้กับงาน OTOP เป็นอย่างมากและได้รับความนิยมสูง

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการผลิตผลิตภัณฑ์จากตอกไม้ไผ่เป็น ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มสหกรณ์จักสานหวด บ้านหลัก ป้าย ตำบลโพรงงาม อำเภอบุนทริก จังหวัดอุบลราชธานี ที่ สืบทอดกันมาโดยการนำเอาทรัพยากรในท้องถิ่นด้านไม้ไผ่ ที่มีจำนวนมากและมีการขึ้นหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาเข้ามา ประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และพัฒนาสู่การตอบสนองต่อผู้บริโภคทำรายได้ให้กับ ชุมชน จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่กลุ่มสหกรณ์จักสาน หวด บ้านหลักป้าย ตำบลโพรงงาม อำเภอบุนทริก จังหวัด อุบลราชธานี และประชาชนที่ประกอบอาชีพประดิษฐ์ ผลิตภัณฑ์จากตอกไม้ไผ่ พบว่า การผลิตงานหัตถกรรมจาก ไม้ไผ่ได้รับการสืบทอดจากบรรพบุรุษมาเป็นเวลานาน สามารถประกอบอาชีพทำรายได้มาเลี้ยงดูครอบครัวและยัง ยึดเป็นอาชีพได้ในระยะยาว เนื่องจากว่าเป็นที่ต้องการของ

ตลาดและวัสดุยังมีการหมุนเวียนตลอดเวลาแต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือการสานจากตอกไม้ไผ่ เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ส่งตลาดมีการสั่งสินค้าเป็นอย่างมาก โดยจะมีกลุ่มพ่อค้าคนกลางเข้ามารับซื้อผลิตภัณฑ์ถึงที่ แล้วนำส่งออกไปจำหน่ายตามภูมิภาคต่างๆ ทั่วประเทศ ซึ่งสินค้าที่แสดงถึงภูมิปัญญาพื้นบ้านส่วนใหญ่จะเป็นงานศิลปหัตถกรรมที่ทำมาจากวัสดุธรรมชาติหรือแม้แต่พืชที่หลายคนอาจมองเป็นสิ่งไร้ค่า แต่ด้วยภูมิปัญญาของช่างพื้นบ้านที่นำเอาวัสดุที่อยู่ในท้องถิ่น เช่น ไม้ไผ่ ผักตบชวา กาบบัว ย่านลิเภา และกระจูด มาปรับเปลี่ยนยกระดับด้วยฝีมือที่สั่งสมมาให้เกิดเป็นหัตถกรรมจักสานเสริมสร้างความสวยงามด้วยลวดลายต่างๆ พัฒนาให้มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และมีมรดกทางวัฒนธรรม

ซึ่งการส่งออกผลิตภัณฑ์จักสาน มีอัตราการขยายตัวขึ้นเรื่อย ๆ โดยในปี 2561 มีมูลค่าการส่งออก 138,262,953 บาท มีการส่งออกหลักไปยังประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ซาอุดีอาระเบีย เกาหลีใต้ และจีน ซึ่งมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 24 จากปี 2560 ที่มีมูลค่าการส่งออก 110,843,183 บาท ในขณะที่ปัจจุบันการส่งออกผลิตภัณฑ์จักสาน (มกราคม-พฤศจิกายน 2562) สามารถสร้างมูลค่าการส่งออกได้มากถึง 136,512,285 บาท (กระทรวงพาณิชย์, 2563) เนื่องจากผู้บริโภคนิยมการอุปโภคบริโภคผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์จักสานได้รับความสนใจอย่างมาก และอันเนื่องจากสภาพที่พบเห็น คณะผู้วิจัยจึงเห็นปัญหากลุ่มสหกรณ์จักสานหัตถบ้านหลักป่าย ตำบลโพรงงาม อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี ว่ามีการผลิตสินค้าหัตถกรรมจากไม้ไผ่เพื่อส่งออกตลอดเวลา แม้กระทั่งช่วงฤดูในการทำนาหรือเกษตรกรรม ซึ่งกลุ่มชุมชนจะใช้เวลาร้างหลังจากทำกิจวัตรประจำวัน หรือหลังจากทำการเกษตรในแต่ละวัน มาทำการผลิตผลิตภัณฑ์จักสานเพื่อให้มีรายได้ คณะผู้วิจัยจึงคิดและพัฒนาเครื่องจักตอกไม้ไผ่ เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตวัตถุดิบตอกไม้ไผ่สำหรับงานหัตถกรรมประเภทจักสาน และลดการนำเข้าเครื่องจักรสำหรับงาน

หัตถกรรมชุมชน ซึ่งเครื่องจักตอกที่นักวิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นนั้นมีขนาดลูกกลิ้ง และระบบการทำงานที่เหมาะสมกับชนิดของไม้ไผ่ที่ใช้ และจักตอกได้ขนาดพอเหมาะต่อการผลิตหวดไม้ไผ่ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจักสานของชุมชนบ้านหลักป่าย ที่จะช่วยให้กลุ่มสหกรณ์จักสานหัตถบ้านหลักป่าย ตำบลโพรงงาม อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี สามารถใช้เครื่องจักตอกไม้ไผ่ในการสร้างอาชีพ สร้างรายได้ และยกระดับผลิตภัณฑ์จักสานที่มีคุณภาพและจำนวนที่มากขึ้นได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องจักตอกไม้ไผ่ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตวัตถุดิบให้แก่ชุมชน

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุมชน ท้องถิ่นที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ OTOP และเครื่องจักสาน

1.3.1 ชุมชนให้ความร่วมมือในการถ่ายทอดองค์ความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่น

1.3.3 ความหลากหลายของวัสดุพื้นถิ่นที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ OTOP

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ผู้ประกอบการกลุ่มจักสานไม้ไผ่ สามารถนำแนวทางการวิจัยเพื่อนำไปใช้ในการต่อยอดในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อการจักสาน

1.4.2 ผู้ประกอบการกลุ่มจักสานไม้ไผ่ ได้เครื่องมือเพื่อใช้ในการเพิ่มศักยภาพในการผลิต หรือลดขั้นตอนการทำงานลง

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

**หัตถกรรม** คือ งานช่างที่ทำด้วยมือหรืองานประดิษฐ์ที่ทำด้วยมือ โดยใช้วัตถุดิบหลักเป็นไม้ไผ่จากพื้นที่ บ้านหลักป่าย อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี

**เครื่องจักสาน** คือ เครื่องจักสานที่ทำจากไม้ไผ่ เช่น หวด ตะกร้า กระติบข้าว เป็นต้น ของบ้านหลักป่าย อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี

**ไม้ไผ่** คือ ไม้ไผ่ที่สามารถนำมาทำเครื่องจักสานได้ เช่น ไม้ไผ่ฟุ้งที่ขึ้นตามเชิงเขา และที่ชุมชนปลูกไว้ในหมู่บ้านในพื้นที่บ้านหลักป่า อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี

**ศักยภาพการผลิต** คือ การเพิ่มผลผลิตที่ได้จากเดิม โดยลดขั้นตอนบางขั้นตอนในกระบวนการทำงานแต่ผลผลิตที่ได้ยังคงเพิ่มมากขึ้น เช่นการลดกระบวนการแช่ไม้ไผ่ ก่อนทำการจักตอกของบ้านหลักป่า อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี

#### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้นวัตกรรมต้นแบบเครื่องจักตอกไม้ไผ่ สำหรับการเพิ่มศักยภาพการผลิตเครื่องจักสาน

### 2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

#### 2.1. ขั้นตอน วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดวิธีการศึกษาวิจัยเพื่อให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เอาไว้ดังนี้

2.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลไม้ไผ่ และการจักตอกไม้ไผ่ในพื้นที่ ตำบลโพงาม อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี

2.1.2 ศึกษาข้อมูลและกระบวนการจักตอก ด้วยการใช้เครื่องมือที่มีอยู่ในชุมชนเป้าหมาย

2.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนและกระบวนการการจักตอกของชุมชน

2.1.4 ศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์รูปแบบของต้นแบบเครื่องจักตอก โดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักร

2.1.5 สรุปผลการศึกษาและนำเข้าสู่กระบวนการออกแบบ

2.1.6 พัฒนาและสร้างต้นแบบเครื่องจักตอกไม้ไผ่

2.1.7 ประเมินผลิตภัณฑ์ ต้นแบบ และวัดประสิทธิภาพ

2.1.8 รายงานผลวิจัย

### 3. ผลการทดลอง

#### 3.1 ขอบเขตการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาไว้ดังนี้

##### 3.1.1 ด้านเนื้อหา

- ศึกษาองค์ความรู้ ประวัติความเป็นมาและสภาพปัจจุบัน ปัญหาเกี่ยวกับภูมิปัญญาพื้นบ้าน ในการใช้ไม้ไผ่ และตอกไม้ไผ่ตั้งแต่ขั้นตอน การปลูกขยายพันธุ์การแปรรูป

- ศึกษาการต่อยอดภูมิปัญญาพื้นบ้านในการใช้ไม้ไผ่ และตอกไม้ไผ่เพื่อเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ในรูปแบบของเครื่องจักสาน

##### 3.1.2 ด้านวิธีวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร (Document) และการเก็บรวบรวมข้อมูลจากภาคสนาม (Field Study) โดยการ สัมภาษณ์ สังเกต การสนทนากลุ่ม และนำข้อมูลมาวิเคราะห์

##### 3.1.3 ด้านระยะเวลา

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาพื้นบ้านในการใช้ไม้ไผ่ และตอกไม้ไผ่เพื่อเศรษฐกิจสร้างสรรค์ในรูปแบบของเครื่องจักสานครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาในการ ดำเนินการวิจัย 12 เดือน

##### 3.1.4 ด้านพื้นที่

ผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ในการวิจัยให้สอดคล้องกับความมุ่งหมาย โดยเลือกพื้นที่ด้วยวิธีแบบ เจาะจง (Purposive Selection) โดยมีเกณฑ์ในการเลือกดังนี้

พื้นที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาพื้นบ้านในการใช้ไม้ไผ่ และตอกไม้ไผ่เพื่อเศรษฐกิจสร้างสรรค์ในรูปแบบของเครื่องจักสาน ผู้ทำวิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาในกลุ่มสหกรณ์จักสานหวดบ้านหลักป่า ตำบลโพงาม อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี เพราะเป็นหมู่บ้านที่มีการประกอบอาชีพด้าน การทำเครื่องจักสานจากไม้ไผ่มายาวนาน และประกอบอาชีพจักสานทั้งหมู่บ้าน



### 3.1.5 ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- กลุ่มประชากร ได้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาพื้นบ้านในการใช้ไม้ไผ่และตอกไม้ไผ่เพื่อเศรษฐกิจสร้างสรรค์ในรูปแบบของเครื่องจักสานที่อาศัยอยู่ในชุมชน กลุ่มจักสานบ้านหลักบ้าย อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 30 คน

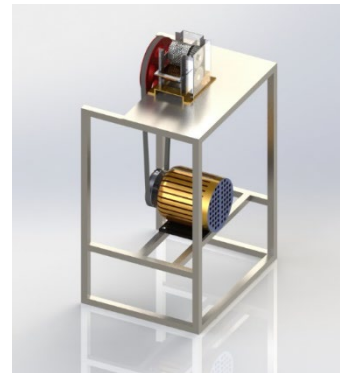
- กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ผู้ประกอบการและผู้เกี่ยวข้อง (Casual Informant) จำนวน 28 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบ เจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางสำเร็จรูปของ Krejcie & Morgan

## 3.2 การออกแบบและหลักการทำงานของเครื่องจักตอกไม้ไผ่

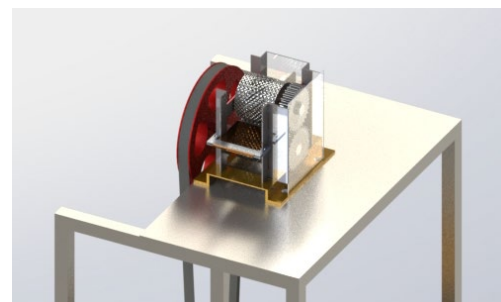
ในการออกแบบหลักการทำงานของเครื่องจักตอกไม้ไผ่เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับงานหัตถกรรมชุมชน อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี จากข้อมูลที่ได้ศึกษาและลงพื้นที่เก็บข้อมูลทางทีมวิจัย จึงได้ขั้นตอนของการทำงานดังต่อไปนี้

1. ทำการผ่าซีกไม้ไผ่ เพื่อให้ได้ขนาดความกว้างประมาณ 3 - 5 ซม.
2. นำไม้ไผ่ที่ผ่าซีกแล้ว เข้าสู่เครื่องจักตอก
3. ทำการป้อนไม้ไผ่ที่ผ่าซีกแล้วเข้าเครื่องที่ละ 1 แท่ง โดยการป้อนเข้าทางรางส่งไม้ไผ่
4. ระบบลูกกลิ้งจะทำการหนีไม้ไผ่ แล้วดันไม้ไผ่ผ่านชุดใบมีด เพื่อทำการจักตอกไม้ไผ่
5. ระบบลูกกลิ้งจะดันไม้ไผ่ออกอีกทางหนึ่งของเครื่อง
6. นำไม้ไผ่ที่ผ่านการจักตอกจากรอบที่แล้ว มาป้อนเข้าสู่เครื่องจักตอกอีกครั้ง
7. จนกว่าไม้ไผ่ที่ผ่าซีกนั้นจะบาง จนไม่สามารถจักตอกได้อีก ให้นำออกจากเครื่อง
8. ป้อนไม้ไผ่ที่ผ่าซีกแล้ว ท่อนใหม่เข้าสู่เครื่อง แล้วทำตามกระบวนการข้อ 3 - 7
9. ชุดใบมีดจักตอกไม้ไผ่ สามารถตั้งระยะความหนาของเส้นตอกไม้ไผ่ได้

ในการจัดทำเครื่องเครื่องจักตอกไม้ไผ่ในครั้งนี้ ทีมวิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องจักตอกไม้ไผ่ให้มีความสะดวกต่อการใช้งานของผู้ใช้งาน และเพิ่มประสิทธิภาพให้สามารถจักตอกไม้ไผ่ได้ปริมาณที่มากขึ้นจากเดิมที่จักตอกไม้ไผ่ด้วยมือ โดยมีโครงสร้างของเครื่องดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 1 โครงสร้างด้านหน้าของเครื่องจักตอกไม้ไผ่



รูปที่ 2 โครงสร้างตัวเครื่อง และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากการใช้งาน

## 4. อภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา

จากการพัฒนาเครื่องจักตอกไม้ไผ่ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักตอกไม้ไผ่ ด้วยการลงพื้นที่วิจัย และเก็บรวบรวมข้อมูล ได้ศึกษาเกี่ยวกับหลักการออกแบบพร้อมทั้งได้ให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยในการทำพัฒนาเครื่องจักตอกไม้ไผ่และได้ทำการทดสอบเครื่องโดยมีรายละเอียดและผลการวิจัยดังต่อไปนี้

### 4.1 ผลการทดลองการจักตอกไม้ไผ่ด้วยมือ

ในการลงพื้นที่ชุมชนเพื่อเก็บข้อมูลในการทำเครื่องจักตอกไม้ไผ่เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทำหัตถกรรมเครื่อง

จักสาน โดยมีการทดลองจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหลัก  
ป่าย อำเภอบุณฑริก มีขั้นตอนและกระบวนการดังนี้

1. ทำการใช้มีดผ่าซีกไม้ไผ่ เป็นแท่งขนาด 3 – 5  
ซม. เพื่อใช้ในกระบวนการจักตอก

2. ใช้มีดเหลาไม้ไผ่ เพื่อทำการลบเหลี่ยมของขอบ  
แท่งไม้ไผ่ ซึ่งในกระบวนการนี้จะต้องใช้ผ้า หรือพลาสติก  
ปิดแผลพันที่ปลายนิ้วไว้ เพื่อป้องกันการอันตรายจากเสี้ยนไม้  
ไผ่

3. ใช้มีดปลายแหลมเฉือนตามขอบของไม้ไผ่ เพื่อ  
ลบเหลี่ยมของแท่งไม้ไผ่ก่อนทำการจักตอก เพื่อให้ได้ตอก  
ไม้ไผ่ที่มีขนาดใกล้เคียง

4. ใช้มีดปลายแหลมผ่าที่ปลายแท่งไม้ไผ่ เพื่อ  
เตรียมสู่กระบวนการจักตอก โดยทำการผ่าที่ปลายแท่งไม้  
ไผ่ลึกลงไป 2 – 5 ซม. และมีความหนาประมาณ 1 มม.

5. ใช้นิ้วเท้าทำการหนีบที่ปลายซีกไม้ไผ่ แล้วใช้  
มือดึงอีกปลายของซีกตอก เพื่อให้ตอกแยกออกจากซีกตอก  
ที่ผ่าไว้ เรียกว่ากระบวนการจักตอก

6. นำตอกที่จักออกแล้ว มาทำการจักอีกครั้งด้วย  
มีดเพื่อขูดเอาเสี้ยน และทำให้ตอกมีความหนาที่เท่า  
ๆ กัน แล้วจึงนำมาสานขึ้นรูปทรง



รูปที่ 3 กระบวนการจักตอกด้วยมือ

ซึ่งจากการทดสอบการจักตอกไม้ไผ่ด้วยมือ โดย  
ใช้แรงงานคนนั้น จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง โดยใช้  
เวลาในการทดสอบครั้งละ 5 นาที ค่าเฉลี่ยรวม ใน 1 นาที

จะจักตอกไม้ไผ่ได้ 12.53 กรัม และความสามารถในการ  
ทำงานใน 1 ชั่วโมง จะได้ตอกไม้ไผ่ ที่ผ่านการจักตอกไม้ไผ่  
ด้วยมือจากแรงงานคน 0.75 กิโลกรัม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการจักตอกไม้ไผ่ด้วยมือ

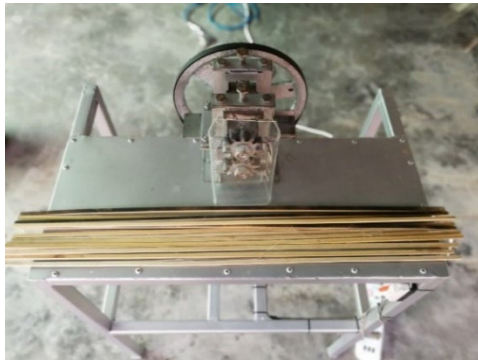
| ครั้งที่  | ปริมาณตอก<br>ไม้ไผ่ที่ได้<br>(กรัม) | เฉลี่ย 1 นาทีได้<br>ตอกไม้ไผ่ปริมาณ<br>(กรัม) | ความสามารถใน<br>การทำงาน<br>(กก./ชม.) |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1         | 55                                  | 11.00                                         | 0.66                                  |
| 2         | 63                                  | 12.60                                         | 0.76                                  |
| 3         | 72                                  | 14.40                                         | 0.86                                  |
| 4         | 59                                  | 11.80                                         | 0.71                                  |
| 5         | 60                                  | 12.00                                         | 0.72                                  |
| 6         | 58                                  | 13.40                                         | 0.80                                  |
| 7         | 64                                  | 12.50                                         | 0.75                                  |
| 8         | 66                                  | 11.60                                         | 0.70                                  |
| 9         | 69                                  | 12.00                                         | 0.72                                  |
| 10        | 68                                  | 14.00                                         | 0.84                                  |
| รวม       | 634                                 | 125.30                                        | 7.52                                  |
| ค่าเฉลี่ย | 63.40                               | 12.53                                         | 0.75                                  |
| S.D.      | 5.42                                | 1.09                                          | 0.07                                  |

#### 4.2 ผลการทดลองการจักตอกไม้ไผ่ด้วยเครื่อง จักตอกไม้ไผ่ที่ผู้วิจัยพัฒนา

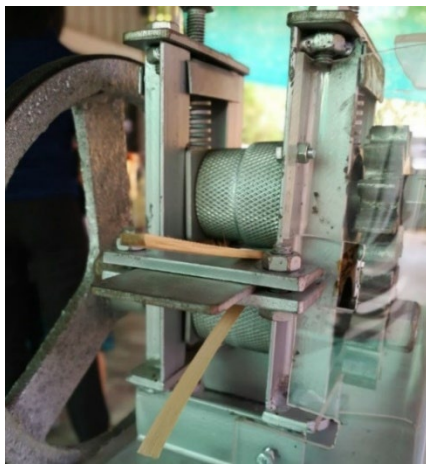
จากการพัฒนาเครื่องจักตอกไม้ไผ่คณะผู้วิจัยได้  
ออกแบบตารางสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของ  
ของเครื่องจักตอกไม้ไผ่ดังนี้

1. เตรียมไม้ไผ่ที่ผ่าซีกมาแล้วเข้าเครื่องจักตอก  
โดยป้อนไม้ไผ่เข้าทางด้านขวาของตัวเครื่อง

2. เปิดสวิตช์ไฟ เพื่อให้เครื่องจักรทำงาน



รูปที่ 4 เตรียมไม้ไฟเข้าสู่เครื่องจักตอก



รูปที่ 5 การจักตอกด้วยเครื่อง



รูปที่ 6 ตอกไม้ไฟ ที่ผ่านการจักด้วยเครื่อง

การทดสอบการจักตอกไม้ไฟด้วยเครื่องจักตอกไม้ไฟจากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง โดยใช้เวลาในการทดสอบครั้งละ 5 นาที ค่าเฉลี่ยรวม ใน 1 นาทีจะจักตอกได้ 24.02 กรัม และความสามารถในการทำงานใน 1 ชั่วโมง

จะได้ตอกไม้ไฟที่ผ่านด้วยเครื่องจักตอกไม้ไฟ 1.44 กิโลกรัม ดังตารางที่ 2

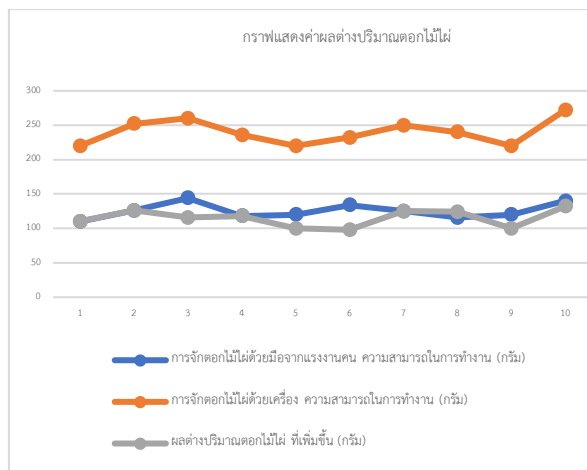
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการจักตอกไม้ไฟด้วยเครื่องจักตอกไม้ไฟ

| ครั้งที่  | ปริมาณตอกไม้ไฟที่ได้ (กรัม) | เฉลี่ย 1 นาทีที่ได้ ตอกไม้ไฟ ปริมาณ (กรัม) | ความสามารถในการทำงาน (กก./ชม.) |
|-----------|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|
| 1         | 110                         | 22.00                                      | 1.32                           |
| 2         | 126                         | 25.20                                      | 1.51                           |
| 3         | 130                         | 26.00                                      | 1.56                           |
| 4         | 118                         | 23.60                                      | 1.42                           |
| 5         | 110                         | 22.00                                      | 1.32                           |
| 6         | 116                         | 23.20                                      | 1.39                           |
| 7         | 125                         | 25.00                                      | 1.50                           |
| 8         | 120                         | 24.00                                      | 1.44                           |
| 9         | 110                         | 22.00                                      | 1.32                           |
| 10        | 136                         | 27.20                                      | 1.63                           |
| รวม       | 1201                        | 240.20                                     | 14.41                          |
| ค่าเฉลี่ย | 120.10                      | 24.02                                      | 1.44                           |
| S.D.      | 9.05                        | 1.81                                       | 0.11                           |

#### 4.2. อภิปรายผล

จากการทดลองใช้งานเครื่องจักตอกไม้ไฟแบ่งการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักตอกไม้ไฟว่าสามารถเพิ่มผลผลิต และการทดลองจักตอกไม้ไฟเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ โดยในการทดลองการจักตอกไม้ไฟด้วยมือและการใช้เครื่องจักตอกไม้ไฟนั้น การทดสอบการจักตอกไม้ไฟด้วยมือจากแรงงานคน ซึ่งเป็นสมาชิกกลุ่มสหกรณ์จักสานหวดบ้านหลักป่าย ตำบลโพงาม อำเภอบุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นชาวบ้านที่มีภูมิปัญญาในการสานไม้ไฟมาเป็นเวลานาน โดยสืบสานอาชีพมาจากรุ่น บิดา มารดา และมีความชำนาญในการจักตอกเป็นอย่างดี จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง โดยใช้เวลาในการทดสอบ ค่าเฉลี่ยรวม ใน 1 นาทีพบว่า จะจักตอกไม้ไฟได้ 12.53 กรัม และความสามารถในการทำงานใน 1 ชั่วโมง จะได้

ดอกไม้ฝั่ผ่านการจกดอกไม้ฝั่ด้วยมือจากแรงงานคน 0.75 กิโลกรัม และการทดสอบการจกดอกไม้ฝั่ด้วยเครื่อง จกดอกไม้ฝั่ โดยใช้เวลาในการทดสอบค่าเฉลี่ยรวม ใน 1 นาที่ จะจกดอกไม้ฝั่ได้ 24.02 กรัม และความสามารถในการ ทำงานใน 1 ชั่วโมง จะได้ดอกไม้ฝั่ที่ผ่านด้วยเครื่องจกดอก ไม้ฝั่ 1.44 กิโลกรัม และได้ผลการทดลองเปรียบเทียบการ จกดอกไม้ฝั่ด้วยมือจากแรงงานคน กับเครื่องจกดอกไม้ฝั่ และที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่าการใช้เครื่องจกดอกไม้ฝั่ นั้นมี ประสิทธิภาพสามารถจกดอกไม้ฝั่ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 114.90 กรัม



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลต่างระหว่างการจกดอกด้วยมือ และ เครื่องจกดอก

#### 4.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยการพัฒนา เครื่องจกดอกไม้ฝั่ ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

**ด้านสังคม** ชาวบ้านและชุมชนที่ประกอบอาชีพ จกสานด้วยไม้ฝั่สามารถนำผลจากโครงการวิจัยนี้ เป็น ต้นแบบและแนวทางในการสร้างเครื่องจักรเพื่อส่งเสริมการ ทำอาชีพของชุมชน ที่เป็นผู้ประกอบการด้านการจกสาน จากไม้ฝั่ เมื่อมีเครื่องจักรหรือเครื่องมือ ที่ช่วยสร้าง ศักยภาพในการผลิตแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องออกไปหางานทำ

นอกชุมชน ซึ่งส่งผลให้ชุมชนอยู่กันพร้อมหน้า และสามารถ พัฒนาขึ้นเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือนต่อไปได้

**ด้านเศรษฐกิจ** ต้นแบบนวัตกรรมเครื่องจกดอก ไม้ฝั่นี้ ช่วยในเรื่องการลดระยะเวลา ในการเตรียมวัสดุ สำหรับงานจกสาน ซึ่งจะช่วยให้กลุ่มผู้ประกอบการสามารถ ผลิตผลิตภัณฑ์จกสานจากไม้ฝั่ได้เพิ่มมากขึ้น ในระยะเวลา เท่าเดิม ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจในอีกทางหนึ่ง

**ด้านวิชาการ** โดยผู้ประกอบการ OTOP และ วิทยาสหกิจชุมชน จังหวัดอุบลราชธานี สามารถนำต้นแบบ นวัตกรรมเครื่องจกดอกไม้ฝั่ สำหรับกลุ่มวิทยาสหกิจชุมชนที่ ผลิตงานหัตถกรรมจกสาน สามารถนำต้นแบบนวัตกรรมนี้ ไปเป็นตัวอย่าง เพื่อการผลิตสำหรับกลุ่มผู้ประกอบการ อื่นๆ เพื่อส่งเสริมองค์ความรู้ ในการต่อยอดภูมิปัญญาได้

ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัยครั้งต่อไป เพื่อให้การทำงานของเครื่องมีความสมบูรณ์มากขึ้น คณะผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะดังนี้

ควรมีการออกแบบและพัฒนาในส่วนของผู้กลิ้ง ที่ใช้ดันไม้ฝั่ผ่านใบมีดให้มีความเรียบ

ควรมีการออกแบบในส่วนของผู้กลิ้งให้มีการตั้ง องศาของใบมีดได้

ควรมีการออกแบบส่วนในการรองรับเส้นดอกที่ ได้จากเครื่อง

#### 5. องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัย

ในการพัฒนาเครื่องจกดอกไม้ฝั่เพื่อเพิ่ม ศักยภาพการผลิตสำหรับงานหัตถกรรมชุมชน อำเภอ บุณฑริก จังหวัดอุบลราชธานี ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ให้แก่ชุมชนและผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์จกสานจากไม้ฝั่ ด้วยการใช้เครื่องทุ่นแรง ที่มีกระบวนการรีดและผ่าดอกไม้ ฝั่ ให้มีขนาดและความหนาที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็น วัตถุดิบในการจกสานหวด ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอน และลด ระยะเวลาในการจัดเตรียมวัตถุดิบ จึงช่วยให้ชุมชนหรือ ผู้ประกอบการจกสาน สามารถผลิตผลิตภัณฑ์จกสานได้ มากขึ้น โดยใช้ระยะเวลาเท่าเดิม

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] คำภีร์ เพ็ชรรักษา. (2560). **เทคนิคส่งเสริมสัมมาอาชีวะ การจักสาน**. เผยแพร่เมื่อ 31 มีนาคม 2560, เข้าถึงได้จาก  
[Http://cddata.cdd.go.th/cddkm/prov/km2](http://cddata.cdd.go.th/cddkm/prov/km2)
- [2] โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.). (มปป.). **ไผ่**. เข้าถึงได้จาก  
<http://www.rspg.or.th/homklindokmai/budhabot/phai.htm>
- [3] กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). **ไผ่**. เข้าถึงได้จาก  
[https://www.dnp.go.th/EPAC/bamboo\\_rattan/bamboo03.htm](https://www.dnp.go.th/EPAC/bamboo_rattan/bamboo03.htm)
- [4] กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). **พันธุ์ไผ่**. เข้าถึงได้จาก  
[https://www.dnp.go.th/EPAC/bamboo\\_rattan/bamboo.htm](https://www.dnp.go.th/EPAC/bamboo_rattan/bamboo.htm)
- [5] คำภีร์ เพ็ชรรักษา. (2560). **เทคนิคส่งเสริมสัมมาอาชีวะ การจักสาน**. เผยแพร่เมื่อ 31 มีนาคม 2560, เข้าถึงได้จาก  
<Http://cddata.cdd.go.th/cddkm/prov/km2>
- [6] โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.). (มปป.). **ไผ่**. เข้าถึงได้จาก  
<http://www.rspg.or.th/homklindokmai/budhabot/phai.htm>
- [7] โชคดี ปรโลกานนท์. (2562). **คน ป่า ไผ่**. กรุงเทพมหานคร : กองนโยบายเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและเกษตรกรรมยั่งยืน สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- [8] อินวมาส กาศสนุก และ คงเดช พะสีนาม. (2561). **การออกแบบเครื่องจักตอก**. การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ครั้งที่ 5 : 146-150.
- [9] บริษัท สะทงฮวด จำกัด. (2563). **สายพานส่งกำลังและสายพานไทม์มิ่ง**. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2563. เข้าถึงได้จาก <http://www.htb-bando.com/bando-transmission-belt/>
- [10] พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ สุรินทร์. (2563). **เครื่องใช้ก่อนประวัติศาสตร์**. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2563. เข้าถึงได้จาก  
<https://www.finearts.go.th/surinmuseum>
- [11] วุฒิพล จันทร์สระคู. (2560). **การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับการผลิตเส้นใยฝ้ายระดับชุมชน**. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนา. คลังผลงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร
- [12] สำนักงานเลขานุการ คณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน. (มปป.). **วิสาหกิจชุมชนน้ำจืด**. เข้าถึงได้จาก  
<http://www.sceeb.doae.go.th/Ssceeb2.htm>
- [13] MISUMI Corporation. **เฟืองส่งกำลัง**. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2563. เข้าถึงได้จาก <https://th.misumi-ec.com/th/>
- [14] Norman K. Denzin. (2555). **Triangulation 2.0**. Journal of Mixed Methods Research. University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA



The Develop Kapok and Kapok Seed Screening Machine for Increase Capacity  
Produce Industrial Community

การพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชน

|          |           |
|----------|-----------|
| Received | 30 Aug 21 |
| Reviewed | 15 Sep 21 |
| Revised  | 6 Oct 21  |
| Accepted | 25 Oct 21 |

Onuma Niamhom\*

อรอุมา เนียมหอม\*

Program in Computer Technology Faculty of Industrial Technology Ubonratchathani Rajabhat University

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

Kanatid Niamhom

คณาธิศ เนียมหอม

Program in Technology Product Design Faculty of Industrial Technology Ubonratchathani Rajabhat University

สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

\*Corresponding Author, Tel. +6681-547-5052, E-mail: onuma.n@ubru.ac.th

\*ผู้ติดต่อประสานงาน โทรศัพท์: 08-1547-5052 อีเมล: onuma.n@ubru.ac.th

## Abstract

The develop Kapok and Kapok seed screening machine for Increase capacity Produce Industrial community. The objective of this research are develop innovation of Kapok and Kapok seed screening for Increase capacity Produce Industrial community. The Structure of Kapok and Kapok seed screening machine for Increase capacity Produce Industrial community. It Include Electric motor 1HP, for drive the belt to rotate axis of Blender bucket. And spin Kapok to sperate Kapok and Kapok seed. The Kapok seed will fall pass the grille into the bucket under machine. And the blender bucket spin Kapok to inflate and ready to use. The Kapok seed fall into the bottom of machine, it will flow in the pipe behide the machine. The sample result to use Kapok and Kapok seed screening machine found the time to screen Kapok seed by hand in 1 minute, can screen Kapok and Kapok seed at 205 Gram. And then use the Kapok and Kapok seed screening machine at the same time, it will screen Kapok and Kapok seed average 518 Gram. And the screen Kapok by hand in 1 hour, it will screen Kapok average 12.30 Kilogram. And then use the Kapok and Kapok seed screening machine at the same time at 1 Hour, it will screen Kapok average 31.01 Kilogram, it more than working by hand at 18.78 Kilogram.

**Keywords:** Kapok, Kapok Seed, Screening Seed

## บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมชุมชนโดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตวัตถุดิบให้แก่ชุมชน โครงสร้างของเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชน ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า เป็นตัวขับเคลื่อนให้สายพานทำงาน และหมุนแกนในถังปั่นนุ่น เพื่อทำให้นุ่นและเมล็ดนุ่นแยกออกจากกัน

## Military Hand Signal Recognition System with Digital Image Processing

### ระบบรู้จำสัญญาณมือทางทหารด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล

Pisanu Kumeechai\* Panukorn Wattanajung, Natakorn Musikajinda, Varut Khumyat and Danupat Sakprom

พิศณุ คูมีชัย\* ภาณุกร วัฒนจัง, นฐกร มุสิกจินดา, วรุตม์ ขำญาติ และ ดนุภัทร ศักดิ์พรหม

Department of Electrical Engineering, Education Department, Royal Thai Naval Academy

กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ฝ่ายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

\*Corresponding Author, Tel +6680-5246539, E-mail: Pisanu41984198@hotmail.com

\*ผู้พิมพ์ประสานงาน โทรศัพท์ 080-5246539 อีเมล: Pisanu41984198@hotmail.com

#### Abstract

Today's military hand signals are a form of communication used to communicate with each other. It is a signal that can be understood through the eyes. It is any communication method that can be used to forward signal. And it is a fast sending of messages over a short distance, which the visual signal of this nature has some limitations, for example, communication range and reliability are significantly reduced during visibility problems. and when the terrain is limited. At present, the personnel in the army, although there is always training and review of hand signals. And it is also a training by the strength of a person to train a person. But because of the current Covid-19 outbreak and the country has entered the Thailand 4.0 era, which focuses on developing technology with creativity and developing various innovations for the benefit of the nation. Based on the above concepts, it is therefore an important factor to develop personnel in the area related to technology by training personnel with computer programs. It starts with learning to recognize hand gestures using a computer with digital image processing. Perform hand gesture detection and recognition. From the algorithm, the number of 3 methods is Neural Network, K-Nearest Neighbour (K-NN) and Template Matching. The results showed that the neural network method yielded the most accurate results at 82.326%.

**Keywords:** Military hand signals, Digital image processing, Neural Network, K-Nearest Neighbour (K-NN), Template Matching

#### บทคัดย่อ

สัญญาณมือทางทหารในปัจจุบันนี้เป็นรูปแบบการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างกัน เป็นสัญญาณที่สามารถเข้าใจได้ผ่านการมองด้วยสายตา เป็นวิธีการสื่อสารใด ๆ ที่สามารถใช้ในการส่งสัญญาณล่วงหน้าได้และเป็นการส่งข้อความอย่างรวดเร็วในระยะทางสั้น ๆ ซึ่งสัญญาณภาพในลักษณะนี้ก็มีข้อจำกัดบางประการ อาทิเช่น ช่วงและความน่าเชื่อถือของการสื่อสารจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงที่มีปัญหาทางทัศนวิสัยและเมื่อภูมิประเทศจำกัด ซึ่งในปัจจุบันกำลังพลในกองทัพถึงแม้ว่าจะมีการฝึกและทบทวนสัญญาณมืออยู่ตลอด แต่ก็ยังเป็นการฝึกโดยกำลังของบุคคลฝึกให้กับบุคคล แต่เนื่องจากในปัจจุบันนี้ได้มีการระบาดของ Covid-19 และประเทศก็ได้เข้าสู่ยุคไทยแลนด์ 4.0 ที่เน้นในการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีด้วยความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อชาติ จากแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้นจึงนับเป็นปัจจัยสำคัญที่จะพัฒนากำลังพลในส่วนที่เกี่ยวข้องด้วยเทคโนโลยีด้วยการฝึกกำลังพลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในงานวิจัยนี้นำเสนอระบบรู้จำสัญญาณมือทางทหารด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยเริ่มจากการเรียนรู้

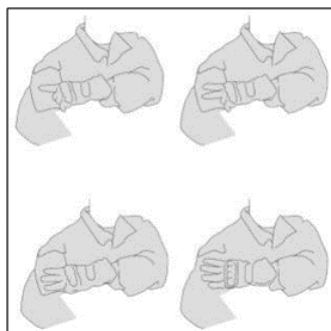
วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม  
Science Technology and Innovation (STIJ)

จดจำท่าทางมือโดยใช้คอมพิวเตอร์ด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล ทำการตรวจจับและรู้จำท่าทางของมือจากอัลกอริทึมจำนวน 3 วิธีคือ โครงข่ายประสาทเทียม วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดและ การจับคู่แม่แบบ ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าวิธีการโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลความถูกต้องมากที่สุดคือ 82.326%

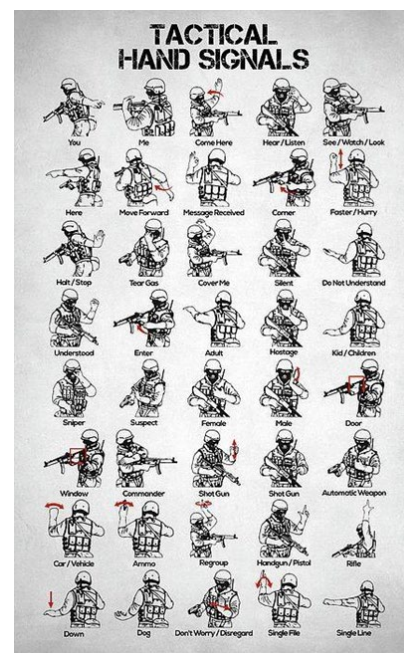
**คำสำคัญ:** สัญญาณมือทางทหาร การประมวลผลภาพดิจิทัล โครงข่ายประสาทเทียม วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด การจับคู่แม่แบบ

## 1. บทนำ

สัญญาณที่สามารถเข้าใจได้ผ่านการมองด้วยสายตา เป็นวิธีการสื่อสารใด ๆ ที่ต้องใช้สายตาและสามารถใช้ในการส่งสัญญาณล่วงหน้าได้ เป็นการส่งข้อความอย่างรวดเร็วในระยะทางสั้น ๆ ซึ่งรวมถึงการใช้อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้ในการจดจำและการระบุองค์ประกอบที่เป็นมิตรสัญญาณที่ถูกนำมาใช้บ่อยที่สุด ได้แก่ สัญญาณมือและแขนสัญญาณธงคอกไม้ไฟ และสัญญาณจากพื้นสู่อากาศ แต่อย่างไรก็ตามทหารไม่ได้จำกัดเฉพาะประเภทของสัญญาณที่กล่าวถึง และก็อาจใช้สิ่งที่มีอยู่ อาทิเช่น แสงจากสารเคมีสามารถใช้แทนไฟฉาย และสิ่งของอื่น ๆ ได้เพื่อแสดงสัญญาณ หากการใช้งานเป็นไปตามมาตรฐานภายในหน่วยและเข้าใจได้โดยทหารและหน่วยงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ซึ่งสัญญาณภาพในลักษณะนี้ก็มีข้อจำกัดบางประการ อาทิเช่น ช่วงและความน่าเชื่อถือของการสื่อสารจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงที่มีปัญหาทางทัศนวิสัย และเมื่อภูมิประเทศจำกัด การสังเกตพวกเขาอาจเข้าใจผิด สัญญาณเหล่านี้อาจเสี่ยงต่อการสกิดกันของศัตรูและอาจถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการหลอกลวงได้เช่นกัน โดยสัญญาณในลักษณะนี้มีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบทั้งการแสดงลักษณะทั้งท่อนแขน หรือเฉพาะส่วนของร่างกาย เช่น การแสดงสัญญาณผ่านการขยับมือ หรือนิ้วในลักษณะต่าง ๆ กัน



ที่มา : <https://fas.org/irp/doddir/army/tc3-21-60.pdf>



ที่มา : <https://armynavyoutdoors.com/blog/learn-military-hand-signals/>

ในสถานการณ์ปัจจุบันของประเทศไทย ซึ่งถึงแม้ว่าจะดูเหมือนไม่มีเหตุการณ์อะไรที่จะมีผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศไทยอย่างใหญ่หลวงจากภัยภายในหรือภายนอกประเทศก็ตาม แต่ในแท่งจริงแล้วประเทศเพื่อนบ้านทั้งหลายก็ล้วนมุ่งแสวงหาผลประโยชน์เพื่อประเทศชาติของตนทั้งสิ้น เพราะฉะนั้นหากกำลังพลของกองทัพบกการพัฒนาในด้านต่าง ๆ พลังอำนาจของชาติเราก็จะลดทอนซึ่งพลังอำนาจ อันจะส่งผลถึงการขาดอำนาจในการต่อรอง (Bargaining Power) ต่อประเทศอื่น ๆ ซึ่งพลังอำนาจแห่งชาติและความมั่นคงแห่งชาตินั้นมืองค์ประกอบอัน

ได้แก่ พลังอำนาจแห่งชาติด้านการเมือง เศรษฐกิจ สังคม การป้องกันประเทศ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

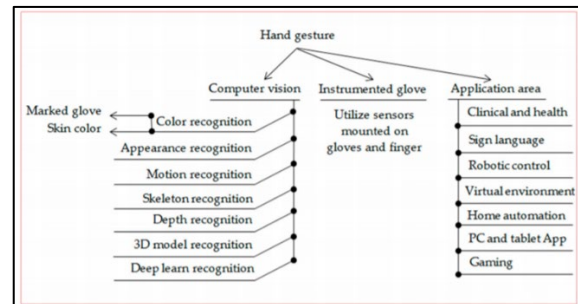
กำลังพลในกองทัพถึงแม้ว่าจะมีการฝึกและ ทบพจนอยู่ตลอดช่วงระยะเวลา แต่ก็ยังเป็นการฝึกโดย กำลังของบุคคลฝึกให้กับบุคคลต่อเนื่องกันในลักษณะนี้มา ช้านาน ซึ่งในยุคไทยแลนด์ 4.0 ที่เน้นในการพัฒนาทางด้าน เทคโนโลยีด้วยความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนานวัตกรรม ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อชาติ จากแนวคิดที่กล่าวมา ข้างต้นจึงนับเป็นปัจจัยสำคัญที่จะพัฒนากำลังพลในส่วนที่ เกี่ยวข้องด้วยเทคโนโลยีด้วยการฝึกกำลังพลด้วยโปรแกรม คอมพิวเตอร์โดยเริ่มจากการเรียนรู้จดจำท่าทางมือโดยใช้ คอมพิวเตอร์ โดยการใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล โดย พื้นฐานของ Human Computer Interaction คือ การ ปรับปรุงการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้และคอมพิวเตอร์โดยทำให้ คอมพิวเตอร์เปิดรับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น Human Computer Interaction กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในปัจจุบันนั้นไม่ จำกัด เพียงแค่การโต้ตอบของแป้นพิมพ์และ เมาส์เท่านั้น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์มาจากโหมด ประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน เช่น ท่าทางการพูด การ แสดงออกทางสีหน้าและร่างกาย ความสามารถในการ โต้ตอบกับระบบได้อย่างเป็นธรรมชาติมีความสำคัญ มากกว่าในหลาย ๆ ด้านของปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ ของมนุษย์ มีการใช้ทั้งวิธีที่ไม่ใช่การมองเห็นและการ มองเห็นเพื่อให้เกิดการจดจำท่าทางมือ ตัวอย่างของวิธีที่ไม่ ใช้การมองเห็นคือการตรวจจับการเคลื่อนไหวของนิ้วด้วย ฤกษ์มือแบบมีสาย ตามวิธีทัศน์ทั่วไปแนวทางมีความเป็น ธรรมชาติมากขึ้นเนื่องจากไม่ต้องใช้อุปกรณ์มือ ในทาง ทฤษฎีวรรณกรรมแบ่งประเภทของท่าทางมือออกเป็น ท่าทางคงที่และไดนามิก 2 ประเภท ท่าทางมือแบบไดนามิก จะได้แก่ ท่าทางเช่นการโบกมือขณะอยู่หนึ่งท่าทางมือรวมถึง การรวมนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้เพื่อสร้างสัญลักษณ์ "ตกลง" ท่าทางมือแบบคงที่จะแสดงลักษณะมือในลักษณะที่คงที่ไม่ เปลี่ยนแปลงรูปแบบของมือเพื่อสื่อความหมาย เมื่อพัฒนา โครงการนี้นั้นสมบูรณ์ก็จะสามารถนำไปฝึกกำลังพลและเกิด ประโยชน์ในการพัฒนาต่อยอดความรู้ทางวิศวกรรมต่อไป

ในงานวิจัยเก่า ท่าทางมือเป็นลักษณะของภาษา กายที่สามารถถ่ายทอดผ่านศูนย์กลางของฝ่ามือตำแหน่งนิ้ว และรูปร่างที่สร้างขึ้นด้วยมือ สามารถจำแนกท่าทางของมือ ได้เป็นแบบคงที่และแบบไดนามิก ตามชื่อของมัน ท่าทาง

คงที่หมายถึงรูปร่างที่มั่นคงของมือในขณะที่ท่าทางแบบได นามิกประกอบด้วยชุดการเคลื่อนไหวของมือเช่นการโบก มือ มีการเคลื่อนไหวของมือที่หลากหลายภายในท่าทาง ตัวอย่างเช่น การจับมือจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคลอื่น และเปลี่ยนแปลงตามเวลาและสถานที่ ความแตกต่างที่ สำคัญระหว่างท่าทางและท่าทางคือท่าทางนั้นเน้นที่รูปร่าง ของมือมากกว่าในขณะที่ท่าทางจะเน้นไปที่การเคลื่อนไหว ของมือแนวทางหลักในการวิจัยท่าทางมือสามารถแบ่ง ออกเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ฤกษ์มือที่สวมใส่ได้แนวทางและ แนวทางเซ็นเซอร์ตามวิธีทัศน์ของกล้อง [1, 2] ท่าทางมือ นำเสนอสาขาการวิจัยที่สร้างแรงบันดาลใจเพราะสามารถ อำนวยความสะดวกในการสื่อสารและให้วิธีการโต้ตอบที่ เป็นธรรมชาติซึ่งสามารถใช้ได้กับแอปพลิเคชันต่าง ๆ ก่อนหน้านี้การจดจำท่าทางมือทำได้ด้วยเซ็นเซอร์ที่สวมใส่ได้ซึ่ง ติดอยู่กับมือโดยตรงพร้อมกับฤกษ์มือเซ็นเซอร์เหล่านี้ตรวจ พบการตอบสนองทางกายภาพตามการเคลื่อนไหวของมือ หรือการงอ นิ้ว ข้อมูลรวบรวมแล้วประมวลผลโดยใช้ คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับฤกษ์มือด้วยลวด ระบบนี้ของ เซ็นเซอร์ที่ใช้ฤกษ์มือสามารถทำให้พกพาได้โดยใช้เซ็นเซอร์ที่ ติดอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ท่าทางมือสำหรับการ โต้ตอบระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (HCI) เริ่มต้นด้วยปุ่ม การประดิษฐ์เซ็นเซอร์ฤกษ์มือข้อมูล มีคำสั่งง่าย ๆ สำหรับ อินเทอร์เน็ตเพชคอมพิวเตอร์ ฤกษ์มือใช้เซ็นเซอร์ประเภทต่าง ๆ เพื่อจับการเคลื่อนไหวของมือและตำแหน่งโดยการตรวจจับ พิกัดที่ถูกต้องของตำแหน่งของฝ่ามือและนิ้ว [3] เซ็นเซอร์ ต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคเดียวกันตามมุมมองของการโค้งงอ ได้แก่ เซ็นเซอร์ความโค้ง [4], เซ็นเซอร์ดิสเพลสเมนต์เชิงมุม [5], ตัวแปลงสัญญาณใยแก้วนำแสง [6], เซ็นเซอร์เพล็กซ์ [7], และเซ็นเซอร์วัดความแรง [8] เซ็นเซอร์เหล่านี้ใช้ประโยชน์ จากหลักการทางกายภาพที่แตกต่างกันตามประเภทแม้ว่า เทคนิคที่กล่าวมาข้างต้นจะให้ผลลัพธ์ที่ดี

แต่ก็มีหลากหลายข้อจำกัด ที่ทำให้ไม่เหมาะ สำหรับผู้สูงอายุซึ่งอาจรู้สึกไม่สบายตัวและสับสนเนื่องจาก ปัญหาการเชื่อมต่อสายไฟ นอกจากนี้ผู้สูงอายุที่ทุกข์ทรมาน จากโรคเรื้อรังซึ่งส่งผลให้สูญเสียการทำงานของกล้ามเนื้อ อาจไม่สามารถสวมและถอดฤกษ์มือได้ทำให้ไม่สบายตัวและ จำกัด หากใช้เป็นระยะเวลานาน เซ็นเซอร์เหล่านี้ยังอาจทำ ให้ผิวหนังถูกทำลายการติดเชื้อหรืออาการไม่พึงประสงค์ใน ผู้ที่มีผิวบอบบางหรือผู้มีอาการไหม้ ยิ่งไปกว่านั้นเซ็นเซอร์ บางตัวนั้นค่อนข้างแพง ปัญหาเหล่านี้บางส่วนได้รับการ

แก้ไขในการศึกษาของ Lamberti และ Camastra [9] ผู้พัฒนาระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้ถุงมือสีที่มีเครื่องหมาย แม้ว่าการศึกษานี้ทำไม่ต้องติดเซนเซอร์ แต่ยังคงสวมถุงมือสี ข้อเสียเหล่านี้นำไปสู่การพัฒนาเทคนิคที่มีแนวโน้มและคุ้มค่าไม่จำเป็นต้องสวมถุงมือให้ยุ่งยาก เทคนิคเหล่านี้เรียกว่าเซ็นเซอร์ตามการมองเห็นของกล้องเทคโนโลยี ด้วยวิวัฒนาการของไลบรารีซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สทำให้ตรวจสอบได้ง่ายกว่าที่เคยทำทางมือที่สามารถใช้งานได้หลากหลายเช่นการปฏิบัติการทางคลินิก [10] เครื่องหมายภาษา [11], การควบคุมหุ่นยนต์ [12], สภาพแวดล้อมเสมือน [13], ระบบอัตโนมัติในบ้าน [14], คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และแท็บเล็ต [15], เกม [16] เทคนิคเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนเครื่องมือเป็นหลักถุงมือกับกล้อง ใช้กล้องประเภทต่าง ๆ เพื่อจุดประสงค์นี้เช่นกล้อง RGB เวลาของกล้องเทียวิน (TOF) กล้องความร้อนหรือกล้องมองกลางคืนอัลกอริทึมได้รับการพัฒนาโดยใช้วิธีการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจสอบมือโดยใช้สิ่งเหล่านี้กล้องประเภทต่าง ๆ อัลกอริทึมพยายามแบ่งกลุ่มและตรวจสอบลักษณะของมือเช่นผิวหนังสีลักษณะการเคลื่อนไหวโครงกระดูกความลึกโมเดล 3 มิติการตรวจสอบการเรียนรู้เชิงลึกและอื่น ๆ วิธีการเหล่านี้เกี่ยวข้องกับความท้าทายหลายประการซึ่งจะกล่าวถึงในบทความนี้ในส่วนต่อไปงานวิจัยหลายชิ้นที่ใช้เทคนิคการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ได้รับการตีพิมพ์ในทศวรรษที่ผ่านมาการศึกษาโดย Murthy et al. [17] กล่าวถึงบทบาทและเทคนิคพื้นฐานของ HCI ในแง่ของการรับรู้แนวทางการจำแนกประเภทและการใช้งานโดยอธิบายถึงข้อ จำกัด ด้านการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ภายใต้หลากหลายเงื่อนไขการศึกษาอื่นโดย Khan et al. [18] นำเสนอระบบการจดจำที่เกี่ยวข้องกับประเด็นของการแยกคุณลักษณะการจำแนกท่าทางและการพิจารณาพื้นที่ประยุกต์ของการศึกษาสุริยาและคณะ [19] จัดทำแบบสำรวจเฉพาะเกี่ยวกับการจดจำท่าทางมือสำหรับแอปพลิเคชันควบคุมเม้าส์รวมถึงวิธีการและอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการโต้ตอบระหว่างมนุษย์กับเครื่องจักร นอกจากนี้พวกเขาให้บทวิจารณ์สั้น ๆ เกี่ยวกับโมเดล Markov ที่ซ่อนอยู่ (HMM) การศึกษาโดย Sonkusare et al. [20] รายงานเทคนิคต่าง ๆ และทำการเปรียบเทียบระหว่างพวกเขาตามการแบ่งส่วนมือระเบียบวิธีการติดตามการแยกคุณลักษณะเทคนิคการรับรู้

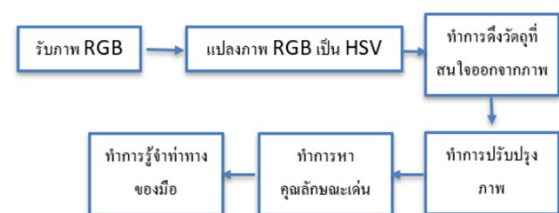


รูปที่ 3 วิธีการจำแนกที่ดำเนินการโดยการทบทวนนี้

เอกสารได้จัดหัวข้อดังนี้ ในส่วนที่ 2 นำเสนอขั้นตอนวิธีการ ในส่วนที่ 3 กระบวนการรู้จำท่าทางของมือด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนที่ 4 ผลการทดลอง ในหัวข้อที่ 5 สรุปผลการทดลอง และในหัวข้อที่ 6 องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัย

## 2. ขั้นตอนวิธีการ

ขั้นตอนกระบวนการในการจำแนกท่าทางมือในลักษณะต่าง ๆ โดยจะเริ่มจากการรับภาพไฟล์วิดีโอเข้ามาแยกเป็นเฟรมภาพในลักษณะภาพสี RGB หลังจากนั้นทำการแปลงปริภูมิสีจาก RGB ไปสู่ปริภูมิสี HSV เพื่อทำการดึงจุดสนใจภายในภาพ ทำการปรับปรุงภาพ ดึงคุณลักษณะเด่น และรู้จำท่าทางของมือเป็นลำดับสุดท้าย รูปแบบของงานวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 แผนภาพการทำงาน (Framework Design)

โดยงานวิจัยนี้สิ่งที่เกิดขึ้นใหม่คือการหาคุณลักษณะเด่นด้วยวิธีมระหว่างแกน x กับแกนหลักของวงรีและการใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยที่ในรูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการทำงานของงานวิจัยนี้โดยอธิบายในข้อต่อไปนี้

### 2.1 แปลงภาพจาก RGB เป็น HSV

ภาพที่รับเข้ามาในขั้นตอนแรกเป็นภาพที่อยู่ในระบบสี RGB ดังนั้นแต่ละพิกัดของภาพจะประกอบด้วยค่า



ของเซตที่แสดงถึงค่าแสงสีแดง (R) แสงสีเขียว (G) และแสงสีน้ำเงิน (B) ระบบจะทำการเปลี่ยนให้เป็นภาพระดับสี HSV เพื่อทำให้สามารถทำการวิเคราะห์ภาพได้ง่ายยิ่งขึ้น

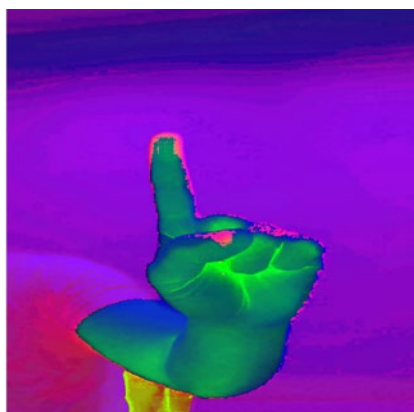
ปริภูมิสี HSV เป็นปริภูมิสีที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบได้แก่ค่า H (Hue) คือค่า โทนสีหรือค่าสีซึ่งมีค่าสีที่แตกต่างกันไปตามความถี่ของแสง ค่า S (Saturation) คือค่าความ อิ่มตัวของสี ซึ่งเป็นค่าที่แสดงระดับสีเมื่อเทียบกับค่าโทนสี และค่า V (Value) คือค่าบอก ระดับ ความสว่างของภาพ ซึ่งที่ระดับความสว่างต่ำสุด หมายถึงสีดำ ไม่ว่าจะมีความโทนสี หรือค่าความอิ่มตัว สีเท่าใด และระดับความสว่างสูงสุดหมายถึงสีขาว ซึ่งเป็นสีที่สว่างที่สุดของค่าโทนสี และค่า ความอิ่มตัวสีโดยภาพปริภูมิสี HSV

โมเดลสี RGB เป็นโมเดลของแสงสี ค่าทั้งสามสีจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสง จึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงโมเดลสี RGB เป็น HSV เพื่อนำมาใช้ในการแบ่งแยกสี โดยแปลงโมเดลสี RGB เป็น HSV

$$H = \begin{cases} \left( \frac{G-B}{\max - \min} \right) \times 60; R = \max \\ 2 + \left( \frac{B-G}{\max - \min} \right) \times 60; G = \max \\ 4 + \left( \frac{G-R}{\max - \min} \right) \times 60; B = \max \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \left( \frac{\max - \min}{\max} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$v = \max \times 100 \quad (3)$$



รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพที่แปลงจาก RGB เป็น HSV

## 2.2 ดึงวัตถุออกจากภาพด้วย threshold

การแยกภาพออกเป็นส่วน ๆ จะทำให้สามารถแยกภาพส่วนที่ต้องการออกจากส่วนอื่น ๆ วิธีการพื้นฐาน

สำหรับการแยกภาพออกเป็นส่วน ๆ คือ การพิจารณา Image Amplitude (ได้แก่การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพแบบ Gray Scale และความแตกต่างของสีสำหรับภาพสี) นอกจากนี้ขอบของภาพและลักษณะของ Texture ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการแบ่งแยกภาพได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยทั่วไปการแยกภาพออกเป็นส่วน ๆ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

### 2.2.1. Amplitude Segmentation Method

เป็นวิธีการในการแยกองค์ประกอบของภาพโดยดูจากความเหมือนกันของคุณสมบัติของพิกเซลเป็นหลัก

### 2.2.2. Region Segmentation Method

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพ โดยดูจากตำแหน่งของพิกเซลและความเหมือนกันของคุณสมบัติของพิกเซลภายในพื้นที่เป็นหลัก

### 2.2.3. Edge Segmentation Method

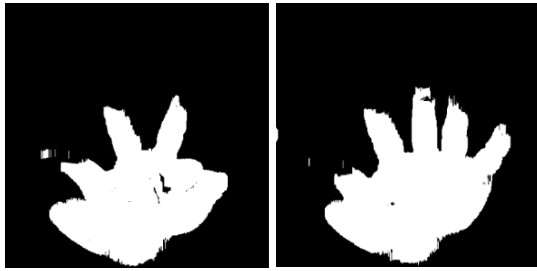
เป็นวิธีแยกองค์ประกอบของภาพโดยจะอาศัยความไม่ต่อเนื่องของพิกเซลบริเวณขอบของภาพ



รูปที่ 6 ตัวอย่างการทำ threshold

## 2.3 กระบวนการปรับปรุงภาพด้วย Dilation

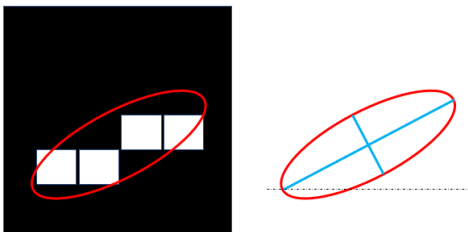
Dilation คือ การขยายพิกเซลของภาพ โดยการสแกนค่าของ SE (Structuring Element) บนแต่ละค่าของพิกเซลภายในภาพ โดยทำการสแกนจากตำแหน่งบนซ้ายไปยังตำแหน่งล่างขวา ซึ่งจะเปลี่ยนค่าของพิกเซลที่มีค่าเป็น 0 ให้มีค่าเป็น 1 เมื่อค่าของพิกเซลใด ๆ พิกเซลหนึ่งบน SE มีค่าตรงกับค่าของพิกเซลภาพ และจะมีค่าคงเดิม เมื่อทุกค่าของ SE มีค่าตรงกับทุกค่าของพิกเซลภาพ



รูปที่ 7 การปรับปรุงภาพ ด้วยเทคนิค Dilation

#### 2.4 การหาคุณลักษณะเด่นด้วยวิธีมุมระหว่างแกน x กับแกนหลักของวงรี

มุมระหว่างแกน x กับแกนหลักของวงรีที่มีโมเมนต์วินาทีเดียวกันกับพื้นที่ คำนวณเป็นสเกลาร์ ค่าเป็นองศาตั้งแต่ -90 องศาถึง 90 องศา รูปนี้แสดงแกนและการวางแนวของวงรี ด้านซ้ายของรูปภาพแสดงขอบเขตรูปภาพและวงรีที่เกี่ยวข้อง ด้านขวาแสดงวงรีเดียวกันกับเส้นสีน้ำเงินแทนแกน จุดสีแดงเป็นจุดโฟกัส การวางแนวคือมุมระหว่างเส้นประแนวนอนกับแกนหลัก



รูปที่ 8 มุมระหว่างแกน x กับแกนหลักของวงรี

#### 3. กระบวนการรู้จำท่าทางของมือด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

กระบวนการในการรู้จำท่าทางของมือ ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม หลังจากที่เราได้ vector ของท่าทางของมือมาแล้ว เราก็นำเอา vector มาต่อกับเพื่อเก็บเป็น database และแต่ละภาพจะได้ vector เป็นขนาด  $2 \times 1$  เพื่อเอามาทดสอบ ซึ่งในโครงข่ายประสาทเทียมเราทำการกำหนดค่าในการรูปจำดังนี้

```
net.trainParam.show = 50;
net.trainParam.lr = 0.05;
net.trainParam.epochs = 1000;
net.trainParam.goal = 1e-5;
```

ในงานวิจัยนี้ใช้ input layer เป็น 2 โดยมี transfer function แบบ tansig hidden layer เป็น 3 โดยมี

มี transfer function แบบ tansig และ output layer เป็น 2 โดยมี transfer function แบบ tansig และการ training ของระบบเป็น trainlm

#### ตารางที่ 1 การปรับแต่ง Neural Network แบบ Back-Propagation

|              | จำนวน<br>โครงข่าย | transfer<br>function |
|--------------|-------------------|----------------------|
| Input layer  | 2                 | transig              |
| Hidden layer | 3                 | transig              |
| Output Layer | 2                 | purelin              |

#### ตารางที่ 2 การปรับแต่ง Neural Network แบบ Back-Propagation

|                       | ค่าที่กำหนด |
|-----------------------|-------------|
| net.trainParam.show   | 50          |
| net.trainParam.lr     | 0.05        |
| net.trainParam.epochs | 1000        |
| net.trainParam.goal   | 1E-05       |

#### 4. ผลการทดลอง

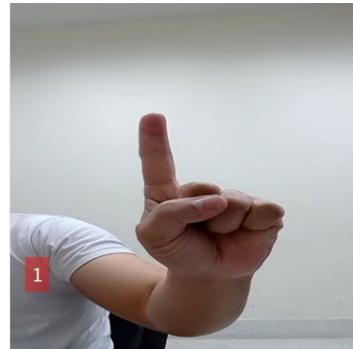
ผลการตรวจจับและรู้จำท่าทางของมือ ที่จะนำเสนอในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลภาพที่ได้จากการติดตั้งกล้องเว็บแคม Logitech HD Pro Webcam C920 ทั้งหมด 9,000 ภาพ นามสกุล .jpg แต่ละภาพมีขนาด  $1920 \times 1080$  พิกเซล ลักษณะของภาพที่ใช้เป็นภาพที่มีพื้นหลังสีขาวโดยเป็นการเก็บข้อมูลภาพจากการใช้งานจริงจากผู้ทดสอบ 3 คน คนละ 3,000 ภาพ โดยที่ในแต่ละสัญญาณมืองานวิจัยนี้ใช้ 5 สัญญาณคือชู 1 นิ้วแสดงถึงเลข 1 ชู 2 นิ้วแสดงถึงเลข 2 ชู 3 นิ้วแสดงถึงเลข 3 ชู 4 นิ้วแสดงถึงเลข 4 และชู 5 นิ้วแสดงถึงเลข 5 แต่ละสัญญาณมือ 1 คนเก็บข้อมูลคนละ 600 ภาพ จากนั้นจะนำภาพที่ได้มาทำการประมวลผลในห้องปฏิบัติการวิจัยเพื่อทำการตรวจจับและรู้จำท่าทางของมือ จากการเปรียบเทียบอัลกอริทึม จำนวน 3 วิธียอดนิยมในการทำงานรู้จำ โดยการเก็บข้อมูลท่าทางของมือ เพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสม

สำหรับงานวิจัย โดยดูจากค่าความถูกต้อง ด้วย เทคนิคของ Neural Network, K-Nearest Neighbor และ Template Matching ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจากอัลกอริทึมแต่ละตัว ในแต่ละ การทดลองได้มีการทำซ้ำ และเก็บค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยมี ผลการทดลองแสดงผลในตารางที่ 3

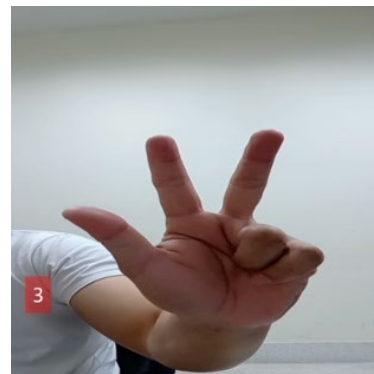
ตารางที่ 3 การทดสอบด้วยวิธีหาค่าความถูกต้อง

| วิธีการ                    | ร้อยละความ<br>ถูกต้อง |
|----------------------------|-----------------------|
| Neural network             | 82.32                 |
| K-Nearest Neighbour (K-NN) | 56.86                 |
| Template Matching          | 49.01                 |

วิธีการ Neural network ได้ผลร้อยละความถูกต้องที่มากที่สุดเนื่องจากความสามารถในการจำลองพฤติกรรมของระบบที่มีความซับซ้อนจากข้อมูลที่ป้อนให้เรียนรู้ สามารถปรับตัวเองกับสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ มีการประมาณค่าฟังก์ชันหรือการประมาณความสัมพันธ์ จากฐานข้อมูลที่น่ามาทดสอบมีลักษณะของรูปแบบที่มีการปรับเปลี่ยนท่าทางของลักษณะมือในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่น่ามาใช้มากที่สุด วิธีการ K-Nearest Neighbour (K-NN) จากข้อมูลที่ใช้มีคุณลักษณะจำนวนมากอันเป็นข้อด้อยของวิธีการนี้จึงทำให้วิธีการนี้ได้ผลร้อยละความถูกต้องในระดับที่สอง และวิธีการ Template Matching เป็นวิธีการนำรูปภาพที่ต้องการอ่านไปเปรียบเทียบกับรูปภาพตัวอย่างเพื่อที่จะสามารถแยกความแตกต่างของแต่ละจุดของภาพได้ แต่เนื่องจากภาพที่น่ามาใช้มีขนาดที่ใหญ่พอสมควร อีกทั้งรูปแบบของเทมเพลต กับการทดสอบจริงในลักษณะต่าง ๆ ที่มีลักษณะที่ไม่ได้คงที่เหมือนกับตัวเทมเพลตและมีข้อผิดพลาดมาก วิธีการนี้จึงได้ร้อยละความถูกต้องเป็นลำดับสุดท้าย



รูปที่ 9 การ setup ของโครงข่ายประสาทเทียม  
ผลการทดลองแบบถูกต้อง



รูปที่ 10 ผลการทดลองแบบไม่ถูกต้อง

### 5.สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยฉบับนี้ได้กล่าวถึงการเสริมสร้างกรอบการทำงานสำหรับท่าทางมือในลักษณะต่าง ๆ การรับรู้หรือการพัฒนาอัลกอริทึมใหม่ ๆ เป็นความท้าทายที่ใหญ่ที่สุดที่ผู้วิจัยพบคือ การออกแบบกรอบการทำงานที่แข็งแกร่งที่จะเอาชนะปัญหาที่พบบ่อยที่สุด ด้วยข้อจำกัดที่น้อยลงและให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้ ระบบท่าทางมือที่เสนอส่วนใหญ่สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทของการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ วิธีแรก คือการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพผ่านไลบรารีใน MATLAB และอาจเป็นเครื่องมืออื่น ๆ ซึ่งมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ปัญหาเบื้องหลังความแปรผันของแสง การจำกัดระยะทาง และปัญหาหลายวัตถุหรือหลายท่าทาง วิธีที่สองใช้ท่าทางชุดข้อมูลเพื่อจับคู่กับท่าทางการป้อนข้อมูลซึ่งมีรูปแบบที่ซับซ้อนมากขึ้นต้องใช้ใช้อัลกอริทึมที่ซับซ้อน เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกและเทคนิคปัญญาประดิษฐ์เพื่อให้ตรงกับท่าทางสัมผัสการโต้ตอบแบบเรียลไทม์ด้วยท่าทางชุดข้อมูลที่มีท่าทางหรือท่าทางเฉพาะอยู่แล้วแม้ว่าวิธีการนี้สามารถ

ระบุท่าทางได้จำนวนมาก แต่ก็มีข้อเสียอยู่บ้างเช่นขาดท่าทางบางอย่างเนื่องจากอัลกอริทึมการจำแนกประเภทความคมชัดแม่นยำ นอกจากนี้ต้องใช้เวลามากกว่า และหากใช้พื้นที่พื้นหลังที่มีความแตกต่างกัน หรือมีความซับซ้อน มีแสงหรือเงาขณะทำการทดสอบ จะส่งผลต่อกระบวนการในการรู้จำลักษณะมือในแบบต่าง ๆ

## 6.องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัย

การนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้ในการงานวิจัยสำหรับนวัตกรรมทางทหาร เพื่อลดงบประมาณทางการทหาร โดยระบบมีการทำงานแบบ real time ทำให้สามารถใช้งานในการฝึกศึกษาได้ทันทีที่เกิดกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว และระบบยังช่วยให้การทำงานของเจ้าหน้าที่ในการฝึกกำลังพลได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

## 7.เอกสารอ้างอิง

- [1] Zhigang, F. Computer gesture input and its application in human computer interaction. MiniMicroSyst.1999,6,418–421.
- [2] Mitra, S.; Acharya, T. Gesture recognition: A survey. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl.Rev.2007,37,311–324.
- [3] Ahuja, M.K.; Singh, A. Static vision-based Hand Gesture recognition using principal component analysis. In Proceedings of the 2015 IEEE 3rd International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE), Amritsar, India, 1–2 October 2015; pp. 402–406.
- [4] Kramer, R.K.; Majidi, C.; Sahai, R.; Wood, R.J. Soft curvature sensors for joint angle proprioception. In Proceedings of the 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Francisco, CA, USA, 25–30 September 2011; pp. 1919–1926.
- [5] Jespersen, E.; Neuman, M.R. A thin film strain gauge angular displacement sensor for measuring finger joint angles. In Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, New Orleans, LA, USA, 4–7 November 1988; pp. 807–vol.
- [6] Fujiwara, E.; dos Santos, M.F.M.; Suzuki, C.K. Flexible optical fiber bending transducer for application in glove-based sensors. IEEE Sens. J. 2014, 14, 3631–3636. [CrossRef]
- [7] Shrote, S.B.; Deshpande, M.; Deshmukh, P.; Mathapati, S. Assistive Translator for Deaf & Dumb People. Int. J.Electron. Commun. Comput. Eng. 2014, 5, 86–89.
- [9] Gupta, H.P.; Chudgar, H.S.; Mukherjee, S.; Dutta, T.; Sharma, K. A continuous hand gestures recognition technique for human-machine interaction using accelerometer and gyroscope sensors. IEEE Sens. J. 2016, 16, 6425–6432. [CrossRef]
- [10] Lamberti, L.; Camastra, F. Real-time hand gesture recognition using a color glove. In Proceedings of the International Conference on Image Analysis and Processing, Ravenna, Italy, 14–16 September 2011; pp. 365–373.
- [11] Wachs, J.P.; Kölsch, M.; Stern, H.; Edan, Y. Vision-based hand-gesture applications. Commun.ACM2011,54,60–71.
- [12] Pansare, J.R.; Gawande, S.H.; Ingle, M. Real-time static hand gesture recognition for American Sign Language (ASL) in complex background. JSIP 2012, 3, 22132. [CrossRef]
- [13] Van den Bergh, M.; Carton, D.; De Nijs, R.; Mitsou, N.; Landsiedel, C.; Kuehnlenz, K.; Wollherr, D.; Van Gool, L.; Buss, M. Real time 3D hand gesture interaction with a robot for understanding directions from humans. In Proceedings of the 2011 Ro-Man, Atlanta, GA, USA, 31 July–3 August 2011; pp. 357–362.
- [14] Wang, R.Y.; Popović, J. Real-time hand-tracking with a color glove. ACM Trans. Graph. 2009, 28, 1–8.

- [15] Desai, S.; Desai, A. Human Computer Interaction through hand gestures for home automation using Microsoft Kinect. In Proceedings of the International Conference on Communication and Networks, Xi'an, China, 10–12 October 2017; pp. 19–29.
- [16] Rajesh, R.J.; Nagarjunan, D.; Arunachalam, R.M.; Aarthi, R. Distance Transform Based Hand Gestures Recognition for PowerPoint Presentation Navigation. Adv. Comput. 2012, 3, 41.
- [17] Kaur, H.; Rani, J. A review: Study of various techniques of Hand gesture recognition. In Proceedings of the 2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES), Delhi, India, 4–6 July 2016; pp. 1–5.
- [18] Murthy, G.R.S.; Jadon, R.S. A review of vision-based hand gestures recognition. Int. J. Inf.Technol.Knowl.Manag.2009,2,405–410.
- [19] Khan, R.Z.; Ibraheem, N.A. Hand gesture recognition: A literature review. Int. J. Artif. Intell.Appl.2012,3,161.
- [20] Suriya, R.; Vijayachamundeeswari, V. A survey on hand gesture recognition for simple mouse control. In Proceedings of the International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES2014), Chennai, India, 27–28 February 2014; pp. 1–5.



โดยเมล็ดพันธุ์จะตกลงไปผ่านตะแกรงสู่ถังด้านล่าง และน้ำจะโดนถึงปั่นทำการปั่นให้น้ำฟู พร้อมใช้งาน ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่หล่นลงสู่ด้านล่างจะไหลไปตามท่อเมล็ดพันธุ์หลุดออกมาจากเครื่องผ่านทางช่องด้านหลัง จากการทดลองใช้งานเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดพันธุ์พบว่า ในการทดลองการคัดแยกนุ่นและเมล็ดพันธุ์ด้วยมือ 205 กรัม และใช้เครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดพันธุ์นั้นเวลา 1 นาที ได้ปริมาณนุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 518 กรัม และการคัดแยกนุ่นด้วยมือเวลา 1 ชั่วโมงจะสามารถให้ปริมาณนุ่นได้เฉลี่ยที่ 12.30 กิโลกรัม การคัดแยกนุ่นด้วยเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดพันธุ์ความสามารถในการทำงานใน 1 ชั่วโมง จะได้ปริมาณปุยนุ่นเฉลี่ยที่ 31.01 กิโลกรัม ซึ่งให้ปริมาณปุยนุ่นมากกว่าอยู่ 18.78 กิโลกรัม

**คำสำคัญ:** นุ่น เมล็ดพันธุ์ คัดแยกเมล็ด

## 1. บทนำ

พูกอน และหมอนซิดเป็นหนึ่งในภูมิปัญญาของชาวอีสาน ซึ่งจะใช้ปุยนุ่นเป็นส่วนประกอบในการผลิตเพื่อให้ตัวพูกอน และหมอนซิดมีความนุ่มและแน่นสามารถใช้งานได้ยาวนาน ซึ่งหมอนซิดเป็นงานหัตถกรรมที่ผูกพันกับคนไทย ตลอดจนเครื่องนอนต่าง ๆ จึงเป็นเสมือนทักษะและวิชาชีพที่ชุมชนต่าง ๆ จะต้องเรียนรู้และพัฒนาความสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นอยู่เสมอ อีกทั้งจัดว่าเป็นสิ่งสะท้อนความเป็นตัวของตัวเอง เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสังคมและชุมชนที่มีความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับวิถีชีวิตและทรัพยากรของท้องถิ่น บ่งชี้การพัฒนาวิถีชีวิตและความสร้างสรรค์ของชุมชน ตลอดจนแสดงถึงการพัฒนาภูมิปัญญาและความผสมผสานของวิทยาการและเทคโนโลยี ที่เหมาะสมและพอเพียง [1]

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น และเป็นการส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตเครื่องนอนที่มีวัตถุดิบ คือนุ่น และเมล็ดพันธุ์ ซึ่งในภาคอีสาน จังหวัดอุบลราชธานี บ้านธาตุน้อย ได้มีกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหมอนซิด ที่ชาวบ้านรวมตัวกันตั้งขึ้นเพื่อสร้างรายได้จากการทำหมอนซิด และวัตถุดิบที่ชุมชนกลุ่มนี้เลือกใช้คือปุยนุ่น และเป็นนุ่นใหม่เมื่อก่อนมีจำนวนมาก แต่ปัจจุบันเริ่มน้อยลง และการคัดแยกปุยนุ่นออกจากเมล็ดนั้น ชาวบ้านยังใช้วิธีดั้งเดิม คือการนำปุยนุ่นออกจากฝักและนำลงภาชนะโองน้ำบ้าง หรือผ้าแห้งตาข่าย และใช้ไม้ตีเพื่อให้เมล็ดพันธุ์หลุดออกจากปุยนุ่น ซึ่งได้ปริมาณปุยนุ่นยากและใช้เวลานาน อีกทั้งจังหวัดข้างเคียงล้วนมีวัตถุดิบที่เป็นต้นนุ่น ที่สามารถนำมาทำประโยชน์ได้หลายอย่าง เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ตนเอง ครอบครัว และชุมชน โดยการนำวัตถุดิบเหล่านี้มาผลิตเป็นสินค้า และทางชุมชนยังสามารถ

ส่งเสริมให้เกิดความมีส่วนร่วมในชุมชนได้อีกทางหนึ่ง เพื่อเป็นการสร้างความสามัคคีในชุมชน ทำให้เกิดประโยชน์แก่ส่วนรวม

ดังนั้นคณะนักวิจัยจึงคิดที่จะพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดพันธุ์ เพื่อเป็นการเพิ่มวัตถุดิบให้ได้ปริมาณมากขึ้นแก่ชุมชน และประหยัดเวลา หากได้วัตถุดิบตามจำนวนที่ต้องการก็สามารถที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ลดต้นทุน และเวลา แต่สามารถที่จะผลิตสินค้าที่ทำจากนุ่นและเมล็ดพันธุ์ได้ปริมาณมากขึ้นเพื่อเป็นการส่งเสริมการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดพันธุ์
2. เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตวัตถุดิบให้แก่ชุมชน

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตทางด้านกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มประชากรในการศึกษาวิจัย การพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดพันธุ์เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชน ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มประชากรในพื้นที่

กลุ่มสตรีทำหมอนซิด ตำบลธาตุน้อย อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี

ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดพันธุ์เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชน

#### 1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น คณะนักวิจัยได้นิยามความหมายของเฉพาะไว้ดังนี้

นุ่น หมายถึง นุ่นที่อยู่ในฝักนุ่นมีลักษณะเป็นปุยสีขาวขุ่น

เมล็ดนุ่น หมายถึง เมล็ดนุ่นที่อยู่ในฝักนุ่นมีลักษณะเป็นเมล็ดสีดำขนาดเล็กทรงกลมบ้างแต่ละเมล็ดมีขนาดไม่เท่ากัน

คัดแยกเมล็ด หมายถึง การนำเมล็ดนุ่นที่อยู่ในฝักนุ่นแยกออกจากปุยนุ่น

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น
2. ได้วัตถุดิบคือปุยนุ่นและเมล็ดนุ่น แก่กลุ่มชุมชนเพื่อเพิ่มผลผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนุ่นและเมล็ดนุ่น
3. สามารถผลิตวัตถุดิบได้ปริมาณที่เพิ่มขึ้น

### 2. วิธีการวิจัย

ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชน คณะนักวิจัยได้แบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็นดังนี้

#### 2.1 การออกแบบวิจัย

- การออกแบบวิจัยแบ่งออกเป็น 6 ระยะดังนี้
- ระยะที่ 1 จัดประชุมทีมผู้วิจัย
  - ระยะที่ 2 ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
  - ระยะที่ 3 ลงพื้นที่ชุมชน
  - ระยะที่ 4 พัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น (เครื่องต้นแบบ)
  - ระยะที่ 5 ทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาด
  - ระยะที่ 6 นำทดลองใช้จริงในพื้นที่เป้าหมาย และประเมินผล

#### 2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยกลุ่มสตรีทำหมอนชิต จำนวน 20 คน ตำบลธาตุน้อย อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี

#### 2.3 การสร้างและทดสอบเครื่องมือ

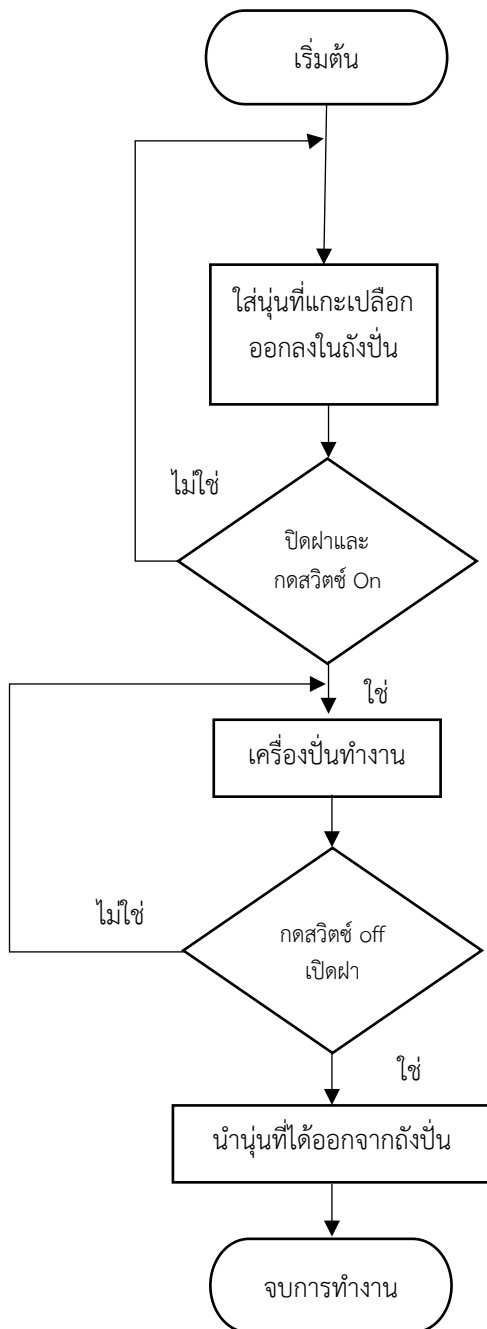
การพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลทฤษฎีภูมิของกลุ่มตัวอย่าง
2. พัฒนาการพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ด

นุ่น

#### 2.5 ผังการทำงานของเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นจากการพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น

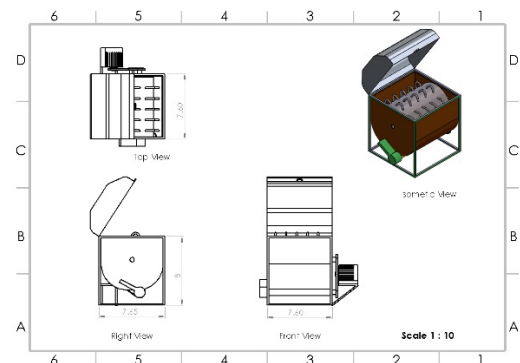
คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผังงานการทำงานของเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นโดยมีรายละเอียดของผังงานการทำงานของเครื่องดังต่อไปนี้



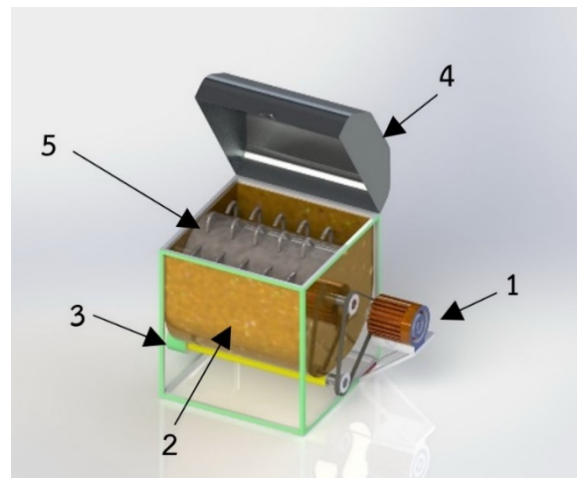
รูปที่ 1 ผังการทำงานของเครื่องคัดแยกปูนและเมล็ดปูน

## 2.6 โครงสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องคัดแยก ปูนและเมล็ดปูน

ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกปูนและเมล็ดปูน นั้น  
คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องต้นแบบของการวิจัย  
โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 โครงสร้างภายในเครื่องคัดแยกปูนและเมล็ดปูน



รูปที่ 3 ลักษณะของเครื่องคัดแยกปูนและเมล็ดปูน

จากรูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้  
หมายเลข 1 คือ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า  
หมายเลข 2 คือ ถังปั่นสำหรับคัดแยกเมล็ดปูน  
หมายเลข 3 คือ ท่อลำเลียงเมล็ดปูนออกจากเครื่อง  
หมายเลข 4 คือ ฝาปิดถังคัดแยก  
หมายเลข 5 คือ แกนปั่นปูน

ตารางที่ 1 รูปแบบคำสั่งการทำงานของเครื่อง  
ตัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น

| คำสั่ง | ความหมาย                                                                                                                                                         |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| เปิด   | ทำการเปิดเครื่องเครื่องตัดแยกนุ่น<br>และเมล็ดนุ่นเพื่อให้มอเตอร์ทำงาน<br>ขับเคลื่อนชุดสายพานให้แกนหมุนปั่น<br>นุ่นในถังปั่นเพื่อตัดแยกเมล็ดนุ่นออก<br>จากปุยนุ่น |
| ปิด    | ทำการปิดเครื่องเครื่องตัดแยกนุ่น<br>และเมล็ดนุ่น เพื่อให้มอเตอร์หยุด<br>ทำงาน                                                                                    |

### 3. ผลการทดลอง

#### 3.1 การทดลองการตัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น ด้วยมือ

ในการทดลองการตัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นด้วยมือ  
นั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้นุ่นวัดปริมาณน้ำหนักนุ่นที่  
500 กรัม โดยนุ่นนั้นต้องถูกแกะเปลือกออกและใจของนุ่น  
ออกมาก่อน โดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการตัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นด้วย  
มือปริมาณนุ่น 500 กรัม เวลา 5 นาที

| ครั้งที่ | ปุยนุ่นที่ได้<br>(กรัม) | เมล็ดนุ่นที่หลุดออกมา<br>(กรัม) | ความคลาด<br>เคลื่อน (%) |
|----------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1        | 450                     | 30                              | 4                       |
| 2        | 400                     | 50                              | 10                      |
| 3        | 380                     | 60                              | 12                      |
| 4        | 460                     | 30                              | 2                       |
| 5        | 470                     | 25                              | 1                       |
| 6        | 440                     | 40                              | 4                       |
| 7        | 460                     | 30                              | 2                       |
| 8        | 390                     | 50                              | 12                      |

| ครั้งที่  | ปุยนุ่นที่ได้<br>(กรัม) | เมล็ดนุ่นที่หลุดออกมา<br>(กรัม) | ความคลาด<br>เคลื่อน (%) |
|-----------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 9         | 480                     | 10                              | 2                       |
| 10        | 470                     | 10                              | 4                       |
| รวม       | 4400                    | 335                             | 53                      |
| $\bar{x}$ | 440                     | 33.50                           | 5.30                    |
| S.D.      | 36.51                   | 16.67                           | 4.32                    |

จากตารางที่ 2 ค่าตารางการทดสอบการตัดแยกนุ่น  
ด้วยมือ นั้น จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง เวลาที่ใช้ใน  
การตีนุ่นเพื่อให้เมล็ดหลุดจากนุ่น 5 นาที พบว่าปริมาณนุ่น  
ที่ได้มีปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 440 กรัม และยังมีเมล็ดนุ่น  
หลงเหลืออยู่บ้างคิดเป็นร้อยละ 33.50 มีความคลาด  
เคลื่อนที่มีเมล็ดนุ่นติดอยู่ที่ปุยนุ่นเท่ากับ 5.30 เปอร์เซ็นต์

#### 3.2 การทดลองการแยกนุ่นจากเมล็ดนุ่นด้วย เครื่องตัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมชุมชนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

จากการพัฒนาเครื่องตัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อ  
เพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชน  
คณะผู้วิจัยได้ออกแบบตารางสำหรับทดสอบประสิทธิภาพ  
การทำงานของเครื่องตัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อเพิ่ม  
ศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชนดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการตัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นด้วย  
เครื่อง ปริมาณนุ่น 500 กรัม เวลา 5 นาที

| ครั้งที่ | ปุยนุ่นที่ได้<br>(กรัม) | เมล็ดนุ่นที่หลุดออกมา<br>(กรัม) | ความคลาด<br>เคลื่อน (%) |
|----------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1        | 480                     | 10                              | 2                       |
| 2        | 490                     | 10                              | 0                       |
| 3        | 460                     | 20                              | 4                       |
| 4        | 450                     | 50                              | 0                       |
| 5        | 470                     | 20                              | 2                       |
| 6        | 440                     | 40                              | 4                       |

| ครั้งที่  | ปุ๋ยนุ่นที่ได้<br>(กรัม) | เมล็ดนุ่นที่หลุดออกมา<br>(กรัม) | ความคลาด<br>เคลื่อน (%) |
|-----------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 7         | 480                      | 20                              | 0                       |
| 8         | 460                      | 30                              | 2                       |
| 9         | 480                      | 10                              | 2                       |
| 10        | 470                      | 10                              | 4                       |
| รวม       | 4680                     | 220                             | 20                      |
| $\bar{x}$ | 468                      | 22.00                           | 2.00                    |
| S.D.      | 15.49                    | 13.98                           | 1.63                    |

จากตารางที่ 3 การคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นด้วยเครื่องนั้น จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง เวลาที่ใช้ในการตีนุ่นเพื่อให้เมล็ดหลุดจากนุ่น 5 นาที พบว่าปริมาณนุ่นที่ได้มีปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 468 กรัม และยังมีเมล็ดนุ่นหลงเหลืออยู่บ้างคิดเป็นร้อยละ 22.50 มีความคลาดเคลื่อนที่มีเมล็ดนุ่นติดอยู่ที่ปุ๋ยนุ่นเท่ากับ 2.00 เปอร์เซ็นต์

### 3.3 เปรียบเทียบการทดลองคัดแยกนุ่นด้วยมือกับการคัดแยกนุ่นด้วยเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นปริมาณนุ่น 500 กรัม เวลา 5 นาที

จากการทดลองคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นด้วยมือและด้วยเครื่องที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำการเปรียบเทียบผลการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องดังตารางผลการทดลองต่อไปนี้

**ตารางที่ 4** ผลการทดสอบการคัดแยกนุ่นด้วยมือกับการคัดแยกนุ่นด้วยเครื่อง ปริมาณนุ่น 500กรัม เวลา 5 นาที

| ครั้งที่  | ปุ๋ยนุ่น<br>ที่ได้ (กรัม) | คัดแยกด้วยมือ<br>เมล็ดนุ่นที่<br>หลุดออกมา (กรัม) | ความคลาด<br>เคลื่อน (%) | ปุ๋ยนุ่น<br>ที่ได้ (กรัม) | คัดแยกด้วยเครื่องเมล็ดนุ่นที่<br>หลุดออกมา (กรัม) | ความ<br>คลาด<br>เคลื่อน (%) |
|-----------|---------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1         | 450                       | 30                                                | 4                       | 480                       | 10                                                | 2                           |
| 2         | 400                       | 50                                                | 10                      | 490                       | 10                                                | 0                           |
| 3         | 380                       | 60                                                | 12                      | 460                       | 20                                                | 4                           |
| 4         | 460                       | 30                                                | 2                       | 450                       | 50                                                | 0                           |
| 5         | 470                       | 25                                                | 1                       | 470                       | 20                                                | 2                           |
| 6         | 440                       | 40                                                | 4                       | 440                       | 40                                                | 4                           |
| 7         | 460                       | 30                                                | 2                       | 480                       | 20                                                | 0                           |
| 8         | 390                       | 50                                                | 12                      | 460                       | 30                                                | 2                           |
| 9         | 480                       | 10                                                | 2                       | 480                       | 10                                                | 2                           |
| 10        | 470                       | 10                                                | 4                       | 470                       | 10                                                | 4                           |
| รวม       | 4400                      | 335                                               | 53                      | 4680                      | 220                                               | 20                          |
| $\bar{x}$ | 440                       | 33.50                                             | 5.30                    | 468                       | 22.00                                             | 2.00                        |
| S.D.      | 36.51                     | 16.67                                             | 4.32                    | 15.49                     | 13.98                                             | 1.63                        |



จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างการคัดแยกนุ่นด้วยมือกับการคัดแยกนุ่นด้วยเครื่องพบว่า ปริมาณนุ่นที่ได้จากการแยกด้วยมือ 440 กรัม และการแยกด้วยเครื่องได้ 468 กรัม ซึ่งมีปริมาณที่มากกว่าเท่ากับ 28 กรัม และค่าความคลาดเคลื่อนของเมล็ดที่หลุดจากนุ่นการคัดแยกด้วยมือมีเท่ากับ 5.30 เปอร์เซ็นต์ และการแยกด้วยเครื่องมีค่าเท่ากับ 2.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเมล็ดนุ่นหลุดออกจากนุ่นได้ดีกว่าเพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า

### 3.4 เปรียบเทียบการทดลองคัดแยกนุ่นด้วยมือกับการคัดแยกนุ่นด้วยเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น ในเวลา 1 นาที

จากการทดลองคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นด้วยมือและด้วยเครื่องที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทำการเปรียบเทียบผลการทำงานเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องดังกล่าว ผลการทดลองต่อไปนี้

**ตารางที่ 5** ผลการทดลองการเปรียบเทียบเปรียบเทียบการทดลองคัดแยกนุ่นด้วยมือกับการคัดแยกนุ่นด้วยเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น ในเวลา 1 นาที

| เครื่องคัดแยก |                                 |                                          |                               |
|---------------|---------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| ครั้งที่      | นุ่น<br>ปุยนุ่นที่ได้<br>(กรัม) | คัดแยกด้วยมือ<br>ปุยนุ่นที่ได้<br>(กรัม) | ผลต่างของนุ่นที่ได้<br>(กรัม) |
| 1             | 500                             | 220                                      | 280                           |
| 2             | 550                             | 200                                      | 350                           |
| 3             | 450                             | 180                                      | 270                           |
| 4             | 600                             | 210                                      | 390                           |
| 5             | 480                             | 200                                      | 280                           |
| 6             | 440                             | 190                                      | 250                           |
| 7             | 550                             | 170                                      | 380                           |
| 8             | 560                             | 230                                      | 330                           |
| 9             | 600                             | 240                                      | 360                           |
| 10            | 450                             | 210                                      | 240                           |
| รวม           | 5180                            | 2050                                     | 3130                          |

| เครื่องคัดแยก |                                 |                                          |                               |
|---------------|---------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| ครั้งที่      | นุ่น<br>ปุยนุ่นที่ได้<br>(กรัม) | คัดแยกด้วยมือ<br>ปุยนุ่นที่ได้<br>(กรัม) | ผลต่างของนุ่นที่ได้<br>(กรัม) |
| $\bar{x}$     | 518                             | 205                                      | 313                           |
| S.D.          | 61.79                           | 21.73                                    | 55.39                         |

จากตารางที่ 5 ผลการทดลองการเปรียบเทียบเปรียบเทียบการทดลองคัดแยกนุ่นด้วยมือกับการคัดแยกนุ่นด้วยเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น ในเวลา 1 นาที พบว่าการใช้เครื่องในการคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นสามารถให้ปริมาณนุ่นที่เพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 313 กรัม

### 3.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของเครื่องใช้สมการในการคำนวณ ดังนี้

$$Ac = (Fc/A) + (1/Ct)[R\&M+E+L] \quad (3.1)$$

$$Fc = D + I \quad (3.2)$$

$$D = (P - S) / N \quad (3.3)$$

$$I = [(P + S) / 2 \times (r / 100)] \quad (3.4)$$

โดยกำหนดให้

D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่อง (บาท)

N = อายุการใช้งานของเครื่อง (ปี)

AC = ต้นทุนการใช้งานแรงงานคน (บาท/กิโลกรัม)

FC = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A = ปริมาณการใช้งานในหนึ่งปี (กิโลกรัม)

E = ค่ากระแสไฟฟ้า (บาท/ชั่วโมง)

Ct = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง

(กิโลกรัม/ชั่วโมง)

I = ดอกเบี้ย (บาท/ปี)

S = มูลค่าซาก (บาท)

r = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์/ปี)

R&M = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง)

L = ค่าแรงคนงาน (บาท/ชั่วโมง) [2]

1. การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของเครื่องใช้ข้อมูล ดังต่อไปนี้

ราคาเครื่อง (P) = 15,000 บาท

อายุการใช้งาน (N) = 3 ปี

มูลค่าซาก (S) = 1,500 บาท

(คิด 10% ของราคาเครื่อง)

อัตราดอกเบี้ย (r) = 15%

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) = 1.2%

ของราคาเครื่อง/100 ชั่วโมงการทำงาน

$$= (0.012 \times 15,000)/100$$

$$= 1.80 \text{ บาท/ชม.}$$

1.1 ค่าไฟฟ้า (E) =  $(187.5 \text{ w}) \times (5 \text{ บาท/หน่วย})/1,000$

$$= 0.94 \text{ บาท/ชม.}$$

1.2 ค่าแรงงาน (L) = 300/8

$$= 37.5 \text{ บาท/ชม.}$$

(ค่าแรง 300 บาท/8 ชม./วัน)

ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (Ct) = 18.78 กก./ชม.

1.3 คำนวณค่าเสื่อมราคาจาก สมการที่ 3.3

$$D = (P-S)/N$$

$$= (15,000 - 1,500)/3$$

$$= 4,500 \text{ บาท/ปี}$$

1.4 คำนวณดอกเบี้ยจาก สมการที่ 3.4

$$I = [(P + S) / 2 \times (r / 100)]$$

$$= [(15,000 + 1,500) / 2 \times (15/100)]$$

$$= 1,237.50 \text{ บาท/ปี}$$

แทนค่าในสมการที่ 3.2

$$F_c = D + I$$

$$= 4,500 + 1,237.50$$

$$= 5,737.50 \text{ บาท/ปี}$$

แทนค่าต่างๆ ในสมการที่ 3.1

$$AC = (F_c/A) + (1/Ct)[R\&M+E+L]$$

$$= (5,737.50 / A) + (1/18.78)$$

$$[1.80+0.94+37.5]$$

$$AC = (5,737.50 / A) + 1.14 \quad (3.5)$$

2. คำนวณหาต้นทุนการคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น

จากตารางที่ 5 ได้ข้อมูลการคัดแยกนุ่นด้วยมือ พบว่า 1 คน สามารถคัดแยกนุ่นด้วยมือได้ค่าเฉลี่ย 205 กรัม/นาที เท่ากับได้ปุ๋ยนุ่น 12.30 กก./ชม. ถ้าทำงาน 8 ชม./วัน และ ค่าแรง 300 บาท ต้นทุนการหีบฝ้ายเมื่อใช้แรงงานคน (AC)

$$AC = 300/(12.30 \times 8)$$

$$= 3.04 \text{ บาท/กก.}$$

3. การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

สามารถคำนวณหาได้โดยการแทนค่าลงในสมการที่ 3.5

$$AC = (5,737.50 / A) + 1.14$$

$$\text{แทนค่า} \quad 3.04 = (5,737.50 / A) + 1.14$$

$$\text{ดังนั้น} \quad A = 3,019.73 \text{ กก./ปี}$$



รูปที่ 4 การบรรจุปุ๋ยนุ่นลงในถังคัดแยกเมล็ดนุ่น



รูปที่ 5 นุ่นที่ผ่านการคัดแยกเมล็ดนุ่นออกแล้ว

#### 4. อภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา

การพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชุมชน คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองในการหีบเมล็ดฝ้ายซึ่งสามารถสรุปผลการทดลอง อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

##### 4.1. สรุปผล

จากการทดลองใช้งานเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นว่าสามารถเพิ่มผลผลิต และการทดลองคัดแยกเมล็ดนุ่นว่าเมื่อใช้เครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นแล้วเมล็ดนุ่นหลุดออกจากปุ๋ยนุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการทดลองการคัดแยกนุ่นด้วยมือและการใช้เครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นนั้น

จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ปริมาณนุ่นที่ใช้ในการทดสอบ 500 กรัม เวลาที่ใช้ 5 นาที พบว่าการใช้เครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นนั้นให้ค่าความคลาดเคลื่อนคือเมล็ดเหลือน้อยได้ดีกว่าการคัดแยกนุ่นด้วยมืออยู่ที่ 2.00 เปอร์เซ็นต์ และในการทดลองคัดแยกนุ่นโดยกำหนดเวลา 1 นาที การคัดแยกด้วยมือได้ปริมาณนุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 205 กรัม และใช้เครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นนั้นเวลา 1 นาที ได้ปริมาณนุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 518 กรัม และการคัดแยกนุ่นด้วยมือเวลา 1 ชั่วโมงจะสามารถให้ปริมาณนุ่นได้เฉลี่ยที่ 12.30 กิโลกรัม การคัดแยกนุ่นด้วยเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นความสามารถในการทำงานใน 1 ชั่วโมง จะได้ปริมาณนุ่นเฉลี่ยที่ 31.01 กิโลกรัม ซึ่งให้ปริมาณนุ่นมากกว่าอยู่ 18.78 กิโลกรัม

การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องอยู่ที่ 3,019.73 กก./ปี โดยเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นของคณะผู้วิจัยมีอายุการใช้งาน 3 ปี มีความสามารถในการทำงาน 31.08 กก./ชม. ซึ่งใน 1 วัน หากทำงานวันละ 8 ชม. จะสามารถทำงานได้ 248.64 กก. หากทำงานวันละ 4 ชม. ก็จะสามารถทำงานได้วันละ 124.32 กก. ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาการทำงานประมาณ 25 วัน

#### 4.2. อภิปรายผล

ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นโดยใช้มอเตอร์ควบคุมการทำงาน และได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเปรียบเทียบการทำงานในการใช้มือหรือวิธีการแบบดั้งเดิมกับเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นที่ทำงานด้วยมอเตอร์

เครื่องคัดแยกนุ่นที่นักวิจัยพัฒนาขึ้นมีความคล้ายคลึงในบางส่วนกับเครื่องปั่นนุ่นแบบท้องถิ่น [4] โดยลักษณะที่คล้ายคลึงคือ มีแกนหมุนสำหรับตีนุ่น แต่ต่างที่ส่วนของแกนตีนุ่นของนักวิจัยมีลักษณะเป็นเหล็กงอโค้งเป็นสามเหลี่ยมมน เพื่อป้องกันการพันกันของปุยนุ่น ขณะที่เครื่องคัดแยกนุ่นกำลังทำงาน

การวิจัยนี้มีผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒิพล จันทรสระคู และคณะ ในชื่องานวิจัยและพัฒนาคู่มือสำหรับคัดแยกเมล็ดและทำความสะอาดปุยฝ้าย ซึ่งเผยแพร่ใน กรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2560 มีความสอดคล้องกันในการด้านจุดคุ้มทุนการผลิต

เครื่องต้นแบบและการทำงานของเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่นที่พัฒนานั้นสามารถให้ปริมาณปุยนุ่นเพิ่มขึ้น

#### 4.3. ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น เพื่อให้การทำงานของเครื่องมีความสมบูรณ์มากขึ้น คณะผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะดังนี้

1. ควรมีการออกแบบและพัฒนาในเรื่องของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า
2. ควรมีกระบวนการออกแบบในส่วนของการจัดเก็บนุ่นที่ผ่านการปั่น ไม่ให้ฟุ้งกระจาย
3. ควรมีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพปุยนุ่นที่คัดแยกออกมา

#### 5. องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัย

สำหรับองค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัยการพัฒนาเครื่องคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น เป็นการใช้เทคนิคการปั่นปุยนุ่น เพื่อแยกเมล็ดที่มีน้ำหนักมากกว่าหล่นลงสู่ด้านล่าง ส่วนปุยนุ่นที่มีน้ำหนักเบากว่าจะยังคงอยู่ในถังปั่น ซึ่งจะช่วยให้ลดเวลาในการคัดแยกนุ่นและเมล็ดนุ่น รวมถึงยังเป็นการลดการฟุ้งกระจายของปุยนุ่นจากกระบวนการดังกล่าว

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วิรัตน์ คำศรีจันทร์. (2553). “การทำนุ่นและเครื่องนอนของชาวบ้านหนองบัว”. หัตถกรรมและมรดกวิถีพอเพียง.
- [2] วุฒิพล จันทรสระคู และคณะ. (2560). “วิจัยและพัฒนาเครื่องหีบฝ้ายสำหรับการคัดแยกเมล็ดและทำความสะอาดปุยฝ้าย”. กรมวิชาการเกษตร.
- [3] ขวัญฤทัย คำผาเชื้อ. (2551). “พฤกษศาสตร์พื้นบ้านของชาวกะเหรี่ยง ที่ตำบลบ้านจันทร์และแจ่มหลวง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่”. วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] สุภัทรา ปลื้มกมล. (2535). “เครื่องปั่นนุ่นสำหรับเกษตรกรในชนบท”. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] รัตนศักดิ์ คำภักดิ์ รุธิยา พลหา และวราภรณ์ ธัญญาญ. (2536). “เครื่องปั่นนุ่น ม.ช. 26”. รายงานของ

- นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [6] ไพโรจน์ นะเที่ยง. (2014). “การพัฒนาประสิทธิภาพ  
เครื่องตี ฟู ก้อน ฝ้าย ที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับยัด ใส ใน  
ของผลิตภัณฑ์เครื่องนอน”. *Industry Technology  
Lampang Rajabhat University*, 7(2), 57-71.
- [7] ศิริชัย กาญจนวาสี ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์ และดิเรก ศรีสุ  
โข. (2551). “การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับการ  
วิจัย”. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.