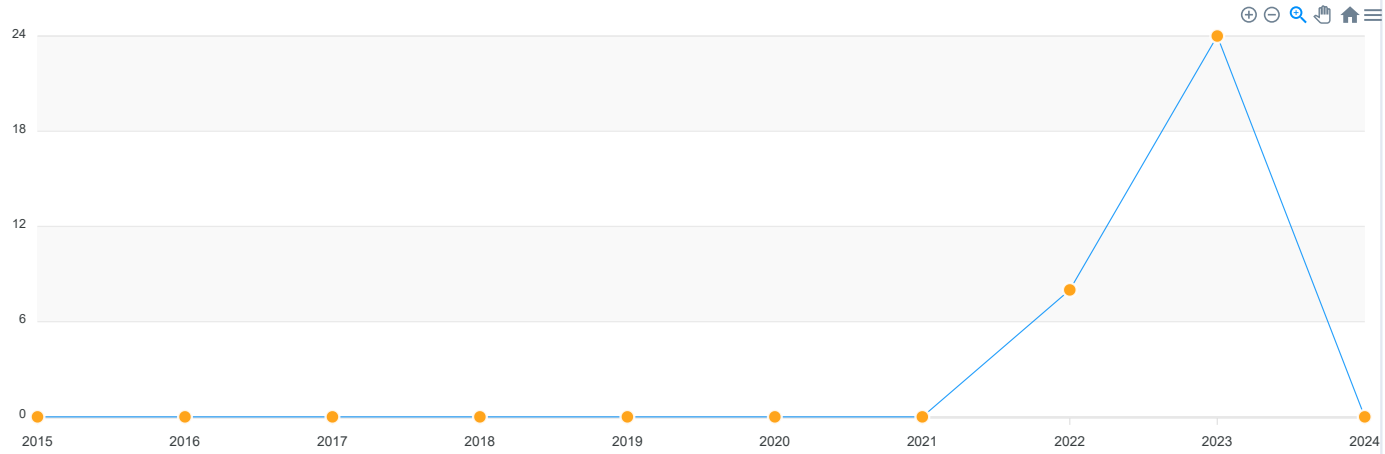
| | |
|---|---|
| **Name (English):** | Journal of Industrial Technology and Engineering Pibulsongkram Rajabhat University |
| **Name (Local):** | วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม |
| **Status:** | Active |
| **Editor-in-Chief:** | รองศาสตราสจารย์ ดร.สนิท ปิ่นสกุล |
| **Abbreviation (English):** | - |
| **Abbreviation (Local):** | - |
| **pISSN:** | 2697-5602 |
| **eISSN:** | 2697-5629 |
| **Issues/Year:** | 3 |
| **Address:** | 156 หมู่ 5 ต.พลายชุมพล อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 |
| **Website:** | https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/psru-jite |
| **Email:** | natnaphat.148@gmail.com |
| **Publisher (English):** | Faculty Of Industrial Technology Pibulsongkram Rajabhat University |
| **Publisher (Local):** | คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม |
| **TCI Tier:** | 2 |
| **Top Levels:** | Physical Sciences |
| **Subject Area:** | - |
| **Sub-Subject Area:** | - |
| **Note:** | |
| **TCI Tier History:** | **Tier 2:** From **01 Jan 2022** to **31 Dec 2024** |

จำนวน publication ใน 10 ปีที่ผ่านมา






เว็บไซต์นี้ใช้คุกกี้เพื่อปรับปรุงประสบการณ์ผู้ใช้ โปรดยอมรับข้อกำหนดและเงื่อนไข (อ่านนโยบายและเงื่อนไข) ยอมรับ

Legal

นโยบายการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล

Thai Journal Citation Index Centre

© 2023 Thai-Journal Citation Index Centre. All rights reserved. **(Login)**

เว็บไซต์นี้ใช้คุกกี้เพื่อปรับปรุงประสบการณ์ผู้ใช้ โปรดยอมรับข้อกำหนดและเงื่อนไข (อ่านนโยบายและเงื่อนไข)

# การพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกกึ่งอัตโนมัติสำหรับธุรกิจชุมชน

# DEVELOPMENT OF SEMI-AUTOMATIC TAMARIND BRIQUETTE MACHINE FOR COMMUNITY BUSINESS

วิทยา หนูช่างสิงห์, ธนภัทร มะณีแสง*, มานะ อินพรมมี

Wittaya Nuchangsing, Thanapat Maneesaeng*, Mana Inpromme

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ประเทศไทย 67000

Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University,

Muang, Phetchabun, Thailand, 65000

*Corresponding author e-mail: nazzdex.man@pcru.ac.th

วันที่เข้าระบบ 10 ธันวาคม 2566
วันที่แก้ไขบทความ 4 มิถุนายน 2567
วันที่ตอบรับบทความ 7 มิถุนายน 2567

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกกึ่งอัตโนมัติ เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของกระบวนการอัดก้อนแบบเดิมที่ใช้แรงงานคน ซึ่งใช้เวลานาน (เฉลี่ย 55 วินาทีต่อชิ้น) และมะขามที่ได้มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ เครื่องอัดก้อนนี้ใช้ระบบนิวแมติกส์ ควบคุมการดันแผ่นเพลท 4 ทิศทางไปยังชิ้นงานเพื่อให้ได้รูปทรงที่ต้องการ จากการทดสอบพบว่าแรงดัน 600 kPa เหมาะสมที่สุด โดยสามารถอัดก้อนมะขามได้รวดเร็วเพียง 8 วินาทีต่อชิ้น เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน 5 เท่าเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน และมีระยะเวลาคืนทุน 1 เดือน 1 วัน เท่านั้น ส่วนผลลัพธ์จากการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานพบว่าผลการประเมินในทุกๆ ด้านอยู่ในระดับดี จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องอัดก้อนมะขามสามารถนำมาใช้ทดแทนวิธีการทำงานแบบเดิมในธุรกิจระดับชุมชนได้ และผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้ไม่เพียงแต่จัดการกับความไร้ประสิทธิภาพในกระบวนการอัดก้อนมะขามแบบดั้งเดิมเท่านั้น แต่ยังแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในการบูรณาการระบบนิวแมติกส์กับในการช่วยความเร็วและมาตรฐานในกระบวนการการอัดก้อนมะขาม

**คำสำคัญ:** เครื่องอัดก้อนมะขามเปียกกึ่งอัตโนมัติ, มะขามเปรี้ยว, กระบวนการอัดก้อน

**Abstract**

This research aims to develop a semi-automatic wet tamarind briquette machine to remove the limitations of the time-consuming traditional labor-intensive briquetting process (average 55 seconds per piece), producing unevenly briquette-shaped tamarinds. This briquette machine employed a pneumatic system to control the pressure of four plates toward the workpieces, ensuring the formation of the desired shape. According to the test, it revealed that the optimal pressure of 600 kPa resulted in briquette production in a mere 7.79 seconds per piece. This represented a remarkable increase in efficiency of 5.87-fold compared to manual labor and required only a rapid payback period of 1 month and 1 day. Regarding user satisfaction assessments, they consistently yielded positive results in all aspects at a good level. Therefore, it can be concluded that the briquette machine develops as a viable replacement for traditional methods in community-based businesses. The research findings not only addressed the inefficiencies of conventional briquetting method but also showcased the advancement of pneumatic system integrated with the enhancement of both speed and consistency during the tamarind briquetting process.

**Keywords:** Semi-Automatic Tamarind Briquette Machine, Sour tamarind, Briquetting process

## 1. บทนำ

เทคโนโลยีการอัดก้อนเป็นวิธีการแปรรูปอาหารที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ซึ่งอาหารจะถูกเปลี่ยนเป็นก้อนที่สะดวก ให้ประโยชน์หลายประการ เช่น ง่ายต่อการบริโภค อายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน เพิ่มมูลค่า และการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ ทั้งหมดนี้ยังคงคุณค่าทางโภชนาการดั้งเดิม ตัวอย่างเช่น อัจฉราและคณะ (2562) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องแกงปักษ์ใต้แบบก้อนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาด้วยเทคโนโลยีไมโครเวฟ เผยให้เห็นการยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 126 วัน เช่นเดียวกับกรมวิทยาศาสตร์บริการที่คิดค้นผลิตภัณฑ์กะปิอัดก้อน ผลิตภัณฑ์นี้หลังจากผ่านกรรมวิธีแล้วมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นถึง 1 ปี (เจนจิรา, 2563) เช่นเดียวกันกับในงานวิจัยของนันท์ปภัสร์ และคณะได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาอัดก้อนกึ่งสำเร็จรูป และทำการวิจัยเกี่ยวกับกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อเอื้อต่อการขยายการผลิตสู่เชิงพาณิชย์ (นันปภัสร์, 2565) งานวิจัยเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นถึงความพยายามที่พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ที่ต้องการความสะดวกและรวดเร็วในการทำอาหาร แต่ยังคงคุณค่าสารอาหารได้ดังเดิม

นอกจากเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอัดก้อนแล้วยังมีกลุ่มนักวิจัยที่ได้พัฒนาเครื่องอัดก้อน ในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น ชโลธร และคณะ (2561) ประสบความสำเร็จในการออกแบบเครื่องอัดก้อนข้าว โดยใช้มอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้า ขับเพลาแบบเกลียว จึงลำเลียงข้าวยำไปยังแป้นอัดเพื่ออัดให้เป็นก้อนที่มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกัน ธนศิษฏ์ และคณะ (2565) ได้พัฒนาเครื่องอัดลูกอมขิง โดยใช้หลักการลำเลียงเนื้อขิงกวนผ่านชุดสกรูไปขึ้นรูปยังหน้าแปลนออกมาเป็นรูปทรงกระบอก จากการทดสอบพบว่าเครื่องจักรมีกำลังการผลิตสูงสุดที่ 162.48 กรัมต่อนาที และรูปทรงที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายทั่วไป ซึ่งทั้งหมดนี้แสดงถึงความพยายามขององค์กรร่วมสมัยในการรวมเทคโนโลยีเข้ากับกระบวนการผลิตของตน โดยมีเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนแรงงานและสร้างมาตรฐานให้กับผลิตภัณฑ์

มูลค่าการตลาดของมะขามเปรี้ยวในประเทศคาดว่าจะสูงถึง 200 ล้านบาท กว่าร้อยละ 60 ของการผลิตมุ่งสู่การบริโภคภายในประเทศ (วศิน, 2565) ซึ่งกลุ่มแปรรูปมะขามไร่บุญคงบ้านยาวี มีความเชี่ยวชาญในการผลิตผลิตภัณฑ์จากมะขามหลากหลายประเภท ทั้งมะขามหวาน มะขามแปรรูป รวมถึงมะขามเปรี้ยว ผลผลิตจากการปลูกมะขามเปรี้ยวมีมูลค่าสูงถึง 5,698 บาทต่อไร่ ซึ่งหากจำหน่ายเป็นฝักดิบจะสามารถจำหน่ายได้ในราคากิโลกรัมละ 17-20 บาท แต่เมื่อขายเป็นมะขามฝักสุกที่ยังไม่แกะเมล็ด ราคาจะสูงขึ้นอยู่ที่กิโลกรัมละ 23-30 บาท นอกจากนี้เมื่อนำไปแปรรูป ราคาสูงขึ้นถึงกิโลกรัมละ 85 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) หนึ่งในผลิตภัณฑ์ของกลุ่มแปรรูปมะขามไร่บุญคงคือมะขามเปียกอัดก้อนที่ได้รับความนิยมเป็นพิเศษ โดยมีฐานลูกค้าจำนวนมากที่มาจากต่างประเทศ โดยเฉพาะในสหราชอาณาจักรและแคนาดา ที่นิยมใช้มะขามเปียกเป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารไทย ไม่ว่าจะเป็น ต้มยำกุ้ง ต้มปลา ต้มยำไก่บ้าน และอาหารขึ้นชื่อระดับโลกอย่าง ต้มยำกุ้ง (Good life Update, 2017) การใช้มะขามเปียกแพร่หลายในอาหารทั้งในประเทศและต่างประเทศทำให้สถานะของมันกลายเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสร้างสรรค์อาหารทั่วโลก สิ่งนี้ตอกย้ำความสำคัญทางเศรษฐกิจและความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์จากมะขามเปรี้ยว ควบคู่ไปกับความสามารถในการทำกำไรและความต้องการผลิตภัณฑ์แปรรูป ทำให้มะขามเปรี้ยวเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับเกษตรกรที่แสวงหาการลงทุนด้านการเกษตรที่ยั่งยืน

ขั้นตอนการผลิตมะขามอัดก้อนในปัจจุบัน เริ่มจากนำมะขามเปรี้ยว 454 กรัม ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บรรจุลงถุงพลาสติก จากนั้นจึงใช้บล็อกไม้กดมะขามให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าก่อนบรรจุลงในกล่องทึบแสงต่อไป รวมระยะเวลาทั้งหมดของการผลิตแต่ละก้อนเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ประมาณ 2.32 นาที แต่เฉพาะขั้นตอนการอัดก้อนอยู่ที่ 55 วินาที แต่อย่างไรก็ตามวิธีการผลิตแบบเดิมมีหลายประเด็นที่ขัดขวางประสิทธิภาพ และบ่อยครั้งทำให้เวลาการทำงานเพิ่มสูงขึ้น ปัญหาสำคัญประการหนึ่งเกิดจากรกของมะขามซึ่งมักทะลุถุงพลาสติก ทำให้ผู้ประกอบการต้อง

บรรจุมะขามใหม่ตั้งแต่ต้น นอกจากนี้กระบวนการบรรจุมักจะพบสิ่งเจือปน และมักจะประสบปัญหารูปร่างไม่สม่ำเสมอเป็นประจำทำให้ยากต่อการบรรจุ

ดังนั้นเพื่อจัดการกับความท้าทายเหล่านี้ วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ โดยอาศัยหลักการทำงานของระบบนิวแมติกส์หรือระบบที่ใช้ลมเป็นตัวกลางในการขับเคลื่อนและควบคุมเครื่องจักรและอุปกรณ์เสริมทดแทนการใช้แรงงานคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีจุดเด่นคือความแม่นยำ ความเร็ว สามารถทนทานต่อการระเบิดสูง และมีความสะอาดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์เหล่านี้ ทำให้พบการใช้งานอย่างกว้างขวางในความก้าวหน้าของเครื่องจักรสำหรับกระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ อรุณ และคณะ (2560) อรุณ และวิมล (2561) และปวรุตม์ (2563) โดยอรุณ และคณะ (2560) และ อรุณ และวิมล (2561) ได้ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์ กับกระบวนการบรรจุหนังปลากะพงปรุงรสทอดกรอบ จากนั้น ปวรุตม์ (2563) ได้ประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์ ในการปรับปรุงกระบวนการบรรจุน้ำปลาร้าให้เป็นรูปแบบกึ่งอัตโนมัติ เป็นต้น ความพยายามในการวิจัยเหล่านี้ได้เน้นให้เห็นถึงข้อได้เปรียบโดยธรรมชาติของระบบนิวแมติกส์ เนื่องจากสามารถจัดการกับความท้าทายที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นการประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์กับการออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกในงานวิจัยชิ้นนี้คาดว่าจะสามารถแก้ปัญหากระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน ซึ่งจะทำให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและความสม่ำเสมอในผลิตภัณฑ์มะขามอัดก้อน ซึ่งการระบบการผลิตนี้สามารถปรับปรุงการดำเนินงาน และลดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งเจือปน ท้ายที่สุดแล้วการนำเครื่องอัดก้อนมะขามมาใช้ในกระบวนการผลิต จะสามารถลดต้นทุนแรงงาน เพิ่มคุณภาพ และสร้างมาตรฐานใหม่ในการผลิตเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าและผู้บริโภค

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกโดยใช้ระบบนิวแมติกส์ สำหรับธุรกิจขนาดเล็ก

2.2 เพื่อทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องจักรและประเมินประสิทธิภาพจากผู้ใช้งาน

## 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

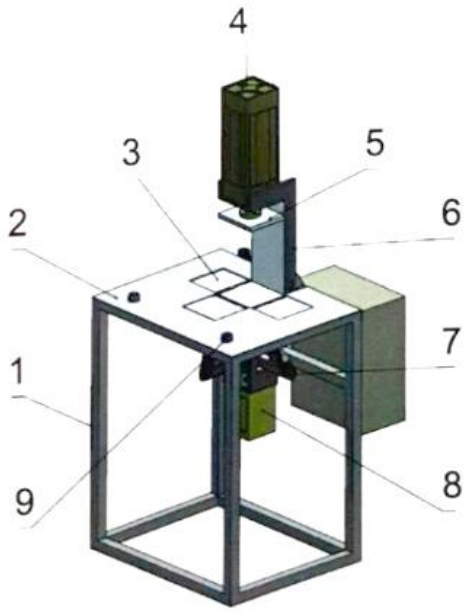
**การวิจัยนี้สามารถแบ่งรายละเอียดการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย**

1) ส่วนประกอบที่สำคัญ และหลักการทำงานของเครื่องจักร
2) การจัดเตรียมกลุ่มตัวอย่าง
3) การทดสอบสมรรถนะ
4) การประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

3.1 ส่วนประกอบที่สำคัญ และหลักการทำงานของเครื่องจักร

3.1.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดก้อนมะขามประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ 9 ชิ้นส่วนหลักดังภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอัดก้อนมะขามต้นแบบ

1) โครงสร้างหลัก (หมายเลข 1) ทำหน้าที่ยึดส่วนประกอบต่าง ๆ โดยใช้เหล็กกล่องขนาด 2 x 2” และมีขนาด 450 x 600 X 70 mm

2) แผ่นปิดด้านบนโครงเครื่องสร้าง (หมายเลข 2) จากแผ่นสแตนเลส SUS304 ขนาด1 x 20 x 450 mm

3) ชุดแผ่นเพลทส่วนล่าง (หมายเลข 3) ทำหน้าที่อัดก้อนมะขามให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม 4 ด้าน สร้างจากเหล็กเพลทหนา 12 mm โดยด้านข้างมีขนาด 110 mm ยาว 120 mm ส่วนด้านหน้ากว้าง 140 mm ยาว 110 mm ออกแบบโดยใช้แนวคิดการกดอัดจากด้านล่างคล้ายกับระบบการทำงานของเครื่องอัดถ่านแท่งเหง้ามันสำปะหลัง (ธารินี และประเทือง, 2548) ที่ชิ้นงานที่ต้องการมีรูปร่างคล้ายกัน แต่เพื่อให้ต้นทุนต่ำที่สุดจึงต้องออกแบบกลไกการควบคุมแผ่นเพลท 3 ด้าน โดยใช้การเคลื่อนที่ของกระบอกสูบเพียงครั้งเดียว โดยใช้แนวคิดการออกแบบจากการทำงานของร่มมีประกอบด้วย 2 ส่วน ด้วยขายึดแผ่นเพลท และชุดกลไกดันแผ่นเพลท ดังภาพที่ 2

4) กระบอกแรงดันระบบนิวแมติกส์ (หมายเลข 4 และหมายเลข 8) ทำหน้าที่ส่งกำลังให้แผ่นเพลตกดอัดก้อนมะขามให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ใช้วาล์วที่มีการควบคุม 2 ทาง 2 ตำแหน่งปกติปิด (2/2 D.C. Valve Normally Closed) (เดชฤทธิ์, 2553) โดยใช้ช่องแรกเป็นท่อภายในวาล์วเป็น

ทางผ่านของลมไปในทิศทางการดันแผ่นเพลทไปยังชิ้นงาน ส่วนช่องที่ 2 ปิดกั้นไม่ให้ลมผ่านได้ ถ้าหากดึงแรงดันลมออกจากระบบ แผ่นเพลทก็จะกลับไปที่ตำแหน่งเดิม โดยส่วนบนมีก้านสูบ (หมายเลข 4) กว้าง 80 mm ยาว 300 mm และส่วนล่าง (หมายเลข 8) กว้าง 20 mm ยาว 200 mm สามารถสร้างแรงดันอากาศได้สูงสุดเท่ากับ 10.19 kg/cm$^2$

5) แผ่นเพลทอัดส่วนบน (หมายเลข 5) ทำหน้าที่อัดก้อนมะขามให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม สร้างจากเหล็กเพลทหนา 12 mm กว้าง 140 mm ยาว 119 mm ส่วนกลางของแผ่นเจาะรูขนาด 7 mm จำนวน 2 รู และรูปขนาด 20 mm 1 รู

6) โครงยึดอุปกรณ์การอัด (หมายเลข 6) ทำหน้าที่ยึดรับอุปกรณ์ส่งแรงดันอากาศ สร้างจากเหล็กเพลทหนา 12 mm กว้าง 140 mm ยาว 160 mm สูง 582 mm

7) ส่วนควบคุม (หมายเลข7) ทำหน้าที่เป็นชุดวงจรควบคุมระบบไฟฟ้าและระบบนิวแมติกส์ในการทำงานของเครื่องอัดมะขามกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย

7.1) สวิตซ์ (เปิด/ปิด) ระบบไฟฟ้า 24 V

7.2) หลอดไฟสีแดง 1 หลอดสวิตซ์ควบคุมการทำงาน 24 V

7.3) ตัวแปลงและจ่ายไฟฟ้า (Power Supply) 220 VDC ADPT 24 V

7.4) รีเลย์ (Relay) 3 ตัว

7.5) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) 24 V

8) เซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก (Sensor) 24 V อุปกรณ์สำคัญในการควบคุมระยะการกดอัดเพื่อให้มะขามเปียกเป็นก้อนตามที่ผู้ประกอบการต้องการ อุปกรณ์ตรวจจับแม่เหล็กจะถูกติดตั้งไว้ด้านนอกของกระบอกลม และสามารถปรับระดับขึ้นลงได้ การประยุกต์ใช้สัญญาณตรวจจับแม่เหล็กวงแหวนตรงกลางของลูกสูบ เมื่อแผ่นวงแหวนถูกดันมายังตำแหน่งที่กำหนดไว้ อุปกรณ์ตรวจจับจะตรวจพบแม่เหล็กจำนวนมาก และส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมเอาท์พุททันที

9) เกจวัดปรับแรงดันและกรองอากาศที่สามารถควบคุมแรงดันได้ 1-10.19 kg/cm$^2$โดยควบคุมการกรองแรงดันอากาศก่อนส่งไปยังกระบอกแรงดันระบบนิวแมติกส์ ทำให้แรงดันคงที่อยู่เสมอ (บุญธรรม, 2557) ในงานวิจัยชิ้นนี้นำเอาการตั้งค่าของเกจวัดปรับแรงดันมาใช้ในการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าแรงดันที่เหมาะสมในการอัดก้อนมะขาม

3.1.2 หลักการทำงานของเครื่องจักร

เครื่องจักรจำเป็นต้องอาศัยพลังงานสองรูปแบบคือ พลังงานไฟฟ้า และแรงดันอากาศผ่านระบบการทำงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง เมื่อผู้ปฏิบัติงานวางชิ้นงานลงบนแผ่นเพลตอัดส่วนล่าง ขั้นตอนต่อไปคือสั่งการผ่านสวิตซ์ควบคุมการทำงานเพื่อให้เครื่องอัดแรงดันอากาศ (Compressor) ส่งกำลังลมมายังเกจวัดปรับแรงดัน จากนั้นระบบกรองอากาศจะทำหน้าที่ควบคุม

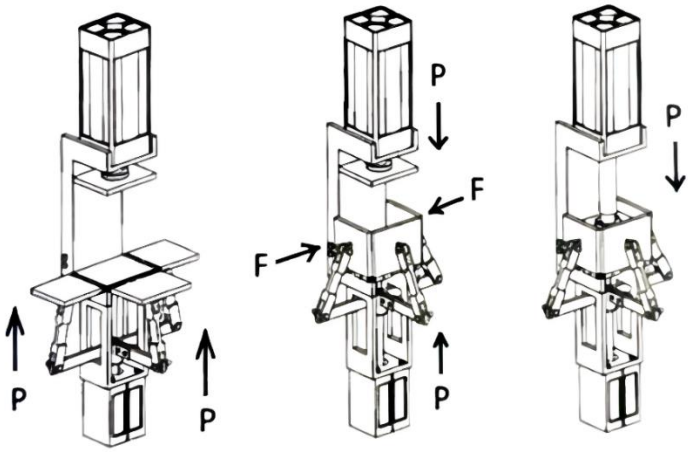
แรงดันไปยังโซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ทั้งสองตัว ซึ่งทำหน้าที่ส่งแรงดันอากาศไปยังกระบอกลมทั้งสองส่วน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระบอกลมส่วนล่างจะดันชุดกลไกลดันแผ่นเพลทกับชุดแผ่นเพลท อัดส่วนล่างขึ้นมาประกบกันให้ก้อนมะขามเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ดังภาพที่ 2 (ก)

ขั้นตอนที่ 2 กระบอกลมส่วนบนจะดันแผ่นเพลทอัดส่วนบนลงมาเพื่ออัดก้อนมะขามเปียกตามระยะที่ตั้งค่าเอาไว้ ค้างกระบอกลมไว้สักครู่เพื่อให้ได้ก้อนมะขามตามรูปทรงและลักษณะตามที่ต้องการก่อนยกขึ้นดังภาพที่ 2 (ข)

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากอัดก้อนมะขามเปียกได้ตามรูปทรงและขนาดที่ต้องการแล้ว กระบอกลมทั้งสองจะชักกลับและกลไกลกับแผ่นเพลทอัดจะเคลื่อนที่กลับที่เดิมดังภาพที่ 2 (ค)

ซึ่งหลังจากแผ่นเพลทอัดจะเคลื่อนที่กลับที่เดิมผู้ปฏิบัติงานสามารถนำชิ้นงานที่มีรูปทรงตามที่ต้องการออกจากเครื่องจักร และเตรียมพร้อมนำชิ้นงานที่จัดเตรียมไว้ชิ้นต่อไปมาทำต่อได้ทันที จนกว่าจะได้มะขามอัดก้อนครบตามจำนวนที่ต้องการ




2 (ก) 2 (ข) 2 (ค)

**ภาพที่ 2** ระบบการของกลไกการอัดก้อนมะขาม

3.2 การจัดเตรียม

ลักษณะผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของลูกค้าคือ มะขามเปียกอัดก้อนรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 120 x 140 x 40 mm น้ำหนัก 454 g ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังภาพที่ 4 จากนั้นปล่อยให้เย็นในอุณหภูมิห้อง ก่อนบรรจุลงถุงพลาสติก และใส่ลงในถุงพลาสติกใส ขนาด 7 x 9” ซึ่งอุณหภูมิของมะขามเปียกไม่มีผลต่อคุณภาพมะขามก้อน ดังนั้นในการทดลองจึงสามารถใช้มะขามที่เย็นในอุณหภูมิห้องได้

**ภาพที่ 3** การเตรียมชิ้นงานก่อนอัดก้อน

3.3 การทดสอบสมรรถนะ

การทดสอบหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดมะขามเปียกมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 การทดสอบเพื่อหาแรงดันอากาศที่เหมาะสม

เพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดก้อนมะขาม การทดลองเริ่มจากการตั้งค่าแรงดันอากาศจากกระบอกแรงดันระบบนิวแมติกส์ ที่ 200 400 600 และ 700 kPa ตามลำดับ โดยในแต่ละการตั้งค่าจะทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ซึ่งแรงดันอากาศที่เหมาะสมจะพิจารณาจากลักษณะของรูปทรงและความหนาแน่นของเนื้อมะขามหลังจากการอัดในแต่ละการทดลอง และเวลาที่ใช้

3.3.2 การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างแรงงานคน

เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันระหว่างการทำงานด้วยแรงงานคนที่ใช้วิธีการทำงานแบบเดิม และเครื่องจักรพัฒนาขึ้นเพื่อเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานให้รวดเร็วขึ้น ดังนั้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานจะใช้การพิจารณาจากระยะเวลาการทำงาน โดยต้องอัดมะขามให้ได้น้ำหนัก 454 g ให้มีขนาด กว้าง 120 x 140 x 40 mm

3.4 การประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

เครื่องอัดก้อนมะขามจะถูกประเมินโดยผู้ที่มีประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตมะขามเปียกอัดก้อนจำนวน 15 คน โดยเริ่มจากการทดสอบการทำงาน และการถ่ายทอดหลักการทำงานของเครื่องจักรแก่ผู้ประเมิน จากนั้นประเมินความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถามด้านประสิทธิภาพการใช้งาน โดยผู้ประเมินจะใช้การพิจารณาจากหัวข้อการประเมิน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการออกแบบ สมรรถนะการทำงาน ความปลอดภัย และคุณภาพของชิ้นงาน

## 4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ

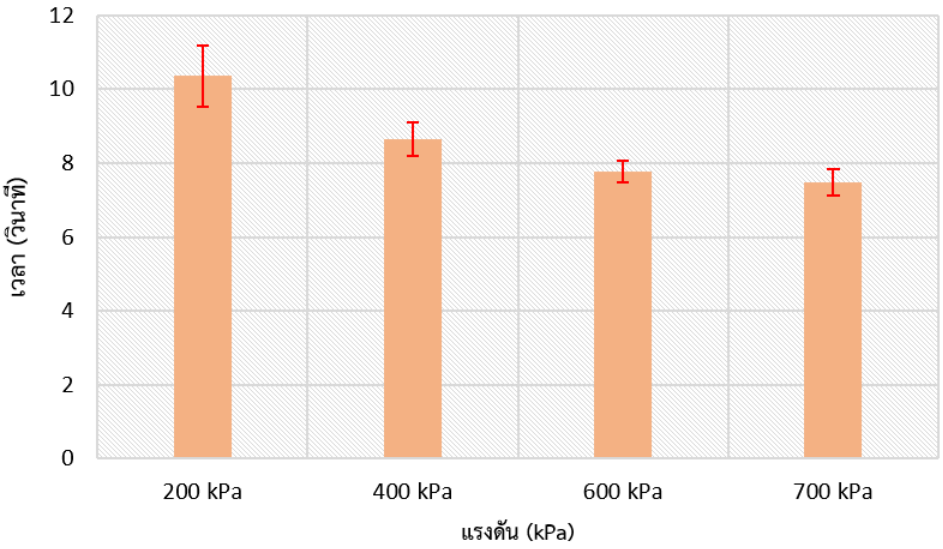
การออกแบบและพัฒนาสามารถทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เครื่องจักรสามารถอัดก้อนมะขามเปียกได้ตามที่คาดการณ์ไว้ ทั้งระบบนิวแมติกส์และระบบการควบคุมดังภาพที่ 4

**ภาพที่ 4** เครื่องอัดก้อนกึ่งอัตโนมัติ (เครื่องต้นแบบ)

4.2 การทดสอบสมรรถนะเครื่องมะขามอัดก้อน

4.2.1 ผลลัพธ์การทดสอบเพื่อหาแรงดันอากาศที่เหมาะสม

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันและเวลาในภาพที่ 5 พบว่าเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นเวลาที่ในการอัดก้อนจะลดลง แต่หากใช้แรงดันมากเกินไปจะทำให้ถุงมีการฉีดขาด




**ภาพที่ 5** ความแตกต่างระหว่างเวลา (วินาที) การอัดก้อนในแต่ละแรงดันอากาศ (kPa)

ผลจากการทดลองภาพที่ 6 (ก) แสดงให้เห็นว่าแรงดันอากาศที่ 400 kPa ทำให้เกิดเป็นรูปทรงแต่แรงดันยังไม่เพียงพอที่ทำให้เป็นรูปทรงตามที่ผู้ประกอบการต้องการ ต่างจากความดันที่ 600 kPa ที่สามารถก้อนมะขามเป็นสี่เหลี่ยมมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการมากที่สุด แต่หากเพิ่มความดันไปที่ 700 kPa ดังภาพที่ 6 (ข) จะทำให้ถุงฉีกขาดจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้แรงดัน 600 kPa แรงดันอากาศที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ดังที่แสดงผลการทดสอบในตารางที่ 1

(ก) (ข)

**ภาพที่ 6** ชิ้นงานหลังจากการอัดโดยใช้แรงดันอากาศ
(ก) แรงดัน 400 kPa (ข) แรงดัน 600 kPa

**ตารางที่ 1** ตารางผลทดสอบเพื่อหาแรงอัดที่เหมาะสมของเครื่องอัดก้อนมะขามต้นแบบ

| การอัดขึ้นรูปมะขาม ปริมาณ 454 g / ครั้ง | | | | |
|---|---|---|---|---|
| แรงดันอากาศ (kPa) | ครั้งที่ | เวลา (วินาที) | เวลาเฉลี่ย (วินาที) | ผลของการอัด |
| 200 kPa | 1 | 10.98 | 10.40 | ก้อนมะขามมีลักษณะเป็นรูปทรงที่ต้องการแต่เนื้อมะขามยังไม่แน่น |
| | 2 | 9.97 | | |
| | 3 | 10.27 | | |
| 400 kPa | 1 | 8.97 | 8.64 | ก้อนมะขามมีลักษณะเป็นรูปทรงที่ต้องการเนื้อมะขามแน่นกว่าการใช้แรงดัน 2 bar |
| | 2 | 7.69 | | |
| | 3 | 9.27 | | |
| 600 kPa | 1 | 8.33 | 7.77 | เนื้อมะขามแน่นเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมชัดเจนและก้อนมะขามมีขนาดใกล้เคียงกับความต้องการมากที่สุด |
| | 2 | 7.39 | | |
| | 3 | 7.59 | | |
| 700 kPa | 1 | 7.66 | 7.40 | เนื้อมะขามลักษณะแน่นเป็นก้อนชัดเจน แต่ถุงที่บรรจุฉีดขาด |
| | 2 | 6.75 | | |
| | 3 | 7.81 | | |

4.2.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการทำงานระหว่างแรงงานคนและเครื่องจักร

จากการทดลองเบื้องต้นในการหาแรงดันอากาศที่เหมาะสมพบว่า ควรใช้แรงดันอากาศในการอัดก้อนเท่ากับ 600 kPa และจากการทดสอบอัดก้อนโดยใช้เครื่องจักรจำนวน 10 ครั้งพบว่ามีเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 7.79 วินาที ในขณะที่การใช้แรงงานมีเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 55 วินาทีต่อ 1 ก้อนดังที่แสดงในตารางที่ 2

ซึ่งพบว่าแรงงานคนช้ากว่าการใช้เครื่องจักร 5.87 เท่า และเมื่อพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะพบว่า เครื่องจักรสามารถทำงานได้เสถียรกว่าแรงงานคนอย่างชัดเจน และรูปทรงที่ได้จากเครื่องจักรมีความใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ประกอบการมากกว่าการใช้แรงงานคน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานดีกว่าหากเทียบกับการใช้แรงงานคน ทั้งในด้านของระยะเวลาการทำงานที่เร็วกว่า และความสวยงามของรูปทรงที่ได้หลังจากการอัดก้อนมะขามเปียก แต่อย่างไรก็ตาม การทำงานของเครื่องจักรยังต้องอาศัยแรงงานคนจำนวน 1 คน เพื่อคอยป้อนชิ้นงาน และควบคุมการทำงานให้แก่เครื่องจักร

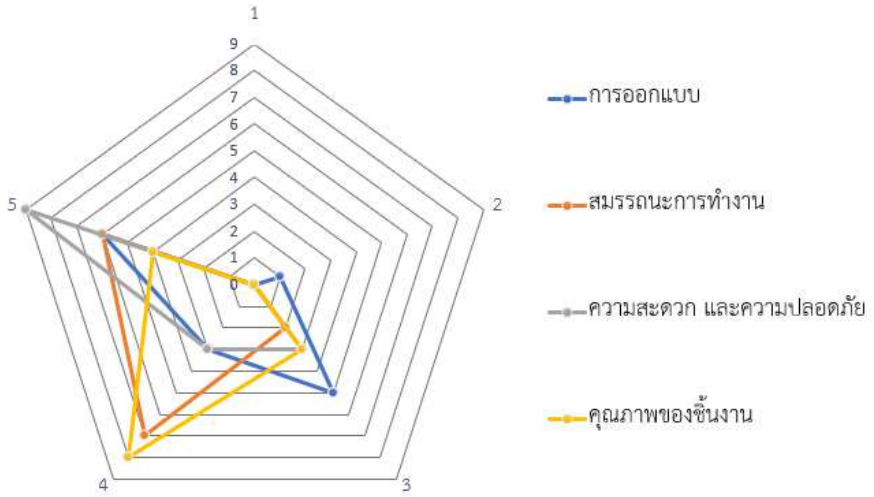
**ตารางที่ 2** ตารางผลลัพธ์การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระหว่างแรงงานคนและเครื่องจักร

| ครั้งที่ | เวลาที่ใช้ในการอัดก้อนที่แรงดัน 600 kPa (วินาที) | |
|---|---|---|
| | แรงงาน | เครื่องจักร |
| 1 | 56.20 | 8.33 |
| 2 | 53.91 | 7.39 |
| 3 | 58.21 | 7.59 |
| 4 | 51.57 | 7.64 |
| 5 | 59.17 | 7.45 |
| 6 | 52.68 | 7.59 |
| 7 | 51.36 | 8.74 |
| 8 | 54.72 | 7.13 |
| 9 | 57.38 | 8.44 |
| 10 | 53.42 | 7.60 |
| **ค่าเฉลี่ย** | 55.00 | 7.79 |
| **ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน** | 2.62 | 0.52 |

### 4.3 ผลลัพธ์การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการประเมินความพึงพอใจ

หลังจากการทดสอบการทำงาน ขั้นตอนนี้คือการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ไร่มะขามชนิกา พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดมะขามก้อน โดยอาศัยข้อมูลจากผู้ประเมิน 15 คน และผลการประเมินพบว่า ผู้ประเมินมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันสำหรับด้านสมรรถนะการทำงาน คุณภาพของชิ้นงาน และความสะดวก ความปลอดภัย โดยเฉลี่ยแล้ว ผู้ประเมินให้คะแนนอยู่ในระดับปานกลางจนถึงสูง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานที่ดีของเครื่องอัดก้อน อย่างไรก็ตาม พบว่ามีผู้ประเมินบางส่วนให้คะแนนด้านการออกแบบในระดับที่ต่ำกว่าด้านอื่นๆ สาเหตุหลักอาจมาจากความคุ้นเคยกับการทำงานในรูปแบบเดิมมากกว่า ซึ่งในภาพรวมมีคะแนนประเมินเฉลี่ยอยู่ที่ 4.30 อยู่ในระดับดี และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละการทดลองค่อนข้างสูง

**ภาพที่ 7** บรรยากาศการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน




**ภาพที่ 8** แผนภูมิแสดงผลจากการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อน

## 5. สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

ในการออกแบบและพัฒนาการพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกกึ่งอัตโนมัติ พบว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ส่วนผลจากการทดสอบสมรรถนะในการทำงานพบว่าแรงดันที่มีความเหมาะสมกับการอัดมะขามก้อนมากที่สุด คือ 600 kPa และ ผลจากการประเมินทั้ง 4 ด้าน ในภาพรวมมีคะแนนประเมินเฉลี่ยอยู่ที่ 4.30 อยู่ในระดับดี และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.54 ถือว่าค่อนข้างต่ำ

**5.2 อภิปรายผล**

ผลจากการทดสอบสมรรถนะพบว่าแรงดันที่เหมาะสมในการอัดก้อนมะขามมากที่สุดคือ 600 kPaผู้ปฏิบัติงานต้องกดค้างกระบอกลมไว้สักครู่เพื่อให้ได้ก้อนมะขามตามรูปทรงและลักษณะตามที่ต้องการก่อนยกขึ้น ซึ่งถึงแรงดันที่ 700 kPa จะได้รูปทรงใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ประกอบการ และมีความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกลมเร็วที่สุดทำให้ใช้เวลาเฉลี่ยในการอัดก้อนน้อยที่สุด แต่ก็ยังพบปัญหาเรื่องการฉีกขาดของบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากการใช้แรงดันอากาศและความเร็วที่มากเกินไป ส่วนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของคนและเครื่องจักร พบว่าเครื่องจักรใช้เวลาในการอัดขึ้นรูปเป็นเวลาเฉลี่ย 7.79 วินาทีต่อก้อน ในขณะที่การอัดขึ้นรูปด้วยแรงงานคนใช้เวลาเฉลี่ย 55 วินาที ซึ่งช้ากว่า 5.87 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับการอัดก้อนโดยใช้เครื่องจักร

ผลจากการคำนวณระยะคืนทุนตามหลักการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเบื้องต้น (Hun, 2001) พบว่า เครื่องจักรและปั๊มลมขนาด 2 HP ราคา 44,700 บาท กำลังไฟฟ้า 1.5 kW มีกำลังการผลิตเท่ากับ 225 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีต้นทุนเท่ากับ 0.24 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่แรงงานคน 1 คน สามารถทำงานได้เพียง 32.72 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงต้องใช้ถึง 7 คนหากต้องการอัตราการทำงานเท่ากับเครื่องจักร ซึ่งคิดเป็นต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 1.33 บาทต่อกิโลกรัม ในระยะเวลาการทำงาน 2,100 ชั่วโมงต่อปี ถ้าหากว่าจ้างแรงงานต้องใช้เงิน 628,424 บาท ในขณะที่เครื่องจักรมีต้นทุนเพียง 105,958.50 บาท ดังนั้นผลประโยชน์สุทธิในการใช้เครื่องจักรจะมีค่าเท่ากับ 522,467 บาท จึงมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 1 เดือน 1 วัน และมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 42.83 ชั่วโมงต่อปี จึงสามารถสรุปได้ว่าการเครื่องเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกกึ่งอัตโนมัติสำหรับธุรกิจชุมชนคุ้มค่าต่อการลงทุน และสามารถนำมาใช้ทดแทนวิธีการทำงานแบบเดิมได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของอรุณ และ วิมล (2561) และ ปวรุตม์ (2563) ที่สามารถประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์กับการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรที่สามารถนำมาใช้งานแทนแรงงานคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

เนื่องจากเครื่องต้นแบบอัดมะขามมีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่เพิ่มขึ้น โดยคณะผู้ศึกษาจึงได้เสนอแนวทางไว้ดังนี้

5.2.1 ควรออกแบบบล็อกอัดก้อนมะขามให้ประกบกันให้แน่นในระหว่างการอัดขึ้นรูป เพื่อป้องกันบล็อกอัดประกบกันไม่สนิท

5.2.2 ควรออกแบบบล็อกอัดให้สามารถเปลี่ยนขนาดได้ เพื่อจะได้สามารถอัดก้อนมะขามได้ หลากหลายขนาดมากขึ้น

5.2.3 ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์เก็บเสียงในส่วนของการระบายลมอัด เพื่อป้องกันเสียงรบกวน ระหว่างการทำงานของผู้ใช้งาน

5.2.4 ควรออกแบบให้เครื่องจักรสามารถประยุกต์ใช้กับงานอย่างอื่นๆ เพื่อเพิ่มความสามารถให้เครื่องจักรมีประโยชน์และการใช้งานที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก งบประมาณอุดหนุนทุนวิจัย งบประมาณรายได้ประจำปี 2563ประเภททุนทุนอุดหนุนงานวิจัย งบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 สัญญาเลขที่ PCRU_2562_TSRI013 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

## 7. เอกสารอ้างอิง

เจนจิรา อยู่พะเนียด. (2563). ผลิตภัณฑ์กะปิอัดก้อนทางเลือกใหม่ของผู้บริโภค. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**, 11-13.

ชโลธร ศักดิ์มาศ, เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์ และนศพร ธรรมโชติ. (2553). **การออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนข้าวยำ**. (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, สงขลา.

ชีวจิต. (2561). **มะขามเปียก วัตถุดิบเครื่องปรุงรสเปรี้ยวอาหารไทย**. ค้นจาก https://goodlifeupdate.com/healthy-food/77020.html

ประเทือง อุษาบริสุทธิ์ และธารินี มหายศนันท์. (2548). การศึกษาการอัดแท่งถ่านเหง้ามันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบแม่แรงไฮโดรลิก. **วิศวกรรมสาร มก.**, 19(56), 32-40.

ปวรุตม์ เปี่ยมแก้ว, อกนิษฐ์ ผดุงเรืองกิจ, กรณัฐ รัตนนท์, เมธา อึ่งทอง และอภิชาติ ศรีประดิษฐ (2565). การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำปลาร้ากึ่งอัตโนมัติ. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)**, 4(1), 25-43.

วศิน เสริมสุธีอนุวัฒน์. (2565). **มูลค่าส่งออกมะขามเปียก**. ค้นจาก https://sites.google.com/site/artistiara/makham/makham-phuch-sersthkic/mulk ha -sng -xxk -makham -peiyk

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). **วิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรขึ้นาคแผนใหม่ต้นแบบการรวมกลุ่มปลูกมะขามเปรี้ยวสร้างกำไรปีละ 32.2 ล้านบาท**. ค้นจาก https://oae.go.th/view/1รายละเอียดข่าว/ข่าว%20สศก./38535/TH-TH.

อรุณ สุขแก้ว และวิมล บุญรอด. (2561). การออกแบบเครื่องบรรจุหนังปลากะพงปรุงรสโดยใช้ระบบนิวแมติกส์. **วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**, 9(2), 49-60.

อรุณ สุขแก้ว, ธีรพงษ อยู่สุข, ธีรวัฒน สุขลิ้ม และธรรมรัตน ไชยวิจิต. (2560). **การออกแบบเครื่องเปิดปากถุงสำหรับบรรจุหนังปลากะพงปรุงรสโดยใช้ระบบนิวเมติกส**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55: สาขาวิทยาศาสตร์และพันธุวิศวกรรม, สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพ.

Hunt, D. (2001). **Farm power and machinery** (10th ed), Iowa: Iowa State University Digital Press.