

# เครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติ

## Automatic Cutting Palmyra Seeds Machine

สุกชัย มะเดื่อ<sup>1</sup> วันประชา นวนสร้อย<sup>1\*</sup> และ วรพงศ์ บุญช่วยแทน<sup>2</sup>

Suppachai Maduea<sup>1\*</sup>, Wanpracha Nuansoi<sup>1\*</sup> and Worapong Boonchouytan<sup>2</sup>

Received: 19 September 2020, Revised: 3 December 2020, Accepted: 5 February 2021

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติ ซึ่งมุ่งเน้นด้านการใช้งานง่าย ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องควบคุมการทำงานของเครื่องตลอดเวลา และประสิทธิภาพการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานนำเมล็ดตาลโตนดไปวางในตำแหน่งจับยึดและกดปุ่ม การทำงานของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดประกอบด้วยขั้นตอนการจับยึดเมล็ด การวัดขนาดเมล็ด การป้อนเมล็ดเข้าหาใบผ่า การผ่าเมล็ด การถ่ายเมล็ดออก และการปลดตัวจับยึดเมล็ด หลังจากนั้นผู้ใช้งานใช้มีดพรีาแซะเมล็ดตาลตามร่องผ่าเบาๆ ก็จะแยกกะลาตาลโตนดออกเป็น 2 ซีกได้ ระบบการทำงานแบบอัตโนมัติถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีการประดิษฐ์เซ็นเซอร์สำหรับการวัดขนาดของเมล็ด ผลการทดสอบการผ่าจำนวน 50 เมล็ดพบว่าเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีความถูกต้องในการผ่า 100% ใช้ระยะเวลาในการผ่าเฉลี่ย 3 นาที 10 วินาทีต่อเมล็ด และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.19 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งผู้ใช้งานใช้เวลาควบคุมการทำงานเพียง 5 วินาทีต่อเมล็ดเท่านั้น และผู้ใช้งาน 1 คนสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดได้พร้อมกันหลายเครื่อง จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าถ้าหากผู้ใช้งาน 1 คนควบคุมการทำงานของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดพร้อมกัน 2 เครื่องจะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 1.08 บาทต่อเมล็ดระยะเวลาคืนทุน 5.4 เดือน เมื่อเทียบกับแรงงานคน

**คำสำคัญ:** เครื่องผ่า, ระบบอัตโนมัติ, จาวตาล, เซ็นเซอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์

<sup>1</sup> สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เลขที่ 414 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

<sup>1</sup> Department of Industrial, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 414, Tachamoung, Rattaphum, Songkhla 90180, Thailand.

<sup>2</sup> สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เลขที่ 1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อयोग อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

<sup>2</sup> Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 1 Ratchadamnoennok Rd, Boyang, Muang, Songkhla 90000, Thailand.

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): wanpracha.n@rmutsv.ac.th

## ABSTRACT

Automatic Cutting Palmyra Seeds machine has been developed with the aim for ease of use and of not requiring constant attention in operation. The user simply places the palmyra seed into the holding position and presses the button only once. After that, the machine proceeds automatically to a seed locking process, a seed size measurement, a seed movement towards cutting, cutting process and finally unlocks the seeds. The palmyra seeds can be picked up and gently split by a machete. The automation system is controlled by a microcontroller. Sensors for measuring the grain size and the displacement of machine components are also built. In the experiment of cutting 50 seeds, each step of the work process was tested and adjusted to achieve the best results. The results showed that the machine was able to work efficiently with 100% dissection accuracy. An average incision time was 3 minutes 10 seconds per seed and the power consumption was 0.19 kW-hour. These results are comparable to Cutting Palmyra Seeds machines in earlier research. This present research is highlighted by applications in which the user controls the machine for only 5 seconds per seed and is able to control dozens of machines simultaneously. Furthermore, an engineering economic analysis showed that, if one user controls the operation of two machines at the same time, the machine cost was on average THB 1.08/seed, the payback period was on 5.4 months.

**Key words:** cutting machine, automation, palm sugar, sensor, microcontroller

## บทนำ

ตาลโตนดเป็นพืชที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทุกปีติดต่อกันหลายชั่วอายุคนหรือประมาณ 80 ปี มีสารพัดประโยชน์ ให้ผลผลิตสม่ำเสมอและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ก่อให้เกิดอาชีพหลากหลายในชุมชนทั้งอาชีพโดยตรงและอาชีพเสริม เช่น อาชีพเกษตรกรผู้เพาะเมล็ดเพื่อให้ได้จาวตาล อาชีพปาดตาล อาชีพทำน้ำตาลโตนด อาชีพขายน้ำตาลโตนด อาชีพที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลโตนด เช่น น้ำผึ้งตาลโตนด น้ำตาลปึก น้ำตาลแว่น หรือขนมต่างๆ เช่น ขนมตาล จาวตาลเชื่อม หัตถกรรมจากใยตาล ใบตาล ไม้ตาล ฯลฯ เมื่อพูดถึงเมล็ดตาลโตนดนั้น ในส่วนของจาวตาลโตนดมีสรรพคุณ แก่น้ำในถุงน้ำดี แก้ไขที่มีพิษร้อน แก้พิษตานซาง (Office of Natural Resources

and Environmental Policy and Planning, 2012) โดยจาวตาลโตนดมีรสชาติหวานหอม กรอบและอร่อยจึงสามารถบริโภคได้ทั้งจาวตาลสดหรือนำไปแปรรูปเป็นจาวตาลเชื่อม ซึ่งจาวตาลเชื่อมมีราคาขายอยู่ที่ประมาณกิโลกรัมละ 200 - 300 บาท โดยจาวตาลเชื่อม 1 กิโลกรัมจะใช้จาวตาลประมาณ 15 - 20 จาวแล้วแต่ขนาด ซึ่งถือว่ามีราคาสูงเมื่อเทียบกับการขายผลตาลสด แต่การทำจาวตาลเชื่อมก็ยังไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกรมากนัก เนื่องจากการผ่าเมล็ดตาลมีความยากลำบากและใช้เวลานาน เปลือกของเมล็ดตาลมีความแข็งค่อนข้างสูงและรูปทรงไม่แน่นอน ในการผ่าเมล็ดตาลเกษตรกรจะใช้มีดหรือพร้าในการผ่า ซึ่งต้องอาศัยทักษะความชำนาญและความระมัดระวังสูง หากมีข้อผิดพลาดอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

หรือในกรณีที่ไม่สามารถผ่าเมล็ดตาลให้ได้ตามรูปทรงที่ต้องการจะส่งผลต่อการลดลงของราคาขาย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการสร้างเครื่องมือทางการเกษตรขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกและทดแทนการใช้แรงงานคนมากมาย เช่น Wongsangnoi (2020) ทำการพัฒนาเครื่องสับต้นข้าวโพดสำหรับผลิตอาหารสัตว์ Niamhom and Niamhom (2021) ทำการพัฒนาเครื่องหีบเมล็ดฝ้าย Langkapin *et al.* (2022) ทำการออกแบบและสร้างเครื่องคัดขนาดเมล็ดบัวหลวง ในส่วนของการพัฒนาและสร้างเครื่องผ่าพืชผลทางการเกษตรที่มีลักษณะทางกายภาพแข็ง แทนการใช้มีดพร้าซึ่งมีความยุ่งยากและเป็นอันตรายที่มีอยู่หลายงานวิจัย เช่น Kompitak (2014) ออกแบบและสร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่ที่ใช้ในการเตรียมเส้นดอกสำหรับสานแข่งผลไม้ Sukjai *et al.* (2021) ออกแบบและพัฒนาเครื่องผ่าและรีดไม้ไผ่จักสาน Yamfang *et al.* (2017) พัฒนาเครื่องผ่าผลหมากสดกึ่งอัตโนมัติสำหรับกระบวนการแปรรูปผลหมากเป็นต้น สำหรับเครื่องผ่าเมล็ดตาลนั้น จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ได้มีการพัฒนาเครื่องผ่าเมล็ดตาลหลายชิ้นด้วยกันอาทิเช่น Wongvej (2013) สร้างเครื่องผ่าเมล็ดตาลโดยมีขั้นตอนการทำงานคือนำเมล็ดตาลไปวางในตำแหน่งจับยึด เมื่อวางเมล็ดตาลเสร็จแล้วก็ทำการยึดเมล็ดตาลให้แน่น แล้วก็เปิดสวิทช์ให้ใบเลื่อยทำงาน จากนั้นจึงเคลื่อนเมล็ดตาลเข้าหาใบเลื่อย ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องกำหนดระยะความลึกที่จะผ่าเอง เมื่อใบเลื่อยผ่าได้ระยะความลึกที่ต้องการ ก็เคลื่อนเมล็ดตาลกลับมา ปิดใบเลื่อย แล้วกลับด้านเมล็ดตาลเพื่อที่จะผ่าอีกด้านหนึ่ง เมื่อผ่าเสร็จทั้งสองด้านแล้วก็ใช้คีมหนีบหรือจัดเพื่อให้เปลือกของเมล็ดตาลแยกออกจากกัน Nuesuk *et al.* (2015) พัฒนาเครื่องผ่าเมล็ดตาลที่มีขั้นตอนการทำงานที่ใกล้เคียง

กับงานวิจัยของ Wongvej (2013) แต่มีข้อดีตรงที่ส่วนจับยึดสามารถที่จะหมุนเมล็ดตาลให้เข้าหาใบเลื่อยได้ทุกด้านในครั้งเดียว แต่ในการผ่าผู้ใช้งานก็จำเป็นต้องหมุนเมล็ดตาลอยู่ตลอดเวลาที่ผ่า Boonchouytan (2016) ได้พัฒนาเครื่องผ่าเมล็ดตาลแบบกึ่งอัตโนมัติโดยออกแบบให้เครื่องสามารถหมุนเมล็ดตาลเองแบบอัตโนมัติ แต่ให้ผู้ใช้งานจะต้องควบคุมระยะความลึกในการผ่าเอง Parnsakhorn *et al.* (2016) พัฒนาเครื่องผ่าเมล็ดตาลโดยมีลักษณะเด่นตรงที่ใช้ใบเลื่อยจำนวน 3 ใบ ทำให้ผ่าเมล็ดตาลโดนดได้เร็วขึ้นแต่ก็ต้องใช้คนในการควบคุมการเคลื่อนเมล็ดตาลเข้าหาใบเลื่อย และระยะความลึกในการผ่าเป็นการกำหนดตายตัวโดยใช้ค่าเฉลี่ยมาเป็นตัวกำหนด

ผลจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ในงานวิจัยนี้จึงได้เกิดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องผ่าเมล็ดตาลโดนดแบบอัตโนมัติ ที่สามารถใช้งานง่าย ผู้ใช้ไม่ต้องควบคุมการทำงานของเครื่องจักรตลอดเวลา เครื่องจักรสามารถกำหนดระยะความลึกในการผ่าที่ถูกต้องแม่นยำโดยผลที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้งาน

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดตาลโดนด

ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดตาลโดนดดังภาพที่ 1 เพื่อใช้ในการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องโดยได้ทำการวัดขนาด ความกว้าง ความยาว และ ความหนา ของเมล็ดตาลโดนด โดยการสุ่มวัดขนาดเมล็ดตาลโดนดจำนวน 50 เมล็ดในพื้นที่ปลูก อ.สิงหนคร จ.สงขลา แล้วนำมาวัดด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ ได้ผลการวัดดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดตาลโตนด

ตารางที่ 1 ขนาดของเมล็ดตาลโตนดที่ได้จากการวัดด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์

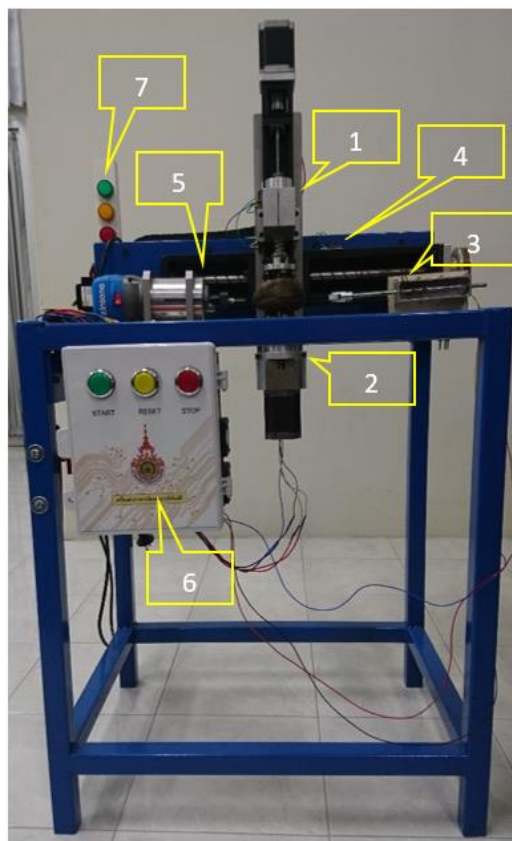
| ความกว้าง (ซม.) | ความยาว (ซม.)   | ความหนา (ซม.)   | ความหนาของกะลา (ซม.) |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| $7.75 \pm 0.60$ | $7.93 \pm 0.61$ | $5.16 \pm 0.42$ | $0.40 \pm 0.14$      |

\* หมายถึง mean  $\pm$  sd.

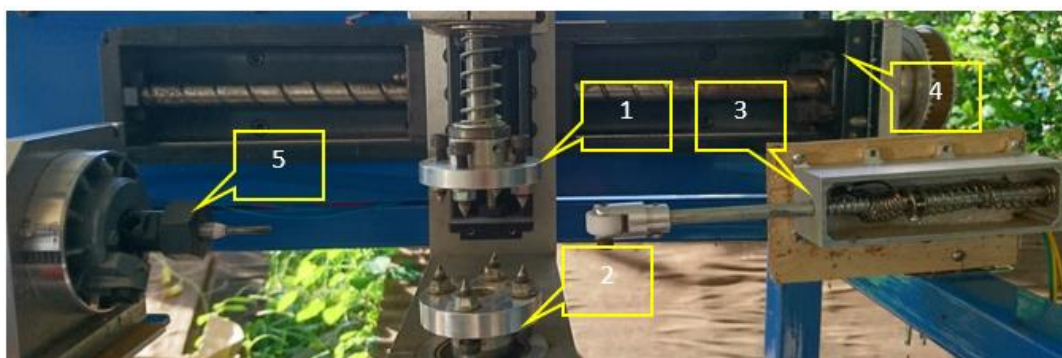
## 2. ทำการออกแบบและสร้างเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติ

ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนด ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยตัวเครื่องที่สร้างขึ้นมีขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร และสูง 120 เซนติเมตร วัสดุที่ใช้ทำจากเหล็กกล่อง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ คือ

1. ชุดจับยึดเมล็ดตาลโตนด
2. ชุดหมุนเมล็ดตาลโตนด
3. ชุดเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ดตาลโตนด
4. ชุดป้อนเมล็ดตาลโตนด เข้า-ออก
5. ชุดผ่าเมล็ดตาลโตนด
6. ชุดควบคุมการทำงาน
7. ไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ส่วนประกอบเครื่องผ่าจาวเมล็ดตาลโตนด

### 2.1 การออกแบบชุดจับยึดเมล็ดตาลโตนด

โดยใช้ชุดแกนสำเร็จรูปที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งโดยมีระยะเคลื่อนที่ 27.5 เซนติเมตร ติดตั้งลิ้มิตสวิตช์ 2 ตัวสำหรับกำหนดระยะจับยึดและระยะการปลดการจับยึดเมล็ดตาล ที่ปลายของส่วนยึดจับใช้หัวตะปูแหลมจำนวน 4 ตัว และมีการใส่ตัวสปริงเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการจับยึด

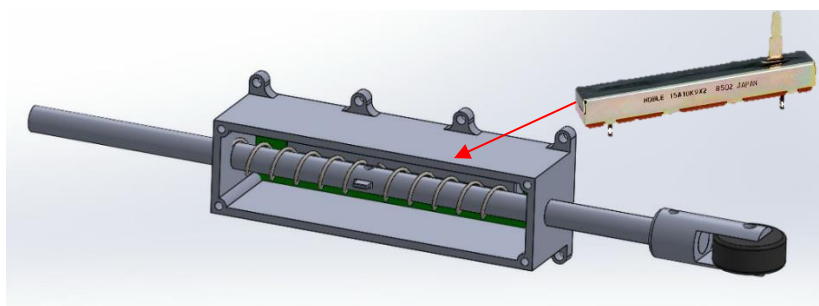
### 2.2 การออกแบบชุดหมุนเมล็ดตาลโตนด

โดยใช้สเต็ปมอเตอร์ (Stepping Motor) ที่มีความละเอียด 1.8 องศา และเพื่อให้การควบคุมตำแหน่งมีความละเอียดมากยิ่งขึ้นจึงได้กำหนดค่าสเต็ป(step) ของบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ในอัตราส่วน 1 : 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับการป้อนสัญญาณพัลส์(pulse) จำนวน 800 พัลส์/รอบ

### 2.3 การออกแบบเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ดตาลโตนด

ในการออกแบบเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ดตาลโตนด เมื่อทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพแล้วพบว่า เมล็ดตาลจะมีลักษณะของเส้นใยติดอยู่ ทำให้จำเป็นที่จะต้องเลือกใช้เซ็นเซอร์แบบกดสัมผัส และลักษณะที่สำคัญอีกอย่างคือส่วนหัวของเมล็ด

ตาลโตนดจะมีลักษณะเป็นร่องแฉ่งกระทะ ดังนั้นการออกแบบเซ็นเซอร์แบบสัมผัสจะต้องมีลักษณะเป็นล้อหมุนที่ส่วนปลายเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ผ่านร่องแฉ่งกระทะได้ จากข้อจำกัดดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ดตาลโตนด โดยการประยุกต์ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเลื่อนมาใช้งานดังภาพที่ 3

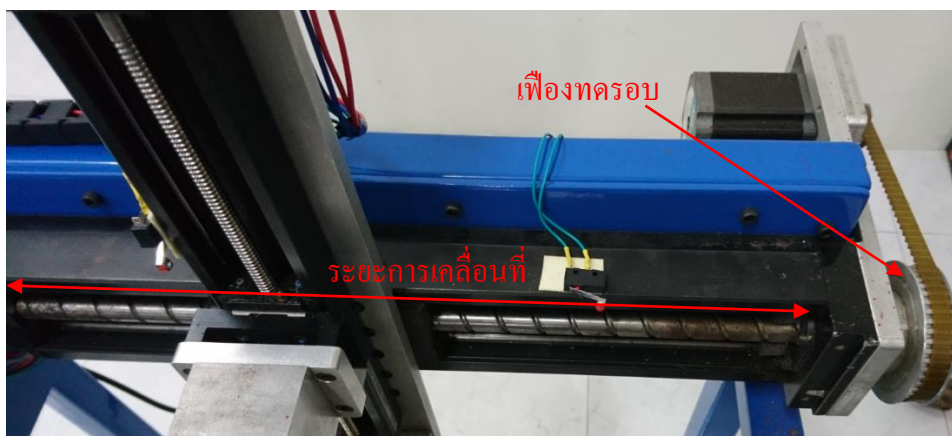


ภาพที่ 3 การออกแบบเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ด

ประเด็นปัญหาถัดมาคือการเลือกตำแหน่งในการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ด ซึ่งตำแหน่งที่ดีที่สุดก็คือการติดตั้งในตำแหน่งเดียวกับใบผ่า แต่ในความเป็นจริงเราไม่สามารถที่จะทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ในตำแหน่งเดียวกับใบผ่าได้ เนื่องจากตำแหน่งในการจับยึดไม่เอื้ออำนวย ดังนั้นจึงใช้วิธีการติดตั้งฝังตรงข้ามกับใบผ่า แล้วใช้วิธีการอ่านค่าระยะเก็บไว้ก่อน โดยมุมของใบผ่ากับมุมหัวของเซ็นเซอร์จะต่างกัน 180 องศา

### 2.4 การออกแบบชุดป้อนเมล็ดตาลโตนด

โดยใช้ชุดแกนสำเร็จที่มีระยะเคลื่อนที่ 40 เซนติเมตร มีระยะพิทช์ (ระยะที่มอเตอร์หมุนครบ 1 รอบ) เท่ากับ 1.7 เซนติเมตร สเต็ปมอเตอร์ มีความละเอียด 1.8 องศา และกำหนดค่าสเต็ป ของบอร์ดขับมอเตอร์ 1 : 4 ซึ่งการป้อนสัญญาณพัลส์ จำนวน 800 พัลส์ มอเตอร์จะหมุนได้ 1 รอบและมอเตอร์มีการต่อเฟืองทดรอบ โดยมีระยะในการเคลื่อนที่เท่ากับ 0.65 เซนติเมตรต่อการหมุนของมอเตอร์ 1 รอบ ดังแสดงในภาพที่ 4



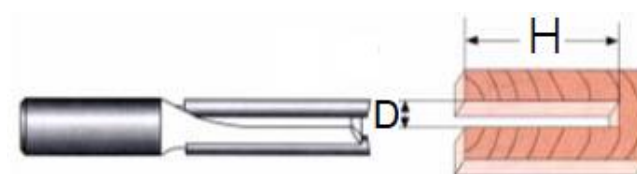
ภาพที่ 4 การออกแบบชุดป้อนเส้นคาร์บอนไฟเบอร์

## 2.5 การออกแบบชุดป้อนเส้นคาร์บอนไฟเบอร์

ได้นำเอาเครื่องเซาะร่องไม้ ZINSANO รุ่น TM-635ST มาประยุกต์ใช้งาน โดยใช้ดอกเรเตอร์

ขนาด 1/4 นิ้วสำหรับเส้นคาร์บอนไฟเบอร์ ดัง

ภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ดอกเรเตอร์

## 2.6 ชุดควบคุมการทำงาน

ผู้ควบคุมการทำงานของเครื่องจะมีปุ่มควบคุมการทำงานอยู่ 3 ปุ่มด้วยกันคือ ปุ่มสีเขียว คือ

ปุ่มเริ่ม (Start) ปุ่มสีเหลือง คือปุ่มรีเซ็ต (Reset) และ ปุ่มสีแดงคือปุ่มหยุด (Stop) ภายในชุดควบคุมจะประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดควบคุมการทำงาน

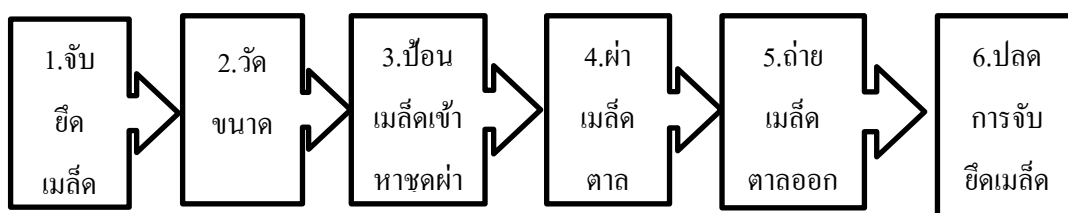
| อุปกรณ์                                | หน้าที่การทำงาน                         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino mega 2560 | ประมวลผลและควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ   |
| 2. บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ 3 บอร์ด      | ขับเคลื่อนมอเตอร์ ทั้ง 3 แกน            |
| 3. ลิมิทสวิตช์ 3 ตัว                   | กำหนดระยะการลัด ปลอดภัย และระยะเริ่มต้น |
| 4. ปุ่มกด 3 ปุ่ม                       | ปุ่ม เริ่ม, รีเซ็ต, หยุด                |
| 5. บอร์ด รีเลย์ 4 ช่อง 1 ตัว           | ใช้ขับหลอดไฟแสดงสถานะ                   |
| 6. ไฟแสดงสถานะการทำงาน 3 ดวง           | แสดงสถานะการทำงานของเครื่อง             |
| 7. เซ็นเซอร์วัดขนาดเส้น                | วัดขนาดเส้นคาร์บอนไฟเบอร์               |

### 2.7 ไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง

ไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่องมีอยู่ด้วยกัน 3 สีประกอบด้วย สีเขียว หมายถึงสถานะที่เครื่องพร้อมสำหรับการทำงาน สีส้ม หมายถึงสถานะที่เครื่องกำลังทำงานอยู่ และไฟสีแดง หมายถึงเครื่องทำงานขัดข้อง

### 3. ขั้นตอนการทำงานของเครื่องผ่านเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติ

1. ผู้ใช้นำเมล็ดตาลโตนดมาวางไว้ในตำแหน่งกึ่งกลางของชุดหมุนเมล็ด หลังจากนั้นก็ทำการกดปุ่ม start
2. เครื่องผ่านเมล็ดตาลโตนดจะทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้



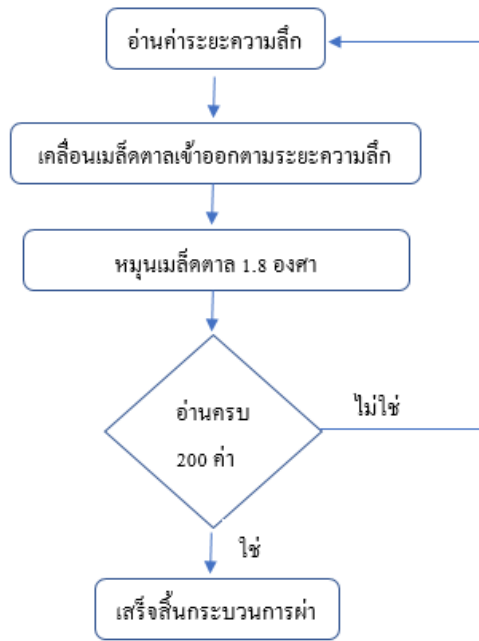
ภาพที่ 6 ขั้นตอนการทำงานแบบอัตโนมัติ

2.1 ทำการจับยึดเมล็ดโดยการควบคุมมอเตอร์ให้เคลื่อนชุดจับยึดเมล็ดลงมา โดยตรวจสอบระยะจากลิวิตซ์ที่ติดตั้งไว้ ซึ่งระยะของลิวิตซ์ที่ติดตั้งมาจากค่าเฉลี่ยความหนาของเมล็ดตาลโตนด

2.2 ทำการวัดขนาดเมล็ดตาลโตนดโดยการหมุนเมล็ดตาลครั้งละ 1.8 องศาแล้วทำการอ่านค่าระยะเก็บไว้ซึ่งเมื่อเมล็ดตาลหมุนครบ 1 รอบ จะได้ระยะที่ตำแหน่งองศาต่างๆ จำนวน 200 จุด

2.3 ทำการเคลื่อนเมล็ดตาลโตนดเข้าหาใบผ่า

2.4 เมื่อเคลื่อนเมล็ดตาลเข้าหาใบผ่าในระบะที่กำหนดแล้วก็จะเริ่มการผ่าโดยการเปิดมอเตอร์ใบผ่าให้ทำงานจากนั้นจะทำการหมุนเมล็ดตาลไป 1.8 องศาและเคลื่อนเมล็ดตาลเข้า - ออก จากใบเลื่อยให้ได้ระยะความลึก (ระยะความลึกในการผ่าอ้างอิงจากขนาดของเมล็ดที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ด) ซึ่งมีเงื่อนไขการทำงานดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กระบวนการทำงานในขั้นตอนการผ่าเม็ล็ด

2.5 เคลื่อนเม็ล็ดตาลออกมายังตำแหน่งเริ่มต้น โดยการอ่านค่าตำแหน่งจากลิเมตรสวิตช์

2.6 ทำการปลดการจับยึดเม็ล็ดตาลโดนด โดยจับมอเตอร์ให้เคลื่อนชุดจับยึดเม็ล็ดขึ้น จนถึงระยะลิเมตรสวิตช์

3. ผู้ใช้นำเม็ล็ดตาลโดนดออก

4. ผู้ใช้งานใช้มีดผ่าและตามร่องรอยผ่าเบาๆ เปลือกของเม็ล็ดตาลจะแยกออกจากกันเป็น 2 ซีก จากนั้นผู้ใช้ก็ทำการแกะจาวตาลออกมา

#### 4. การทดสอบและประเมินผลกระบวนการทำงาน

ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานจะทำการทดสอบและปรับปรุงกระบวนการทำงานของเครื่องในแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ผลลัพธ์การทำงานโดยรวมของเครื่องมีความถูกต้องแม่นยำและมีความรวดเร็วในการทำงาน ซึ่งมีการทดสอบและปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนดังนี้

##### 4.1 ทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดขนาดเม็ล็ดตาลโดนด

โดยการจับยึดวัตถุแข็งไว้ที่ตำแหน่งยึดจับ โดยวัตถุแข็งมีขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร จากจุด

ศูนย์กลางของส่วนจับยึด จากนั้นทำการเคลื่อนวัตถุเข้าหาตัวเซ็นเซอร์ครั้งละ 0.1 เซนติเมตร อ่านค่าสัญญาณที่ได้มาจากขาสัญญาณแบบอนาล็อกของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1023 ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

##### 4.2 ทำการทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมในหมุนเม็ล็ดตาลโดนด

ทำการอ่านค่าขนาดของเม็ล็ดตาลที่ตำแหน่งมุมการหมุนทุกๆ 1.8 องศา จำนวน 200 จุด โดยการควบคุมความเร็วในการหมุนที่แตกต่างกัน

##### 4.3 การทดสอบหาระยะความลึกในการผ่าที่เหมาะสม

จากลักษณะทางกายภาพของเม็ล็ดตาลโดนดในภาพที่ 1 ประกอบด้วยกะลาตาล เนื้อตาล และจาวตาล โดยกะลาตาลเป็นส่วนประกอบที่มีความแข็งมากที่สุด ในการทดลองหาระยะความลึกในการผ่าที่เหมาะสมได้กำหนดระยะความลึกในการผ่าออกเป็น 3 ระดับคือ 0.4 เซนติเมตร 0.6 เซนติเมตร และ 0.8 เซนติเมตร โดยทำการทดสอบที่ระยะความลึกละ 3 เม็ล็ด หลังจากนั้นนำเม็ล็ดตาลโดนดที่ผ่าตาม

ระยะความลึกต่างๆ เสร็จแล้วมาทำการแกะจาวตาลออก

#### 4.4 ทดสอบประสิทธิภาพทำงานของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนด

ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดโดยใช้เมล็ดตาลโตนดสำหรับทดสอบจำนวน 50 เมล็ด ทำการทดสอบครั้งละ 1 เมล็ดโดยทำการจับเวลาในขั้นตอนการทำงานต่างๆ ของเครื่อง พร้อมทั้งตรวจวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยรวม ทั้ง 50 เมล็ดและตรวจวัดการสูญเสียจาวตาลโตนดจากการผ่า

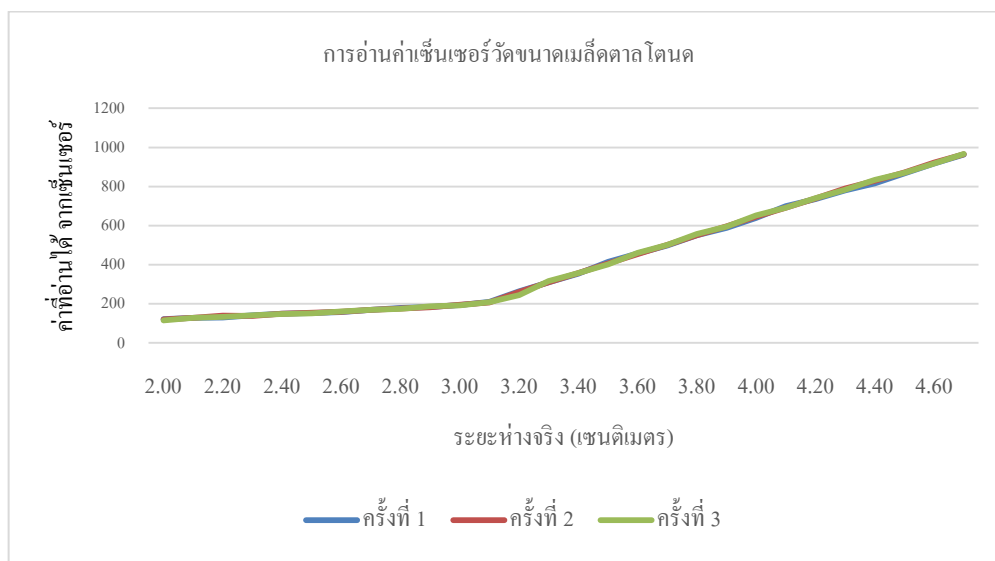
#### 4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ทำการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน ซึ่ง

ประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรและทำการวิเคราะห์ระยะเวลาต้นทุน และเนื่องจากเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติผู้ใช้งาน 1 คนสามารถที่จะทำการควบคุมการทำงานของเครื่องพร้อมกันได้หลายเครื่อง ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์จึงทำการวิเคราะห์ใน 2 รูปแบบคือ กรณีที่ผู้ใช้งานลงทุนใช้งานเพียง 1 เครื่องและในกรณีที่ผู้ใช้งานลงทุนใช้งานพร้อมกัน 2 เครื่อง

#### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

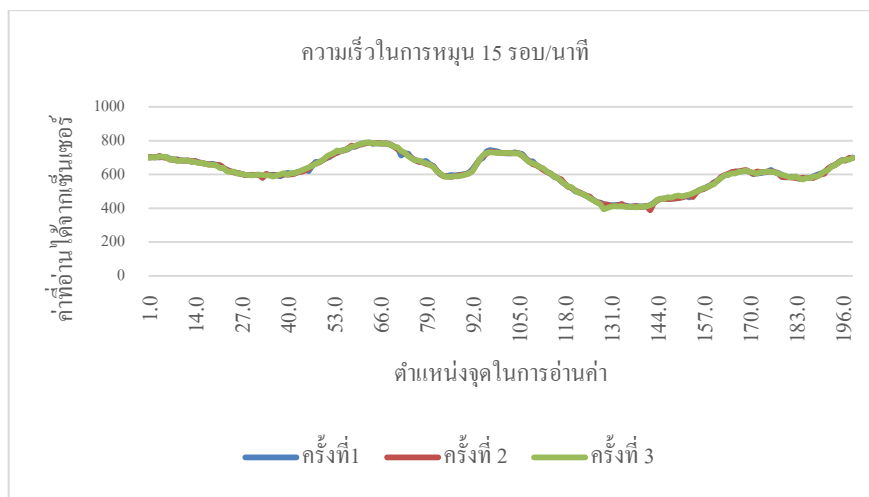
ผลการทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ดตาลโตนด จำนวน 3 ครั้งสามารถนำผลการทดลองมาสร้างกราฟได้ดังภาพที่ 8



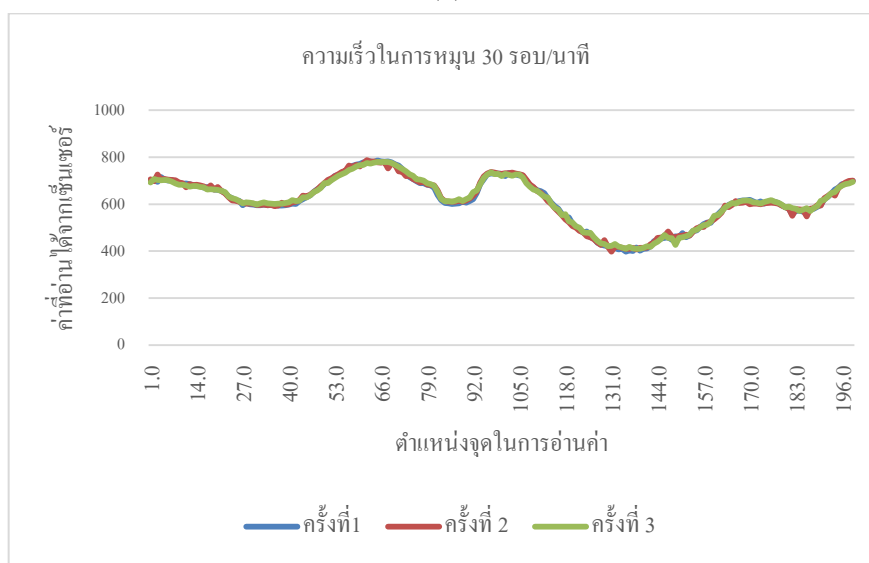
ภาพที่ 8 กราฟแสดงการทดสอบการอ่านค่าของเซ็นเซอร์วัดขนาดเมล็ด

จากกราฟในภาพที่ 8 จะพบว่าค่าที่อ่านจากเซ็นเซอร์กับระยะห่างจริงมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแบบเชิงเส้นซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ช่วง และกราฟทั้ง 3

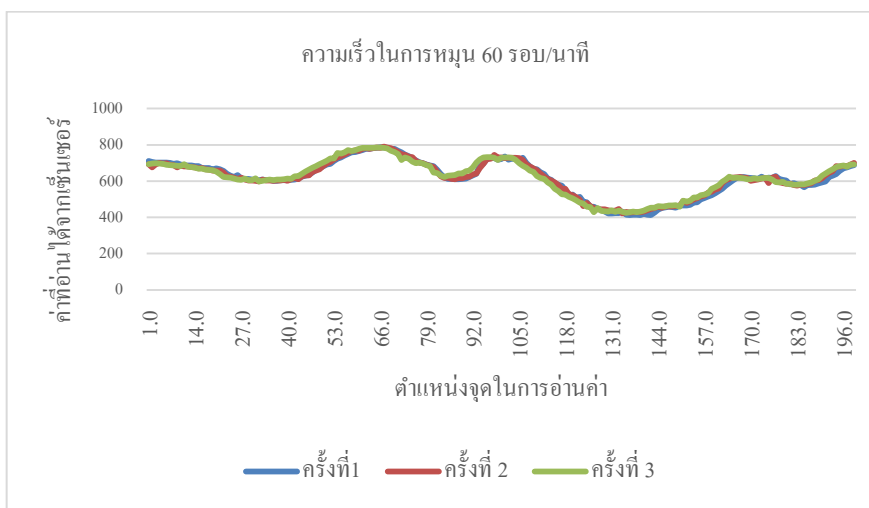
เส้นมีการซ้อนทับกันเกือบสนิท แสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์ที่สร้างขึ้นนี้มีความเที่ยงตรงและความแม่นยำในการวัดขนาดเมล็ดตาลโตนดสูง



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 9 กราฟแสดงการทดสอบความเร็วในการหมุนเมล็ด

ผลการทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมในการหมุนเมล็ดตาลโตนด โดยทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้งในแต่ละความเร็วสามารถนำมาสร้างกราฟได้ดังแสดงในภาพที่ 9 เมื่อพิจารณาจากกราฟในภาพที่ 9 พบว่าการทดสอบการหมุนที่ความเร็ว 15 รอบ/นาที กราฟแสดงผลการทดสอบทั้ง 3 ครั้งมีการซ้อนทับกันมากที่สุด ซึ่งหมายความว่า การหมุนที่ความเร็ว 15 รอบ/นาที จะทำให้มีความแม่นยำและความเที่ยงในการอ่านค่าของเซ็นเซอร์มากที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ความเร็วในการหมุน 15 รอบ/นาที

ผลการทดสอบหาระยะความลึกในการผ่าที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าระยะความลึก

ในการผ่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.8 เซนติเมตร ซึ่งในการผ่าจะไม่สามารถผ่าในรอบเดียวได้เนื่องจากการหมุนเมล็ดตาลโตนดครั้งเดียวที่ระยะความลึก 0.8 เซนติเมตรจะทำให้เกิดแรงต้านระหว่างดอกเรเตอร์กับเมล็ดตาลโตนดมากเกินไป ทำให้ดอกเรเตอร์เสียหาย หรือแรงบิดของมอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนไม่สามารถหมุนเมล็ดตาลโตนดได้ ดังนั้นค่าที่เหมาะสมในการผ่าคือแบ่งระยะความลึกในการผ่าออกเป็น 2 รอบ โดยรอบที่ 1 ผ่าที่ระยะความลึก 0.3 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นส่วนของกะลาที่มีความแข็งสูง และรอบที่ 2 ผ่าลึกลงไปจากรอบที่ 1 อีก 0.5 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 การทดสอบหาระยะความลึกที่เหมาะสม

| ระยะความลึก   | ผลลัพธ์                                                                                               |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.4 เซนติเมตร | สามารถแยกกะลาตาลออกเป็น 2 ซีกได้ แต่ไม่สามารถแยกเนื้อตาลออกเป็น 2 ซีกได้จึงไม่สามารถแกะจาวตาลออกมาได้ |
| 0.6 เซนติเมตร | สามารถแยกกะลาตาลและเนื้อตาลออกเป็น 2 ซีก แล้วแกะจาวตาลออกมาได้ แต่ทำได้ด้วยความยากลำบาก               |
| 0.8 เซนติเมตร | สามารถแยกกะลาตาลและเนื้อตาลออกเป็น 2 ซีก แล้วแกะจาวตาลออกมาได้ง่าย                                    |

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เวลาที่ใช้ในการทำงานในแต่ละขั้นตอน

| ขั้นตอน | จับยึดเมล็ด                     | วัดขนาดเมล็ด | ป้อนเมล็ดเข้าสู่ชุดผ่า | การผ่าเมล็ด                     | ถ่ายเมล็ดออก | ปลดการจับยึดเมล็ด |
|---------|---------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------|
| เวลา    | 2 วินาที                        | 4 วินาที     | 3 วินาที               | 2 นาที 56 วินาที $\pm$ 3 วินาที | 3 วินาที     | 2 วินาที          |
| เวลารวม | 3 นาที 10 วินาที $\pm$ 3 วินาที |              |                        |                                 |              |                   |

จากตารางที่ 4 สรุปได้ว่าการผ่าเมล็ดตาลโตนด 1 เมล็ด จะใช้ระยะเวลาในการผ่าประมาณ 3 นาที 10 วินาที  $\pm$  3 วินาทีหรือประมาณ 19 เมล็ด/

ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับรูปทรงของเมล็ดในขั้นตอนการผ่าเมล็ดที่จะต้องเคลื่อนเมล็ดให้ได้ระยะความลึกที่ต้องการก่อนที่จะทำการหมุนเมล็ด ส่วนขั้นตอนอื่นๆ

จะใช้ระยะเวลาคงที่ โดยมีภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการผ่าดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อทำการเปรียบเทียบความเร็วในการผ่าของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติกับการใช้แรงงานคน พบว่าเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดมีความสามารถในการผ่าที่เร็วกว่าการใช้แรงงานคนสอดคล้องกับ Kaikaew (2020) และ Sawatsup *et al.* (2021) ซึ่งโดยปกติแรงคนจะผ่าเมล็ดตาลได้ประมาณ 15 เมล็ด/ชั่วโมง (Klahan, 2014) แต่การใช้แรงงานคนจะผ่าได้วันละ 6 ชั่วโมงเท่านั้น

เพราะต้องมีการหยุดพักบ่อยเนื่องการมีอาการเหนื่อยล้า ในขณะที่การใช้เครื่องผ่าเมล็ดตาลสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการสร้างเครื่องจักรอัตโนมัติของ Phiphatpaiboon *et al.* (2013) เมื่อเทียบความเร็วในการผ่ากับเครื่องผ่าเมล็ดตาลของ Nuesuk *et al.* (2015) และ Parnsakhorn *et al.* (2016) พบว่าเครื่องที่สร้างขึ้นทำงานได้ช้ากว่าแต่มีข้อดีตรงที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องอยู่ควบคุมเครื่องตลอดเวลา



ภาพที่ 10 เมล็ดตาลโตนดที่ผ่าด้วยเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดแบบอัตโนมัติ

ผลจากการวัดอัตราการสูญเสียจาวตาลจากการผ่าเมล็ดตาลทั้งหมด 50 เมล็ดพบว่าไม่มีการสูญเสียจาวตาลโตนดจากการผ่า หรือมีประสิทธิภาพในการทำงาน 100% ผลจากการตรวจวัดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานโดยรวมพบว่าเครื่องผ่าจาวมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานอยู่ที่ 0.19 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า Parnsakhorn *et al.* (2016)

#### ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดราคาเครื่องต้นแบบ 25,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี อัตราดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส 10% ใช้ผู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง 1 คน โดยถ้าผู้ใช้งานลงทุนใช้งาน 1 เครื่องจะมีต้นทุนในการผ่าเฉลี่ยอยู่ที่เมล็ดละ 2.07 บาท ระยะเวลาคืนทุน 10.5 เดือน แต่ถ้าหากผู้ใช้งานลงทุนใช้งาน 2 เครื่องพร้อมกันจะมีต้นทุนในการผ่าเฉลี่ยอยู่ที่เมล็ดละ 1.08 บาท ระยะเวลาคืนทุน 5.4 เดือน โดยมีผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การคำนวณเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนด

| คุณลักษณะ                                                                                                              | ลงทุน 1 เครื่อง   | ลงทุน 2 เครื่อง    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| <b>ต้นทุนคงที่(Fixed cost)</b>                                                                                         |                   |                    |
| ราคาเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนด (P)                                                                                         | 25,000 บาท        | 50,000 บาท         |
| มูลค่าเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดเมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุน (S)                           | 2,500 บาท         | 5,000 บาท          |
| ค่าเสื่อมราคา (DP) = (P-S)/L                                                                                           | 4,500 บาท         | 9,000 บาท          |
| ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (I) = (P+S)/2 × (10/100)                                                                      | 1,375 บาท         | 2,750 บาท          |
| รวมต้นทุนคงที่ต่อปี = ค่าเสื่อมราคา + ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส                                                         | 5,875 บาทต่อปี    | 11,750 บาทต่อปี    |
| <b>ต้นทุนผันแปร(Variable cost)</b>                                                                                     |                   |                    |
| ค่าบำรุงรักษาคิดเฉลี่ยวันละ 10 บาท ทำงาน 180 วันต่อปี                                                                  | 1,800 บาทต่อปี    | 3,600 บาทต่อปี     |
| ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0.19 กิโลวัตต์ชั่วโมง ราคาไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท ใน 1 ปีทำงาน 180 วัน วันละ 8 ชั่วโมง                     | 957.6 บาทต่อปี    | 1,915.2 บาทต่อปี   |
| ค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 180 วัน                                                                    | 54,000 บาทต่อปี   | 54,000 บาทต่อปี    |
| รวมต้นทุนผันแปร                                                                                                        | 56757.6 บาทต่อปี  | 71265.2 บาทต่อปี   |
| ต้นทุนรวม                                                                                                              | 62632.6 บาทต่อปี  | 71265.2 บาทต่อปี   |
| ค่าใช้จ่ายต่อเมล็ด ทำงาน 1 ปี วันละ 8 ชั่วโมง = 1440 ชั่วโมง/ปี                                                        | 2.07 บาทต่อเมล็ด  | 1.08 บาทต่อเมล็ด   |
| ความสามารถในการทำงาน 19 เมล็ดต่อชั่วโมงต่อเครื่อง                                                                      |                   |                    |
| ผลประโยชน์ที่จะได้รับ (กำหนดการจ้างแรงงานสามารถทำได้ชั่วโมงละ 15 เมล็ดผ่าได้วันละ 6 ชั่วโมง เนื่องจากต้องมีการหยุดพัก) | 91,108.8 บาทต่อปี | 182,217.6 บาทต่อปี |
| ผลประโยชน์สุทธิ                                                                                                        | 28,476.2 บาทต่อปี | 110,952.4 บาทต่อปี |
| ระยะเวลาคืนทุน                                                                                                         | 10.5 เดือน        | 5.4 เดือน          |

## สรุป

เครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนดที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพการทำงาน 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถผ่าเมล็ดตาลโตนดได้ประมาณ 19 เมล็ดต่อชั่วโมง โดยที่ผู้ใช้งานจะใช้เวลาในการควบคุมการทำงานเพียงแค่ 5 วินาทีต่อผลเท่านั้น ในขณะที่การผ่าด้วยแรงงานคนสามารถผ่าได้ประมาณ 15 เมล็ดต่อชั่วโมง จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าถ้าหากผู้ใช้งานทำการควบคุมการทำงานของเครื่องผ่าเมล็ดตาลโตนด

พร้อมกัน 2 เครื่องจะมีค่าใช้จ่าย 1.08 บาท/เมล็ด และระยะเวลาคืนทุน 5.4 เดือน

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยครั้งนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2561 โดยได้รับการประเมินข้อเสนอจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

## เอกสารอ้างอิง

- Boonchouytan, W. 2016. **Semi Automatic Cutting Palmyra Seeds Machine**. Available Source: [http://www.clinictech.most.go.th/online/pages/techlist\\_display.asp?tid=1443](http://www.clinictech.most.go.th/online/pages/techlist_display.asp?tid=1443), March 18, 2020. (in Thai)
- Kaikaew, E. 2020. Automatic Honey Machine. **Technology Vocational Education Training** 4(8): 115-125. (in Thai)
- Klahan, J. 2014. Development of a Semi-Automatic Cutting Sugar Pulp, pp. 249-254. *In Rethink : Social Development for Sustainability in ASEAN Community*. Centara Hotel & Convention Center Khon Kaen, Khon Kaen. (in Thai)
- Kornpitak, T. 2014. A Bamboo Chopping Machine. **Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal** 7(2): 16-28. (in Thai)
- Langkapin, J., Parnsakhorn, S. and Kalsirisilp, R. 2022. Design and Fabrication of Lotus Seeds Sizing Machine. **RMUTSV Research Journal** 14(1): 103-116. (in Thai)
- Niamhom, O. and Niamhom, K. 2021. The Development of Cotton Ginning Machine. **Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University** 11(1): 41-54. (in Thai)
- Nuesuk, S., Thaikeid, S. and Limsuwan, T. 2015. Cutting Palmyra Seeds Machine. Thesis of Bachelor Degree in Automotive Mechanic, Surattani Technical College. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2012. Plants with potential to reduce air pollution classified by leaf characteristics, pp.6-64. *In Simachaya, W., Boonprakab, S., Nantaphothidet, A. and Thiyajai, N., eds. Plants with Potential to Reduce Pollution in Rayong Province and Nearby Areas. People's Edition of the Document under the Community Initiative Project*. B.V. Offset Limited Partnership, Bangkok. (in Thai)
- Parnsakhorn, S., Langkapin, J. and Kalsirisilp, R. 2016. Design and Fabrication of Palmyra Seed Splitting Machine. **Khon Kaen Agriculture Journal** 44(3): 451-460. (in Thai)
- Phiphatpaiboon, N., Chaikhot, C., Raksamerwong, M., Chiangkhang, T. and DonMueang, O. 2013. Design and Construction of Lid Automatic Machine for SMEs. **Sakon Nakhon Rajabhat University Journal** 5(9): 109-118. (in Thai)
- Sawatsup, B., Budsri, T., Singmahachai, S. and Prapin, J. 2021. Automatic Lifter Loader. **Vocational Education Innovation and Research Journal** 4(2): 64-68. (in Thai)
- Sukjai, K., Kalsirisilp, R. and Langapin, J. 2021. Design and Development of Bamboo Craft Splitting and Slicing Machine. **SWU Engineering Journal** 16(1): 71-81. (in Thai)
- Wongsangnoi, P. 2020. Development of Maize Shredder for Animal Feed Production. **Academic Journal** 15(1): 15-31. (in Thai)
- Wongvej, C. 2013. **Cutting Palmyra Seeds Machine**. Available Source: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_w8Odx5nD6Y](https://www.youtube.com/watch?v=_w8Odx5nD6Y), November 12, 2021. (in Thai)

Yamfang, M., Boonwan, C., Nopporn, P., Preamjai,  
N., Sukchana, T. and Kuptasa, M. 2017.  
Development of the Fresh Betel Nut Splitter  
with a Semi-Automatic Operation for the

Betel Nut Processing. **Area Based  
Development Research Journal** 9(6):  
420-429. (in Thai)