

การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ DESIGN AND CONSTRUCT OF THE SAJOR-CAJU MUSHROOM SHREDDING MACHINE PROTOTYPE

ธวัชรรัตน์ สัมฤทธิ์* ณัฐวุฒิ ดีหลี ชลดา ปิ่นทอง และพัชรารณ อินริราย

Thawanrat Sumrit*, Natthawut Deeli, Chonlada Pinthong and Patcharaporn Inrirai

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้เครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน เครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ประกอบด้วย ชุดโครงสร้างเครื่อง ชุดใบมีด และช่องใส่วัตถุดิบ มอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลัง 0.5 แรงม้า หลักการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติด้วยการหมุนของใบมีด สามารถใส่เห็ดนางฟ้าได้สูงสุด 1,000 กรัมต่อครั้ง ในการทดลองจะเปรียบเทียบวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน (การฉีกด้วยมือ) และการทดลองด้วยเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ โดยใช้ตัวอย่างเห็ดนางฟ้าสด จำนวน 1,000 กรัมต่อครั้ง ทำการทดลองทั้ง 2 วิธี อย่างละ 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่า เครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที สามารถลดเวลาการทำงานเหลือ 6.81 นาที จากวิธีการทำงานด้วยแรงงานคนใช้เวลาการทำงาน 25.53 นาที นอกจากนี้เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้าเฉลี่ย 7.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนแรงงานคนสามารถหั่นได้เฉลี่ย 2.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นเวลาการทำงานเร็วกว่าแรงงานคน 4 เท่า รวมถึงลักษณะทางกายภาพของขนาดเห็ดนางฟ้าของการทดลองทั้ง 2 วิธี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้งานเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบของวิสาหกิจชุมชน จะมีระยะเวลาคืนทุน 0.25 ปี หรือภายในระยะเวลา 3 เดือน

คำสำคัญ: เครื่องหั่น เห็ดนางฟ้า ประสิทธิภาพ ลดเวลา

คณะเทคโนโลยีอาหารและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang District,
Phitsanulok Province 65000

*corresponding author e-mail: thawanrat.s@live.psu.ac.th

Received: 12 October 2021; Revised: 1 February 2022; Accepted: 2 February 2022

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2022.13>

Abstract

This research aims to design and construct the sajor-caju mushroom shredding machine prototype and transfer technologies to community enterprises. The machine was made from stainless steel and consisted of a set of machine structures, a blade set, and a feed hopper with a controlling motor system of 0.5 HP. The operating principle is based on automatic blade rotation. The machine has the maximum load of 1,000 grams of the mushroom. The comparison study was conducted between the manual labor process and the machine prototype using fresh sajor-caju mushroom samples of 1,000 grams per time. The two methods were tested for three repetitions. The result showed that the machine prototype at the blade speed of 250 rpm could reduce the average standard time to 6.81 minutes compared to 25.53 minutes of the manual labor process. Furthermore, the average cutting rate of whole mushrooms is 7.87 kilogram per hour compared to 2.11 kilogram per hour of the labor process. Therefore, this machine runs four times faster than the manual labor. The physical characteristics of the mushroom from these two methods were found to be similar. Economic value analysis revealed that using this machine the payback period will be 0.25 years or 3 months.

Keywords: Shredding machine, Sajor-caju mushroom, Efficiency, Reduce time

บทนำ

เห็ดนางฟ้าจัดเป็นเห็ดที่นิยมเพาะปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทย เห็ดนางฟ้ามีลักษณะเป็นดอกเดี่ยวหรือออกเป็นช่อ มีก้านดอกสั้น สีขาว เรียกว่า เห็ดนางฟ้าอังกา และมีส่วนโคนอ่อน เรียกว่า เห็ดนางฟ้าฐาน นิยมนำมาแปรรูปหรือประกอบอาหารได้หลากหลาย ถือว่าเป็นวัตถุดิบอาหารตามท้องตลาดที่มีผู้บริโภคเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีรสชาติที่อร่อยและหารับประทานได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถเก็บรักษาได้นานในสภาวะอุณหภูมิต่ำ (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2019) ปัจจุบันตลาดจำหน่ายเห็ดนางฟ้ามีการแข่งขันสูง จากการสอบถามและสำรวจข้อมูลในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ผู้ประกอบการนิยมนำเห็ดนางฟ้ามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะเห็ดของที่มียอดจำหน่ายสูงสุด รวมถึงน้ำพริกเห็ดนางฟ้า หรือแฮมเห็ด ผู้ประกอบการมักใช้แรงงานคนในการฉีกเห็ดนางฟ้าเป็นเส้นก่อนการแปรรูป ซึ่งใช้เวลานานทำให้ปริมาณของวัตถุดิบเห็ดนางฟ้าแบบฉีกเป็นเส้นไม่เพียงพอตามความต้องการการผลิต รวมถึงแรงงานคนที่ฉีกเห็ดนางฟ้าล้วนเป็นแรงงานผู้สูงอายุ ทำให้เกิดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงาน ดังนั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบการ

ผลิตเพื่อลดเวลาการทำงาน และลดอาการเมื่อยล้าของแรงงาน เพื่อให้ได้ผลผลิตในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ กอปรกับในท้องตลาดได้มีการจำหน่ายเครื่องหันผลผลิตทางการเกษตรที่หลากหลาย แต่มักหันเห็ดนางฟ้าได้ลักษณะเป็นท่อนเฉียงหรือเป็นแฉ่นมากกว่าหันเป็นเส้นตามแนวยาว

ดังนั้นหากต้องการวัตถุดิบเห็ดนางฟ้าแบบเส้นเพื่อนำไปแปรรูปในปริมาณมาก จึงควรสร้างเครื่องหันเห็ดนางฟ้า โดยเริ่มจากการศึกษาวิธีการทำงาน (work study) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น และการศึกษาเวลา (time study) ได้จากการหาเวลามาตรฐานการทำงานที่เหมาะสม (Sitthicharoen, 2004; Kuaites, 2021) ของวิธีการทำงานแบบเดิมและวิธีการทำงานแบบใหม่ ทั้งนี้การสร้างเครื่องหันเห็ดนางฟ้า จะต้องอาศัยหลักการออกแบบเครื่องจักรกลให้เป็นไปตามการใช้งาน รวมถึงให้เป็นไปตามหลักสัณฐานที่ดีในการประกอบอาหาร จากนั้นทดสอบและประเมินผลเมื่อสร้างเครื่องต้นแบบเสร็จ (Lelieveld et al., 2003) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องหันเห็ดนางฟ้าต้นแบบ เช่น Niyomvas (2017) ได้พัฒนาเครื่องหันย่อยหอมแดง ใช้ใบมีดรูปทรงครึ่งวงรีเจาะยึดติดกับแผ่นใบมีด ความเร็วรอบ 470 รอบต่อนาที สามารถหันหอมแดงจำนวน 1 กิโลกรัม จำนวนหัวเฉลี่ย 34 หัว ภายในเวลา 95.70 วินาที ซึ่งเร็วกว่าการทำงานของแรงงานคน 5 เท่า Tong et al. (2017) ได้สร้างเครื่องหันผักกาดขาว ความเร็วรอบ 1,100 รอบต่อนาที ใช้ใบมีดแบบใบพัดแนวตั้งจำนวน 3 ใบ สามารถหันผักกาดขาวมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 และลดเวลาการทำงานได้ร้อยละ 17.50 Khamlamon et al. (2019) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องผ่านกล้วยแบบเส้น ใบมีดแบบตรงจำนวน 5 ใบยึดติดกับแผ่นใบมีด ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที สามารถผ่านกล้วยขนาดความหนาไม่เกิน 8 มิลลิเมตร ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น ร้อยละ 87 และ Torsakul et al. (2019) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องฉีกหมูฝอย ความเร็วรอบ 1,100 รอบต่อนาที ใบมีดแบบเรียงตรงตามยาว สามารถฉีกหมูฝอยจำนวน 1 กิโลกรัม กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น ร้อยละ 66.67 และลดเวลาการฉีกหมูฝอยได้น้อยกว่า 30 นาที จากเดิมแรงงานคนฉีกหมูฝอย 1 กิโลกรัม ใช้เวลา 30 นาที

ดังนั้นจึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อต้องการออกแบบและสร้างเครื่องหันเห็ดนางฟ้าต้นแบบ และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้เครื่องหันเห็ดนางฟ้าต้นแบบสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนหรือธุรกิจครัวเรือนที่ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้าแปรรูป เพื่อการแข่งขันในตลาดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ

ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบวิธีการฉีกเห็ดนางฟ้าด้วยแรงงานคน (การฉีกด้วยมือ) ของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเห็ดนางฟ้า อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยขนาดก้านของเส้นเห็ดนางฟ้าที่ต้องการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดหอยมีขนาดระหว่าง 5-8 มิลลิเมตร วัตถุประสงค์เห็ดนางฟ้าต้องเก็บเกี่ยวในช่วง 5-7 วัน หลังเปิดดอก ซึ่งขนาดของดอกเห็ดนางฟ้าจะบานพอดีและง่ายต่อการฉีกเป็นเส้น ในการฉีกเห็ดนางฟ้าแต่ละครั้ง เห็ดนางฟ้าต้องสะอาดดีน้ำ โดยล้างอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เพื่อคายความชื้นออกจากเห็ด หากเห็ดนางฟ้ามีความชื้นมากเกินไป จะทำให้เห็ดที่ฉีกมีความชื้น และติดค้างภายในร่องมีดโดยง่าย จากการศึกษาวิธีการทำงานพบว่ากรรมวิธีการฉีกเห็ดจะเน้นการฉีกเห็ดให้เป็นเส้นตามแนวยาวตามขนาดของดอกเห็ดและก้านเห็ดที่ตัดโคนออกประมาณ 20 มิลลิเมตร ซึ่งผู้ฉีกเห็ดต้องอาศัยความชำนาญในการกำหนดขนาดของเส้นเห็ด หากผู้ฉีกเห็ดไม่มีความชำนาญก็จะทำให้ขนาดของเส้นเห็ดไม่ได้ตามที่ต้องการ รวมถึงในการทำงานแรงงานเกิดความเมื่อยล้า เนื่องจากขั้นตอนการฉีกเห็ดใช้เวลานาน

ดังนั้นผู้วิจัยได้แนวคิดและขั้นตอนการสร้างเครื่องจักรเพื่อช่วยทุ่นแรงและลดเวลาการฉีกเห็ด รวมถึงเพื่อให้ได้ขนาดของเส้นเห็ดตรงตามความต้องการ โดยแบบร่างของเครื่องต้นแบบแสดงดังภาพที่ 1 (Figure 1) เครื่องต้นแบบทำงานแบบอัตโนมัติ เลือกใช้เหล็กกล้าไร้สนิม เพราะเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร และต้องทำความสะอาดได้ง่าย เป็นไปตามมาตรฐาน GMP หรือหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Lelieveld et al., 2003; Khamlamon et al., 2019; Torsakul et al., 2019) เครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบมีลักษณะโครงสร้างแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ชุดโครงเครื่อง ด้านข้างติดตั้งพัดลมระบายอากาศและระบายความร้อนของมอเตอร์ไฟฟ้า 2) ชุดใบมีด เป็นใบมีดแบบวงกลม รัศมีขนาด 40 มิลลิเมตร จำนวน 18 ใบ เรียงติดกันเป็นแนวตรงบนแกนเพลลา ระยะห่างแต่ละใบขนาด 5 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชุด แกนเพลลารัศมีขนาด 24 มิลลิเมตร ยาว 225 มิลลิเมตร ชุดใบมีดจะเคลื่อนที่เข้าหากันเมื่อทำการตัดวัสดุ 3) ช่องใส่วัตถุดิบด้านบน สามารถใส่วัตถุดิบได้ 1,000 กรัม และมีช่องปล่อยวัตถุดิบด้านล่างเครื่อง เครื่องต้นแบบสามารถถอดชุดใบมีดและถอดปล่อยวัตถุดิบเพื่อล้างทำความสะอาดได้ นอกจากนี้ภายในเครื่องต้นแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 0.5 แรงม้า ขนาด 370 วัตต์ ความเร็วรอบที่ทำให้การทดสอบ 200, 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที เครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แสดงดังภาพที่ 2 (Figure 2)

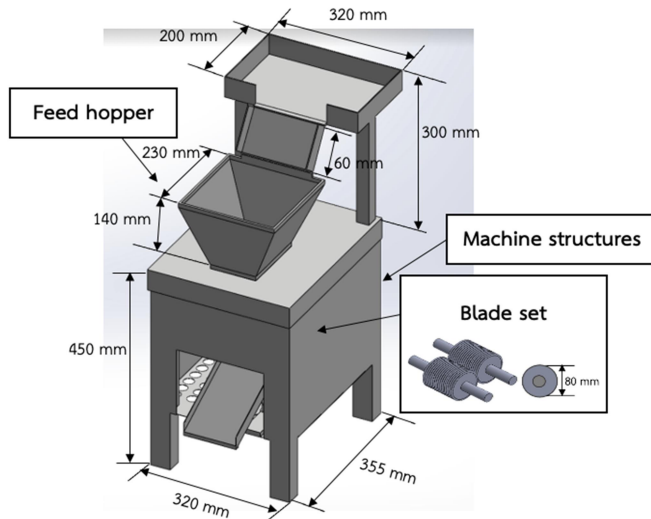


Figure 1 The machine drawing of prototype

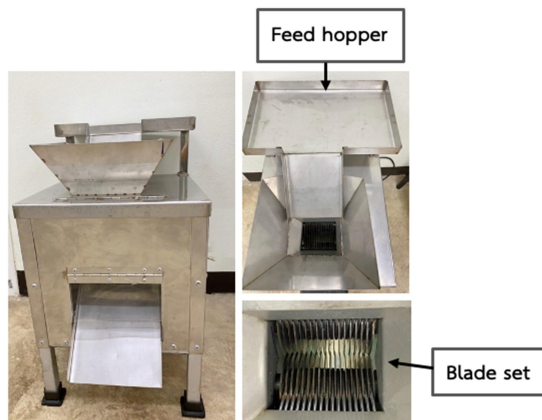


Figure 2 The sajor-caju mushroom shredding machine prototype

2. การทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ เพื่อดูความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์ ทำการทดสอบความเร็วรอบต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 200, 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที น้ำหนักเริ่มต้น 1,000 กรัม ทดสอบความเร็วรอบอย่างละ 3 ชั่วโมง จะได้ปริมาณเส้นเห็ดที่สมบูรณ์สำหรับนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดหอยหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเห็ดเส้น พิจารณาที่ความกว้างของก้านเห็ดอยู่ระหว่าง 5-8 มิลลิเมตร ส่วนขนาดเห็ดนางฟ้าที่ไม่อยู่ในช่วงที่ต้องการจะพิจารณาสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ รวมถึงขนาดของชิ้นส่วนของเห็ดที่ตกค้างในร่องมีด

3. การทดสอบเวลาการทำงาน

การทดสอบเวลาการทำงานด้วยเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบและวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน (ฉีกด้วยมือ) ได้จากการจับเวลาการทำงานด้วยนาฬิกาจับเวลา ซึ่งคิดค่าเวลาเพื่อร้อยละ 20 เริ่มต้นด้วยการนำเห็ดนางฟ้าสดที่ตัดโคนออกประมาณ 20 มิลลิเมตร จากนั้นผึ่งลมอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ความชื้นของเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยร้อยละ 89.80 มาตรฐานเปียก น้ำหนักเริ่มต้น 1,000 กรัม จากนั้นให้แรงงานคนฉีกเห็ดนางฟ้าเป็นเส้น เริ่มจับเวลาตั้งแต่แรงงานคนลงมือฉีกเห็ดนางฟ้า ซึ่งแรงงานมีความชำนาญงานแตกต่างกันของแต่ละบุคคล และมีประสบการณ์การฉีกเห็ดนางฟ้าอย่างน้อย 1 ปี จำนวน 4 คน คนละ 3 ชั่วโมง และเดินเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบที่ความเร็วรอบต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 200 250 300 และ 350 รอบต่อนาที จับเวลาตั้งแต่เริ่มใส่เห็ดนางฟ้าลงไปที่ช่องใส่วัตถุดิบจนหมด แล้วจึงหยุดจับเวลา ทดลองทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นคำนวณเวลามาตรฐานการทำงาน ดังสมการที่ (1) และคำนวณความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้า ดังสมการที่ (2) (Sitticharoen, 2004; Mounmoon et al., 2016; Niyomvas, 2017; Khamlamon et al., 2019; Phrommabun, 2019; Sripramai et al., 2019; Kuaites, 2021)

$$STD = NT + (1 + A) \quad (1)$$

โดย	STD	คือ	เวลามาตรฐานการทำงาน หรือ Standard time (นาที)
	NT	คือ	เวลาปกติในการทำงานหรือเวลาที่จับได้จากนาฬิกาจับเวลา (นาที)
	A	คือ	เวลาเผื่อ (ร้อยละ)
	1	คือ	ค่าคงที่

$$\text{ความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้า} = \frac{\text{ปริมาณเห็ดนางฟ้าที่หั่นได้}}{\text{เวลามาตรฐานการทำงาน}} \quad (2)$$

(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

4. การวัดลักษณะทางกายภาพของเห็ดนางฟ้า

นำตัวอย่างเห็ดนางฟ้าที่ได้จากวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน (การฉีกด้วยมือ) และการทดลองด้วยเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบมาวัดขนาด โดยพิจารณาที่ความกว้างของก้านเห็ด ดังภาพที่ 3 (Figure 3) กำหนดความกว้างของก้านเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์สำหรับนำไปแปรรูปผลิตภัณฑ์เห็ดหยองหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นเห็ด อยู่ในช่วงระหว่าง 5-8 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3a (Figure 3a) ขนาดของเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่น ๆ ได้แก่ ขนาดมากกว่า 8 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3b (Figure 3b) และขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3c (Figure 3c) โดยขนาดเห็ดนางฟ้าที่ไม่อยู่ในช่วงถือว่าเป็นขนาดชิ้นงานที่เสียหาย ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเห็ดนางฟ้าอื่น ๆ ได้ ส่วนขนาดของเห็ดนางฟ้าที่เป็นของเสียไม่นิยมนำมาแปรรูป คือ ขนาดของเห็ดนางฟ้าที่ตกค้างในร่องมีด เห็ดนางฟ้าที่เกิดจากความผิดพลาดจากการทำงาน หรือไม่สามารถฉีกได้ มีความชื้นและสีคล้ำ เป็นต้น ดังภาพที่ 3d (Figure 3d) สุ่มวัดตัวอย่างใน

น้ำหนักเริ่มต้น 1,000 กรัม จำนวน 5 ตัวอย่าง ทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ของแต่ละการทดลอง การวัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์

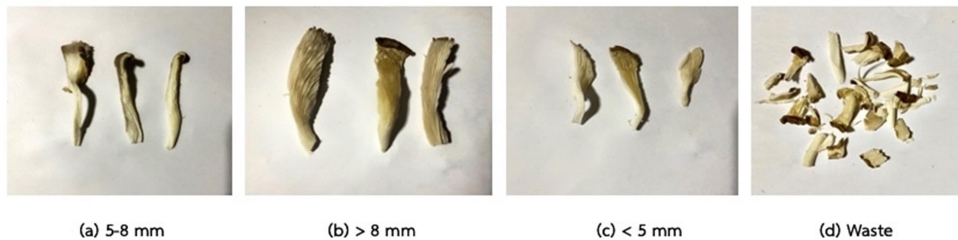


Figure 3 The sajor-caju mushroom physical characteristics

5. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อศึกษาระยะเวลาคืนทุนจากการสร้างเครื่องต้นแบบ ให้มีความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยคิดราคาเครื่องต้นแบบ 15,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี มีมูลค่าซาก 1,000 บาท ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ร้อยละ 6.65 กำลังการผลิต 30 กิโลกรัมต่อวัน ทำงานวันละ 4 ชั่วโมง คิดค่าไฟฟ้าประมาณ 2.42 บาท ทำงานเฉลี่ย 144 วันต่อปี ให้ค่าจ้างแรงงาน 300 บาทต่อคน จำนวน 2 คน มีรายได้เฉลี่ยจากการขายเห็ดนางฟ้าแปรรูป เช่น เห็ดหยอง น้ำพริกเห็ด และแหนมเห็ด เป็นต้น เท่ากับ 240,000 บาทต่อปี เครื่องต้นแบบมีค่าซ่อมบำรุง 600 บาทต่อปี โดยสามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้จากสมการที่ (3) (Yampuean, 2005; Torsakul et al., 2019; Kamma et al., 2020; Langkaphin, 2020)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = -\text{ราคาเครื่อง} + \text{รายได้ต่อปี (A/P, i, n)} + \text{มูลค่าซาก (A/F, i, n)} \quad (3) \\ + \text{ต้นทุนแปรผัน} + \text{ค่าแรงงานต่อปี}$$

โดยที่ A/P, i, n คือ Capital recovery factor, A/F, i, n คือ Sinking Fund factor, i คือ อัตราดอกเบี้ย และ n คือ อายุการใช้งาน

ผลการวิจัย

1. ผลการหาประสิทธิภาพการทำงาน

ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ จากการทดสอบใช้ความเร็วรอบที่แตกต่างกัน ได้แก่ 200 250 300 และ 350 รอบต่อนาที ความเร็วรอบละ 3 ครั้ง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1 (Table 1) พบว่าที่ความเร็วรอบต่างกัน 4 ระดับ พบปริมาณเห็ดนางฟ้าที่ต้องการเฉลี่ย 833.50 กรัม หรือร้อยละ 83.35 ส่วนปริมาณเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่นเฉลี่ย 166.50 กรัม หรือร้อยละ 16.65 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที พบปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์ 882 กรัม

คิดเป็นร้อยละ 88.20 และมีปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่น 118 กรัม คิดเป็นร้อยละ 11.80 ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที มีปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์ 893 กรัม คิดเป็นร้อยละ 89.30 และปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่น 107 กรัม คิดเป็นร้อยละ 10.70 ที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที พบปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์ 795 กรัม คิดเป็นร้อยละ 79.50 และปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่น 205 กรัม คิดเป็นร้อยละ 20.50 และที่ความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที พบปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์ 764 กรัม ร้อยละ 76.40 และปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่น 236 กรัม คิดเป็นร้อยละ 23.60 จากการทดสอบเมื่อเพิ่มความเร็วรอบให้ใบมีดหมุนเร็วขึ้น จะพบเส้นเห็ดนางฟ้าที่มีขนาดอยู่ในช่วงอื่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเร็วรอบไม่สัมพันธ์กับเพลahmenของใบมีด ส่วนการฉีกเห็ดด้วยแรงงานคนมีปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์เฉลี่ย 897 กรัม คิดเป็นร้อยละ 89.68 และปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่นเฉลี่ย 103 กรัม คิดเป็นร้อยละ 10.33

2. ผลการทดสอบเวลาการทำงาน

เวลาการทำงานจากวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน (การฉีกด้วยมือ) และการทดลองด้วยเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ พบว่าเวลามาตรฐานการทำงานเฉลี่ยจากการหั่นด้วยเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบต่างกัน 4 ระดับ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1 (Table 1) พบว่าที่ความเร็วรอบต่างกัน 4 ระดับ มีเวลามาตรฐานการทำงานเฉลี่ย 6.57 นาที หากพิจารณาที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย 6.85 นาที ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย 6.81 นาที ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย 6.35 นาที และความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย 6.27 นาที ส่วนเวลาการทำงานด้วยแรงงานคน (การฉีกด้วยมือ) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย 25.53 นาที ตารางที่ 2 (Table 2)

Table 1 Test result of the sajor-caju mushroom shredding machine prototype

Speed	Weight	Perfect		Other		Standard time	The cutting performance
		mushroom size		mushroom size			
(rpm)	(g)	(g)	(%)	(g)	(%)	(min)	(kg/hr)
200	1,000	882	88.20	118	11.80	6.85	7.73
250	1,000	893	89.30	107	10.70	6.81	7.87
300	1,000	795	79.50	205	20.50	6.35	7.51
350	1,000	764	76.40	236	23.60	6.27	7.31
Avg.	1,000	833.50	83.35	166.50	16.65	6.57	7.61

Table 2 Test result of the manual labor process

No.	Weight	Perfect mushroom size		Other mushroom size		Standard time	The cutting performance
	(g)	(g)	(%)	(g)	(%)	(min)	(kg/hr)
1	1,000	894	89.40	106	10.60	25.28	2.12
2	1,000	903	90.30	97	9.70	26.12	2.07
3	1,000	893	89.30	107	10.70	25.44	2.11
4	1,000	897	89.70	103	10.30	25.28	2.13
Avg.	1,000	897	89.68	103	10.33	25.53	2.11

ความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้า พบว่าเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบที่ความเร็วรอบต่างกัน มีความสามารถในการหั่นเฉลี่ย 7.61 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตารางที่ 1 (Table 1) โดยที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที มีความสามารถในการหั่น เท่ากับ 7.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที 7.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที 7.51 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที 7.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะเดียวกันความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้าวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน (การฉีกด้วยมือ) ดังตารางที่ 2 (Table 2) มีความสามารถในการหั่น เท่ากับ 2.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตัวอย่างปริมาณเห็ดนางฟ้าที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 วิธี แสดงดังภาพที่ 4 (Figure 4)

**(a) The manual labor process****(b) The machine prototype****Figure 4** Examples of the experiment's yield of the sajor-caju mushrooms

3. ผลการวัดลักษณะทางกายภาพของเห็ดนางฟ้า

ปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน (การฉีกด้วยมือ) และการทดลองด้วยเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ ความเร็วรอบแตกต่างกัน 4 ระดับ ผลการทดลองแสดงภาพที่ 5 (Figure 5)

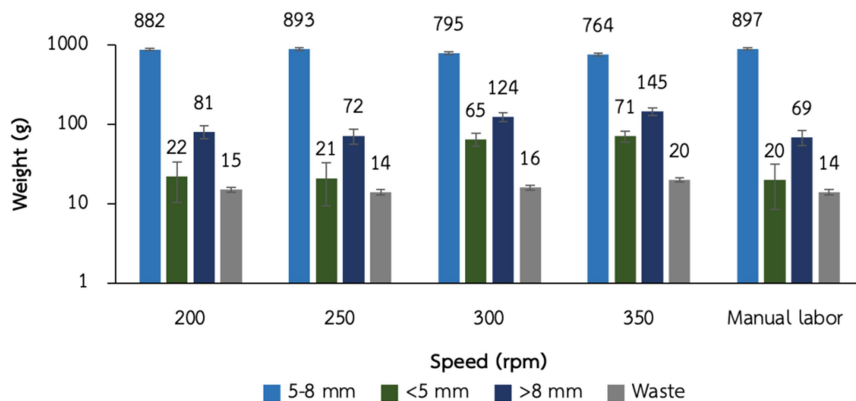


Figure 5 The average quantity of the Sajor-Caju mushroom threads obtained from the machine prototype and the manual labor process

จากภาพ (Figure 5) พบว่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที มีความกว้างของก้านเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยที่อยู่ระหว่าง 5-8 มิลลิเมตร 882 กรัม ขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร 22 กรัม ขนาดมากกว่า 8 มิลลิเมตร 81 กรัม และมีปริมาณก้านเห็ดที่ติดในร่องมีดถือเป็นชิ้นงานเสีย 15 กรัม ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที มีความกว้างของก้านเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยช่วง 5-8 มิลลิเมตร 893 กรัม ขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร 21 กรัม ขนาดมากกว่า 8 มิลลิเมตร 72 กรัม และมีปริมาณก้านเห็ดที่ติดในร่องมีด 14 กรัม ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที พบความกว้างของก้านเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยช่วง 5-8 มิลลิเมตร 795 กรัม ขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร 65 กรัม ขนาดมากกว่า 8 มิลลิเมตร 124 กรัม และมีปริมาณก้านเห็ดที่ติดในร่องมีด 16 กรัม รวมถึงที่ความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที มีความกว้างของก้านเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยช่วง 5-8 มิลลิเมตร 764 กรัม ขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร 71 กรัม ขนาดมากกว่า 8 มิลลิเมตร 145 กรัม และมีปริมาณก้านเห็ดที่ติดในร่องมีดถือว่าเป็นของเสีย 20 กรัม ส่วนปริมาณก้านเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน (การฉีกด้วยมือ) พบความกว้างของก้านเห็ดนางฟ้าช่วง 5-8 มิลลิเมตร 897 กรัม ขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร 20 กรัม ขนาดมากกว่า 8 มิลลิเมตร 69 กรัม และมีปริมาณของเสีย 14 กรัม

5. ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ ณ วิสาหกิจชุมชนแปรรูปเห็ดนางฟ้า อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก มีการใช้งานเครื่องเฉลี่ย 576 ชั่วโมงต่อปี จากวันทำงาน 144 วันต่อปี วันละ 4 ชั่วโมง ซึ่งมีรายได้เฉลี่ยจากการขายเห็ดนางฟ้าแปรรูปเท่ากับ 240,000 บาทต่อปี จากการคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบในสมการที่ (3) พบว่าใช้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.25 ปี (3 เดือน) ซึ่งถือว่าวิสาหกิจชุมชนได้รับประโยชน์จากการใช้งานเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้า

ต้นแบบในการฉีกเห็ดนางฟ้า เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเห็ดนางฟ้า มีระยะเวลาคืนทุนสั้น และเป็นทางเลือกที่คุ้มค่ากับการลงทุน

6. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้เครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ผู้วิจัยได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้เครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อนำเห็ดนางฟ้าที่ฉีกด้วยเครื่องต้นแบบมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดหยอง โดยผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเห็ดนางฟ้า อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก และอำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ได้เข้าร่วมสาธิตการใช้เครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ ดังภาพที่ 6 (Figure 6)



Figure 6 Transfer of technologies to community enterprises in order to use the sajor-caju mushroom shredding machine prototype

อภิปรายผล

จากการทดสอบความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบนั้น การทดลองใช้ความเร็วรอบที่ต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 200, 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที พบว่าที่ความเร็วรอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ 250 รอบต่อนาที โดยความเร็วรอบสัมพันธ์กับการหมุนของใบมีดตัดวัสดุ ทำให้มีปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์อยู่ในช่วง 5-8 มิลลิเมตร เหมาะต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดหยอง 893 กรัม คิดเป็นร้อยละ 89.30 และปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่น 107 กรัม คิดเป็นร้อยละ 10.70 และความเร็วรอบที่ให้ประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ 350 รอบต่อนาที มีปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่สมบูรณ์ 764 กรัม ร้อยละ 76.40 และปริมาณเส้นเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่น 236 กรัม คิดเป็นร้อยละ 23.60 โดยที่ความเร็วรอบดังกล่าวมีปริมาณเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วงอื่นสูงกว่าความเร็วรอบอื่นๆ เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงเกินไป ทำให้ใบมีดตัดวัสดุหมุนเร็วเกินไป วัสดุเห็ดบางชิ้นถูกตัดให้มีขนาดใหญ่กว่าและบางชิ้นยังไม่ถูกตัดให้ขาดเป็นเส้นตามขนาดที่ต้องการ หากนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดหยองจะไม่สวยงามตามที่ต้องการได้ แต่ขนาดเห็ดที่ไม่อยู่ในช่วง 5-8 มิลลิเมตร สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกเห็ด หรือแฮมเห็ดได้ ไม่ถือว่าเป็นของเสีย

การทดสอบเวลามาตรฐานการทำงานของเครื่องทดลองทั้ง 2 วิธี พบว่า การหั่นเห็ดนางฟ้าด้วยเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบต่างกันใช้เวลาสั้นและใกล้เคียงกันโดยมีเวลามาตรฐานเฉลี่ย 6.57 นาที โดยที่ความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที ใช้เวลาหั่นเห็ดนางฟ้าสั้นที่สุด เวลามาตรฐานเฉลี่ย 6.27 นาที

ส่วนที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ใช้เวลาการหั่นนานที่สุดมีเวลามาตรฐานเฉลี่ย 6.85 นาที ส่วนเวลามาตรฐานการทำงานด้วยแรงงานคนใช้เวลาในการทำงานนานกว่า เนื่องจากแรงงานคนต้องฉีกเห็ดทีละเส้น และกำหนดให้ได้ขนาดตามต้องการด้วย โดยมีเวลามาตรฐานเฉลี่ย 25.53 นาที เมื่อเทียบกับการทดลองด้วยเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จะใช้เวลาในการหั่นเห็ดสั้นกว่า คิดเป็น 4 เท่าของแรงงานคน สอดคล้องกับการศึกษาของ Tong et al. (2017) ที่หั่นผักกาดขาวด้วยเครื่องหั่นผัก สามารถลดเวลาการทำงานได้ร้อยละ 17.50 และ Torsakul et al. (2019) ที่ได้ฉีกหมูฝอยจากเครื่องฉีกหมูฝอยต้นแบบสามารถลดเวลาการทำงานได้จากเดิมน้อยกว่า 30 นาทีต่อตัวอย่างหมู 1 กิโลกรัม ในขณะเดียวกันผลการทดสอบความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยของวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน เท่ากับ 2.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนการหั่นด้วยเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบต่างกันมีความสามารถในการหั่นใกล้เคียงกันเฉลี่ย 7.61 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการหั่นมากกว่าวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน โดยที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที มีความสามารถในการหั่นมากที่สุด เท่ากับ 7.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใช้เวลาการทำงานสั้น 6.81 นาที จึงถือว่าเป็นความรอบเร็วรอบที่เหมาะสมส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานและความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้าดีที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khamlamon et al. (2019) ได้ผ่านกล้วยแบบเส้นด้วยเครื่องผ่านกล้วยแบบเส้นที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที สามารถผ่านกล้วยเป็นเส้น ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น ร้อยละ 87

การทดสอบลักษณะทางกายภาพของเห็ดนางฟ้า พิจารณาจากขนาดก้านของเห็ดนางฟ้าที่อยู่ในช่วง 5-8 มิลลิเมตร เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดหยองของการทดลองทั้ง 2 วิธี พบว่าวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน มีปริมาณ 897 กรัม ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับการทดลองหั่นด้วยเครื่องต้นแบบ โดยการหั่นด้วยเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที มีปริมาณเห็ดขนาดที่ต้องการ 893 กรัม มากกว่าที่ความเร็วรอบอื่นๆ ส่วนปริมาณเห็ดนางฟ้าที่มีขนาดน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร และขนาดมากกว่า 8 มิลลิเมตร ของการฉีกด้วยแรงงานคนพบในปริมาณน้อยกว่าการหั่นด้วยเครื่องต้นแบบเล็กน้อยและมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากแรงงานคนมีความชำนาญสามารถกำหนดขนาดของเส้นเห็ดตามความต้องการได้ แต่การหั่นด้วยเครื่องต้นแบบ โดยการหมุนของใบมีดหั่นตัดวัสดุที่เวลาสั้นกว่าหรือเร็วกว่าที่ความเร็วรอบต่างกัน ล้วนส่งผลต่อลักษณะการหั่น รวมถึงปริมาณเห็ดที่เป็นของเสียมีค่าเท่ากัน มักพบช่วงปลายดอกเห็ดตกค้างในร่องใบมีด เช่นเดียวกับการฉีกด้วยแรงงานคนช่วงปลายดอกเห็ดไม่สามารถฉีกให้เป็นเส้นได้

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ มีระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 0.25 ปี หรือประมาณ 3 เดือน จึงสรุปได้ว่าเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบสามารถนำมาใช้งานเพื่อลดเวลาการทำงานจากวิธีการทำงานด้วยแรงงานคน และทำให้มีความสามารถในการหั่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณเห็ดนางฟ้าที่จะนำไปแปรรูปเพิ่มขึ้น อีกทั้งชุมชนสามารถนำเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบไปใช้งานได้จริง

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ โดยการศึกษาวิธีการหั่นเห็ดนางฟ้าด้วยแรงงานคน (การหั่นด้วยมือ) นำมาซึ่งการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ และการทดสอบความเร็วรอบที่เหมาะสม โดยมีผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงาน เวลาในการทำงาน ความสามารถในการหั่น และลักษณะทางกายภาพของเห็ดนางฟ้า ดังนี้ ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพในการทำงานดีที่สุด สามารถหั่นเห็ดนางฟ้ามีปริมาณเห็ดนางฟ้าอยู่ในช่วง 5-8 มิลลิเมตร เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดหอมตามที่ต้องการได้ 893 กรัม ปริมาณเห็ดที่ได้ใกล้เคียงกับการทำงานด้วยแรงงานคน สามารถลดเวลาในการทำงานด้วยแรงงานคนได้ 25.53 นาที เหลือ 6.81 นาที คิดเป็นเวลาการทำงานที่เร็วกว่าแรงงานคน 4 เท่า นอกจากนี้ความสามารถในการหั่นเห็ดนางฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 7.87 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากเดิมการทำงานด้วยแรงงานคนมีความสามารถในการหั่นเฉลี่ย 2.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องหั่นเห็ดนางฟ้าต้นแบบ มีการใช้งานเครื่องต้นแบบเฉลี่ย 576 ชั่วโมงต่อปี จากวันทำงาน 144 วันต่อปี กำลังการผลิต 30 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งมีรายได้เฉลี่ยจากการขายเห็ดนางฟ้าแปรรูป เช่น เห็ดหอม น้ำพริกเห็ด และแหนมเห็ด เป็นต้น เท่ากับ 240,000 บาทต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 0.25 ปี (3 เดือน)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ และเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัยให้สำเร็จผ่านไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Kamma S, Singmuang C, Thongsawatwong P. Design and development of an agricultural material and fruit peel shredder machine. *Agricultural Research Journal* 2020;38(1):58-67.
- Khamlamon S, Butsriripum S, Suchimongkhon S, Chaisit Y. Design and development of banana strip slicing machine. The 1st National Conference in Science; Technology and Innovation, April 20, 2019;159-163.
- Kuaites T. Calculating the standard time of workers: A case study in hotel industry. *Journal of Logistics and Supply Chain College* 2021;7(1):5-18.
- Langkaphin J. Engineering in the use of basic agricultural machinery: a cost-benefit analysis, 2020. Available at: <https://iaid.in.th/2020/08/07/engineering-economics/>. Access December 27, 2021.
- Lelieveld H, Mostert MA, Holah J, White B. Hygiene in food processing. United Kingdom: Woodhead Publishing; 2003.

- Moungmoon K, Kartea N, Chaikumpun M. The standard time study of carton corrugated productions: case study ruengchana packing limited partnership. *Kasem Bundit Engineering Journal* 2016;6(1):107-121.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. Properties of sajor-caju mushrooms, 2019. Available at: <https://warning.acfs.go.th/articles-and-research/view/?page=45>. Accessed March 15, 2021.
- Niyomvas Banyat. Development of shallot chopping machine. The 18th TSAE National Conference and the 10th TSAE International Conference; TSAE 2017, September 7-9, 2017; 112-116.
- Phrommabun P. Design and construction of palm leaf separation machine. *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal* 2013;6(2):24-35.
- Poonsukko P, Waewdee S, Thongsri K, Torsakul S. Design and development of prototype machine for peeling shallots for small to medium enterprises. *Journal of Engineering, RMUTT* 2018;16(1):43-50.
- Sitticharoen W. Work study. Thailand: Odeon Store Publishing House; 2004.
- Sripramai W, Wienjak S, Chaonuea C, Yuenyuen S, Laohawanich L. Design and construction of semi-automatic slicing machine for herbs. The 33rd Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand; NETT 33, July 2-5, 2019.
- Tong J, Xu S, Chen D, Li M. Design of a bionic blade for vegetable chopper. *Journal of Bionic Engineering* 2017;14(1):163-171.
- Torsakul S, Thuankruaval V. A case study of the moofoy shredding pork prototype machine of the Ban Nong Luang OTOP volunteer women's group for export to the AEC. *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal* 2019;12(1):77-87.
- Yampuean P. Engineering economy. Thailand: Educational Publishing House Pte Ltd-SE-ED; 2005.