



เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

Semi-Automatic Coconut Dehusking Machine Controlled by Programmable Logic Controller

บุญฤทธิ์ บัวระบัด^{1*}, ไกรสร รวยป้อม¹

Boonyarid Buarabut^{1*}, Krisorn Ruaypom¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี, จันทบุรี, 22210

¹Department of Mechanical Technology, Faculty of Agricultural Industrial Technology, Raja Mangala University of Technology Tawan-ok Chanthaburi Campus, Chanthaburi, 22210

*Corresponding author: Tel: +66-8-7148-3234, E-mail: boonyarid_bu@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล คุณลักษณะเฉพาะของเครื่องมีความสูง 210 cm ความกว้าง 80 cm ความยาว 100 cm น้ำหนัก 75 kg ความยาวใบมีด 10 cm และมีระยะชักลูกสูบสูงสุด 30 cm ทำงานโดยปั๊มไฮดรอลิกส์ DC 24 Volt 2 kw ขนาดความจุ 0.01 m³ ตันกระบอกสูบไฮดรอลิกส์แบบสองทาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm จำนวน 2 กระบอก ด้วยอัตราการไหล 0.1383 m³ s⁻¹ มีความเร็วกระบอกสูบ 4.2 m s⁻¹ ใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบ ทำการทดสอบกับมะพร้าว 100 nuts พบว่ามีความสามารถในการปอกเปลือกมะพร้าวเฉลี่ย 10.68 s nut⁻¹ มีค่าความสามารถของเครื่องเฉลี่ย 336 nuts h⁻¹ มีเปลือกมะพร้าวติดค้างเฉลี่ยน้อยกว่า 20 % ประสิทธิภาพของเครื่องโดยรวม 96.75 % โดยมีจุดคุ้มทุนที่ 79.6 h year⁻¹ และมีระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรที่ 1.6 เดือน

คำสำคัญ : มะพร้าว, เครื่องปอก, ไฮดรอลิกส์, กึ่งอัตโนมัติ

Abstract

This research aims to create and evaluate the performance of a semi-automatic coconut dehusking machine controlled by a Programmable Logic Controller (PLC). The machine-specific features are height 210 cm Width 80 cm, Length, 100 cm, Weight 75 kg, Blade length 10 cm, and maximum stroke cylinder 30 cm Hydraulic system (DC 24 Volt 2 kw and 0.010 m³ tank capacity) was used as power unit to drive 2 double-acting cylinders of 2.54 cm diameter with a flow rate of 0.1383 m³ s⁻¹ and speed of 4.2 m s⁻¹ PLC was selected to controlled the device in this system. Test results with 100 nuts coconuts sample found that the dehusking time is 10.68 s nut⁻¹, operating capacity is 336 nut h⁻¹ the husk remained on nut is less than 20% and Overall Equipment Effectiveness (OEE) is 96.75% The break-even point period is 79.6 h year⁻¹ when operate at 1.6 months.

Keywords: Coconut, Dehusking machine, Hydraulic, Semi-Automatic

1 บทนำ

ปัจจุบัน ความต้องการมะพร้าวทั้งในประเทศและต่างประเทศ นั้นมีความต้องการสูงมาก เนื่องด้วยสามารถนำไปแปรรูปได้หลากหลายทั้งอาหารคาว อาหารหวาน และผลิตภัณฑ์เสริมความงาม ซึ่งล้วนต้องใช้มะพร้าวเป็นส่วนประกอบในการผลิตทั้งสิ้น และยังมีแนวโน้มความต้องการสูงขึ้นทุกปี สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2563) ได้คาดการณ์ความต้องการและปริมาณผลผลิตมะพร้าวในปี พ.ศ.2564 ว่ามีปริมาณภาพรวมผลผลิต

ใกล้เคียงกับปี พ.ศ. 2563 ซึ่งมีผลผลิต 0.846 ล้านตัน มีความต้องการใช้มะพร้าว 1.092 ล้านตัน แบ่งเป็นใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปกะทิสำเร็จรูป 73 % มะพร้าวชูด 25 % และอื่น ๆ 2 % สถาบันวิจัยพืชสวน (2563) ประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มะพร้าวไปยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ในปี พ.ศ.2562 มีการส่งออกผลิตภัณฑ์กะทิสำเร็จรูปมากที่สุด โดยมีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 12,766 ล้านบาท ประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย แคนาดา เนเธอร์แลนด์ และ เยอรมนี จาก

Received: June 22, 2021

Revised: October 27, 2021

Accepted: October 27, 2021

Available online: March 18, 2022

ความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น และโอกาสทางธุรกิจที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะช่วยให้เกษตรกรที่ปลูกมะพร้าว และผู้ประกอบการมีศักยภาพในการดำเนินธุรกิจและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยการลดระยะเวลาในการแปรรูป (ปอกเปลือกนอก) และลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง รวมถึงลดความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน เนื่องด้วยปัจจุบันการปอกเปลือกมะพร้าว มีทั้งการใช้แรงงานคนและเครื่องจักร โดยเฉพาะเครื่องจักรที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เป็นเครื่องที่ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องจักร และการส่งกำลังเป็นแบบโซ่ และสายพาน ซึ่งค่อนข้างอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยวิธีการปอกเปลือกมะพร้าวนั้นมีตั้งแต่การใช้เครื่องทุ่นแรงที่ไม่ใช่เครื่องต้นกำลัง (S.D.S et al. 2016) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวโดยไม่ใช้เครื่องจักรต้นกำลัง ซึ่งมีความสามารถในการปอกเปลือกมะพร้าวได้ 105 nuts h^{-1} และมีการนำเครื่องจักรมาเป็นต้นกำลังโดย (Yohanes, 2016) ได้ทำการศึกษาวิธีการปอกเปลือกมะพร้าวด้วยการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนลูกกลิ้งใบมีดทำการปอกเปลือกมะพร้าวให้ได้ตามความต้องการของลูกค้าด้วยหลักการ Quality Function Deployment (QFD) ซึ่งเครื่องปอกสามารถทำได้ตามความต้องการ จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างเครื่องพบบาลักษณะในการปอกเปลือกมะพร้าว จำเป็นต้องใช้แรงที่ตึงมากในการปอกเปลือก ซึ่งจะช่วยลดแรงที่ใช้ในการปอกเปลือกได้ และช่วยลดปริมาณการเกิดเส้นใยที่ผิวของมะพร้าว (ชัยยะ และ ศิวลักษณ์, 2562) ซึ่งปัจจุบันมีการสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวโดยอาศัยหลักการทำงานด้วยการหมุนของชุดลูกกลิ้งใบมีดปอกเปลือกมะพร้าว ซึ่งหมุนและฉีกเปลือกมะพร้าวออกโดยสามารถทำการปอกเปลือกมะพร้าวได้ 16 nuts s^{-1} (นนทวัฒน์ และคณะ, 2562) และหลักการปอกเปลือกด้วยลูกกลิ้งใบมีด (Nwankwojike et al. 2012) ยังสามารถปอกเปลือกมะพร้าวได้ 79 nuts h^{-1} และมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 93.45% ซึ่งผลการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับงานของ (Jibin and Rajesh, 2012) ที่สามารถปอกเปลือกมะพร้าวด้วยเครื่องปอกเปลือกแบบลูกกลิ้งใบมีด $120\text{-}150 \text{ nuts h}^{-1}$ และจากการทดสอบ (Nijaguna, 1988) เครื่องจักรสามารถปอกเปลือกมะพร้าวได้ 250 nuts h^{-1} โดยเปรียบเทียบกับคนที่มีความชำนาญในการปอกโดยสามารถปอกเปลือกมะพร้าวได้เพียง 75 nuts h^{-1} ซึ่งหากเปรียบเทียบกันแล้ว เครื่องจักรมีความสามารถตอบสนองต่อความต้องการในการปอกเปลือกมะพร้าวที่ดีกว่า โดยปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการปอกเปลือกมะพร้าว ด้วยการนำระบบไฮดรอลิกส์เข้ามาใช้ในการปอกเปลือก โดย (มงคล, 2535) ได้ทำการปอกเปลือกมะพร้าวด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ใช้เวลาในการปอก 22.2 s nut^{-1} ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถบ่งบอกได้ว่า เครื่องจักรนั้นสามารถทำงานได้คุ้มค่ากับเวลา และเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวนั้นยังเป็นที่ต้องการของภาคอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ที่ทำการแปรรูปมะพร้าวในเชิงอุตสาหกรรม และมีทิศทางการพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวในอนาคตให้เป็นระบบอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถปอกเปลือกมะพร้าวได้ทุกขนาด (Dany, 2017)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล (Programmable Logic Control, PLC) รวมถึงการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจลงทุน และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของมะพร้าว

ศึกษาสมบัติต่างๆของมะพร้าวผลแก่ (มะพร้าวแก่) ที่มีอายุผลตั้งแต่ 11 เดือนขึ้นไป (มกษ. 18-2554) โดยผลมะพร้าวมีลักษณะ แบ่งเป็น 5 ชั้นคือ (1) Exocarp/Epicarp, (2) Mesocarp, (3) Endocarp, (4) Endosperm, (5) Embryo. (Fig. 1) (Victor, 2013) ใช้ผลมะพร้าวจำนวน 100 nuts นำมาทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของมะพร้าว ก่อนและหลังปอกเปลือก และวัดขนาดของกะลามะพร้าว ด้วยแถบวัดความยาว และจากการศึกษาสมบัติทางกลของแรงกดที่ใช้ในการเจาะเปลือกมะพร้าว ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ด้วยวิธีการกดแบบเกือบสถิตย์ โดยใช้หัวกดแบบแบน ขนาด 10 mm ความเร็วการกดคงที่ 100 mm min^{-1} พบว่ามีค่าเฉลี่ยของแรงกดที่สามารถเจาะเปลือกมะพร้าวได้ คือ 15.33 kg cm^{-2} (Terdwongworakul, 2009) (Fig. 2)

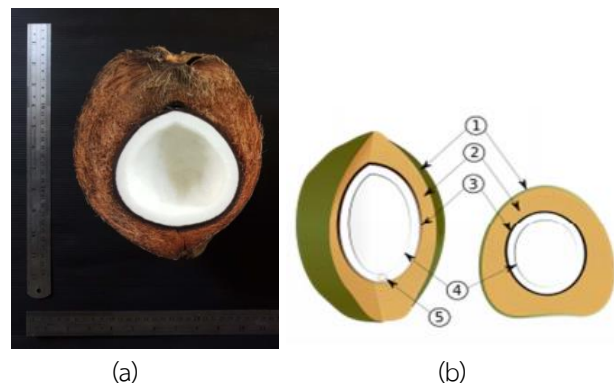


Figure 1 a) Dimension of coconut fruit and b) Layers of the coconut fruit.



Figure 2 Quasi-static compression test by Universal Testing Machine.

2.2 การสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

สร้างด้วยเหล็กหน้าตัดจัตุรัสขนาด 50 x 50 มม. 2.5 มม. ชูบกลวไนซ์ มีความกว้าง 80 ซม. ความยาว 100 ซม. และมีความสูง 210 ซม.



Figure 3 The components of prototype machine.

จากการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล มีข้อมูลจำเพาะของเครื่องดัง Table 1

Table 1 Specifications of the coconut dehusking machine.

	Dimension
Width	80 cm
Length	100 cm
Height	210 cm
Weight	75 kg
Blade length	10 cm
Stroke cylinder	30 cm

2.2.1 ส่วนประกอบและหลักการทำงาน

เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล มีส่วนประกอบการทำงานที่สำคัญคือระบบส่งกำลัง (Fig. 3) (1) โดยรับกำลังมาจากปั๊มไฮดรอลิกส์ DC 24 Volt 2 kw ความจุถังน้ำมัน 0.01 m³ ส่งน้ำมันไฮดรอลิกส์ผ่าน Directional Control Valve 4/3 ควบคุมการทำงานวาล์วด้วยไฟฟ้า และส่งผ่านน้ำมันไฮดรอลิกส์เข้าสู่กระบอกลูกสูบที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm ซึ่งให้แรงดัน 260 kg cm⁻² เพียงพอต่อความต้องการในการใช้แรงสำหรับฉีกเปลือกมะพร้าวจากการทดสอบเบื้องต้นด้วย UTM ที่มีค่าทดสอบแรงกดในการฉีกเปลือกเฉลี่ยอยู่ที่ 15.33 kg cm⁻² และทำการดันลูกมะพร้าวเข้าสู่ใบมีดปอกเปลือกมะพร้าว (Fig. 3) (2) ตามขนาดความสูงที่ตั้ง Limit Switch ไว้ และน้ำมันไฮดรอลิกส์อีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าสู่

กระบอกลูกสูบที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm เพื่อทำหน้าที่กดใบมีด ด้วยหลักการส่งแรงจากจุดศูนย์กลาง ขึ้นลงในแนวตรงผ่านตัวลูกปืนบริเวณข้อต่อเพื่อลดแรงเสียดทาน พร้อมทั้งกระจายแรงออกเท่ากันทุกด้าน จากนั้นจึงกางใบมีดออกเพื่อฉีกเปลือกมะพร้าว (Fig. 3) (3) และ (4) โดยควบคุมการทำงานชุดฉีกเปลือกมะพร้าวด้วย PLC แบบสวิตช์เท้าเหยียบ (Fig. 3) (5) และ (6) ด้วยวงจรควบคุมการทำงานของเครื่อง (Fig. 4)

$$A = \frac{D^2 \times \pi}{4} \quad (1)$$

โดยที่

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (cm²)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ (cm)

ความเร็วของลูกสูบ

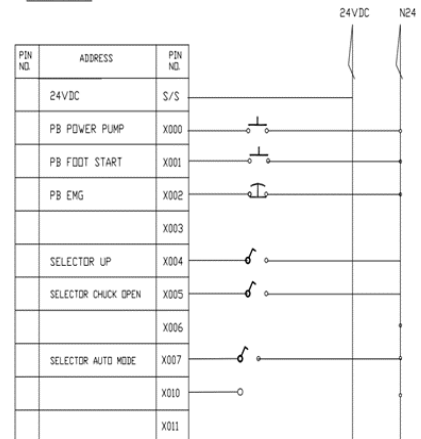
$$V = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

โดยที่

V = ความเร็วของลูกสูบ (m min⁻¹)

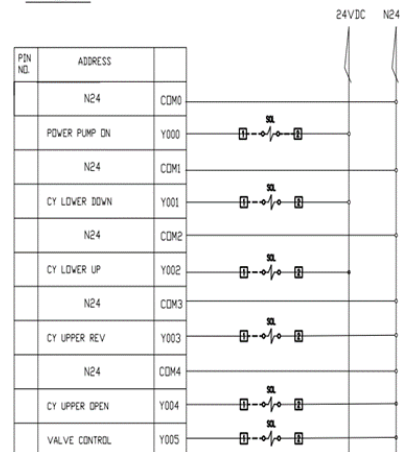
Q = อัตราการไหลของน้ำมันที่ไหลเข้าลูกสูบ (l min⁻¹)

FX 20MT



(a)

FX 20MT



(b)

Figure 4 Ladder Diagram a) Input b) Output.

Table 2 Variable to control using Ladder language with PLC program.

Category	Variable	Command
Input	X000	Start signal to Y000
	X001	Foot-pedal command system
	X002	Order cylinder 1 working send a signal to Y001
	X004	Order cylinder 2 working send a signal to Y002
	X005	Open valve send signal to Y003
Output	X007	Automatic on-off system send signals to Y004 and Y005
	Y000	Hydraulic pump starts
	Y001	Cylinder 1 moves down
	Y002	Cylinder 2 moves upwards
	Y003	Oil flow back to tank
	Y004	Open oil tank
	Y005	Working valve control unit

2.2.2 ตัวอย่างมะพร้าวที่ใช้ในการทดสอบ

ทำการทดสอบกับมะพร้าวพันธุ์ทับสะแก อายุการเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 11 เดือน โดยทำการคัดลูกมะพร้าวในการทดสอบจากความสูง 20-30 cm จำนวน 100 nuts ทำการทดสอบปอกเปลือกมะพร้าวด้วยวิธีการคละกัน แบบต่อเนื่อง ทดสอบและบันทึกข้อมูลโดยผู้สร้างเครื่องต้นแบบ

2.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของลูกมะพร้าวและความสามารถในการทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว

โดยใช้มะพร้าวในการทดสอบจำนวน 100 nuts วิเคราะห์ด้วยสมการ (3) (4) (5)

$$\text{Mean } (\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \quad (3)$$

$$\text{Standard Deviation (S.D.)} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$\text{Coefficient of Variation (C.V.)} = \frac{\text{S.D.}}{\bar{x}} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่
 $\sum_{i=1}^n xi$ = ผลรวมของข้อมูลจากการวัดมะพร้าว (Diameter, Heigh)
 n = จำนวนลูกมะพร้าว (100 nuts)

2.2.4 การประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวต้นแบบ

ประเมินด้วยสมการ (6) (7) (8) (9) และ (10) (อนุศักดิ์, 2557) ดังนี้

$$\text{Availability Rate (A)} = \frac{L}{T} \times 100 \quad (6)$$

$$\text{Performance Efficiency (P)} = \frac{N}{T} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{Quality Rate (Q)} = \frac{O}{q} \times 100 \quad (8)$$

$$\text{OEE} = \frac{A}{100} \times \frac{P}{100} \times \frac{Q}{100} \times 100 \quad (9)$$

$$\text{Capacity (C)} = \frac{c}{t} \quad (10)$$

โดยที่
 T = เวลาที่เครื่องจักรปอกเปลือกมะพร้าว (h)
 L = เวลาการเดินเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว (h)
 N = เวลาเดินเครื่องสุทธิ (h) = (เวลาเดินเครื่องเปล่า - L)
 O = จำนวนมะพร้าวที่ปอกเปลือกได้ตามข้อกำหนด (nut)
 q = จำนวนมะพร้าวที่ปอกเปลือกทั้งหมด (nut)
 OEE = Overall Equipment Effectiveness (%)
 c = จำนวนมะพร้าว (nut)
 t = เวลาในการปอกเปลือกมะพร้าว (h)

2.2.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

วิเคราะห์การใช้เครื่องปอกเปลือกมะพร้าว ดังสมการ (11) และ (12) (จตุรงค์, 2563)

ระยะเวลาคืนทุนเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว (Pay-back period)

$$\text{PBP} = \frac{P}{R} \quad (11)$$

โดยที่
 PBP = ระยะเวลาคืนทุน (year)
 P = ราคาเครื่องจักร (Baht)
 R = กำไรสุทธิต่อปี (Baht year⁻¹)
 จุดคุ้มทุนเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว (Break-even point)

$$\text{BEP} = \frac{Fc}{B-Vc} \quad (12)$$

โดยที่
 BEP = จุดคุ้มทุน (h year⁻¹)
 Fc = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht)
 B = อัตราการรับจ้าง (Baht h⁻¹)
 Vc = ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (Baht h⁻¹)

3 ผลและวิจารณ์

3.1 เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล

ทำงานโดยปั๊มไฮดรอลิกส์ DC 24 Volt 2 kw ความจุถึงน้ำมัน 0.01 m³ ไหลผ่าน Directional Control Valve 4/3 ควบคุมการทำงานวาล์วด้วยไฟฟ้า และส่งผ่านน้ำมันไฮดรอลิกส์เข้าสู่กระบอสูบที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm ด้วยอัตราการไหล 0.1383 m³ s⁻¹ ความเร็วกระบอสูบ 4.2 m s⁻¹ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (1) และ (2) ทำการดันลูกมะพร้าวเข้าสู่ใบมีดปอกเปลือกมะพร้าว (Fig. 5a) ตามขนาดความสูงที่ตั้ง Limit Switch ไว้ และน้ำมันไฮดรอลิกส์อีกส่วนจะไหลเข้าสู่กระบอสูบที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm เพื่อทำหน้าที่กดใบมีดฉีกเปลือกลูกมะพร้าว (Fig. 5b) ด้วยอัตราการไหล 0.1383 m³ s⁻¹ ที่ความเร็วกระบอสูบ 4.2 m s⁻¹ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (2) และทำให้เปลือกมะพร้าวถูกฉีกออก (Fig. 5c) ควบคุมการทำงานชุดฉีกเปลือกมะพร้าวด้วยระบบ PLC แบบสวิตซ์เท้าเหยียบ และนำมะพร้าวที่ผ่านการปอกเปลือกแล้ว (Fig. 5d) มาวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผลต่อไป

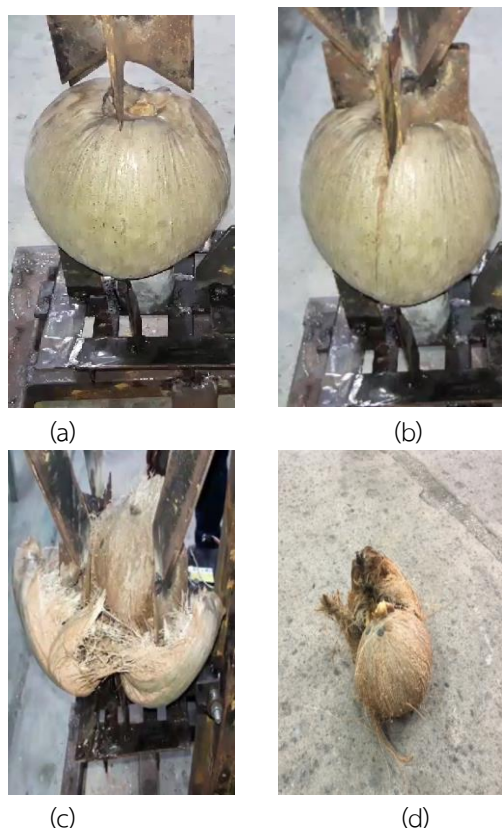


Figure 5 Operation of prototype a) Prepare the coconut on the dehusing b) Press blade c) Dehusing d) Dehusing coconut.

3.2 ลักษณะทางกายภาพของลูกมะพร้าวและความสามารถในการทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว

จากการทดสอบมะพร้าวจำนวน 100 nuts ด้วยแรงกดเฉลี่ย 15.33 kg cm⁻² ได้ผลดัง Table 3

Table 3 Prototype capacity and dimension of coconut.

	Min	Max	$\bar{X}$	S.D.	%C.V.
Diameter	16.00	21.00	18.06	1.34	0.07
Heigh	20.00	30.00	25.37	2.54	0.10
Time	7.95	13.00	10.68	0.98	0.09
Capacity	276.92	452.83	336.81	32.49	0.95

3.3 การวัดประสิทธิภาพการทำงาน

ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล ดัง Table 4

Table 4 Overall Machine Effectiveness (OEE).

Availability Rate (%)	Performance Efficiency (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
99.87	99.87	97.00	96.75

Table 5 Details and price to build a prototype.

Component	Price (Baht)
Structure	6,500
Hydraulic Pump	14,000
Directional Control Valve	9,500
Cylinder	7,000
Control box	3,000
Total	40,000

จากการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรล มีต้นทุนคงที่ 40,000 บาท ดัง Table 5 และค่าจ้างเมื่อรับจ้างปอกเปลือกมะพร้าวที่ราคา 0.6 Baht nut⁻¹ พบว่ามีระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรอยู่ที่ 1.6 month และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 79.6 h year⁻¹ หากทำการเปรียบเทียบกับวิธีการปอกแบบต่างๆที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เช่น การปอกโดยคนที่สามารถปอกได้วันละเฉลี่ย 600-700 ลูกต่อคน (มติชน, 2557) การปอกโดยเครื่องแบบลูกกลิ้งที่สามารถปอกได้ 2,000 ลูกต่อวัน (Nijaguna, 1988) และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการทำงานกับเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลที่สร้างขึ้น ที่สามารถปอกเปลือกมะพร้าวได้ 2,688 ลูกต่อวัน ซึ่งมากกว่า ใช้คนปอกถึง 4 เท่า ผู้วิจัยจึงคาดหวังว่าหากนำเครื่องปอกเปลือก

มะพร้าวไปใช้ในเชิงอุตสาหกรรม จะเป็นผลดีกับเกษตรกรและ ผู้ที่สนใจ ในการเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่ง

4 สรุป

เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยโปรแกรม เมเบิลลอจิกคอนโทรล ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้มีความสามารถในการ ปอกเปลือกมะพร้าวเฉลี่ย 336 nuts h⁻¹ ที่ความเร็วในการปอก เปลือกเฉลี่ย 10.68 s nut⁻¹ มีความแปรปรวนของ ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางลูกมะพร้าว ความสูงลูกมะพร้าว เวลาในการปอก เปลือกมะพร้าว และความสามารถในการปอกเปลือกมะพร้าว “0.07, 0.10, 0.09 และ 0.95 ตามลำดับ” และมีเปลือกติดค้าง กับกะลามะพร้าวเฉลี่ยน้อยกว่า 20 % โดยมีระยะเวลาคืนทุนของ เครื่องจักรที่ 1.6 month และมีจุดคุ้มทุนที่ 79.6 h year⁻¹ ซึ่งผล การทดสอบมีทิศทางสอดคล้องกับ (นนทวัฒน์, และคณะ 2562) ที่สร้างและหาประสิทธิภาพของการปอกเปลือกมะพร้าวทั้ง แบบใช้ใบมีดหมุน โดยมีค่าความสามารถในการทำงานของเครื่อง ปอกเปลือกมะพร้าว 249.6 nut h⁻¹ ผลการประเมินประสิทธิภาพ การทำงานโดยรวมของเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัติ ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลมีค่า 96.75 % ซึ่งมีความสามารถค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ทางผู้วิจัยจึงเห็นว่าหากมีการนำเครื่อง ปอกเปลือกมะพร้าวกึ่งอัตโนมัตินี้ไปใช้ในการทำงาน หรือมีการ ประยุกต์การทำงานให้เป็นระบบอัตโนมัติ จะสามารถลด ค่าใช้จ่าย และเวลาในการดำเนินงานเพิ่มรายได้ รวมถึงเพิ่ม ศักยภาพในการผลิตให้กับผู้ประกอบการ สำหรับการแข่งขันทาง ธุรกิจได้

5 กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ ได้รับงบประมาณสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลตะวันออก ที่ให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวก ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ทางผู้วิจัยจึง ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

6 เอกสารอ้างอิง

จตุรงค์ ลังกาพันธุ์. 2563. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมในการใช้เครื่องจักรกลเกษตรเบื้องต้น. ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. น. 2-5.
ชัยยะ จันทรา, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์. 2562. การทดสอบหาสภาวะ ที่เหมาะสมของการปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนด้วยเครื่องปอก แบบใบมีดชัก. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 25(2), 28-35.
นนทวัฒน์ ลาภกุล, วิทยา ดาถ่า, ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์. 2562. การ สร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวแห้ง.

การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรม “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์ นวัตกรรมเพื่อชุมชน” ครั้งที่ 1 ประจำปี 2562, 169-172. เลย: คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. 20 เมษายน 2562, เลย.

มิติน. 2557. หญิงชุมพรทำได้ไม่น้อยหน้าผู้ชาย รวมตัวรับจ้าง ปอกมะพร้าว. แหล่งข้อมูล: <https://mgronline.com>. เข้าถึงเมื่อ 14 กันยายน 2564.

มาตรฐานสินค้าเกษตร. 2555. มะพร้าว. สำนักงานมาตรฐาน สินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์. 8.

มงคล กวางวโรภาส. 2535. การพัฒนาและปรับปรุงเครื่องปอก มะพร้าวไฮดรอลิกส์. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์) 26(4), 400-408.

อนุศักดิ์ ฉันทไพศาล. 2557. การบำรุงรักษา. กรุงเทพมหานคร: ซี เอ็ดดูเคชั่น. น. 42-44.สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. ราคามะพร้าวแกงพุ่ง 26

บาท/ผล เหตุฝนทิ้งช่วง ทำผลผลิตลด 40% คาด ปีหน้าราคายังสวย ระบุหากปลายปีได้รับน้ำฝนเพียงพอผลผลิตจะเพิ่มขึ้นได้อีก. ข่าวที่ 141/2563. ส่วนประชาสัมพันธ์. สำนักวิจัยเศรษฐกิจ การเกษตร. แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th>. เข้าถึงเมื่อ 25 ธันวาคม 2563.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2563. สถานการณ์การผลิตมะพร้าว. กรม วิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล: <https://www.doa.go.th.pdf>. เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2563.

Anaconda3 5.2.0. 2020. Python 3.6 Version. Available at: <https://www.Anaconda.com/download/> Accessed on 17 January 2020.

Terdwongworakul, A., Chaiyapong, S., Jarimopas, B., Meeklangsaen, W 2009. Physical properties of fresh young Thai coconut for maturity sorting. Biosystems Engineering 103 (2), 208-216.

Nijaguna, B.T. 1988. Coconut dehusker. Journal of Food Engineering. 8 (4), 287-301.

Thomas, D., Ajmal, K., Devassia, D. 2017. Design and fabrication of low cost coconut dehusking machine. International Journal of Engineering Research and General Science., 5 (3), 292-297.

Jacob, J., Rajesh, K. S. 2012. Design and fabrication of coconut dehusking machine. In 2012 International Conference on Green Technologies (ICGT) 155-159.

Piyatissa, S.D.S., Kahandage, P.D. 2016. Introducing an appropriate mechanical way for coconut Dehusking. Procedia Food Science 6, 228-229.

Nwankwojike B.N, Onuba O, Ogbonna U. 2012. Development of a Coconut Dehusking Machine for Rural Small Scale

- Farm Holders. International Journal of Innovative Technology & Creative Engineering. 3 (2), 1-7.
- Victor Emojevwe. 2013. Cocos nucifera (coconut) Fruit: A Review of Its Medical Properties. Advances in Agriculture, Sciences and Engineering Research: 3 (3), 718-723.
- Prashant, Y., Gopinath, C., Ravichandran, 2014. Design and development of coconut fiber extraction machine. SASTech-Technical Journal of RUAS, 13(1), 64-72.