



การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติ

Development of Seme-Automatic Rambutan Peeling and Seed Removing Machine

อนุสร ติตตารัมย์¹, กระวี ตรีอำรรค^{1*}, เทวรัตน์ ตรีอำรรค²Anusara Tidtaram^{1*}, Krawee Treeamnuk^{1*}, Tawarat Treeamnuk²¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 30000¹School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakornratchasima 30000²สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 30000² School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakornratchasima 30000*Corresponding author: Tel: +664-4224-766, E-mail: krawee@sut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยทำการศึกษสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลบางประการของผลเงาะพันธุ์โรงเรียนเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ ระบบการทำงานเครื่องต้นแบบมีอุปกรณ์ประกอบด้วยหัวคว้านเมล็ดในแนวตั้งและชุดมีดกรีดเปลือกในแนวนอน ใช้ลมอัดเป็นระบบต้นกำลัง และใช้กระบอบสูบนิวแมติกส์ในการขับเคลื่อนต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ ใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบ จากการทดสอบพบว่าความเร็วที่เหมาะสมของกระบอบสูบนิวแมติกส์ในกลไกป้อนผลเงาะ ปอกเปลือก คว้านเมล็ดและนำผลเงาะออกมีค่าเป็น 4.00 1.67 5.00 และ 5.00 m s⁻¹ ตามลำดับ ผลการทดสอบการปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะแบบต่อเนื่องสำหรับเงาะขนาด 1 ขนาด 2 ขนาดละ 100 kg และแบบคละขนาดจำนวน 200 kg พบว่าเนื้อเงาะที่ได้มีคุณภาพการปอกเปลือกและคว้านเมล็ดในระดับดีและดีมาก เมื่อคำนวณเป็นประสิทธิภาพการทำงานได้เท่ากับ 65.39% อัตราการทำงานและการใช้พลังงานจำเพาะสูงสุดคือ 17.51 kg h⁻¹ และ 26.46 kg kWh⁻¹ ตามลำดับ การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์พบว่า การรับจ้างปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะในราคา 17.72 Baht kg⁻¹ มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 3.47 ton year⁻¹ และระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 75 เดือน

คำสำคัญ: เงาะ, เครื่องปอกเปลือกและคว้านเมล็ด, กึ่งอัตโนมัติ

Abstract

This research objective was to develop, test and evaluate the prototype of semi-automatic Rambutan peeling and seed removing machine. Mechanical and physical properties of Rambutan fruit were studied and the important resulted were used to design the prototype machine. The prototype consists of seed puncher in vertical and peeling mechanism in horizontal. The compressed air was used as a power of system and mechanisms of prototype is driven by pneumatic cylinder. The PLC was selected to control the machine in this design. Test results show the proper speed of feed mechanism, peeling mechanism, seed puncher and fruit removing mechanism are 4.00, 1.67, 5.00 and 5.00 m s⁻¹, respectively. Continuous testing of Rambutan seed removing and peeling for size 1, 2 and mixed of size 1 and 2 of Rambutan fruit found the efficiency of prototype, capacity and energy consumption are 65.39%, 17.51 kg h⁻¹ and 26.46 kg kW h⁻¹ respectively. The break even point of this prototype is 3,474.19 kg year⁻¹ when operate at 6.25 years of working time at 17.72 Baht kg⁻¹ of service charge.

Keywords: Rambutan Fruit, Fruit Peeling and Seed Removing Machine, Semi-Automatic

1 บทนำ

เงาะเป็นผลไม้ที่มีทั้งคุณค่าทางโภชนาการ รสชาติ กลิ่นและเนื้อสัมผัสที่ดี เงาะจึงถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้

หลากหลายเช่น เนื้อเงาะเชื่อม เนื้อเงาะบรรจุกระป๋อง ฯลฯ ขั้นตอนในการเตรียมผลเงาะเป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งคือการปอกเปลือกและการคว้านเมล็ดเพื่อให้เหลือเฉพาะเนื้อเงาะ ซึ่งวิธีในการปฏิบัติในปัจจุบันยังใช้

Received: January 7, 2019

Revised: May 13, 2019

Accepted: June 8, 2019

Available online: November 7, 2019

แรงงานคนที่มีความชำนาญใช้มีดในการปอกเปลือกและคว้านเมล็ดอยู่ ทำให้ใช้เวลาในการปฏิบัติมาก เกิดความสูญเสียสูง และเสี่ยงต่อการเกิดบาดเจ็บจากอุปกรณ์ที่ใช้ที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนในอาหารได้ เครื่องจักรที่สามารถปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การพัฒนาเครื่องจักรกลเพื่อช่วยในการแปรรูปวัตถุดิบทางการเกษตรขั้นต้น ได้มีนักวิจัยหลายคนรายงานผลไว้ดังนี้ Siwalak et al. (2013) ได้นำเสนอวิธีการปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนเป็นรูปทรง 5 เหลี่ยม โดยใช้กลไกใบมีดชักไป-กลับ เพื่อให้เกิดแรงเฉือนในการตัดเส้นใยที่เปลือกผลมะพร้าวอ่อน โดยทำการปอกเปลือกด้านข้างก่อนและปอกเปลือกส่วนหัวเป็นขั้นตอนสุดท้าย พบว่าเวลาที่ใช้ในการปอกเปลือกเฉลี่ย $20.45 \text{ Fruit hr}^{-1}$ Songtham and Kittirat (2011) ได้ศึกษารูปแบบของใบมีดที่เหมาะสมสำหรับใช้คว้านเมล็ดเงาะพบว่าใบมีดทรงกระบอกปากเฉียงสองด้าน (ปากฉลาม) ใช้แรงในการคว้านเมล็ดเงาะน้อยที่สุดและเนื้อเงาะหลังการคว้านมีความสมบูรณ์มากกว่าใบมีดทรงกระบอกปากตรงและปากเฉียงหนึ่งด้าน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาศักยภาพทางกายภาพบางประการของผลเงาะที่ประกอบไปด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดเงาะ ผลเงาะก่อนและหลังปอกเปลือก น้ำหนัก ความชื้น และแรงเสียดทานระหว่างผลเงาะกับวัสดุ 3 ประเภทคือแผ่นอะคริลิก สแตนเลส และซูเปอร์สทิน (Supasit et al., 2015) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้พัฒนากลไกแบบ 5 ชั้นต่อโยง เพื่อปอกเปลือกเงาะ กลไกการปอกเปลือกนี้จะทำงานเมื่อได้รับแรงกดที่แขนทั้งสองข้างของชุดใบมีดที่มีลักษณะเป็นฟันเลื่อยทำหน้าที่จักเปลือกเงาะ พบว่า แรงสูงสุดที่ใช้ในการปอกเปลือกเงาะเมื่อผลเงาะวางตัวอยู่ในแนวตั้ง เท่ากับ 148.75 N (Jetsada and Nisakorn, 2015) ต่อมา Teerawat et al. (2016) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกและคว้านเมล็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้ลมอัดเป็นต้นกำลังและใช้กระบอกลูกสูบนิวแมติกส์เป็นอุปกรณ์ทำงาน พบว่าต้นแบบสามารถปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะได้ดี สร้างความเสียหายต่อผลเงาะสูงสุด 7.43% มีอัตราการทำงานสูงถึง $1,764 \text{ Fruit hr}^{-1}$ เนื่องจากต้นแบบดังกล่าวใช้สวิทช์จำกัดระยะ (Limit Switch) ในการตรวจสอบตำแหน่งของกระบอกลูกสูบซึ่งมีการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างสวิทช์จำกัดระยะและกระบอกลูกสูบนิวแมติกส์ อาจเกิดความเสียหายได้ง่าย อีกทั้งในขณะที่ทำการป้อนผลเงาะนั้น มือของผู้ปฏิบัติได้เคลื่อนที่ผ่านเส้นทางการเคลื่อนที่ของใบมีดสำหรับปอกเปลือกและคว้าน อาจเกิดบาดเจ็บในระหว่างปฏิบัติงานได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้นำเอาระบบนิวแมติกส์ไปใช้ในเครื่องคว้านแบบอเนกประสงค์สำหรับผลพลัม โดยทำการออกแบบใบมีดแบบ 0, 2 และ 4 ใบ ทดสอบกับลูกพลัมทั้งแบบสดและแช่แข็ง (Ali et al., 2017)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติทำงานด้วยระบบนิวแมติกส์ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การออกแบบเครื่องต้นแบบ

2.1.1 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของเงาะ

ศึกษาสมบัติต่าง ๆ กับเงาะพันธุ์โรงเรียนที่แบ่งขนาดเป็น 4 ขนาด (Thai Agricultural Commodity and Food Standard, TAS 12-2006, 2006) ดัง Table 1 โดยใช้ขนาดละ 50 ผล จากนั้นทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเงาะก่อนและหลังปอกเปลือก และเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วยความสูง (H) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่ามาก ($D_{\max}$) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่าน้อย ($D_{\min}$) ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Figure 1) และศึกษาสมบัติทางกลของแรงกดที่ใช้ในการแยกเนื้อเงาะออกจากเมล็ดเงาะด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ด้วยการกดแบบเกือบสถิตย์ (Songtham and Kittirat, 2011) โดยใช้ผลเงาะทั้ง 4 ขนาด ขนาดละ 10 ผล (Figure 2)

Table 1 Provisions of Rambutan size code presented as single fruit.

Size Code	Number of fruits per kg
1	< 26
2	26-29
3	30-33
4	34-38

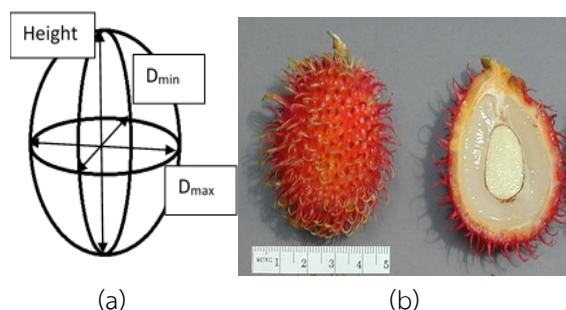


Figure 1 (a) Dimensions of Rambutan fruit and (b) position of seed, pulp and peel of fruit.

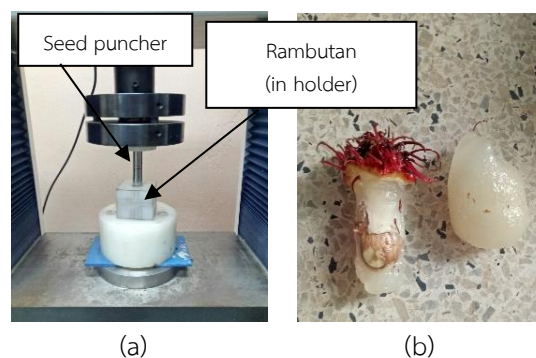


Figure 2 (a) Quasi-static compression test by UTM and (b) Rambutan seed.

2.1.2 เครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบได้ถูกสร้างด้วยวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ (Figure 5) ประกอบด้วยหัวคว้านเมล็ดเงาะ (1) ใบมีดกรีดเปลือก (2) ชุดป้อนผลเงาะ (3) และชุดนำผลเงาะออก (4) และการทำงานถูกควบคุมโดย PLC (Programmable Logic Controller) โดยมีลำดับการทำงานดัง Figure 3 กลไกต่าง ๆ ขับเคลื่อนโดยกระบอกสูบนิวแมติกส์และใช้ลมอัดเป็นต้นกำลัง การทำงานเริ่มจากป้อนผลเงาะในแนวตั้งให้กับแท่นวาง (Figure 4a) เมื่อสวิตช์ตรวจจับการป้อนผลเงาะได้รับสัญญาณจะทำการหน่วงเวลา 3 sec เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานนำมือออกจากแท่นวาง จากนั้นแท่นวางผลเงาะจะเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งปอกเปลือกและคว้านเมล็ด (Figure 4b) เพื่อทำการกรีดเปลือกในลำดับแรก (Figure 4c) ถัดมาคือคว้านเมล็ดเงาะ (Figure 4d) และหัวคว้านจะเคลื่อนที่กลับทันที (Figure 4e)

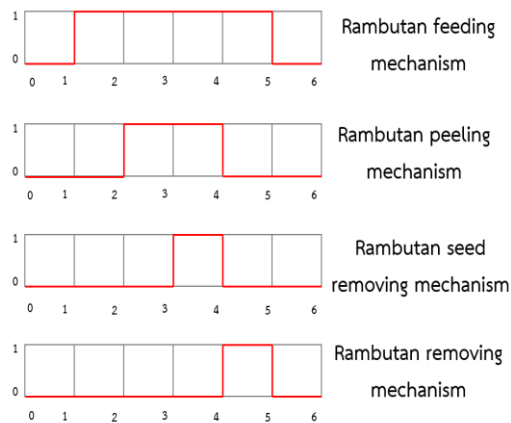


Figure 3 Sequence operation of semi-automatic machine.

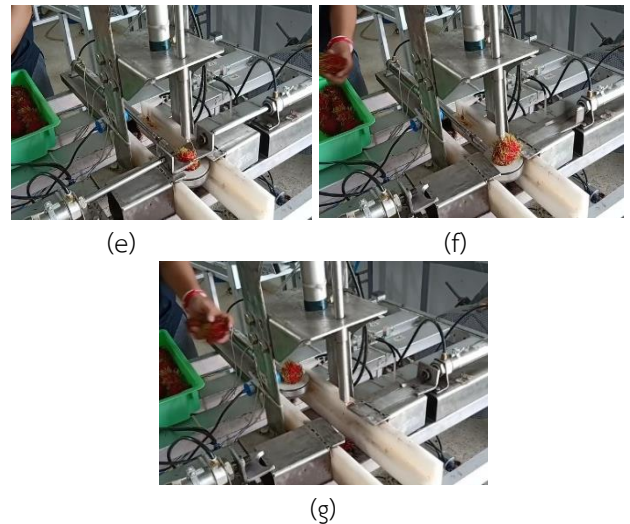
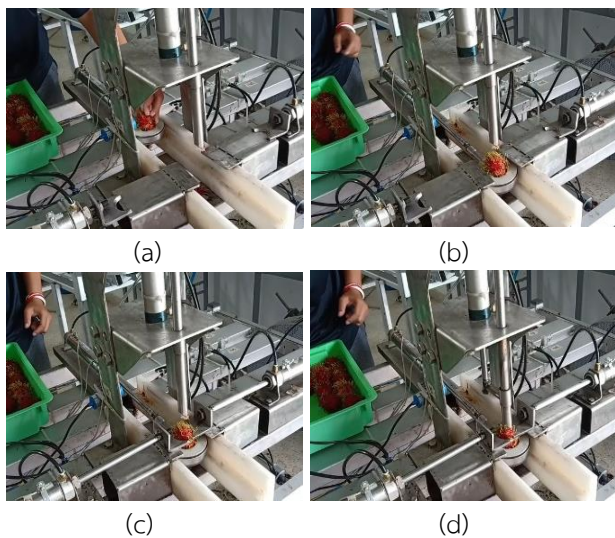
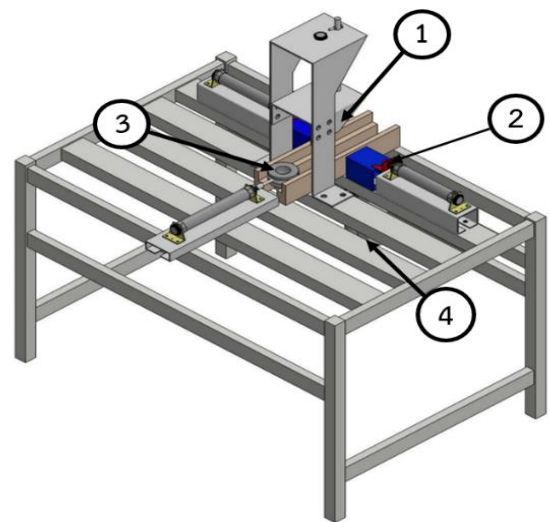
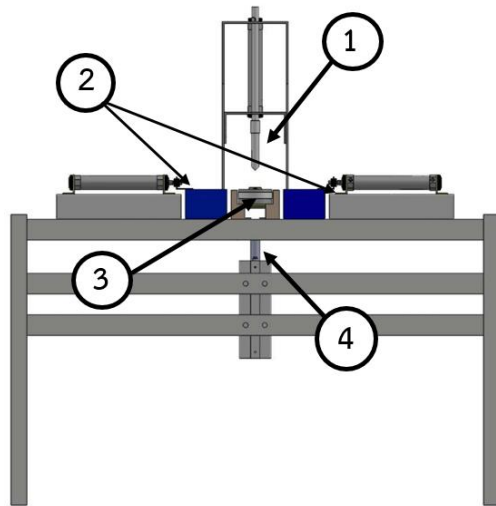


Figure 4 Operation of the prototype.

จากนั้นมิดกรีดเปลือกจะเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิมและกลไกการนำเงาะออกจะทำการดันเงาะออกจากแท่นวางแล้วเคลื่อนที่กลับทันที (Figure 4f) และแท่นวางผลเงาะจะเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิม (Figure 4g) เพื่อรอรับผลเงาะผลต่อไป ต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นแสดงดัง Figure 6 กระบอกสูบนิวแมติกส์ทั้ง 4 ตัว ได้ติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow control valve) เพื่อให้สามารถปรับความเร็วการเคลื่อนที่ของก้านสูบได้ ความดันของลมอัดที่ใช้ในเครื่องต้นแบบ คำนวณได้จากแรงตามผลการทดสอบหัวข้อที่ 2.1.1



(a) Isometric View



(b) Front view

Figure 5 The components of machine prototype 1) Seed puncher 2) Knives 3) Fruit holder and 4) Fruit remover.

2.2 การทดสอบเครื่องต้นแบบ

การทดสอบเพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องต้นแบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.2.1 การทดสอบเบื้องต้น

1. ทดสอบเพื่อหาความเร็วการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมของกระบอกสูบน้ำแมตติกส์สำหรับป้อนผลเงาะโดยแปรค่าความเร็วการเคลื่อนที่จำนวน 4 ค่าคือ 4.00 2.00 1.33 และ 1.00 m s⁻¹



Figure 6 The prototype machine.

2. ทดสอบเพื่อหาความเร็วการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมของกระบอกสูบน้ำแมตติกส์สำหรับชุดมีดกรีดเปลือกเงาะโดยแปรค่าความเร็วการเคลื่อนที่จำนวน 4 ค่า คือ 5.00 2.50 1.67 และ 1.25 m s⁻¹

3. ทดสอบเพื่อหาความเร็วการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมของกระบอกสูบน้ำแมตติกส์สำหรับมีดคว้านเมล็ดเงาะโดยแปรค่าความเร็วการเคลื่อนที่จำนวน 4 ค่าคือ 5.00 2.50 1.67 และ 1.25 m s⁻¹

4. ทดสอบเพื่อหาความเร็วการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมของกระบอกสูบน้ำแมตติกส์สำหรับนำผลเงาะออกโดยแปรค่าความเร็วการเคลื่อนที่จำนวน 4 ค่าคือ 5.00 2.50 1.67 และ 1.25 m s⁻¹

การทดสอบหาความเร็วที่เหมาะสมนี้ ทดสอบกับเงาะพันธุ์โรงเรียนขนาด 1 และ 2 ขนาดละ 30 ผลและทดสอบแบบ 3 ซ้ำ จากนั้นประเมินผลหลังการทดสอบตามเกณฑ์และน้ำหนักคะแนนระดับคุณภาพ (Score) ดัง Table 2 ด้วยการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพตามสมการ 1

$$\text{Efficiency} = \frac{\sum (\text{Score} \times \text{Number of fruits})}{4 \times (30 \text{ Fruits})} \times 100 \quad (1)$$

2.2.2 การทดสอบต่อเนื่อง ทดสอบกับเงาะพันธุ์โรงเรียนขนาด 1 และ 2 ขนาดละ 100 kg และทดสอบแบบคละขนาด 1 และ 2 จำนวน 200 kg โดยใช้ความเร็วของกลไกที่เหมาะสมจากผลของการทดสอบเบื้องต้น ตามหัวข้อ 2.2.1 โดยจับเวลาการทำงาน และวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย kWh meter ยี่ห้อ Holley แบบ 1 เฟส 2 สายแบบต่อตรง 220V 15 (45) A 50Hz และประเมินสมรรถนะของการปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะด้วยการพิจารณาเนื้อเงาะที่ได้จาก (Table 2) และวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์เนื้อเงาะที่ได้เทียบกับน้ำหนักผลเงาะทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เนื้อเงาะที่ได้เทียบกับผลผลิตของเครื่อง ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ความสามารถในการทำงานและการใช้พลังงานจำเพาะ ดังสมการ (2) (3) (4) (5) และ (6)

$$\text{Efficiency of fruit} = \frac{\sum \text{weight of pulp}}{\sum \text{weight of fruit}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Efficiency of pulp} = \frac{\text{weight of pulp score } i}{\sum_{i=1}^n \text{weight of pulp score } i} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Prototype efficiency} = \frac{\sum \text{weight of pulp score 3 to 4}}{\sum_{i=1}^n \text{weight of pulp score } i} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่ i แทน ระดับคุณภาพการปอกและการคว้าน

และ i = 1 2 3 และ n = 4

$$\text{Capacity} = \frac{\text{weight of fruit (kg)}}{\text{Time (hr)}} \quad (5)$$

$$\text{Energy consumption} = \frac{\text{weight of fruit (kg)}}{\text{Electric energy (kWh)}} \quad (6)$$

Table 2 Quality and Characteristic of Rambutan fruit.

Process	Score = 1	Score = 2	Score = 3	Score = 4
Feed mechanism	 Fruit dropped out from holder	 Lifting from holder	 Slightly oblique	 Good orientation
Peeling mechanism	 Cannot peel	 Slightly peel	 peeled	 Completed peel
Seed punching mechanism	 Cannot remove	 Incomplete remove	 Removed	 Completed remove
Fruit removing mechanism	Cannot remove from machine	Removed but stucked in	Removed but incomplete	Complete removed from machine

3 ผลและวิจารณ์

3.1 เครื่องต้นแบบ

สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลที่ได้จากการศึกษา (Table 3) ถูกนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ (Figure 6) พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถ้วยบนแท่นวางผลเงาะ ขนาดความโค้งของใบมีดกรีดเปลือกเงาะและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอุปกรณ์คว้านเมล็ดเงาะถูกเลือกให้เป็น 44 32 และ 18 mm ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับค่า d_{max} ของผลเงาะ เนื้อเงาะเมื่อปอกเปลือกแล้วและเมล็ด ตามลำดับ และแรงกดสูงสุดที่ใช้ในการกรีดเปลือกและคว้านเมล็ดมีค่า 244.20 N ซึ่งคำนวณเป็นความดันลมอัดสำหรับป้อนให้เครื่องต้นแบบได้เท่ากับ 0.6 MPa

Table 3 Physical and mechanical properties of rambutan.

Size	d_{max} seed (mm)	d_{max} fruit (mm)	d_{max} pulp (mm)	H fruit (mm)	Max. Load (N)
1	15.44±1.59	43.99±2.91	31.77±2.69	55.02±4.71	217.7
2	13.9±1.19	39.69±1.49	29.48±1.63	47.98±1.67	244.2
3	13.59±1.45	38.49±1.53	28.32±2.02	46.35±2.27	227.3
4	15.67±1.36	35.36±1.61	26.59±1.70	43.43±2.23	215.5

3.2 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ

3.2.1 ผลการทดสอบเบื้องต้น

1. ความเร็วของกลไกป้อนผลเงาะ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ป้อนผลเงาะขนาด 1 และ 2 คือ 1.00 m s^{-1} ดัง Figure 7 โดยประเมินจากสมการที่ 1 และพบว่าเงาะขนาด 1 และ 2 มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือเมื่อความเร็วเพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการทรงตัวของผลเงาะจะลดลง ความเร็วทุกค่าสามารถป้อนผลเงาะได้ทั้งหมด โดยที่ไม่ทำให้ผลเงาะหลุดออกจากถ้วยของแท่นวาง

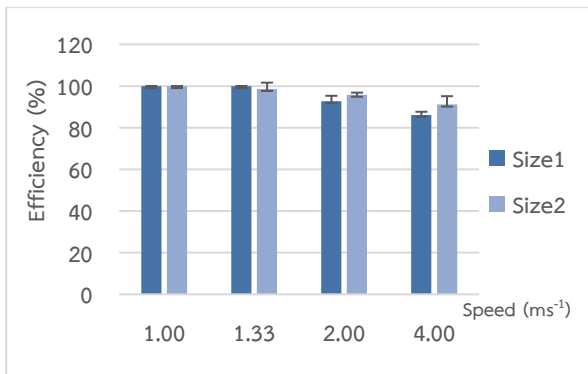


Figure 7 Efficiency percentage of feeding mechanisms.

2. ความเร็วของกลไกปอกเปลือกเงาะ ที่เหมาะสมของกลไกปอกเปลือกเงาะทั้ง 2 ขนาด คือ 1.67 m s^{-1} โดยประเมินจากสมการที่ 1 ดัง Figure 8 จะเห็นได้ว่าความเร็วทั้ง 4 ระดับสามารถปอกเปลือกได้ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการปอกเปลือกที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน และที่ความเร็ว 5.00 m s^{-1} ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับที่ความเร็ว 1.67 m s^{-1} แต่ที่ความเร็วสูงขึ้นพบว่าคมมีดกรีดเปลือกมีแนวโน้มที่จะสร้างรอยกรีดเป็นแผลบนเนื้อเงาะที่ลึกและสังเกตเห็นได้ชัดกว่าไปด้วย

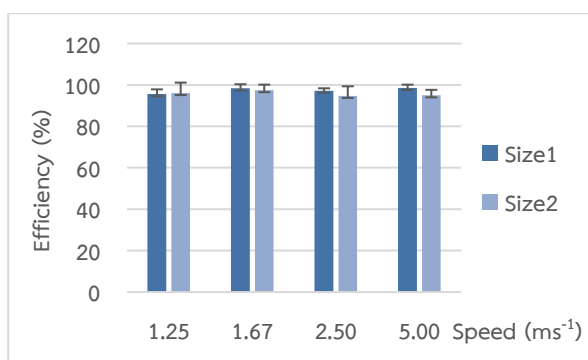


Figure 8 Efficiency percentage of peeling mechanisms.

3. ความเร็วของกลไกคว้านเมล็ดเงาะ ที่เหมาะสมเมื่อประเมินจากสมการที่ 1 สำหรับเงาะขนาด 1 และ 2 คือ 5 m s^{-1} จาก Figure 9 พบว่าเงาะขนาด 1 และ 2 มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ความสามารถในการคว้านเมล็ดก็จะสูงขึ้นด้วย เนื่องจากที่ความเร็วต่ำหัวคว้านจะใช้เวลามากกว่าในการกดเพื่อคว้านเมล็ด อาจทำให้ตำแหน่งของเมล็ดเงาะขยับ

ออกจากแนวการคว้านของมีดคว้านได้เพราะทั้งเนื้อและเมล็ดเงาะเกาะยึดกับเปลือกแค่เพียงตำแหน่งหัวผลตำแหน่งเดียวเท่านั้น เมื่อมีดคว้านตัดเนื้อตำแหน่งหัวผลออกแล้ว เมล็ดและเนื้อจึงมีโอกาสขยับตัวออกจากแนวการคว้านดังกล่าวได้ ซึ่งตรงข้ามกับการใช้ความเร็วสูงที่ช่วยลดเวลาดังกล่าวให้น้อยลง

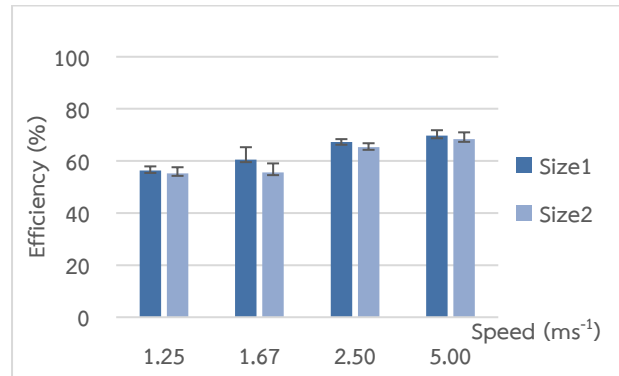


Figure 9 Efficiency percentage of seed removing mechanism.

4. ความเร็วของกลไกนำผลเงาะออก ได้ความเร็วที่เหมาะสมโดยประเมินจากสมการที่ 1 สำหรับเงาะขนาด 1 และ 2 คือ 5 m s^{-1} ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบ (Figure 10) แต่เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพพบว่ามีค่าต่ำมาก ในภาพรวมแล้วกลไกนี้ยังไม่สามารถนำผลเงาะที่ปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะเรียบร้อยแล้วออกจากเครื่องจักรไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงกลไกในโอกาสต่อไป

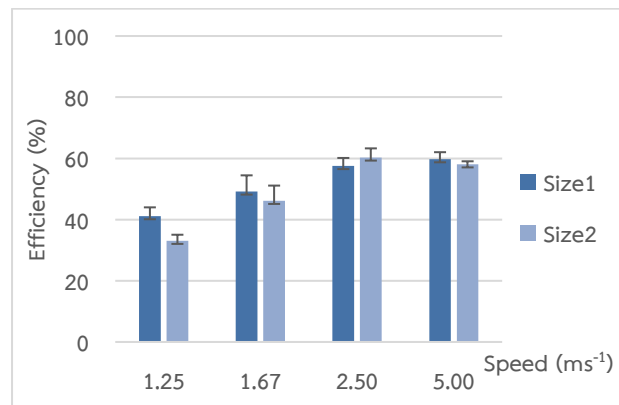


Figure 10 Efficiency percentage of fruit removing mechanism.

3.2.2 ผลการทดสอบต่อเนื่อง

เนื้อเงาะจากผลเงาะขนาด 1 และ 2 ที่ได้จากการปอกและคว้านเมล็ดด้วยเครื่องต้นแบบ เมื่อพิจารณาน้ำหนักของเนื้อเงาะที่ถูกแบ่งคุณภาพออกเป็น 4 ระดับ (Score) ตามสมการที่ 2 (Figure 11) พบว่าได้เนื้อเงาะที่สมบูรณ์ (Score = 4) สำหรับเงาะขนาด 1 และ 2 คือ 1.9% และ 1.48% ตามลำดับ และยังพบว่าเนื้อเงาะที่มีระดับคุณภาพ (Score) = 3 สามารถตัดแต่งเพียงเล็กน้อยด้วยแรงงานคน เพื่อให้ได้เป็นเนื้อเงาะที่สมบูรณ์ได้

เช่นกัน เพราะกลไกไม่ได้สร้างความเสียหายต่อเนื้อเงาะ ซึ่งระดับคุณภาพ = 3 นี้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพได้ 14.28% และ 9.88% สำหรับเงาะขนาด 1 และ 2 อย่างไรก็ตามในขณะทดสอบพบว่า น้ำหนักของเนื้อเงาะลดลงไปเนื่องจาก

มีการระเหยของน้ำจากเนื้อในระหว่างการทดสอบด้วย เมื่อพิจารณาน้ำหนักเนื้อเงาะแต่ละระดับคุณภาพที่ได้เปรียบเทียบกับน้ำหนักเนื้อเงาะทั้ง 4 ระดับ ดังสมการที่ 3 จะได้เปอร์เซ็นต์ของเนื้อ ดัง Figure 12 ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ที่ได้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเฉพาะน้ำหนักเนื้อเงาะ โดยเงาะขนาด 1 2 และคละขนาด (1&2) จะได้เนื้อเงาะที่สมบูรณ์ (Score = 4) คิดเป็น 6.26 7.24 และ 11.45% ตามลำดับ ส่วนเนื้อเงาะเกรด 3 ที่สามารถนำไปตัดแต่งได้คิดเป็น 46.18 และ 31.62% ตามลำดับ

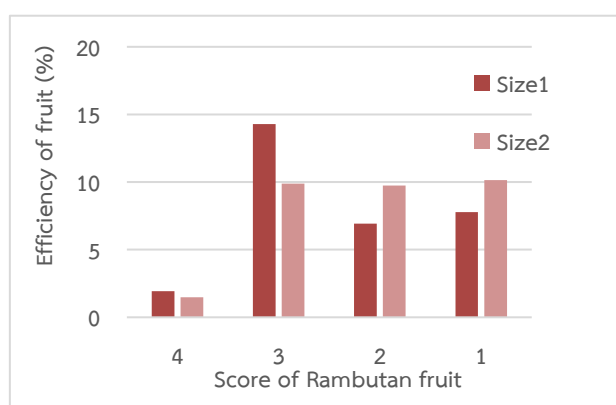


Figure 11 Efficiency of fruit.

เมื่อพิจารณาความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ ดังสมการที่ 5 พบว่าการทดสอบกับเงาะขนาด 1 มีค่าเป็น 17.51 kg h⁻¹ ซึ่งสูงกว่าเงาะขนาด 2 และแบบคละขนาด เนื่องจากผลเงาะขนาด 2 มีน้ำหนักน้อยกว่าเงาะขนาด 1 ทำให้มีจำนวนผลเงาะมากกว่าในขณะที่รอบการทำงานของเครื่องจักรใช้เวลาพอๆกัน ผลของจำนวนเงาะนี้ยังทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานตามสมการที่ 6 ของเงาะขนาด 1 มีค่ามากกว่าเงาะขนาด 2 และเงาะคละขนาดไปด้วย สำหรับประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบเมื่อคำนวณตามสมการที่ 4 เมื่อนับรวมระดับคุณภาพ 3 และ 4 พบว่ามีค่าเท่ากับ 65.39% ดัง Table 4

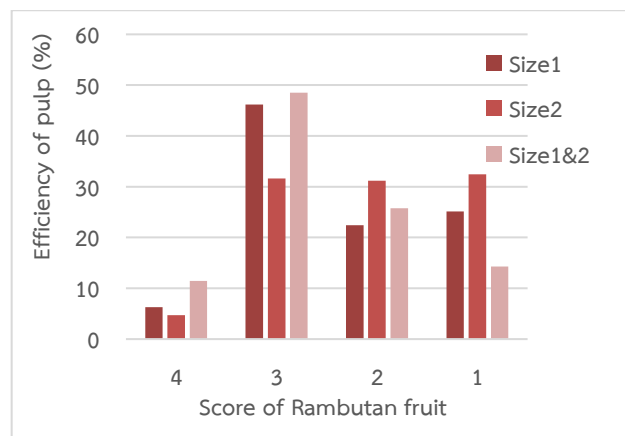


Figure 12 Efficiency of pulp.

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Paiboon Y., 2003) การสร้างเครื่องปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะมีต้นทุนคงที่ 86,200 Baht และค่าจ้างเมื่อรับจ้างปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะที่ราคา 17.72 Baht kg⁻¹ พบว่า มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 3,474.19 kg year⁻¹ ระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 6.25 ปี

Table 4 Performance of prototype.

Size	Efficiency (%)	Capacity (kg h ⁻¹)	Power consumption (kg kW h ⁻¹)
1	52.44	17.51	26.46
2	36.36	15.17	24.04
1,2	65.39	15.29	22.68

4 สรุป

เครื่องต้นแบบสำหรับปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้นใช้กระบอกลูกสูบนิวแมติกส์เป็นอุปกรณ์ทำงานและใช้ลมอัดเป็นแหล่งให้กำลัง ควบคุมการทำงานด้วย PLC โดยใช้ความดันลมที่ 0.6 MPa ในการทำงาน ผลการทดสอบพบว่ากลไกปอกผลเงาะ กลไกปอกเปลือก กลไกคว้านเมล็ดเงาะ และกลไกนำผลเงาะออก มีความเร็วการทำงานที่เหมาะสม คือ 4.00 1.67 5.00 และ 5.00 m s⁻¹ ตามลำดับ การทดสอบแบบต่อเนื่องโดยใช้ความเร็วของกลไกต่าง ๆ ที่เหมาะสมพบว่า เนื้อเงาะที่สมบูรณ์และเนื้อเงาะที่สามารถนำไปตัดแต่งเพื่อให้เนื้อเงาะสมบูรณ์ได้ คือเนื้อเงาะระดับคุณภาพ 4 และ 3 เมื่อพิจารณาน้ำหนักของเนื้อเงาะเทียบกับน้ำหนักของผลเงาะเปอร์เซ็นต์สูงสุดที่ได้คือ 14.28% และเมื่อพิจารณาน้ำหนักเนื้อเงาะแต่ละระดับคุณภาพเทียบกับน้ำหนักเนื้อเงาะที่ได้ทั้งหมด พบว่าเปอร์เซ็นต์ที่ได้สูงสุดของเนื้อเงาะระดับคุณภาพ 4 และ 3 คือ 11.45 และ 48.49% ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพรวมของเครื่องต้นแบบได้ 65.39% อัตราการทำงานและการใช้พลังงานสูงสุดคิดเป็น 17.51 kg h⁻¹ และ 26.46 kg kW h⁻¹ ตามลำดับ

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนวิจัยและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา รัชต์ถาวรวงศ์, นิศากร พิชัยทอง. 2558. การพัฒนากลไก ปอกเปลือกเงาะแบบกลไก 5 ลิ้งค์. ปรินญาพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. นครปฐม: ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทรงธรรม ไชยพงษ์, กิตติรัตน์ รุ่งรัตนอุบล. 2554. รูปแบบของใบมีดที่เหมาะสมในการออกแบบเครื่องควั่นเมล็ดเงาะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. จันทบุรี: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- ไพบูลย์ แยมเฟื่อน. 2546. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- Mohummod A., Park S.J., Akhter T., Kim G.S., Yang K., Hoon S., Kim H.J. 2017. Development of a Plum (Japanese Apricot) Seed Remover for Multipurpose Plum Flesg Processing. Journal of Biosystems Engineering 42(4), 283-292.
- Siwalak P., Chatchai T., Chaiya J. 2013. Design and Development of a Young Coconut Trimming Machine Using Reciprocating Knife. Thai Society of Agricultural Engineering Journal 19(1), 38-42.
- Supasit S., Sudsaisin K., Supakit S. 2015. Some Physical Properties of Rambutan for Designing Rambutan Seed Remover. Agricultural Science Journal 46(3/1 (Suppl.)), 501-504.
- Teerawat, C., Paitoon S., Thanwa S., Chantapat B., Krawee T., Tawarat T. 2016. Semi-automatic Rambutan Peeling and Seed Removing Machine. Agricultural Science Journal 47(3/1 (Suppl.)), 405-408.
- Thai Agricultural Commodity and Food Standard, TAS 12-2006. 2006. Rambutan. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. Ministry of Agriculture and Cooperatives. Available at: http://www.acfs.go.th/standard/product_standards.php?pageid=4#. Accessed on 16 December 2018.