

## การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกสละ Design and Fabrication of the Salacca Peeling Machine

วิรัช แสงสุริยฤทธิ์<sup>1</sup>, ชาญณรงค์ วันทา<sup>1</sup>, อินทิรา เนียมทอง<sup>1</sup>, นนทวัฒน์ ฤดีจำเริญ<sup>1</sup> และ รัชณี จิตรสุนทร<sup>1</sup>  
Wirat Sangsuriyarid<sup>1</sup>, Channarong Wantha<sup>1</sup>, Intira Neamthong<sup>1</sup>, Nonthawat Ruedeechamrone<sup>1</sup> and Ratchanee Jitsoonthorn<sup>1</sup>

### Abstract

A prototype of Salacca fruit peeling machine was designed and fabricated to aid the manual peeling. Salacca size No. 3 weighed 15-25 g per fruit was selected for the design. The machine consisted of three components; a) support frame made of square angle bar having dimensions of 0.4x1.0x0.7 m (W x L x H), b) power and speed control unit consisted of a 1HP electric motor and an inverter and c) peeling unit having two parts, the peel slitting unit which make a slit on the peel along the length of the fruit, and the tips cutting unit cut both tips of the fruit. In operation, Salacca fruit was manually fed into the peeler conveyor one by one. The fruit will fall into guiding slot for peel slitting, then into a rotating circular plate for tips cutting and peel splitting. Results showed that the peeling capacity of the machine was 1,440 fruits per hour at belt speed of 0.425 m/s and rotating plate of 62.5 rpm, having 69.44 peeling efficiency, using energy of 80 Watts per hour, or energy consumption rate of 18}000 fruits per kilowatts-hour.

**Keywords:** machine, Salacca, peeling

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกผลสละขนาดเบอร์ 3 (น้ำหนัก 15-25 กรัม) มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ก) ชุดโครงสร้าง ทำจากเหล็กฉากด้านเท่า มีขนาด 40x100x70 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง), ข) ชุดต้นกำลังและควบคุมความเร็วรอบ ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 แรงม้า และ ค) ชุดปอก มี 2 ส่วนคือ ส่วนกรีดสละตามแนวยาว และส่วนตัดหัวและปลาย การทำงานของเครื่อง ผู้ปฏิบัติงานป้อนสละเข้าสู่ชุดปอกครั้งละผล โดยสละจะถูกกรีดตามแนวยาวก่อนเข้าสู่ส่วนตัดหัวและปลาย ผลการทดสอบพบว่า ความสามารถในการปอกเปลือกสละมีค่าสูงสุด 1,440 ผลต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการปอก 69.44 % สิ้นเปลืองพลังงาน 80 วัตต์ต่อชั่วโมง และอัตราการใช้พลังงาน 18,000 ผลต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อส่วนกรีดสละตามแนวยาวของชุดลำเลียงมีความเร็วเชิงเส้น 42.5 เซนติเมตรต่อวินาที และส่วนตัดหัวและปลายมีความเร็ว 62.5 รอบต่อนาที

**คำสำคัญ:** เครื่องจักร, สละ, การปอกเปลือก

### คำนำ

สละ (*Salacca zalacca*) วงศ์ Arecaeae เป็นผลไม้ที่ผู้บริโภคนิยม มี 4 สายพันธุ์คือ พันธุ์สุมาลี พันธุ์เนื้อง พันธุ์หม้อ และ พันธุ์อินโดนีเซีย โดย 3 สายพันธุ์แรกมีลักษณะผลคล้ายกันคือ มีรูปทรงไข่กลับ (Obovate) ส่วนพันธุ์อินโดนีเซีย มีรูปทรงกลม (Round) สละแบ่งเป็น 3 ขนาดคือ มากกว่า 35 กรัมต่อผล ระหว่าง 25 ถึง 35 กรัมต่อผล และ ระหว่าง 15 ถึง 25 กรัมต่อผล สละเป็นพืชที่ให้ผลผลิตตลอดปี เก็บเกี่ยวเมื่ออายุได้ 37 สัปดาห์หลังดอกบาน (ประมาณ 9 เดือน) มีอายุการเก็บรักษาสั้นคือ 28 วันก่อนสุก 15 องศาเซลเซียส และมีอายุ 3 วันเมื่อนำสละออกสู่อุณหภูมิปกติ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) ดังนั้นนอกจากการบริโภคสดแล้ว ยังนิยมนำมาแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ได้แก่ น้ำสละเข้มข้นและสละลอยแก้ว อย่างไรก็ตาม การแปรรูปสละจำเป็นต้องผ่านกระบวนการปอกเปลือกซึ่งใช้แรงงานคนเป็นหลัก ยังไม่พบการทำงานด้วยเครื่องจักรกล นอกจากการออกแบบและทดสอบเครื่องเพื่อทำความสะอาดผลสละ โดยเสกสรร (2548) ผลการทดสอบพบว่า เครื่องมีประสิทธิภาพการกำจัดหนาม 65.50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการทำงาน 368.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และแปรรูปกำจัดหนามสละทำงานที่ความเร็ว 360 รอบต่อนาที ด้วยเหตุดังกล่าว การสร้างเครื่องปอกเปลือกสละต้นแบบ จึงจำเป็นต่อการผลิตในเชิงพาณิชย์

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 12110

<sup>1</sup> Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamankala University of Technology Thanyaburi, Pathomtani 12110

\* Corresponding author: [wirat\\_sa@rmutt.ac.th](mailto:wirat_sa@rmutt.ac.th)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของสละ

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสละสายพันธุ์สุมาตราที่มีน้ำหนักระหว่าง 15-25 กรัมต่อผล (สละผลเดี่ยวขนาดเบอร์ 3) จำนวน 30 ผล ลักษณะทางกายภาพที่ศึกษาคือ ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 และ ความหนาเปลือก สละ นำข้อมูลที่ได้มาหาเส้นผ่านศูนย์กลางผลเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 + เส้นผ่านศูนย์กลาง 2) พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกสละต่อไป

### 2. การหาขนาดของแรงที่ใช้ในการปอกเปลือกสละและขนาดมอเตอร์

ใช้เครื่องทดสอบ Texture analyzer และหัวทดสอบแบบ Knife blade แบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วน คือ ตำแหน่งหัว ตำแหน่งปลาย และ ตำแหน่งตัว ทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเค้นเฉือน และนำไปคำนวณหาขนาดของแรง และขนาดมอเตอร์ (บุญญศักดิ์, 2541) (สมการที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ)

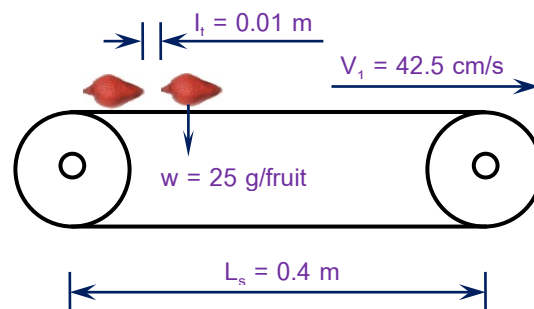


Figure 1 Determination of motor power

$$\text{แรงเฉือน (F)} = \text{ความเค้นเฉือนเฉลี่ย } (\tau_{av}) \times \text{พื้นที่การตัดเฉือน (A)} \quad (1)$$

$$\text{น้ำหนักขนถ่ายต่อชั่วโมง } (I_G) = \frac{3,600 V_1}{l_f} \times \text{จำนวนสละที่ถูกขนถ่าย } (G_m) \quad (2)$$

$$\text{แรงขับล้อยายพาน } (F_u) = f_{ges} \times L_s \times \left( G_m + \frac{I_G}{3,600 V_1} \right) \quad (3)$$

$$\text{กำลังมอเตอร์ } (P) = \frac{F_u \times V_1}{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์ } (\eta_{ges})} \quad (4)$$

### 3. การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกสละ

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพสละ และ ผลการหาขนาดของแรงที่ใช้ในการปอกเปลือกสละ และ ขนาดมอเตอร์ นำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกสละ โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาเปลือกของผลสละ ใช้เป็นข้อมูลในการปรับตั้งระยะใบมีดของชุดกรีดเปลือกสละตามแนวยาว และ ความยาวของผลสละใช้เป็นข้อมูลในการปรับตั้งระยะห่างระหว่างใบมีดในการตัดหัวและปลายสละ

### 4. การทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่อง

เตรียมสละสายพันธุ์สุมาตราที่มีน้ำหนักระหว่าง 15-25 กรัมต่อผล จำนวนทั้งหมด 72 ผล แบ่งการทดสอบที่ความเร็ว มอเตอร์ 2 ระดับคือ 250 และ 300 รอบต่อนาที (ทำให้ส่วนกรีดสละตามแนวยาวมีความเร็วเชิงเส้น 35 และ 42.5 เซนติเมตรต่อ วินาที และ ส่วนตัดหัวและปลายมีความเร็ว 52 และ 62.5 รอบต่อนาที ตามลำดับ) ป้อนสละผ่านสายพานลำเลียงอย่างต่อเนื่อง จับเวลา และ วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการปอกเปลือกสละ เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ ให้คัดแยกสละด้วยการสังเกต โดยผลสละที่ ปอกเปลือกสมบูรณ์ต้องมีรอยชำไม่มาก ไม่ฉีกขาด และเปลือกอ่อนจากผล และประเมินค่าชี้ผลการทดสอบคือ ความสามารถ

ในการปอกเปลือกสละ ประสิทธิภาพการปอกเปลือกสละ การสิ้นเปลืองพลังงาน และอัตราการใช้พลังงาน (สมการที่ 5, 6, 7 และ 8 ตามลำดับ) พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\text{ความสามารถในการปอกเปลือกสละ (P)} = \frac{\text{จำนวนสละที่ปอกได้ (ผล)}}{\text{เวลาในการปอก (ชั่วโมง)}} \quad (5)$$

$$\text{ประสิทธิภาพการปอกเปลือกสละ (E)} = \frac{\text{จำนวนสละที่ปอกเปลือกสมบูรณ์ (ผล)} \times 100}{\text{จำนวนสละทั้งหมด (ผล)}} \quad (6)$$

$$\text{การสิ้นเปลืองพลังงาน (PC)} = \text{กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)} \times \text{เวลาในการปอก (ชั่วโมง)} \quad (7)$$

$$\text{อัตราการใช้พลังงาน (ER)} = \frac{\text{จำนวนสละที่ปอกได้ใน 1 ชั่วโมง (ผล)}}{\text{การสิ้นเปลืองพลังงาน}} \quad (8)$$

### ผล

#### 1. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสละ

ลักษณะทางกายภาพของสละพันธุ์สุมาลี จำนวน 30 ผล ให้ผลการศึกษาแสดงไว้ตาม Table 1

Table 1 Physical properties of Salacca

Physical properties	Salacca
Length (mm)	80.82 ± 2.16
Diameter 1 (mm)	32.36 ± 0.88
Diameter 2 (mm)	24.38 ± 0.85
Peeling's thickness (mm)	1.83 ± 0.05
Average diameter (mm)	28.37 ± 0.52

#### 2. ผลการหาขนาดของแรงที่ใช้ในการปอกเปลือกสละและขนาดมอเตอร์

ผลการทดสอบวัดค่าความเค้นเฉือนในการปอกเปลือกสละพบว่า ความเค้นเฉือนเฉลี่ยบริเวณส่วนหัว ส่วนปลาย และ ส่วนตัวสละมีค่า  $2.06 \pm 0.77 \times 10^6$   $1.92 \pm 0.26 \times 10^6$  และ  $1.72 \pm 0.35 \times 10^6$  นิวตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเค้นเฉือนบริเวณส่วนตัวสละ จะได้แรงตัดเฉือนสูงสุดมีค่า  $212.46 \pm 43.34$  นิวตัน (ค่าความปลอดภัย 1.5) และขนาดมอเตอร์คือ 0.48 แรงม้า

#### 3. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกสละ

เครื่องปอกเปลือกผลสละ (Figure 2a) ใช้มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนการทำงานของชุดปอก ซึ่งประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ 2 ส่วนคือ ส่วนกรีดเปลือกสละตามแนวยาว (Figure 2b) โดยสละจะถูกป้อนผ่านสายพานลำเลียงเข้าสู่ช่องบังคับทิศทาง มีขนาด 50x300x40 มิลลิเมตร ด้านบนติดตั้งใบมีดจำนวน 1 ใบ ที่ระยะความสูง 20 มิลลิเมตร (ผลการทดสอบทำให้เกิดความยาวรอยกรีดเฉลี่ย 22 มิลลิเมตรที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 29.19 มิลลิเมตรของผลสละ) และส่วนตัดหัวและปลาย (Figure 2c) โดยสละจะถูกป้อนเข้าสู่ชุดลำเลียงแบบหมุนที่เขาระองไว้จำนวน 8 ร่อง ติดตั้งใบมีดคู่มีระยะห่าง 53 มิลลิเมตรและแผ่นบังคับทิศทาง ทำให้หัวและปลายของสละถูกตัดออก ทำให้เกิดการแยกเปลือกออกจากเมล็ดและไหลลงสู่ถาดรองรับต่อไป

#### 4. ผลการทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่อง

ผลการทดสอบแสดงไว้ใน Table 2

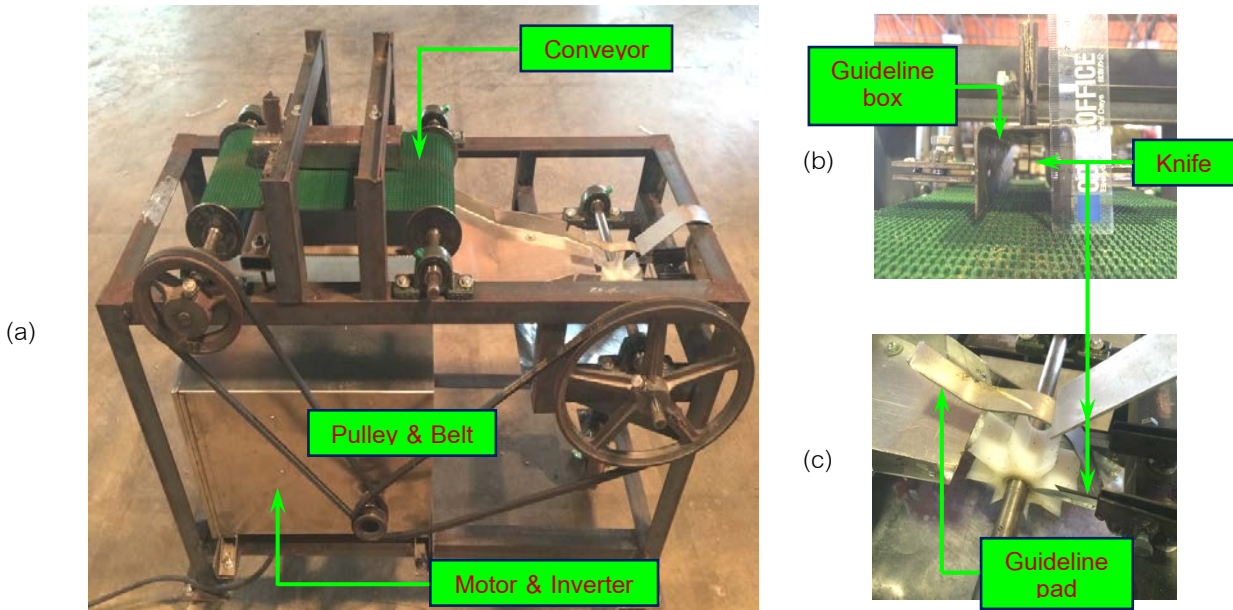


Figure 2 (a) Salacca peeling machine (b) a peel slitting part (c) a peel cutting part

Table 2 Results of P, E, PC and ER at different motor speed

Motor speed (rpm)	P (fruit/h)	E (%)	PC (kW.h)	ER (fruit/kW.h)
250	1,260	55.56	0.076	16,579
300	1,440	69.44	0.080	18,000

**วิจารณ์ผล**

ความสำเร็จในการลอกเปลือกสละมีเปอร์เซ็นต์ไม่สูงนัก ส่วนหนึ่งมาจากสละบางผลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เกินไป ทำให้ส่วนกรีดเปลือกตามแนวยาวสร้างรอยกรีดยาวไม่เพียงพอ พบว่าประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถแก้ไขได้โดยนำไปกรีดซ้ำ และประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ มาจากการป้อนสละโดยผู้ปฏิบัติการเข้าสู่ส่วนตัดหัวและปลาย ทำให้เกิดการเบี่ยงเบน

**สรุป**

สภาวะการทำงานของเครื่องลอกเปลือกสละต้นแบบที่ดีที่สุด คือ ลอกเปลือกสละได้ 1,440 ผล/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการลอก 69.44 เปอร์เซ็นต์ สิ้นเปลืองพลังงาน 0.08 กิโลวัตต์ชั่วโมง และ มีอัตราการใช้พลังงาน 18,000 ผลต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อส่วนกรีดสละตามแนวยาวมีความเร็วเชิงเส้น 42.5 เซนติเมตรต่อวินาที และ ส่วนตัดหัวและปลายมีความเร็ว 62.5 รอบต่อ นาที (ความเร็วมอเตอร์ 300 รอบต่อนาที)

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือ ตลอดจนสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย

**เอกสารอ้างอิง**

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. 2541. อุนกรมเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ 2 : เครื่องกลขนถ่าย ระบบขนถ่ายต่อเนื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ 157 น.  
 สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. มาตรฐานสินค้าเกษตร : สละ มกษ. 22-2556. 11 น.  
 เสกสรร สีหพงษ์. 2548. การออกแบบและทดสอบเครื่องเพื่อทำความสะอาดผลสละ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 92 น.