

การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือกกึ่งอัตโนมัติ

Development of a Semiautomatic Peeled Taro Machine

ศักรินทร์ หนูนุ่ม¹ อภิรมย์ ชูเมฆา² และดลหทัย ชูเมฆา³

sakkarin_n@mail.rmutt.ac.th¹, apirom_ch@rmutt.ac.th², dolhathai_ch@rmutt.ac.th³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาและทดสอบสมรรถนะเครื่องปอกเปลือกเผือกกึ่งอัตโนมัติ วิธีการศึกษาประกอบด้วย 1) การออกแบบและสร้างเครื่องจักร โดยที่เครื่องปอกเปลือกเผือกมีส่วนประกอบ 5 ส่วนสำคัญ คือ ก. ส่วนของโครงเครื่องจักรขนาด 400x500x500 มม., ข. ชุดจับผลเผือก, ค. ชุดปอกเปลือกซึ่งเป็นใบมีด, ง. ชุดต้นกำลัง มอเตอร์ 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ และ จ. ชุดถาดรองรับ 2) ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่อง โดยมีปัจจัยควบคุม 3 ปัจจัย ได้แก่ ก. พันธุ์เผือก (หอม) ข. ขนาดของเผือก (เล็ก, กลาง, ใหญ่) และ ค. ความเร็วรอบชุดปอก (8, 12, 14, 16, 20, 24 รอบ/นาที) ปัจจัยที่ประเมินคือ ประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง และอัตราการทำงานของเครื่อง 3) การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องปอกเปลือกเผือก ผลการทดสอบ พบว่าสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องอยู่ ณ ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที แสดงค่าประสิทธิภาพการปอกและอัตราการทำงานของเครื่องสูงสุด สำหรับเผือกขนาด เล็ก, กลาง, ใหญ่ เท่ากับ 74.18 ± 5.72 %, 12.07 ± 1.73 กก./ชม., 76.30 ± 5.92 %, 12.08 ± 2.54 กก./ชม. และ 77.08 ± 5.53 %, 16.12 ± 2.53 กก./ชม. ตามลำดับ ทั้งนี้เครื่องสามารถทำงานได้มากกว่าแรงงานคนโดยเฉลี่ย 2 เท่า (แรงงานคนสามารถทำงานได้ 8.8 ± 4.33 กก./ชม.) เมื่อให้เข้าเครื่องในราคา 5 บ./กก. มีจุดคุ้มทุนที่ 404.54 กก./ปี และระยะเวลาคืนทุน 4 เดือน

คำสำคัญ: เครื่องปอกเปลือก เผือก การทดสอบ

Abstract

This research was to develop and test the performance of a Semiautomatic Peeled Taro Machine. As this methodology comprising about: 1) Design and fabrication of the machine, that consisted of the 5 parts: A. a steel structure of 400x500x500 mm., B. peeled chuck unit, C. peeled blade unit, D. a 0.5 HP, 220 V, electric motor, E. supporting unit. 2) Test and evaluation of the machine performance for the controlling were taken. The 3 control factors were cultivar (Hom), grade (small, medium, large) and peeling speed (8, 12, 16, 20, 24 rpm). The evaluated factors were peeling efficiency, shell remain percentage, capacity. 3) Analysis of engineering economic. Then the result indicated that suitable working condition at 8 rpm presented the maximum efficiency and capacity for small, medium, large grade 74.18 ± 5.72 %, 12.07 ± 1.73 kg/h,

¹ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

76.30±5.92 %, 12.08±2.54 kg/h and 77.08±5.53 %, 16.12±2.53 kg/h, respectively. Which higher than operated by labor approximately 2 times. (Worker skilled 8.8±4.33 kg/h). Engineering economic analysis revealed that renting the peeler at the rate of 5 baht/kg would give break event point 404.54 kg/year and payback in 4 month.

Keywords: Peeler Taro Testing

1. บทนำ

เผือกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Colocasia esculenta* L. อยู่ในตระกูลอะราเคีย (Aracea) เป็นพืชหัวประกอบด้วยหัวใหญ่ 1 หัว และหัวเล็ก ๆ แตกกอรอบ ๆ สายพันธุ์ที่นิยมได้แก่ สายพันธุ์เผือกหอม มีจุดเด่นคือ หัวใหญ่ เนื้อเผือกมีสีขาวลายสีม่วง จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมบริโภค เนื่องจากมีกลิ่นหอมและรสชาติดี มีส่วนประกอบทางอาหารที่สำคัญ ได้แก่ แป้งและแร่ธาตุต่าง ๆ จึงเป็นที่ต้องการของตลาดภายในและต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย ฮองกง ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และมาเลเซีย โดยประเทศไทยมีปริมาณการปลูกเผือกอยู่ทั่วไปทุกภาคของประเทศ รวมทั้งพื้นที่ปลูกเผือกทั้งประเทศเฉลี่ยปีละ 25,000-30,000 ไร่ ผลผลิตอยู่ที่ประมาณ 45,000-65,000 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 2 -2.5 ตันต่อไร่ [4]

แหล่งปลูกเผือกที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ อำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี [3] ด้วยจุดเด่นของ สภาพพื้นที่ทำให้เผือกที่นี่มีคุณภาพดีมาก และนอกจากการขายเผือกสดสำหรับบริโภคแล้ว เกษตรกรที่นี่ยังนำเผือกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากเผือก เช่น เผือกฉาบ เผือกเค็ม เป็นต้น เพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งการนำเผือกมาประกอบอาหารหรือแปรรูปนั้น จะต้องผ่านขั้นตอนการปอกเปลือกเสียก่อน แต่เนื่องจากเปลือกของเผือกนั้นจะมียางซึ่งเป็นกรดออกซาลิก [2] เมื่อสัมผัสจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองผิว รุ้สึกคัน และเกิดอาการแพ้ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้เกิดแนวคิดพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือกขึ้นมาทดแทนแรงงานคน เพื่อลดสถานะการระคายเคืองผิวและอุบัติเหตุขณะปอกเปลือก รวมถึงเพิ่มกำลังการผลิต แต่เครื่องปอกเปลือกเผือกต้นแบบมีข้อเสียคือ ต้องอาศัย

แรงงานคนในการหมุน ชุดใบมีดด้วยมือ เพื่อทำการปอกเปลือกเผือก จึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือกให้สามารถทำงานได้แบบกึ่งอัตโนมัติ และหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่อง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ศึกษากระบวนการแปรรูปเผือก

ศึกษากระบวนการแปรรูปเผือกโดยการลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกร ซึ่งประกอบกิจการวิสาหกิจชุมชนแปรรูปเผือก ตำบลหระเทพ อำเภอ บ้านหมอ จังหวัดสระบุรี เช่น พันธุ์ ขนาด ความหนาของเปลือกเผือกซึ่งแม่บ้านเกษตรกรปอกด้วยมือ และกระบวนการแปรรูป เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเผือก รวมถึงเปรียบเทียบ การทำงานระหว่างเครื่องจักรกับแรงงานคน

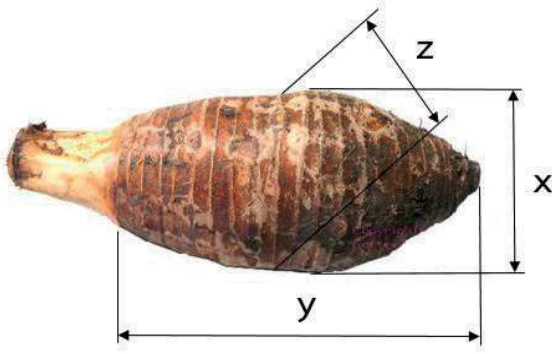
2.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเผือก

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลเผือกพันธุ์หอมทั้ง 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งยังไม่ผ่านกระบวนการปอกเปลือก อันได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความหนา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย น้ำหนัก ความหนาของเปลือก และปริมาณความชื้น พร้อมทั้งคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.)

2.2.1 ขนาด

ทำการวัดขนาดผลเผือกด้วยเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ (Mitutoyo, 0-150 มม.) ได้แก่ ความกว้าง (x) ความยาว (y)

และ ความหนา (z) ของเปลือก ดังรูปที่ 1 จำนวนขนาดละ 50 ผล จากนั้นนำค่าความกว้างและความหนาของผล มาคำนวณหาค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (สมการที่ 1) [1] วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับ เป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือก



รูปที่ 1 การหาขนาดของผลเผือก

$$\phi_{avg} = \frac{(X + Z)}{2} \quad (1)$$

เมื่อ ϕ_{avg} = เส้นผ่านศูนย์กลางผลเผือกเฉลี่ย (มม.)
 X = ความกว้างผลเผือก (มม.)
 Z = ความหนาผลเผือก (มม.)

2.2.2 ความหนาเปลือก

นำผลเผือกจำนวน 3 ขนาด ขนาดละ 50 ผล มาปอกเปลือก และวัดความหนาของเปลือกเผือกจำนวน 3 ตำแหน่ง คือ หัว กลาง และท้ายของผลเผือก และหาค่าเฉลี่ยความหนาของเปลือกสูงสุด เพื่อนำไปใช้กำหนดความลึกของใบมีดในการปอกเปลือกเผือก

2.2.3 น้ำหนัก

ทำการชั่งน้ำหนักผลเผือกโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล (Sartorius, 0-3100 ก.) จำนวนขนาดละ 50 ผล พร้อมทั้งบันทึกค่า

2.2.4 ปริมาณความชื้น

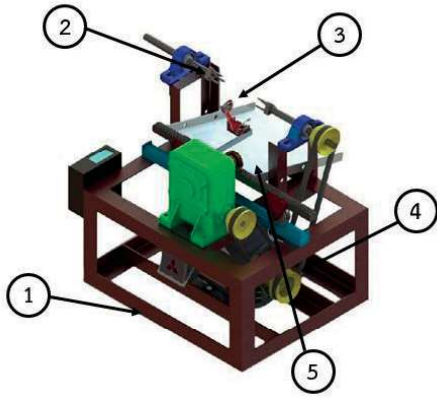
หั่นเผือกเป็นชิ้นเล็ก ๆ จำนวน 50 ชิ้นต่อขนาด แล้วบรรจุลงในถ้วยโลหะ ซึ่งผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 105 °ซ. เป็นเวลา 8 ชม. จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิการอบเท่ากับอุณหภูมิ 105 °C นำออกมาชั่งน้ำหนักทุก ๆ 1 ชม. จนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณหาปริมาณความชื้น สมการที่ 2 [6]

$$\%MC_{wb} = \frac{W_w}{(W_w + W_d)} \quad (2)$$

เมื่อ $\%MC_{wb}$ = เปอร์เซนต์ความชื้นฐานเปียก (%)
 W_w = น้ำหนักน้ำ (ก.)
 W_d = น้ำหนักแห้ง (ก.)

2.3 ออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเผือก

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพที่ผ่านการศึกษามาใช้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกเผือก เครื่องมีส่วนประกอบหลัก คือ 1. โครงเครื่อง มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 400x500x500 มม. เพื่อให้มีขนาดกะทัดรัด ผู้ใช้เครื่องสามารถนั่งปฏิบัติงานได้ 2. ชุดจับผลเผือก เป็นสแตนเลสยึดติดกับเพลาลูกกลิ้งและชุดสแตนเลสปลายแหลม 3 ชิ้น โดยให้เพลาลูกกลิ้งด้านขวายึดติดกับที่ และรับกำลังจากชุดส่งกำลัง ส่วนเพลาลูกกลิ้งด้านซ้ายสามารถปรับได้ตามขนาดความยาวของเผือก 3. ชุดปอก ประกอบด้วยใบมีดปอกผลไม้ตัดเป็นรูปตัวยู ปรับระยะคมมีดด้วยน็อตทางปลา และก้านยึดใบมีดสามารถปรับระยะได้ตามขนาดของผลเผือก ผ่านสปริงมีเหล็กเชื่อมยึดติดกับชุดปอก เพื่อทำหน้าที่ยึดชุดปอกให้ติดกับเฟืองสะพาน 4. ชุดต้นกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า, 220 โวลต์ ส่งกำลังสู่ชุด และสายพานผ่านเกียร์ทด 1:40 ส่งกำลังต่อไปยังเฟืองขับซึ่งทำหน้าที่ขับเฟืองสะพานที่มีชุดปอกยึดอยู่ 5. ชุดถาดรองรับ ใช้แผ่นสแตนเลสพับให้มีขนาด ความกว้าง 280 มม. ความยาว 300 มม. และความสูง 20 มม. ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบเครื่องปอกเปลือกผักกึ่งอัตโนมัติ

2.4 ทดสอบสมรรถนะและประเมินผลการทำงานของเครื่อง

นำผลเปลือกพันธุ์หอม 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มาทดสอบที่ความเร็วรอบชุดปอก (อัตราการป้อนใบมีด) 5 ระดับ ได้แก่ 8, 12, 16, 18, 20 และ 24 รอบ/นาที โดยทดสอบความเร็วรอบละ 5 ผล จำนวน 5 ซ้ำ จนครบทุกความเร็วรอบ บันทึกค่าเวลาที่ใช้ในการปอก ซึ่งน้ำหนักเปลือกผักที่ปอกได้และน้ำหนักเปลือกผักที่ติดค้างจากนั้นนำไปคำนวณหา ค่าประสิทธิภาพการปอก เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง อัตราการทำงาน of เครื่อง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังสมการที่ 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ [1]

$$P_p = \frac{W_p}{W_T} \times 100 \quad (3)$$

$$P_L = \frac{W_L}{W_T} \times 100 \quad (4)$$

$$C = \frac{W_p}{t} \quad (5)$$

$$R = IVt \quad (6)$$

เมื่อ P_p = ประสิทธิภาพการปอก (%)
 W_p = น้ำหนักเปลือกผักที่ปอกได้ (ก.)
 W_T = น้ำหนักเปลือกผักทั้งหมด (ก.)
 P_L = เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%)
 W_L = น้ำหนักเปลือกผักที่ติดค้าง (ก.)

C = อัตราการทำงาน of เครื่อง (กก./ชม.)
 t = เวลาที่ใช้ในการปอกทั้งหมด (ชม.)
 R = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์.ชม.)
 I = กระแสไฟฟ้า (แอมป์)
 V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

2.5 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมซึ่งมีสมมติฐานว่า กลุ่มแม่บ้านซื้อเครื่องปอกเปลือกผัก เพื่อนำมาใช้ทดแทนแรงงานคนในการปอก เพื่อนำมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน สมการที่ 6 และ 7 [7]

$$BEP = \frac{FC}{(H - VC_{per\ kg})} \quad (7)$$

$$PBP = \frac{AC}{P} \quad (8)$$

เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน (กก./ปี)
 FC = ต้นทุนคงที่ (บ./ปี)
 H = ค่าเช่าเครื่อง (บ./กก.)
 $VC_{per\ kg}$ = ต้นทุนแปรผัน (บ./กก.)
 PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)
 p = กำไร (บ.)
 AC = ค่าใช้จ่ายรวมรายปี (บ./ปี)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษากระบวนการแปรรูปผัก

ศึกษากระบวนการแปรรูปผักจากกลุ่มแม่บ้านซึ่งประกอบกิจการวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผัก พบว่าเกษตรกรใช้ผัก พันธุ์หอม ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 1 อาทิตย์ นำมาทำการตัดที่บริเวณส่วนล่างของผลประมาณ 1.5 นิ้ว และตัดก้านสีเขียวที่ตรงส่วนบนของผลทิ้งแล้วปอกเปลือกด้วยมีด (รูปที่ 3) จนกระทั่งชาวสะอาดทั้งลูก (รูปที่ 4) ก่อนที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผักหอมทอดกรอบสำหรับจำหน่าย



รูปที่ 3 กรรมวิธีการปอกเปลือกของแม่บ้าน



รูปที่ 4 ผลเผือกที่ผ่านการปอกด้วยแรงงานคน

3.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเผือก

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเผือกพันธุ์หอม ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ (ตามรูปที่ 5) ให้ผลดังตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 5 เผือกพันธุ์หอมทั้ง 3 ขนาด (เล็ก, กลาง และใหญ่)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของเผือกขนาดเล็ก

ลักษณะทางกายภาพ	เผือกขนาดเล็ก $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มม.)	73.5 $\pm$ 3.0 (0.04)
ความยาว (มม.)	105.8 $\pm$ 7.9 (0.07)
ความหนา (มม.)	73.7 $\pm$ 2.9 (0.04)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มม.)	73.6 $\pm$ 2.9 (0.04)
ความหนาเปลือก (มม.)	3.2 $\pm$ 0.5 (0.14)
น้ำหนัก (ก.)	380.7 $\pm$ 45.3 (0.11)
ความชื้น (%)	65.57 $\pm$ 3.7 (0.20)

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของเผือกขนาดกลาง

ลักษณะทางกายภาพ	เผือกขนาดกลาง $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มม.)	86.7 $\pm$ 3.1 (0.03)
ความยาว (มม.)	112.6 $\pm$ 10.8 (0.09)
ความหนา (มม.)	86.4 $\pm$ 2.9 (0.03)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มม.)	86.5 $\pm$ 2.9 (0.03)
ความหนาเปลือก (มม.)	3.3 $\pm$ 0.4 (0.10)
น้ำหนัก (ก.)	535.4 $\pm$ 35.2 (0.06)
ความชื้น (%)	63.23 $\pm$ 3.4 (0.16)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของเผือกขนาดใหญ่

ลักษณะทางกายภาพ	เผือกขนาดใหญ่ $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$
ความกว้าง (มม.)	109.3 $\pm$ 4.0 (0.03)
ความยาว (มม.)	139.6 $\pm$ 9.2 (0.06)
ความหนา (มม.)	109.5 $\pm$ 4.1 (0.03)
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (มม.)	109.4 $\pm$ 4.0 (0.03)
ความหนาเปลือก (มม.)	3.4 $\pm$ 0.6 (0.09)
น้ำหนัก (ก.)	1,022.3 $\pm$ 73.6 (0.07)
ความชื้น (%)	62.73 $\pm$ 4.6 (0.22)

จากตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเผือกพันธุ์หอมก่อนนำมาทดสอบ จะนำมาใช้การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกเผือก โดยเผือกขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เฉลี่ยและความยาวผลเท่ากับ 73.6 ± 2.9 มม., 105.8 ± 7.9 มม., 86.5 ± 2.9 มม., 112.6 ± 10.8 มม. และ 109.4 ± 4.0 มม., 139.6 ± 9.2 มม. ตามลำดับ และยังเห็นได้ว่า ผีเสื้อแต่ละขนาดจะมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน ขนาดละประมาณ 10 มม. ในส่วนของน้ำหนักของผลผีเสื้อขนาดเล็กมีค่า 380.7 ± 45.3 ก. ขนาดกลาง 535.4 ± 35.2 ก. และขนาดใหญ่ $1,022.3 \pm 73.6$ ก. โดยผีเสื้อทั้ง 3 ขนาดจะมีค่าความหนาของเปลือก และค่าความชื้นของขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เท่ากับ 3.2 ± 0.5 มม., 65.57 ± 3.7 %, 3.3 ± 0.4 มม., 63.23 ± 3.4 % และ 3.4 ± 0.6 มม., 62.73 ± 4.6 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน จนสามารถถือได้ว่าเท่ากัน

3.3 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องลอกเปลือกผีเสื้อ

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผีเสื้อทั้ง 3 ขนาด ซึ่งได้ว่า ผีเสื้อขนาดใหญ่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเฉลี่ยมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 109.4 ± 4.0 มม. และ 139.6 ± 9.2 มม. ตามลำดับ จึงได้ออกแบบและพัฒนาชุดหัวจับผลผีเสื้อให้มีระยะห่างหัวจับทั้งสองเท่ากับ 200 มม. เครื่องลอกเปลือกผีเสื้อกึ่งอัตโนมัติอาศัยหลักการทำงานโดยการเคลื่อนที่ของชุดลอก (ใบมีด) ซึ่งสามารถปรับระยะคมมีดตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ขนาด) ของผีเสื้อด้วยการยืดหดของสปริง และเคลื่อนที่บนเฟืองสะพานไปกลับผ่านลิ้มิตสวิตช์เพื่อลอกเปลือกผีเสื้อ นำค่าแรงเหวี่ยงซึ่งได้จากการทดสอบหา แรงต้านระหว่างใบมีดและผลผีเสื้อด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ที่ความเร็วคงที่ มาคำนวณหาขนาดมอเตอร์ [5] จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า ทำหน้าที่เป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านเกียร์ทด 1:40 สายพาน มู่เล่ และมีชุดควบคุมสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่อง แสดงไว้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เครื่องลอกเปลือกผีเสื้อกึ่งอัตโนมัติ

3.4 ผลการทดสอบสมรรถนะและประเมินผลการทำงานของเครื่อง

ในการทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องลอกเปลือกผีเสื้อกึ่งอัตโนมัติ จะทำการกดสวิตช์ควบคุมให้ชุดลอกทำการลอกเปลือกผีเสื้อเพียง 1 รอบ และเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น แล้วจึงกดสวิตช์เพื่อหยุดการทำงาน ให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพ และเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง แสดงในตารางที่ 4 และ 5

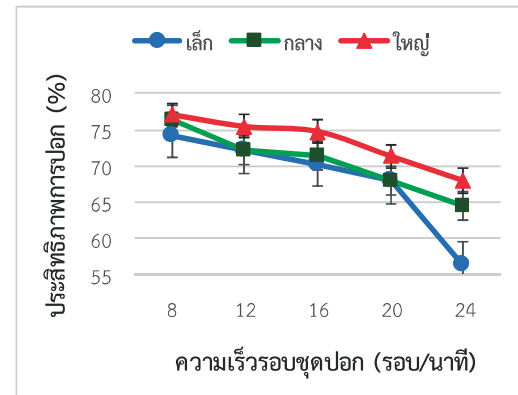
ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการลอกของการลอกเปลือกผีเสื้อด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ประสิทธิภาพการลอก (%)		
	$\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดผีเสื้อ		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	74.18 ± 5.72 (0.08)	76.30 ± 5.92 (0.07)	77.08 ± 5.53 (0.07)
12	72.16 ± 4.65 (0.06)	72.20 ± 6.05 (0.08)	75.43 ± 6.56 (0.15)
16	70.21 ± 7.52 (0.10)	71.30 ± 5.87 (0.04)	74.75 ± 8.11 (0.11)
20	67.96 ± 9.39 (0.13)	67.95 ± 8.68 (0.12)	71.33 ± 5.37 (0.07)
24	56.28 ± 9.80 (0.17)	64.54 ± 8.88 (0.17)	67.94 ± 8.46 (0.12)

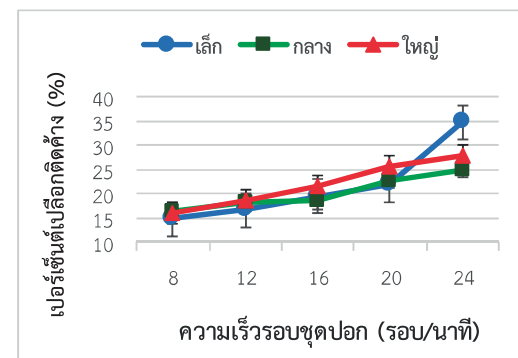
ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปกเปลือกฝือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง (%) $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดฝือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	14.84 $\pm$ 3.80 (0.25)	16.38 $\pm$ 2.70 (0.16)	15.82 $\pm$ 2.64 (0.17)
12	16.54 $\pm$ 5.09 (0.30)	18.07 $\pm$ 6.92 (0.31)	18.54 $\pm$ 10.66 (0.57)
16	19.41 $\pm$ 8.95 (0.46)	18.41 $\pm$ 5.41 (0.29)	21.40 $\pm$ 5.45 (0.25)
20	21.79 $\pm$ 7.89 (0.36)	22.63 $\pm$ 7.13 (0.31)	25.81 $\pm$ 5.08 (0.24)
24	34.82 $\pm$ 9.72 (0.27)	24.82 $\pm$ 8.19 (0.38)	27.77 $\pm$ 8.57 (0.31)

ตารางที่ 4 และ 5 แสดงค่าประสิทธิภาพการปกและเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปกเปลือกฝือกด้วยเครื่อง จำนวน 3 ขนาด ทั้ง 5 ความเร็วรอบชุดปกพบว่า ณ ความเร็วรอบต่ำที่สุดคือ 8 รอบ/นาที เครื่องสามารถปกเปลือกฝือกขนาด เล็ก, กลาง และใหญ่ โดยให้ค่าประสิทธิภาพการปกเปลือกสูงที่สุดเท่ากับ 74.18 $\pm$ 5.72% (C.V.0.08), 76.30 $\pm$ 5.92% (C.V. 0.07) และ 77.08 $\pm$ 5.53 % (C.V. 0.07) ตามลำดับ และค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างน้อยที่สุดเท่ากับ 14.84 $\pm$ 3.80% (C.V. 0.25), 16.38 $\pm$ 2.70% (C.V. 0.16) และ 15.82 $\pm$ 2.64% (C.V.0.17) ตามลำดับ เมื่อระดับความเร็วรอบชุดปกมีค่าสูงขึ้น ค่าประสิทธิภาพของการปกเปลือกจะมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างมีค่าสูงขึ้น จนกระทั่งความเร็วรอบชุดปกที่สูงเกินไป (20 และ 24 รอบ/นาที) ค่าประสิทธิภาพการปกจะมีค่าลดลงมาก สาเหตุมาจากความเร็วรอบชุดปกสูงเกินไป ใบมีดไม่สามารถปกเปลือกฝือกได้ทัน มีผลให้เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างสูงมากขึ้นตาม



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพการปกของการปกเปลือกฝือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



รูปที่ 8 เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างของการปกเปลือกฝือกด้วยเครื่อง ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

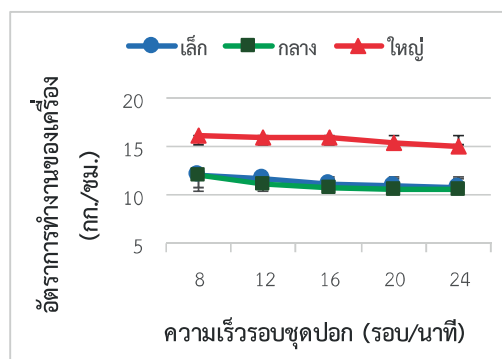
จากรูปที่ 7 และ 8 พิจารณาค่าเปลือกฝือกที่ปกได้ (ประสิทธิภาพการปก) และเปลือกติดค้าง (เปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้าง) ที่ความเร็วรอบชุดปก 5 ระดับ แสดงให้เห็นว่า ที่ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที ค่าประสิทธิภาพการปกเปลือกฝือกสูงที่สุด และเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างต่ำที่สุดและเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพการปกจะมีค่าลดลง และในทางตรงกันข้าม ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกติดค้างจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบชุดปก ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับฝือกทั้ง 3 ขนาด (ตามรูปที่ 7 และ 8) เนื่องจากที่ระดับความเร็วรอบต่ำมีผลให้ชุดปก (ใบมีด) มีความเร็ว น้อย เคลื่อนตัวช้า ใบมีดสัมผัสเปลือกฝือกได้นาน สามารถปกเปลือกฝือกได้หมด เปลือกติดค้างเหลือน้อย ขณะที่ความเร็วรอบสูง

เปลือกเปลือกมีระยะเวลาสัมผัสกับใบมีदन้อย โอกาสเกิดเปลือกติดค้างจึงมากตาม ทั้งนี้เพราะใบมีดไม่สามารถลอกเปลือกได้ทัน โดยความเร็วของชุดปอกไม่ควรต่ำกว่าระดับ 8 รอบ/นาที ด้วยเหตุผลคือ ความเร็วรอบต่ำเกินไป ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบมีดช้ามาก ผลเปลือกสัมผัสกับใบมีदनาน จนกระทั่งปอกกินเนื้อเปลือก

ตารางที่ 6 อัตราการทำงานของการลอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราการทำงานของเครื่อง (กก./ชม.) $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเปลือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	12.07 $\pm$ 1.73 (0.14)	12.08 $\pm$ 2.54 (0.13)	16.12 $\pm$ 2.53 (0.19)
12	11.68 $\pm$ 1.39 (0.15)	11.11 $\pm$ 2.20 (0.27)	16.03 $\pm$ 3.82 (0.20)
16	11.15 $\pm$ 2.39 (0.19)	10.75 $\pm$ 2.45 (0.20)	15.89 $\pm$ 4.65 (0.25)
20	10.99 $\pm$ 3.10 (0.18)	10.65 $\pm$ 5.39 (0.32)	15.40 $\pm$ 6.37 (0.22)
24	10.69 $\pm$ 8.41 (0.24)	10.57 $\pm$ 6.02 (0.30)	14.98 $\pm$ 7.44 (0.29)

ผลการทดสอบในตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าอัตราการทำงานของเครื่อง ที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบ เมื่อพิจารณาผลเปลือกหุ้มที่ขนาดเดียวกัน พบว่า ณ ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที ให้ผลการลอกเปลือกเปลือกได้อัตราการทำงานมากที่สุด โดยที่เปลือกขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ เครื่องสามารถทำการลอกเปลือกได้ในอัตรา 12.07 $\pm$ 1.73 กก./ชม., 12.08 $\pm$ 2.54 กก./ชม. และ 16.12 $\pm$ 2.53 กก./ชม. ตามลำดับ จากผลดังกล่าวบ่งชี้ว่า ความเร็วรอบสูงเกินไป ส่งผลต่อการลอกเปลือกเปลือก โดยได้เปลือกในปริมาณน้อย เพราะความเร็วรอบสูง ใบมีดไม่สามารถลอกเปลือกได้ทัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ที่ความเร็วรอบต่ำ (8 รอบ/นาที) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) จะมีค่าน้อยตาม เนื่องจากใบมีดสามารถลอกเปลือกได้อย่างต่อเนื่อง มีผลให้ลอกเปลือกเปลือกได้สม่ำเสมอ

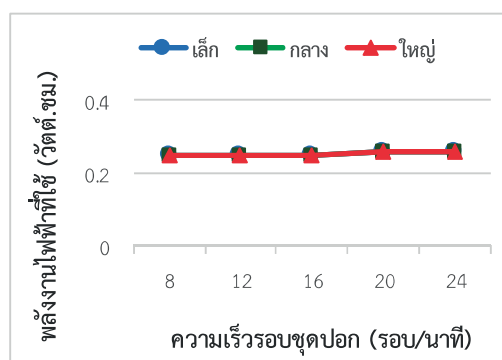


รูปที่ 9 อัตราการทำงานของเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

จากรูปที่ 9 แสดงแนวโน้มของกราฟอัตราการทำงาน ของเครื่อง จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที ให้อัตราการทำงานมีค่าสูงที่สุด กับเปลือกทั้ง 3 ขนาด (เล็ก, กลาง และใหญ่) และมีค่าลดลงตามระดับของความเร็วรอบ ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์.ชม.)		
	ขนาดเปลือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	0.25	0.25	0.25
12	0.25	0.25	0.25
16	0.25	0.25	0.25
20	0.26	0.26	0.26
24	0.26	0.26	0.26



รูปที่ 10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลอกเปลือกเปลือกเครื่องที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

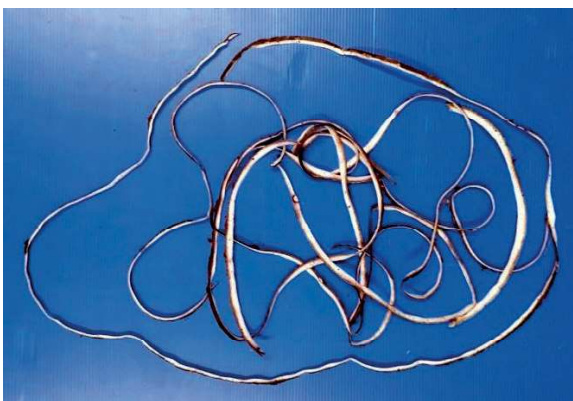
เมื่อพิจารณาดารงที่ 7 และรูปที่ 10 จะพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลอกเปลือกด้วยเครื่องที่ ความเร็วรอบ 8, 12 และ 16 รอบ/นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า เท่ากับ 0.25 วัตต์.ชม. ในส่วนของความเร็วรอบ 20 และ 24 รอบ/นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.26 วัตต์.ชม.ซึ่งให้ค่า มากกว่าเพียงเล็กน้อย สามารถอนุมานได้ว่าเท่ากัน



รูปที่ 11 ผลเปลือกที่ผ่านการลอกด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบต่ำ (8 รอบ/นาที)



รูปที่ 12 ผลเปลือกที่ผ่านการลอกด้วยเครื่องที่ระดับ ความเร็วรอบสูง (12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที)



รูปที่ 13 เปลือกที่ไดจากการลอกด้วยเครื่อง

ตารางที่ 8 ความหนาของเปลือกเปลือกที่ลอกด้วยเครื่องและ แรงงานคน

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ความหนาเปลือก (มม.) $\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$		
	ขนาดเปลือก		
	เล็ก	กลาง	ใหญ่
8	3.5±0.7 (0.04)	3.5±0.5 (0.05)	3.6±0.9 (0.04)
12	3.1±1.2 (0.04)	3.2±0.8 (0.07)	3.1±0.7 (0.05)
16	3.1±1.4 (0.05)	3.0±1.6 (0.05)	3.2±1.1 (0.06)
20	3.0±1.2 (0.07)	2.9±1.0 (0.06)	2.9±0.8 (0.05)
24	2.9±2.2 (0.09)	2.9±1.4 (0.07)	2.8±1.2 (0.06)
แรงงานคน	5.5±5.6 (0.37)		

พิจารณาความหนาเปลือกของความเร็วชุดลอก 5 ระดับ ได้แก่ 8, 12, 16, 20, 24 รอบ/นาที (ตารางที่ 8) จะพบว่า ความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที เครื่องสามารถ ลอกเปลือกได้ขนาดใกล้เคียงกับค่าความหนาของเปลือก เปลือกที่วัดได้ ซึ่งมีค่าความหนาของเปลือกตั้งแต่ 3.2±0.5 ถึง 3.4±0.6 มม. แต่ที่ความเร็วรอบ 12, 16, 20 และ 24 รอบ/นาที ความหนาเปลือกที่ลอกได้มีค่าน้อยกว่า ความหนาเปลือกจริง เหตุผลเพราะความเร็วรอบที่สูงขึ้น ใบมีดเคลื่อนที่เร็ว มีเวลาสัมผัสเปลือกได้น้อย ทำให้ ความลึกของการลอกเปลือกมีค่าน้อยกว่า ความหนา ของเปลือกเมื่อเปรียบเทียบกับความหนาของเปลือกเปลือก ที่ผ่านการลอกด้วยแรงงานคน มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$), ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) สูงกว่า ความหนาของเปลือกซึ่งลอกด้วยเครื่องในทุก ๆ ความเร็วรอบ สาเหตุมาจาก การลอกเปลือกเปลือก ด้วยแรงงานคนอาศัยการลอกโดยการประมาณความหนา ของเปลือก และถ้ายังมีผิวเปลือกชั้นในซึ่งมีสีอมม่วงอ่อน ๆ ปรากฏอยู่ ก็ยังต้องลอกซ้ำอีก จนกระทั่งเห็นสีขาวของเปลือก ถือว่านำไปใช้แปรรูปได้ จึงส่งผลต่อความหนาของเปลือก

ตารางที่ 9 อัตราการทำงานของการปอกเปลือกเปลือกด้วยเครื่อง
กับแรงงานคน

อัตราการทำงานเฉลี่ย ของเครื่อง (กก./ชม.)	ความสามารถในการปอก ของแรงงานคน(กก./ชม.)
$\bar{X} \pm S.D. (C.V.)$	
13.42 $\pm$ 2.27 (0.17)	8.8 $\pm$ 4.33 (0.49)

ความสามารถในการปอกเปลือกเปลือกของแรงงาน
คน 8.8 $\pm$ 4.33 (0.49) กก./ชม. อัตราการทำงานของเครื่อง
ปอกเปลือกเปลือก เมื่อทำการปอกเปลือกเปลือก 3 ขนาด
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.42 $\pm$ 2.27 (0.17) กก./ชม. ซึ่งเครื่อง
สามารถทำงานได้มากกว่าแรงงานคนประมาณ 2 เท่า
ดังตารางที่ 9

3.5 ผลการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ต้นทุนในการสร้างเครื่องปอกเปลือกเปลือกกึ่ง
อัตโนมัติ แสดงดังตารางที่ 10 และผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน
และระยะเวลาในการคืนทุนตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
ได้ผลตามตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ต้นทุนสำหรับสร้างเครื่องปอกเปลือกเปลือก

ส่วนประกอบเครื่อง	ราคา (บ.)
1. โครงเครื่อง, ชุดปอก, ชุดจับผลเปลือก และชุดถาดรองรับ	9,000
2. มอเตอร์ 0.5 แรงม้า 1 เฟส	3,500
3. สายพาน, มู่เล่ และเพลลา	3,500
4. ลิมิตสวิตช์และชุดควบคุม	4,000
5. เกียร์ทดรอบ 1:40	6,500
6. แรงงาน	8,500
รวม	35,000

ตารางที่ 11 จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

จุดคุ้มทุน (กก./ปี)	ระยะเวลาการคืนทุน (ปี)
404.54	0.34

ตารางที่ 10 และ 11 กล่าวโดยสังเขปได้ว่า เครื่อง
ปอกเปลือกเปลือกมีต้นทุนในการสร้างเท่ากับ 35,000 บ.
และถ้าให้เข้าเครื่องในอัตรา 5 บ./กก. จะมีจุดคุ้มทุน
และ ระยะเวลาการคืนทุนที่ 404.54 กก./ปี และ 4 เดือน
ตามลำดับ

4. สรุป

เครื่องปอกเปลือกเปลือกที่พัฒนาขึ้น มีการทำงาน
แบบกึ่งอัตโนมัติ ต่อยอดจากเครื่องเดิม ซึ่งอาศัยแรงงาน
คนหมุนชุดมีด โดยพัฒนาชุดปอกให้เคลื่อนที่ไปและกลับ
ด้วยลิมิตสวิตช์ จนกระทั่งสามารถปอกเปลือกเปลือกได้หมดผล
มีสภาวะการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่อง คือ ความเร็วรอบ
ชุดปอก 8 รอบ/นาที ให้ประสิทธิภาพการปอกและอัตรา
การทำงานของเครื่อง สำหรับเปลือกขนาดเล็ก, กลาง และ
ใหญ่ เท่ากับ 74.18 $\pm$ 5.72%, 12.07 $\pm$ 1.73 กก./ชม.,
76.30 $\pm$ 5.92%, 12.08 $\pm$ 2.54กก./ชม. และ 77.08 $\pm$ 5.53 %,
16.12 $\pm$ 2.53 กก./ชม. เครื่องทำงานได้มากกว่าแรงงาน
คนประมาณ 2 เท่า ซึ่งแรงงานคนสามารถปอกเปลือก
เปลือกได้ 8.8 $\pm$ 4.33 กก./ชม. มีจุดคุ้มทุนที่ 404.54 กก./ปี
และระยะเวลาในการคืนทุน 4 เดือน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุน
ทุนวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับ ความอนุเคราะห์อุปกรณ์
และเครื่องมือ สำหรับทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดลหทัย ชูเมฆา, อภิรมย์ ชูเมฆา, จักรพันธ์ แก้วไทรสุน
และวริยส แฉ่งประเสริฐ. 2557. การสร้างและ
ทดสอบเครื่องปอกเปลือกเปลือกต้นแบบ. วารสาร
วิทยาศาสตร์เกษตร 45: 3/1 (พิเศษ) :385-388
- [2] นิตดา หงษ์วิวัฒน์, 2547. ผักและสุขภาพ vegetable
& health. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: พรรณี
การพิมพ์. หน้า 67

- [3] เพื่อกหอม พืชหลังไถนา สร้างรายได้งามของคน
บ้านหม้อ สระบุรี. [ออนไลน์]. ม.ป.ป. เข้าถึง
ได้จาก : [http://www.vigotech.co.th/index.
php?lay=show&ac=article&Id=539826202&N](http://www.vigotech.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539826202&N),
(11 ตุลาคม 2558)
- [4] มาลินี พิทักษ์, สมศรี บุญเรือง และรังสิมันต์ สัมฤทธิ์,
2539. **การปลูกเผือก**. กรุงเทพฯ: เอกสารวิชาการ กอง
ส่งเสริมพืชไร่ กรมส่งเสริมการเกษตร
- [5] วรวิทย์ อิงภากรณ์ และชาญ อดินัน. 2549.
การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพฯ:
ซีไอเอ็มเคชั่น.
- [6] อภิรมย์ ชูเมฆา, สถาพร วีระสุนทร และดลหทัย
ชูเมฆา. 2558. **การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของกล้วย
น้ำว่าสำหรับการออกแบบเครื่องเคี้ยวกล้วย**.
วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46: 3/1. (พิเศษ)
:441-444
- [7] Bundit Jarimopas, Dolhathai Rachanukroh
and Paul Chen. 2002. **Guava Sizing
Machine**. Silpakorn University International
Journal, Vol. 2 No. 2: 165-167