



เครื่องปอกมะม่วงดองแบบเพลหาหมุนผล

The Pickled Mango Peeling Machine using Fruit Rotating Shaft

ณฤตล พูนรัตน์¹, สิริณาด น้อยพิทักษ์^{1*}, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์¹Naridol Paunrat¹, Sirinad Noypitak^{1*}, Siwalak Pathaveerat¹¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University - Kamphaengsaen, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: Tel: +66-851755727, Fax: +66-0-3435-1896, E-mail: fengsnn@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องปอกมะม่วงดองแบบเพลหาหมุนผลเพื่อช่วยในอุตสาหกรรมแปรรูปมะม่วง ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือชุดเพลหาจับผลมะม่วงดอง ชุดเพลหาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด ชุดใบมีด และชุดส่งกำลัง ผลจากการทดสอบชุดเพลหาหมุนจับผลมะม่วงดองที่ระดับความเร็วรอบ 70 85 100 และ 115 rpm และชุดเพลหาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ระดับความเร็วรอบ 120 150 170 และ 190 rpm พบว่ามีเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ความเร็วรอบเพลหาหมุนจับผลมะม่วงดอง 100 rpm และความเร็วรอบของชุดเพลหาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ 190 rpm ให้เปอร์เซ็นต์การปอกเปลือกมะม่วงดองเฉลี่ย 97.10% ให้อัตราการทำงานในการปอกเปลือกมะม่วงดองที่ 72.21 kg h^{-1} มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือก 6.23% ความลึกของเปลือกที่ปอกได้ 0.87 mm และความกว้างของเปลือกที่ปอกได้ที่ 5.40 mm

คำสำคัญ: มะม่วงดอง, เครื่องปอก, แบบเพลหาหมุน

Abstract

The objective of this research was to design and construct a pickled mango peeling machine using fruit rotating shaft for peeling in the mango process industrial. The peeling machine of pickled mango using fruit rotating shaft consisted of 4 main parts that were a rotating fruit holding shaft set, a screw shaft of sliding knife arm, a blade set and a power transmission set. The testing experiment of the pickled mango peeling machine using rotating shaft, the rotating fruit holding shaft set at the speed of 70, 85, 100 and 115 rpm and the screw shaft of sliding knife arm at the speed of 120, 150, 170 and 190 rpm were tested. It was found that the optimum condition was at the speed of the rotating fruit holding shaft at 100 rpm and the speed of the screw shaft of sliding knife arm at 190 rpm obtained the percentage of pickled mango peeling 97.10%, the capacity rate for peeling the pickled mango was 72.21 kg h^{-1} , the percentage of loss from peeling the pickled mango was 6.23%, the depth and width of peeling the pickled mango were 0.87 mm and 5.40 mm respectively.

Keywords: Pickled mango, Peeling machine, Rotating shaft type

1 บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่แปรรูปเพื่อส่งออก โดยในปี 2559 มีการส่งออกมะม่วงบรรจุภาชนะที่อากาศผ่านเข้าออกไม่ได้ รวมปริมาณส่งตลอดปี 28 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าการส่งออกกว่า 1,405 ล้านบาท (Office of agricultural economics, 2016) ซึ่งผลิตภัณฑ์มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่มเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้รับความนิยมของคนไทย และชาวต่างชาติจึงมีความต้องการซื้อเพิ่มขึ้น โดยนิยมใช้มะม่วงพันธุ์แก้ว เนื่องจากมีความ

แน่นเนื้อที่มากและเส้นใยน้อย (Agricultural extension media group, 2004) ปัจจุบันผู้ประกอบการขนาดเล็กที่แปรรูปผลิตภัณฑ์มะม่วงดองและมะม่วงแช่อิ่มยังประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูกาลของมะม่วงซึ่งมีผลผลิตที่จำเป็นต้องเร่งแปรรูปจำนวนมาก ทำให้ผู้ประกอบการไม่สามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ได้ทันตามความต้องการ เนื่องจากขาดแคลนแรงงาน นอกจากนี้หากใช้แรงงานที่ไม่มีความชำนาญในการปอกมักเกิดความไม่สม่ำเสมอของผลผลิต ซึ่งเครื่องปอก

Received: September 6, 2019

Revised: September 29, June, 2019

Accepted: September 30, June, 2019

Available online: November 6, 2019

เปลือกผลไม้ที่มีขายในต่างประเทศมีราคาสูงมากทำให้ผู้ประกอบการขนาดเล็กไม่สามารถซื้อหามาใช้งานได้ เนื่องจากการนำเข้าเครื่องปอกจากต่างประเทศมีราคาแพง ฉะนั้นผู้ประกอบการจึงมีความต้องการเครื่องปอกเปลือกมะม่วงดองที่มีกำลังการผลิตใกล้เคียงกับแรงงานคนปอก ราคาไม่สูง และมีกลไกที่ไม่ซับซ้อน สามารถบำรุงรักษาเครื่องมือให้ใช้งานได้เองในระยะยาว

ซึ่งปัจจุบันมีการศึกษาและพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปอกเปลือกผลผลิตทางการเกษตร ในรูปแบบต่างๆ เช่น รูปแบบการใช้เพลาลมุนผลไม้และมีใบมีดเคลื่อนที่มาปอกตามพื้นที่ผิวของผลไม้ด้วยระบบนิวเมติกส์ ในการปอกผลมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์และแคนตาลูปพันธุ์เลดี้ ซึ่งสามารถทำงานได้เร็วกว่าคนปอกประมาณ 2.44 และ 1.13 เท่า (Thongsroy, 2012) เช่นเดียวกับ Noonum (2016) ที่ใช้รูปแบบเพลาลมุนผลและมีใบมีดเคลื่อนที่ปอกในการปอกเปลือกเผือก สามารถทำงานได้เร็วกว่าคนปอกประมาณ 2 เท่า มีการใช้รูปแบบเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลังแบบใบมีดติดลูกกลิ้งซึ่งทำการปอกเปลือกขณะที่ท่อนมันหมุนรอบตัว (Thivavarnvongs and Nuboon, 2006) โดย Olukunle and Jimoh (2012) ได้ใช้ใบมีดซึ่งมีลักษณะใบมีดเชื่อมติดอยู่รอบทรงกระบอกหมุน 2 ชนิด และ ใช้รูปแบบการขัดด้วยลูกกลิ้งปอกเพื่อปอกเปลือกมันสำปะหลัง ซึ่งการใช้ใบมีดปอกนั้นให้ผลที่ดีกว่า Vishal et al. (2013) ได้พัฒนาเครื่องปอกและหั่นสับประดเป็นจานหั่น ซึ่งสามารถเอาแกนกลางผลสับประดออกทำให้ชิ้นเนื้อสับประดที่ได้มีลักษณะเป็นวงแหวนที่มีความหนาและเส้นผ่าศูนย์กลางที่สม่ำเสมอ ซึ่งลักษณะของผลิตผลเกษตรนั้นมักมีรูปร่างลักษณะ ขนาดที่ไม่สม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องเลือกใช้รูปแบบการปอกที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะม่วงนั้นก็มีลักษณะโค้งเว้าไม่เท่ากันตลอดผล และยังมีขนาดเล็กใหญ่ต่างกัน จึงจำเป็นต้องพัฒนารูปแบบการปอกให้สามารถปอกได้เกลี้ยงทั่วถึงตลอดผล งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมะม่วงดองแบบเพลาลมุนผล โดยให้ใบมีดเคลื่อนที่ยึดหยุ่นได้ตลอดผล เพื่อช่วยในกระบวนการปอกเปลือกมะม่วงดอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อถึงฤดูกาลของมะม่วงจำเป็นต้องเพิ่มกำลังในการผลิตมากขึ้น เพราะมีจำนวนมะม่วงที่มากขึ้น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปอกเปลือก ให้เกิดความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลมะม่วงดอง

ทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลมะม่วงดองพันธุ์แก้ว ซึ่งนำมาใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการทดสอบนี้ โดยทำการชั่ง

น้ำหนัก วัดความยาว ความกว้าง ความหนาของผลมะม่วงดอง และทำการทดสอบความแน่นเนื้อของผลมะม่วงดองแบบก่อนปอกเปลือกและแบบหลังปอกเปลือก เพื่อหาค่าความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Universal testing machine (รุ่น 5567 Instron engineering Co, High wycombe, England) โดยหัดกดแบบปลายหน้าตัดเรียบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าตัด 1.6 mm ความเร็วในการเจาะ 0.2 mm s^{-1} (Sirisomboon et al., 2011)

2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องปอกมะม่วงดองแบบเพลาลมุนผล

เครื่องปอกเปลือกมะม่วงดองแบบเพลาลมุนผล (Figure 1) มีความกว้าง 34 cm ความยาว 30 cm และความสูง 62 cm ถูกออกแบบ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ชุด คือ

1) ชุดเพลาลมุนผลมะม่วงดอง ทำหน้าที่ยึดผลมะม่วงดองให้แน่นและหมุนผลเพื่อทำการปอกเปลือกมะม่วงดอง ประกอบด้วยเพลาลมุนผลด้านล่างที่มีแบริ่งเชื่อมต่อมาจากชุดส่งกำลังที่ปลายเป็นสามแฉกจับที่ด้านท้ายผลมะม่วงดอง และเพลาลมุนผลมะม่วงดองที่หัวด้านบนที่มีสวาลมุนเพลาลมุนผลด้านหัวมะม่วงดอง

2) ชุดเพลาลมุนผลมะม่วงดอง โดยมีส่วนเชื่อมต่อมาจากชุดส่งกำลังเพลาลมุนผลซึ่งเชื่อมต่อกับชุดใบมีด ทำหน้าที่เป็นเพลาลมุนผลมะม่วงดองที่เชื่อมต่อกับรางสไลด์ชุดใบมีดขึ้น-ลง ออกแบบโดยใช้เพลาลมุนผล โดยมีส่วนจำนวน 2 ส่วนในการประกอบเคลื่อนที่ของชุดใบมีด

3) ชุดใบมีด (Figure 2) ประกอบด้วยใบมีดโค้ง ขนาดกว้าง 16 mm ยาว 35 mm และหนา 5 mm สามารถปรับระยะความหนาของเปลือกจากการปรับช่องว่างระหว่างใบมีด โดยเชื่อมต่อกับแกนของชุดใบมีดที่ติดสปริงเพื่อให้เกิดการปอกเปลือกมะม่วงดองได้ตามรูปร่างของมะม่วงดองที่มีรูปร่างไม่คงที่

4) ชุดส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24V จำนวน 2 ตัว มอเตอร์ตัวที่ 1 ส่งกำลังไปยังเพลาลมุนผลด้วยเฟืองขับโซ่ ส่งกำลังไปยังเฟืองเพลาลมุนผลมะม่วงดอง ส่วนมอเตอร์ตัวที่ 2 โดยมีเฟืองขับโซ่ ส่งกำลังไปยังเฟืองเพลาลมุนผลมะม่วงดอง โดยมีส่วนควบคุม เปิด-ปิด สวิตซ์ในการทำงาน ปรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และปรับความเร็วรอบของเพลาลมุนผล

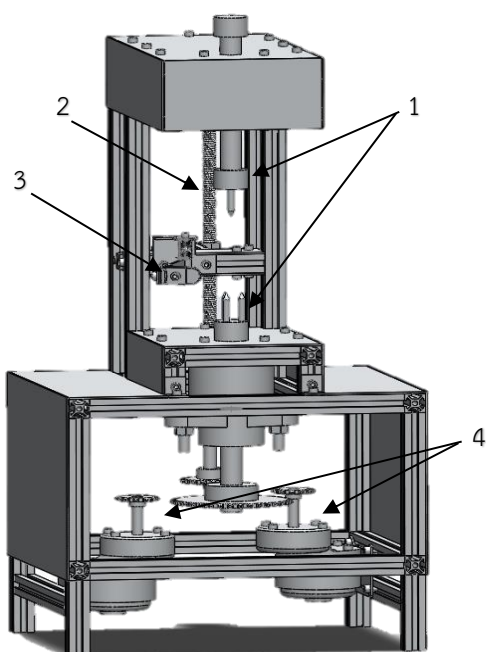


Figure 1 The pickled mango peeling machine using fruit rotating shaft.

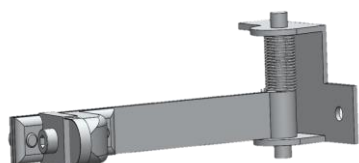


Figure 2 Knife set.

2.3 การทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะม่วงดอง

นำผลมะม่วงดองที่ต้องการปอกตัดหัวท้ายของผลจากนั้นนำส่วนปลายผลมาเสียบที่เพลาหมุนจับผลด้านล่างสำหรับหมุนผลมะม่วงดองและส่วนหัวผลจะเสียบด้วยเพลาถือผลมะม่วงดองที่หัวด้านบนสำหรับยึดส่วนบน (Figure 3) ปรับความเร็วรอบของเพลาจับผลมะม่วงดอง และเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ระดับที่ต้องการใช้งาน จากนั้นเปิดสวิตช์เพลาจับผลมะม่วงดองให้หมุนในทิศทางเข็มนาฬิกา และเปิดสวิตช์เพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดให้หมุนในทิศทางเข็มนาฬิกาเพื่อให้ชุดใบมีดเลื่อนลงสำหรับการปอกเปลือกมะม่วงดองจากด้านหัวผลไปปลายผลและทิศตามเข็มนาฬิกาสำหรับปอกเปลือกด้านปลายผลไปหัวผล เมื่อปอกเสร็จให้ดึงเพลาถือด้านบนขึ้นแล้วนำมะม่วงดองที่ปอกเสร็จแล้วออก

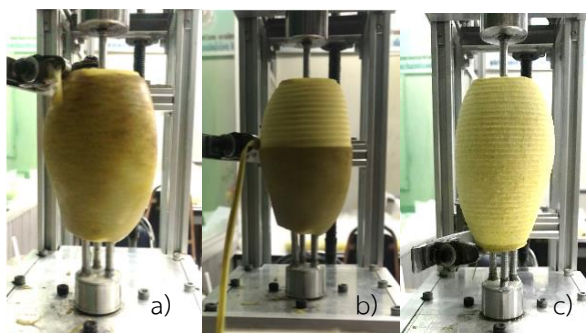


Figure 3 Pickled mango peeling by peeling machine using fruit rotating shaft before peel b) during peel c) after peeled.

2.4 การทดสอบเครื่องปอกมะม่วงดองแบบเพลาหมุนผล

การทดสอบเครื่องปอกโดยใช้ตัวอย่างมะม่วงแก้วดองพันธุ์แก้ว จำนวน 80 ผล โดยการทดสอบความเร็วรอบที่แตกต่างกันของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองและความเร็วเพลาชุดใบมีด 4 ระดับ คือ ความเร็วเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองด้านล่าง 70 85 100 และ 115 rpm ความเร็วเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด 120 150 170 และ 190 rpm โดยทุกการทดสอบจะทำการทดสอบระดับละ 5 ซ้ำ

2.5 การประเมินคุณภาพของมะม่วงดองหลังการปอกเปลือก

การประเมินคุณภาพของมะม่วงดองหลังการปอกเปลือกพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การปอกเปลือก (Percentage of peeling) ซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนของน้ำหนักเปลือกที่ปอกได้ (W_p) ต่อน้ำหนักเปลือกที่ปอกได้ (W_p) รวมกับน้ำหนักเปลือกที่ปอกไม่หมด (W_{up}) ดังสมการ (1) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย (Percentage of loss after peeling) จากอัตราส่วนของน้ำหนักเปลือกที่ปอกไม่หมด (W_{up}) รวมกับน้ำหนักเปลือกที่ปอกได้ (W_p) ต่อน้ำหนักผลมะม่วงดองก่อนปอกเปลือก (W_t) ดังสมการ (2) อัตราการทำงานในการปอกเปลือกมะม่วงดอง (kg h^{-1}) ความลึก (mm) และความกว้างของเปลือกที่ปอก (mm) ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Completely Randomized Design (CRD) แบบ 4x4 Factorial และทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบแบบ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรม SPSS version 11.5

$$\text{Percentage of peeling (\%)} = \frac{W_p \text{ (g)}}{W_p \text{ (g)} + W_{up} \text{ (g)}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Percentage of loss after peeling (\%)} = \frac{W_{up} \text{ (g)} + W_p \text{ (g)}}{W_t \text{ (g)}} \times 100 \quad (2)$$

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลมะม่วงทอง

จากการทดสอบลักษณะทางกายภาพของผลมะม่วงทองพันธุ์แก้วโดยมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 255.40 ± 34.72 g ความยาวของมะม่วงทอง เท่ากับ 92.86 ± 7.05 mm ความกว้างของมะม่วงทอง เท่ากับ 70.20 ± 3.12 mm ความหนาของมะม่วงทอง เท่ากับ 60.73 ± 2.88 mm และผลการทดสอบความแน่นเนื้อของมะม่วงแก้วทองด้วยเครื่อง Universal Testing Machine เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแบบปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก พบว่าค่าความแน่นเนื้อของมะม่วงทองแบบปอกเปลือกมากกว่าแบบไม่ปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่า 2.30 และ 1.26 N mm⁻¹ ตามลำดับ

3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปอกมะม่วงทองแบบเพลาหมุนผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปอกเปลือกมะม่วงทองแบบเพลาหมุนผลที่ระดับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองด้านล่างและความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดทั้ง 4 ระดับ (Table 1) มีความแตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การปอกเปลือกเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเร็วรอบเพลาจับผลมะม่วงทอง 100 rpm ให้เปอร์เซ็นต์การ

ปอกเปลือกมะม่วงทองเฉลี่ยที่ดีที่สุด 95.19% และความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ 120 rpm ให้เปอร์เซ็นต์การปอกเปลือกมะม่วงทองเฉลี่ยที่ดีที่สุด 95.39%

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเพลาชุดใบมีดกับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองในแต่ละระดับพบว่า มีอิทธิพลต่อกัน โดยที่ความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ระดับ 190 rpm เมื่อใช้งานร่วมกับเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองที่ระดับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงทอง 100 และ 115 rpm ให้เปอร์เซ็นต์การปอกเปลือกสูงอย่างมีนัยสำคัญ 97.10% และ 94.81% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองกับความเร็วรอบเพลาชุดใบมีดในแต่ละระดับพบว่า มีอิทธิพลต่อกัน เมื่อพิจารณาที่เพลาหมุนจับผลมะม่วงทองที่ระดับความเร็วรอบเพลาหมุนจับผลมะม่วงทอง 70 และ 85 rpm ใช้งานร่วมกับเพลาชุดใบมีดที่ระดับความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด 120 rpm ให้เปอร์เซ็นต์การปอกเปลือกได้สูงอย่างมีนัยสำคัญ 94.43% และ 97.85% ตามลำดับ ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์การปอกเปลือกสูงกว่าการใช้เครื่องปอกผลไม้โดยใช้ระบบนิวเมติกส์ ที่ทำการทดสอบกับมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์และแคนตาลูปพันธุ์เลดี้ที่ให้เปอร์เซ็นต์การปอกเปลือก 83.43% และ 77.50% ตามลำดับ (Thongsroy, 2012)

Table 1 The performance of the average percentage of peeling area (%) at four different rotational speeds of rotating fruit holding shaft and the screw shaft of sliding knife arm.

The screw shaft of sliding knife arm (rpm)	The rotating fruit holding shaft set at the speed (rpm)				Average
	70	85	100	115	
120	94.43±3.56 ^{ab}	97.85±0.95 ^{ab}	95.66±3.44 ^{aA}	93.61±4.62 ^{aA}	95.39±3.54 ^B
150	92.96±4.64 ^{ab}	92.80±5.73 ^{aAB}	92.64±2.82 ^{aA}	93.88±2.95 ^{aA}	93.08±3.90 ^{AB}
170	93.01±1.75 ^{ab}	95.57±2.80 ^{aAB}	95.35±2.92 ^{aA}	96.73±2.71 ^{aA}	95.17±2.75 ^B
190	83.60±6.13 ^{aA}	89.60±5.05 ^{abA}	97.10±0.88 ^{cA}	94.81±2.69 ^{bcA}	91.28±6.59 ^A
Average	91.01±5.95 ^a	93.96±4.91 ^b	95.19±2.98 ^d	94.76±3.31 ^c	

Note: Difference capital letter superscripts in the same column and lowercase superscripts in the same row indicate that the values are significantly difference ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

เมื่อพิจารณาอัตราการทำงานเฉลี่ยในการปอกเปลือกมะม่วงทองของความเร็วรอบเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองทั้ง 4 ระดับ (Table 2) ไม่มีความแตกต่างของอัตราการปอกเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดมีผลความแตกต่างต่ออัตราการปอกเปลือกมะม่วงทองเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด 190 rpm อัตราการทำงานเฉลี่ยที่มากที่สุด 72.98 kg h^{-1} จากการทดสอบอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด และความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองนั้นพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองและความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด

เมื่อพิจารณาอัตราการทำงานปอกเปลือกมะม่วงทองเมื่อเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองทำงานร่วมกับเพลาหมุนใบมีด พบว่าที่ความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองตัวล่าง 70 rpm และความเร็วรอบเพลาหมุนใบมีด 190 rpm มีอัตราการทำงานปอกเปลือกมะม่วงทอง 74.01 kg h^{-1} เห็นได้ว่า เมื่อระดับความเร็วรอบเพลาชุดใบมีดสูงและระดับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงทองต่ำ ส่งผลให้อัตราการทำงานสูงขึ้น (Table 2) แต่ไม่แสดงผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

Table 2 The average peeling time (s fruit⁻¹) at four different rotational speeds of rotating fruit holding shaft and the screw shaft of sliding knife arm.

The screw shaft of sliding knife arm (rpm)	The rotating fruit holding shaft set at the speed (rpm)				Average
	70	85	100	115	
120	44.97±3.33 ^{aA}	44.43±2.47 ^{aA}	46.11±5.55 ^{aA}	48.63±1.54 ^{aA}	46.04±3.66 ^A
150	59.54±3.87 ^{aB}	56.79±6.55 ^{aB}	52.67±4.13 ^{aAB}	58.53±11.22 ^{aAB}	56.89±7.04 ^B
170	60.02±4.85 ^{aB}	62.39±5.12 ^{aB}	63.38±5.66 ^{aBC}	66.22±5.75 ^{aBC}	63.01±5.42 ^C
190	74.01±7.92 ^{aC}	73.26±6.13 ^{aC}	72.21±12.00 ^{aC}	72.43±4.63 ^{aC}	72.98±7.52 ^D
Average	59.64±11.60 ^a	59.22±11.72 ^a	58.60±12.34 ^a	61.45±11.03 ^a	

Note: Difference capital letter superscripts in the same column and lowercase superscripts in the same row indicate that the values are significantly difference (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือก (Table 3) พบว่าความเร็วรอบเพลาจับผลมะม่วงดอง 70 rpm ให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือกเฉลี่ยที่ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ 5.81% และความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ 190 rpm ให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือกเฉลี่ยที่ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ 5.97% จากการทดสอบอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด และความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองนั้นไม่มีอิทธิพลต่อกันอย่างมี

นัยสำคัญ ที่ความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ระดับ 190 rpm เมื่อใช้งานร่วมกับเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองที่ระดับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดอง 70 rpm ให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือกน้อยที่สุด 5.55% เห็นได้ว่า เมื่อระดับความเร็วรอบเพลาชุดใบมีดสูงและระดับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองต่ำ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือกต่ำขึ้น

Table 3 The average of the percentage of loss from peeling at four different rotational speeds of rotating fruit holding shaft and the screw shaft of sliding knife arm.

The screw shaft of sliding knife arm (rpm)	The rotating fruit holding shaft set at the speed (rpm)				Average
	70	85	100	115	
120	6.19±0.38 ^{aA}	6.59±0.41 ^{abA}	7.25±0.38 ^{bB}	7.23±0.37 ^{bB}	6.82±0.58 ^C
150	5.91±0.41 ^{aA}	6.24±0.26 ^{abA}	6.82±0.23 ^{bAB}	6.31±0.77 ^{abA}	6.32±0.55 ^B
170	5.60±0.37 ^{aA}	6.12±0.32 ^{abA}	6.35±0.33 ^{bA}	6.34±0.55 ^{bA}	6.10±0.48 ^{AB}
190	5.55±0.49 ^{aA}	5.93±0.39 ^{aA}	6.23±0.53 ^{aA}	6.16±0.28 ^{aA}	5.97±0.48 ^A
Average	5.81±0.46 ^a	6.22±0.41 ^b	6.66±0.54 ^c	6.51±0.65 ^c	

Note: Difference capital letter superscripts in the same column and lowercase superscripts in the same row indicate that the values are significantly difference (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

เมื่อพิจารณาความลึกของเปลือกที่ปอกได้ (Table 4) หรือการกินเนื้อของใบมีดปอก พบว่าที่ความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันของความลึกของเปลือกเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าความเร็วรอบของเพลาจับผลมะม่วงดองที่ระดับต่างกันแสดงค่าความลึกของเปลือกที่ปอกได้เฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเร็วรอบเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองด้านล่างที่ 70 rpm ซึ่งให้ความลึกของเปลือกที่ปอกได้เฉลี่ยน้อยที่สุด 0.81 mm จากการทดสอบอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด และความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองนั้นพบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดและความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผล

มะม่วงดอง โดยความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดอง 115 rpm เมื่อใช้งานร่วมกับชุดใบมีดที่ระดับความเร็วรอบ 120 rpm ให้ความลึกของเปลือกที่ปอกได้น้อยที่สุด 0.76 mm เห็นได้ว่า เมื่อระดับความเร็วรอบเพลาชุดใบมีดต่ำและระดับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองสูง ส่งผลให้ความลึกของเปลือกที่ปอกได้น้อย อย่างไรก็ตามในขณะปฏิบัติงานจริง ผู้ใช้งานจำเป็นต้องพิจารณาความลึกไม่ให้มากเกินไป เนื่องจากหากใบมีดกินเนื้อมะม่วงดองน้อยเกินไปจะทำให้เปลือกยังติดอยู่ แต่หากใบมีดกินเนื้อลึกเกินไป ทำให้เกิดร่องลึกและเปลือกติดเนื้อมะม่วงมากเกินไปก่อให้เกิดความสูญเสียเนื้อมาก

Table 4 The average percentage depth peeling at four different rotational speeds of rotating fruit holding shaft and the screw shaft of sliding knife arm.

The screw shaft of sliding knife arm (rpm)	The rotating fruit holding shaft set at the speed (rpm)				Average
	70	85	100	115	
120	0.83±0.05 ^{abA}	0.92±0.11 ^{bA}	0.79±0.07 ^{abA}	0.76±0.05 ^{aA}	0.83±0.09 ^A
150	0.78±0.10 ^{aA}	0.99±0.04 ^{bA}	0.88±0.04 ^{abA}	0.83±0.09 ^{aA}	0.88±0.11 ^A
170	0.76±0.12 ^{aA}	0.93±0.07 ^{bA}	0.92±0.08 ^{bA}	0.86±0.04 ^{abA}	0.87±0.10 ^A
190	0.84±0.14 ^{aA}	0.91±0.07 ^{aA}	0.87±0.12 ^{aA}	0.89±0.05 ^{aA}	0.88±0.10 ^A
Average	0.81±0.11 ^a	0.94±0.08 ^c	0.87±0.09 ^b	0.84±0.08 ^{ab}	

Note: Difference capital letter superscripts in the same column and lowercase superscripts in the same row indicate that the values are significantly difference ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

เมื่อพิจารณาความกว้างของเปลือกที่ปอกได้ หรือความกว้างของการกินเนื้อของใบมีดปอก (Table 5) พบว่า ความเร็วรอบเพลาจับผลมะม่วงดอง 115 rpm ให้ความกว้างของเปลือกที่ปอกได้เฉลี่ยที่น้อยที่สุด 4.21 mm และความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ 120 rpm ให้ความกว้างของเปลือกที่ปอกได้เฉลี่ยที่น้อยที่สุด 4.31 mm อย่างมีนัยสำคัญ จากการทดสอบอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีด และความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองนั้นพบว่าไม่มีอิทธิพล

ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเร็วรอบของเพลาเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ระดับ 120 rpm เมื่อใช้งานร่วมกับเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองที่ระดับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดอง 115 rpm ให้ความกว้างของเปลือกที่ปอกได้น้อยที่สุดที่ 3.71 mm เห็นได้ว่าเมื่อระดับความเร็วรอบเพลาชุดใบมีดต่ำและระดับความเร็วรอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองสูง ส่งผลให้ความกว้างของเปลือกที่ปอกได้น้อยลง ทำให้ใบมีดไม่กินเนื้อของมะม่วงดองทับในส่วนที่ปอกไปแล้ว

Table 5 The average percentage width peeling at four different rotational speeds of rotating fruit holding shaft and the screw shaft of sliding knife arm.

The screw shaft of sliding knife arm (rpm)	The rotating fruit holding shaft set at the speed (rpm)				Average
	70	85	100	115	
120	4.80±0.21 ^{bA}	4.32±0.31 ^{bA}	4.40±0.27 ^{bA}	3.71±0.43 ^{aA}	4.31±0.50 ^A
150	5.66±0.24 ^{CB}	5.11±0.33 ^{bB}	4.53±0.40 ^{abC}	4.37±0.17 ^{ab}	4.92±0.59 ^B
170	5.60±0.20 ^{CB}	5.18±0.23 ^{bB}	4.94±0.06 ^{abAB}	4.28±0.24 ^{ab}	5.00±0.52 ^B
190	6.02±0.26 ^{CB}	5.82±0.32 ^{bC}	5.40±0.14 ^{abC}	4.47±0.32 ^{ab}	5.43±0.66 ^C
Average	5.52±0.51 ^a	5.11±0.61 ^b	4.82±0.47 ^c	4.21±0.42 ^d	

Note: Difference capital letter superscripts in the same column and lowercase superscripts in the same row indicate that the values are significantly difference ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

3.3 ผลการพิจารณาเปรียบเทียบเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องปอกมะม่วงดองแบบเพลาหมุนผลกับการปอกด้วยแรงงานคน

จากผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การปอกเปลือกได้สูงสุด อัตราการทำงานสูงสุด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือกน้อยที่สุด ความลึกของเปลือกที่ปอกได้น้อยที่สุด และความกว้างของเปลือกที่ปอกได้น้อยที่สุดแสดงดัง Table 1- Table 5 ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่หากพิจารณาเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องปอกมะม่วงดองแบบเพลาหมุนผลตามลำดับความสำคัญจากเปอร์เซ็นต์การปอกเปลือกได้ อัตราการทำงาน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือก ความลึกของเปลือก และความกว้างของเปลือก ตามลำดับ พบว่าเงื่อนไขที่ความเร็ว

รอบของเพลาหมุนจับผลมะม่วงดองตัวล่าง 100 rpm และความเร็วรอบเพลาหมุนใบมีด 190 rpm มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการไปใช้งาน โดยมีเปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่ปอกได้ 97.10% อัตราการทำงานที่ 72.21 kg h⁻¹ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือก 6.23% ความลึกของเปลือกที่ปอกได้ 0.87 mm และความกว้างของเปลือกที่น้อยลง 5.40 mm ซึ่งพบว่าให้เปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่ปอกได้สูง อัตราการทำงานมากตรงตามวัตถุประสงค์ มีอัตราการทำงานที่มากกว่าแรงงานคนทั่วไปที่ทำได้ 13.91 kg h⁻¹ แต่ให้อัตราการทำงานที่น้อยกว่าการปอกด้วยแรงงานคนที่มีความชำนาญในการปอกเปลือกที่ทำได้ 77.58 kg h⁻¹ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียที่ยอมรับได้ และลักษณะของเนื้อผลมะม่วงดองหลังจากการปอกสวยงามไม่กินเนื้ออีกเกินไป

เปลือกที่ปอกได้มีความหนาน้อยกว่าแรงงานคนที่มีความชำนาญงานซึ่งปอกหนา 2.5 mm ความกว้างของเปลือกที่ปอกได้ไม่กว้างเกินไปไม่มีการกินเนื้อในส่วนที่ปอกไปแล้วติดมากับเปลือกด้วย และมีลักษณะเนื้อสวยงามใกล้เคียงกับการใช้คนปอกมากที่สุด โดยไม่ต้องมีการตัดแต่งเนื้อเพิ่ม เพราะฉะนั้นจึงเป็นความเร็วรอบของเพลที่เหมาสมกับการใช้ปฏิบัติงานจริง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการยอมรับได้ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์มะม่วงดองหลังปอกเปลือกด้วยเครื่องปอกมะม่วงดองแบบเพลหมุนผลต่อไป

4 สรุป

เครื่องปอกมะม่วงดองแบบเพลหมุนที่สร้างขึ้นสามารถปอกเปลือกมะม่วงดองได้ มีความสม่ำเสมอของผลผลิตหลังปอก โดยมีเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ความเร็วรอบเพลหมุนจับผลมะม่วงดอง 100 rpm และความเร็วรอบของชุดเพลเกลียวเลื่อนชุดใบมีดที่ 190 rpm ให้เปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่ปอกได้สูง 97.10% ให้อัตราการทำงานสูง 72.21 kg h⁻¹ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการปอกเปลือก 6.23% ความลึกของเปลือกที่ปอกได้ 0.87 mm และความกว้างของเปลือกที่ปอกได้ที่ 5.40 mm สามารถเพิ่มกำลังในการผลิตทดแทนแรงงานที่ไม่มีทักษะการปอกเปลือกมะม่วงดองได้ ซึ่งให้อัตราการทำงานที่มากกว่าแรงงานคนทั่วไปที่ทำได้ 13.91 kg h⁻¹ แต่ให้อัตราการทำงานที่น้อยกว่าการปอกด้วยแรงงานคนที่มีความชำนาญในการปอกเปลือกที่ทำได้ 77.58 kg h⁻¹

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สัญญาเลขที่ ร.ม. 2260 และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่กรุณาสับสนุนงบประมาณวิจัยในครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

Agricultural Extension Media Group, Office of Technology Transfer Development, Department of Agricultural Extension. 2004. Mango products. Available at: www.arda.or.th/datas/file/1473755018.pdf. Accessed on 16 August 2019.

Noonum, S. 2016. Development of a taro peeler. Master's Thesis. Pathum Thani, Thailand: Department of Agricultural Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.

Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2016. The value of exports of mangoes in containers. Available at

http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. Accessed on 20 February 2017.

- Olukunle, O.J., Jimoh, M.O. 2012. Comparative analysis and performance evaluation of three cassava peeling machines. *International Research Journal of Engineering Science* 1 (4), 94-102.
- Rojanaphonthip, J. 2015. Technologychaoban "Woraporn" Delicious processed mango of Padriew city. Available at: <http://info.matichon.co.th/techno/techno.php?srctag=05105150858&srcday=2015-08-15&search=no>. Accessed on 1 August 2019.
- Singh, V., Verma, D.K., Singh, G. 2013. Development of Pineapple Peeler-cum-Slicer. *Popular Kheti* 1 (2), 21-24.
- Sirisomboon, P., Pornchaloempong, P. 2011. Instrumental Textural Properties of Mango (c.v Nam Doc Mai) at Commercial Harvesting Time. *International Journal of Food Properties* 14, 441-449.
- Thivavarnvongs, T., Nuboon, T. 2006. The development and evaluation of a peeling machine for cassava. *Agricultural Science Journal* 37 (2 (Suppl.)), 182-185.
- Thongsroy, B. 2012. Design and Fabrication of fruit peeling machine using pneumatics system. Master's Thesis. Bangkok, Thailand: Department of Agricultural Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.