การพัฒนาออกแบบเครื่องปอกมะม่วงดองเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปมะม่วงดอง
Design and Development of Pickled Mango Peeler to Enhance Value Added for Its Affiliated Products

อิศราวุฒิ บุญแก้ว[1] สุดสายสิน แก้วเรือง[1,*] ศุภกิตต์ สายสุนทร[1] และ รติยา ธุวพาณิชยานันท์[1]

Issarawut Boonkaew[1] , Sudsaisin Kaewrueng[1,*], Supakit Sayasoonthorn[1] and Ratiya Thuwapanichayanun[1]

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[1] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

รับเรื่อง: 10 เมษายน 2563 Received: 10 April 2020
ปรับแก้ไข: 25 พฤษภาคม 2563 Revised: 25 May 2020
รับตีพิมพ์: 29 พฤษภาคม 2563 Accepted: 29 May 2020

* Corresponding author: agrskr@ku.ac.th

ABSTRACT: Design of a pickled mango peeler using 4 – set of knives blade rotor, driven by 0.5 hp of 3–phase motors individually. In peeling test, 4 parameters were designed, i.e., knife speeds of 200, 225, 250 and 275 rpm, blade knife height at 2.5 and 3.0 mm, stirring control at 65 and 70 rpm, and test without and with water sprayed. The accepting criteria will be based on the average weight loss at 12–15 percent and the average peeling depth of 1.75–3.00 mm. It was revealed that treatment T12 (without water) with knife speed at 275 rpm, blade knife height 2.5 mm, stirring control 70 rpm, met the optimum with average weight loss 14.40 ± 3.92 percent and average peeling depth 2.98 ± 0.48 mm. The best operation result was in T21 (using water sprayed) and revealed that knife speed 200 rpm, blade knife height 3.0 mm, stirring control 65 rpm, got average with weight loss 13.70 ± 1.40 percent and average peeling depth 2.57 ± 1.25 mm. At the best condition capacity of peeling was 60 kg/h with 0.30 unit of power consumed. If the electricity price is 3.76 Baht per kW – h, the cost is only 1.13 Baht per 60 kg comparing to manual peeling at 26.85 kg/h. So the capacity is around 2.23 times faster than manual peeling. Payback return is in 91 days at 480 kg/d of production rate.

Keywords: Pickled mango peeler, peeling without water, peeling with water sprayed

Agricultural Sci. J. (2019) Vol. 50(3): 268–283 ว. วิทย. กษ. (2562) 50(3): 268–283

บทคัดย่อ

การออกแบบเครื่องปอกมะม่วงดองโดยใช้ใบมีดติดบนจานหมุน 4 ตัว ตัวละ 3 ใบมีด ใช้ มอเตอร์ 3 เฟส 0.5 แรงม้า 4 ตัว ขับจานหมุนเป็นอิสระต่อกัน ทดลองหาเงื่อนไขการทำงานโดยแปรผัน 4 ปัจจัยหลัก ควบคุมความเร็วใบมีดด้วยอินเวอร์เตอร์ ที่ 4 ระดับ 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที ความสูงใบมีดปอกที่ 2.5 และ 3.0 มิลลิเมตร ใช้เกียร์มอเตอร์ 1 เฟส 25 วัตต์ ขับใบกวน ควบคุมความเร็วด้วย speed control ที่ 65 และ 70 รอบต่อนาที ทดลองแบบไม่ใช้น้ำและแบบใช้น้ำหล่อเลี้ยงในถังปอก ที่เวลาปอก 4 นาที การยอมรับการปอกจะใช้เกณฑ์ การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยที่ 12–15 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักผลก่อนปอก และ ความลึกการปอกเฉลี่ยที่ 1.75–3.00 มิลลิเมตร พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ T12 (ไม่ใช้น้ำ) เมื่อใบมีดปอกที่ 275 รอบต่อนาที ความสูงใบมีด 2.5 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 70 รอบต่อนาที มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 14.40 ± 3.92 เปอร์เซ็นต์ ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.98 ± 0.48 มิลลิเมตร และพบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์เหมาะสมดีที่สุดคือ T21 (ใช้น้ำหล่อ) เมื่อใบมีดปอกที่ 200 รอบต่อนาที ความสูงใบมีด 3.0 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 65 รอบต่อนาที มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 13.70 ± 1.40 เปอร์เซ็นต์ ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.57 ± 1.25 มิลลิเมตร เครื่องสามารถปอกได้ 60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้พลังงาน 0.30 หน่วยต่อชั่วโมง หากค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.76 บาท จ่ายเพียง 1.13 บาท ต่อ 60 กิโลกรัม คนสามารถปอกได้ 26.85 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นเครื่องปอกได้เร็วกว่าถึง 2.23 เท่า โดยเครื่องปอกมีระยะเวลาคืนทุน ภายใน 91 วัน ที่อัตราการผลิต 480 กิโลกรัมต่อวัน

คำสำคัญ: เครื่องปอกมะม่วงดอง, ปอกแบบไม่ใช้น้ำ, ปอกแบบใช้น้ำเลี้ยง

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่นิยมปลูกกันมากในทุกภาคของประเทศไทย และคนไทยส่วนใหญ่รู้จักการแปรรูปมะม่วงสดด้วยการดอง (Brecht, 1995) เพื่อเก็บรักษาได้นานเพื่อนำไปจำหน่าย ทั้งนี้ ต้องผ่านการดองที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากนั้นจึงนำมาทำการแปรรูปปอกเปลือกออกแล้วนำไปแช่อิ่มหรือปรุงแต่งรสแล้วบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่าย (Somsen *et al*., 2004) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเครื่องปอกเปลือกผลผลิตทางการเกษตรในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การปอกเปลือกฝักทองโดยการขัดผิว (Emadi *et al*., 2007) เครื่องปอกเปลือกมันฝรั่ง (Singh and Shukla, 1995) การปอกมันฝรั่งจะหมุนแยกเปลือกออกจากกันโดยการขัดถูพ่นน้ำให้เปลือกออกจากถังพร้อมกับการไหลของน้ำ ประสิทธิภาพการปอกเปลือกและการสูญเสียเปลือกที่ 78 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สามารถปอกได้100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การปอกเปลือกนั้นถือว่าเป็นหนึ่งในกระบวนการแปรรูปผลไม้ที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และยังคงใช้แรงงานมาก ขาดแคลนเครื่องจักรกลที่ใช้ปอก ผลมะม่วงของไทยที่มีรูปทรงรีมากกว่าสายพันธุ์ต่างประเทศที่มีรูปทรงผลค่อนข้างกลม นับเป็นปัญหาทางธุรกิจและปัญหาเชิงเทคนิคที่ต้องพัฒนาเครื่องปอกและทดลองหาเงื่อนไขการทำงานของเครื่องปอกให้สามารถปอกเปลือกได้สมบูรณ์มากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย (1) มะม่วงดองพันธุ์โชคอนันต์ (2) มอเตอร์ 3 เฟส 0.5 แรงม้า จำนวน 4 ตัว (3) อุปกรณ์ควบคุมความเร็วใบมีด (อินเวอร์เตอร์) (4) เกียร์มอเตอร์ 1 เฟส 25 วัตต์ จำนวน 1 ตัว (5) อุปกรณ์ควบคุมความเร็วใบกวน

(Speed control) (6) เครื่องวัดความเร็วรอบ (7) มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า (8) เครื่องวัดค่าความแน่นเนื้อของผลไม้ (9) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (10) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (11) แผ่นรองปรับความสูงใบมีด (12) ท่อพ่นน้ำเลี้ยง (13) marker ผลมะม่วงดอง (ทำจากหนังยาง) (14) เข็มหมุดปลายแหลม (15) นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล และ (16) แบบบันทึกข้อมูล

การศึกษาลักษณะทางกายภาพมะม่วงดองพันธุ์โชคอนันต์

การวัดหาค่าความแน่นเนื้อมะม่วงดอง (Jha *et al*., 2010) โดยใช้เครื่องวัดค่าความแน่นเนื้อของผลไม้ ด้วยหัวกดแบบทรงกรวยขนาด bass diameter 12 มิลลิเมตร height 10 มิลลิเมตร วัดบริเวณกึ่งกลางระหว่างปลายกับขั้วผล ผ่านเปลือก วัดค่าผลละ 2 จุด กดให้หัวรับแรงกดจมลงในเนื้อของผลไม้ลึก 5 มิลลิเมตร การรายงานผลจะรายงานในหน่วยแรงกดต่อระยะกด (N/mm) โดย penetrometer จะแสดงค่าความแน่นเนื้อเป็น kg mass ให้คูณด้วย 9.81 m/s^2 จะได้ หน่วยแรงกด Newton แล้วหารด้วยระยะกด (Figure 1a)

(a) (b) (c)

Figure 1 Testing of physical property of pickled mango; firmness (N/mm2) (a), weight before peeling (b) and weight after peeling (c)

การหาค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss, %) เปรียบเทียบโดยน้ำหนักก่อนปอกและหลังปอก (Figure 1b) และ (Figure 1c) ดังสมการที่ 1 (Willard, 1971) และการหาค่าเฉลี่ยความลึกการปอก (Stripping depth, mm) โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Mohsenin, 1970) วัดความกว้างและความหนาบริเวณกึ่งกลางแก้มผลที่โตสุด (มิลลิเมตร) (Figure 2a) ตามสมการที่ 2 ก่อนปอกและหลังปอก (Figure 2b) และ (Figure 2c) และคำนวณค่าตามสมการที่ 3 (Singh and Shukla, 1995)

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{\text{wt. before peeling} - \text{wt. after peeling}}{\text{wt. before peeling}} \times 100 \quad (1)$$

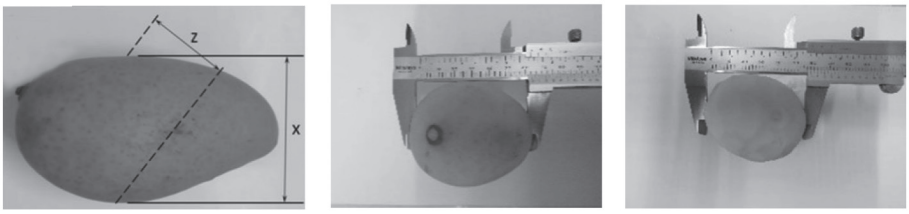
$$\text{Ø}_{avg} = \frac{(x + z)}{2} \quad (2)$$

Ø_{avg} = diameter of the pickled mango (mm)

x = width of the pickled mango (mm)

z = thickness of the pickled mango (mm)

$$\text{Stripping depth (mm)} = \frac{\text{Ø}_{avg}.\text{ before peeling} - \text{Ø}_{avg}.\text{ after peeling}}{2} \quad (3)$$

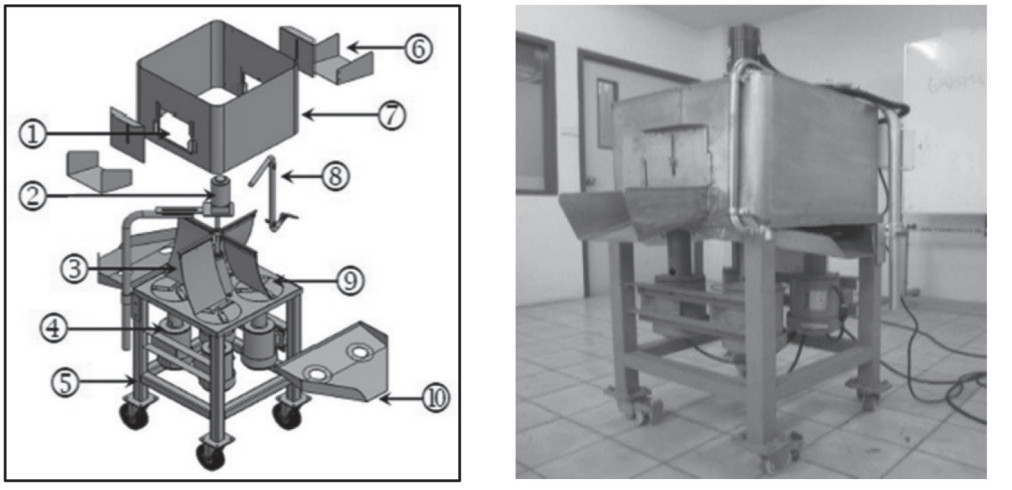


(a) (b) (c)

Figure 2 Determining average peeling depth (mm) (a)diameter measurement (b) diameter before peeling (c) diameter after peeling

การออกแบบเครื่องปอกมะม่วงดอง

การออกแบบเครื่องปอกมะม่วงดอง (Figure 3a) ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่สำคัญ คือ ① ถาดป้อนทำหน้าที่เป็นช่องสำหรับป้อนมะม่วงดองเข้าเครื่อง ② เกียร์มอเตอร์ 1 เฟส 25 วัตต์ จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่ขับใบกวน ③ ใบกวนมีขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร ทำจากแผ่นยางซิลิโคน กว้าง 190 มิลลิเมตร สูง 301.50 มิลลิเมตร จำนวน 4 ใบ ทำหน้าที่ช่วยให้ผลพลิกตัวขณะปอก ④ มอเตอร์ 3 เฟส 0.5 แรงม้า จำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่ขับจานหมุนใบมีดปอก ⑤ โครงยึดส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง ทำจากเหล็กฉาก ขนาด 45 x 45 x 4 มิลลิเมตร กว้าง 500 มิลลิเมตร สูง 600 มิลลิเมตร ⑥ ถาดรองผลออกทำหน้าที่เป็นช่องทางสำหรับนำผลมะม่วงดองออกจากเครื่อง ⑦ ถังปอกเป็นทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสทำจากแผ่นสแตนเลสบุผิวหนา 1.5 มิลลิเมตร กว้าง 500 มิลลิเมตร สูง 370 มิลลิเมตร ติดตั้งจานใบมีดปอกที่ผิวพื้นถังปอก ⑧ ท่อพ่นน้ำเลี้ยงทำจากท่อกลมสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.15 มิลลิเมตร ทำหน้าที่พ่นน้ำขณะทดลองการปอกแบบใช้น้ำเลี้ยง ⑨ จานติดตั้งใบมีดทำจากสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ยึดใบมีดปอกขนาดความ กว้าง 22 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร จำนวน 3 ใบ ทำมุม 60 องศากับจุดศูนย์กลางของจานสามารถปรับความสูงต่ำของใบมีดด้วยแผ่นรอง ⑩ ถาดรองเปลือกทำหน้าที่รองรับเปลือกมะม่วงดองหลังปอก



(a) (b)

Figure 3 Prototype of mango peeling machine (a) assembling parts (b) photo of built machine

แผนการวิจัยการทดลอง

แผนการทดลองกำหนดแบบมีพารามิเตอร์หลัก 4 ตัวแปรคือ (1) ความเร็วรอบการทำงานใบมีดปอก 4 ระดับ คือ 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (2) ความสูงใบมีดเหนือผิวจาน 2 ระดับ คือ 2.5 และ 3.0 มิลลิเมตร (3) ความเร็วรอบของใบกวน 2 ระดับคือ 65 และ 70 รอบต่อนาที (4) การพ่นน้ำหล่อเลี้ยง 2 แบบคือ การทดลองแบบไม่พ่นน้ำและแบบพ่นน้ำหล่อเลี้ยง (Table 1) กำหนดแผนการทดลองเป็น 4 × 2 × 2 × 2 Factorial in CRD ทำการทดลองทั้งหมด 32 ทรีตเมนต์ (T1–T32) ทรีตเมนต์ละ 18 ผล วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างน้ำหนักก่อนปอกและหลังปอกเพื่อหาค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักโดยใช้เกณฑ์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยที่ 12–15 เปอร์เซ็นต์ ความลึกการปอกเฉลี่ยที่ 1.75–3.00 มิลลิเมตร และเกณฑ์คุณภาพการปอกเกลี้ยงสมบูรณ์หรือมีตำหนิเกิดกับผลน้อยที่สุดเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้

Table 1 Experimental design and treatment

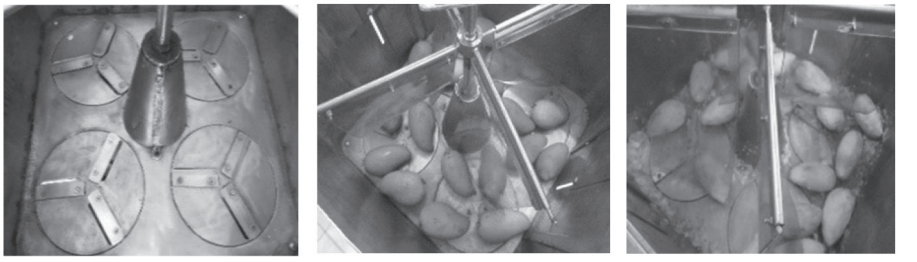
Non – water sprayed				With water sprayed			
Treatment	Blade Speed (rpm)	Blade Height (mm)	Stirring speed (rpm)	Treatment	Blade Speed (rpm)	Blade Height (mm)	Stirring speed (rpm)
T1/T17	200	2.5	65	T9/T25	200	2.5	70
T2/T18	225	2.5	65	T10/T26	225	2.5	70
T3/T19	250	2.5	65	T11/T27	250	2.5	70
T4/T20	275	2.5	65	T12/T28	275	2.5	70
T5/T21	200	3.0	65	T13/T29	200	3.0	70
T6/T22	225	3.0	65	T14/T30	225	3.0	70
T7/T23	250	3.0	65	T15/T31	250	3.0	70
T8/T24	275	3.0	65	T16/T32	275	3.0	70

การเปรียบเทียบสมรรถนะการปอกกับแรงงานคน

การปอกด้วยมีดปอกเพื่อหาสมรรถนะการปอกที่เหมาะสมโดยทดลองปอกที่เวลาปอก 4 นาทีเท่ากันกับการปอกด้วยเครื่อง เสร็จแล้วคำนวณ เพื่อหาค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักและค่าเฉลี่ยความลึกการปอก พบค่าเฉลี่ยการปอกด้วยมีด น้ำหนักก่อนปอก 242.96 ± 62.34 หลังปอก 209.54 ± 53.60 กรัม เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 60.06 ± 5.49 หลังปอก 55.44 ± 5.35 มิลลิเมตร มีการสูญเสียน้ำหนัก 13.74 ± 0.71 เปอร์เซ็นต์ ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.31 ± 0.36 มิลลิเมตร ประเมินอัตราการปอกด้วยมือได้ 26.85 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากนั้นทดลองการทำงานของเครื่องในแต่ละทรีตเมนต์โดยการเดินเครื่องปอก 4 นาที ทุกทรีตเมนต์ เปรียบเทียบค่าสมรรถนะการปอกกับเกณฑ์การยอมรับ

การทำงานของเครื่องปอกมะม่วงดอง

เครื่องปอกมะม่วงดอง (Figure 3b) กรณีการปอกแบบไม่ใช้น้ำจะปิดวาล์วควบคุมน้ำและกรณีการปอกแบบใช้น้ำเลี้ยงจะเปิดวาล์วควบคุมน้ำเพื่อพ่นน้ำหล่อเลี้ยงในถังปอก การติดตั้งใบมีด (Figure 4a) ติดบนจานใบมีดปอก 4 ตัว ตัวละ 3 ใบมีด ปรับความสูงด้วยแผ่นรองที่ 2.5 และ 3.0 มิลลิเมตร ใช้ อินเวอร์เตอร์และเครื่องวัดความเร็วรอบเพื่อกำหนด รอบการทำงานใบมีดปอกที่ 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที ใช้ speed control และเครื่องวัดความเร็วรอบเพื่อกำหนดรอบการทำงานชุดขับใบกวนที่ 65 และ 70 รอบต่อนาที ชั่งน้ำหนัก หาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง วัดค่าความแน่นเนื้อมะม่วงดอง และติดตั้ง marker ที่ผล นำมะม่วงดองลงถังปอกจับเวลาการปอก 4 นาที (Figure 4b) วัดค่าบันทึกและสังเกตลักษณะผลมะม่วงดองหลังปอก (Figure 4c)



(a) (b) (c)

Figure 4 Illustration of performance test run (a) installation of peeler blades (b) during peeling (c) pickled mango after peeling

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะทางกายภาพของผลมะม่วงดอง

มะม่วงดองพันธุ์โชคอนันต์ที่ใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้ วัดค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยระหว่าง 0.36 ± 0.08 ถึง 0.41 ± 0.06 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ จำแนกได้ 3 ขนาดคือ เล็ก กลาง ใหญ่ โดยผลขนาดเล็กน้ำหนักระหว่าง 100–200 กรัม พบว่า มีน้ำหนักเฉลี่ย 183.17 ± 16.18 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 61.97 ± 3.44 มิลลิเมตร ความยาวผลเฉลี่ย 107.70 ± 5.56 มิลลิเมตร ผลขนาดกลางมีน้ำหนักระหว่าง 201–275 กรัม พบว่า มีน้ำหนักเฉลี่ย 226.99 ±17.48 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 65.08 ± 3.69 มิลลิเมตร ความยาวผลเฉลี่ย 113.08 ± 5.61 มิลลิเมตร และ ผลขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำหนักระหว่าง 276–350 กรัม พบว่า มีน้ำหนักเฉลี่ย 299.87 ± 19.95 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 71.42 ± 3.59 มิลลิเมตร ความยาวผลเฉลี่ย 121.78 ± 4.45 มิลลิเมตร และ มีสัดส่วนจำนวนผลขนาดเล็ก กลางและใหญ่ที่พบจากตัวอย่างทั้งหมด 576 ผลเป็น 7.47 : 6.68 : 1 ตามลำดับ

สมรรถนะการทำงานของเครื่องกรณีการปอกแบบไม่ใช้น้ำ

กรณีคงที่ค่าความสูงใบมีด 2.5 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 65 รอบต่อนาที และแปรผันความเร็วใบมีดปอก 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (ทรีตเมนต์ T1–T4) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ (Figure 6a) พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ การทดลองที่ T2 และ T3 เมื่อรอบการทำงานใบมีดปอก 225 และ 250 รอบต่อนาที น้ำหนักก่อนปอก 243.61 ± 47.40 และ 250.56 ± 38.11 กรัม หลังปอก 213.33 ± 40.26 และ 213.89 ± 35.67 กรัม มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 12.26 ± 4.25 และ 14.93 ± 2.63 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 65.57 ± 4.23 และ 66.70 ± 5.02 มิลลิเมตร หลังปอก 60.51 ± 5.52 และ 61.43 ± 4.79 มิลลิเมตร ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.53 ± 1.20 และ 2.63 ± 0.44 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบ ลักษณะหลังการปอก T2 เนื้อผลถูกเฉือนน้อย ปอกผิวไม่เกลี้ยงบริเวณกลางผลและขั้วผล เห็นได้ว่า T3 ใบมีดเฉือนเนื้อได้ที่ระดับพอดี มีประสิทธิภาพปอกได้อย่างสวยงามผิวเรียบผลเกลี้ยงสะอาดกว่า

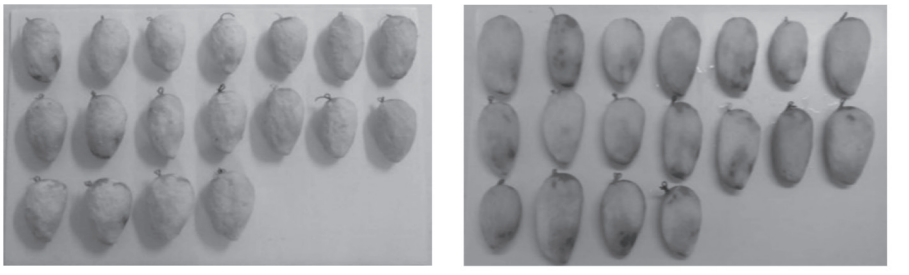
Table 2 Analysis of variability for non – water sprayed treatments

Treatment	Weight (g)		Weight loss (%)	Diameter (mm)		Weight loss (%)
	Before peeling	After peeling		Before peeling	After peeling	
T1	215.28 ± 26.81^{a}	193.61 ± 25.08^{a}	10.10 ± 1.50^{a}	61.90 ± 2.37^{a}	59.16 ± 2.66^{a}	1.37 ± 0.75^{a}
T2	243.61 ± 47.40^{b}	213.33 ± 40.26^{a}	12.26 ± 4.25^{a}	65.57 ± 4.23^{a}	60.51 ± 5.52^{a}	2.53 ± 1.20^{b}
T3	250.56 ± 38.11^{b}	213.89 ± 35.67^{a}	14.93 ± 2.63^{b}	66.70 ± 5.02^{b}	61.43 ± 4.79^{a}	2.63 ± 0.44^{b}
T4	227.78 ± 44.66^{ab}	192.22 ± 36.39^{a}	15.33 ± 4.78^{b}	65.33 ± 4.76^{b}	59.33 ± 3.97^{a}	3.00 ± 1.14^{b}
T5	218.61 ± 17.89^{b}	192.50 ± 17.43^{c}	11.98 ± 1.71^{a}	61.64 ± 5.03^{a}	58.22 ± 4.78^{ab}	1.71 ± 0.38^{a}
T6	185.00 ± 25.72^{a}	153.89 ± 22.33^{a}	16.50 ± 8.33^{b}	63.32 ± 2.12^{ab}	59.01 ± 2.41^{b}	2.16 ± 0.72^{a}
T7	216.94 ± 18.08^{b}	172.22 ± 14.17^{b}	20.51 ± 4.06^{c}	62.29 ± 2.99^{ab}	56.18 ± 3.10^{a}	3.05 ± 1.09^{b}
T8	209.17 ± 25.85^{b}	161.67 ± 27.65^{ab}	23.02 ± 4.37^{c}	64.70 ± 3.56^{b}	57.03 ± 4.05^{ab}	3.84 ± 0.93^{c}
T9	229.44 ± 41.65^{b}	204.17 ± 40.01^{b}	11.10 ± 4.36^{a}	66.18 ± 4.49^{a}	63.22 ± 4.81^{c}	1.48 ± 0.35^{a}
T10	228.89 ± 32.16^{b}	201.11 ± 24.47^{b}	11.87 ± 3.26^{a}	64.32 ± 4.50^{a}	60.41 ± 4.45^{bc}	1.95 ± 0.53^{b}
T11	216.67 ± 40.44^{b}	188.61 ± 34.03^{b}	12.85 ± 1.85^{ab}	64.81 ± 4.58^{a}	59.57 ± 5.04^{ab}	2.62 ± 0.81^{c}
T12	192.78 ± 21.30^{a}	164.72 ± 16.76^{a}	14.40 ± 3.92^{b}	63.26 ± 2.80^{a}	57.27 ± 2.75^{a}	2.98 ± 0.48^{c}
T13	207.50 ± 40.19^{a}	175.83 ± 35.57^{a}	15.20 ± 1.93^{a}	64.31 ± 3.66^{a}	60.61 ± 4.03^{b}	1.85 ± 0.72^{a}
T14	218.06 ± 38.96^{a}	182.78 ± 31.35^{a}	16.12 ± 3.06^{a}	64.75 ± 4.62^{a}	60.41 ± 4.85^{b}	2.18 ± 0.50^{a}
T15	210.00 ± 29.90^{a}	168.33 ± 23.58^{a}	19.80 ± 3.25^{b}	65.11 ± 4.06^{a}	59.01 ± 4.14^{b}	3.05 ± 0.50^{b}
T16	223.33 ± 30.68^{a}	165.00 ± 22.56^{a}	26.08 ± 2.96^{c}	65.11 ± 4.06^{a}	55.49 ± 3.10^{a}	4.29 ± 0.58^{c}

$^{a, b, c}$ Average figures of different character in the same column show significant difference at statistical confidence of 95%

กรณีคงที่ค่าความสูงใบมีด 3.0 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 65 รอบต่อนาที และแปรผันความเร็วใบมีดปอก 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (ทรีตเมนต์ T5–T8) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ (Figure 6b) ไม่พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม พบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและความลึกการปอกเฉลี่ยต่ำสุด คือ T5 และ ค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ T8 เมื่อรอบการทำงานใบมีดปอก 200 และ 275 รอบต่อนาที น้ำหนักก่อนปอก 218.61 ± 17.89 และ 209.17 ± 25.85 กรัม หลังปอก 192.50 ± 17.43 และ 161.67 ± 27.65 กรัม มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 11.98 ± 1.71 และ 23.02 ± 4.37 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 61.64 ± 5.03 และ 64.70 ± 3.56 มิลลิเมตร หลังปอก 58.22 ± 4.78 และ 57.03 ± 4.05 มิลลิเมตร ความลึกการปอกเฉลี่ย 1.71 ± 0.38 และ 3.84 ± 0.93 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบลักษณะหลังการปอก T5 ใบมีดเฉือนเนื้อได้ที่ระดับพอดีสามารถปอกเปลือกได้เกลี้ยงแต่ผลมีรอยการปอกเป็นร่องลึก บริเวณกลางผล ไม่สวยงาม และ T8 ใบมีดเฉือนเนื้อลึกเกินไปทำให้เกิดความสูญเสียเนื้อมากบริเวณกลางผลและบริเวณปลายผลผิวไม่เรียบไม่สวยงาม

กรณีคงที่ค่าความสูงใบมีด 2.5 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 70 รอบต่อนาที และแปรผันความเร็วใบมีดปอก 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (ทรีตเมนต์ T9–T12) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ (Figure 6c) พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ T11 และ T12 เมื่อรอบการทำงานใบมีดปอก 250 และ 275 รอบต่อนาที น้ำหนักก่อนปอก 216.67 ± 40.44 และ 192.78 ± 21.30 กรัม หลังปอก 188.61 ± 34.03 และ 164.72 ± 16.76 กรัม มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 12.85 ± 1.85 และ 14.40 ± 3.92 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 64.81 ± 4.58 และ 63.26 ± 2.80 มิลลิเมตร หลังปอก 59.57 ± 5.04 และ 57.27 ± 2.75 มิลลิเมตร ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.62 ± 0.81 และ 2.98 ± 0.48 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบ ลักษณะหลังการปอก T11 ใบมีดเฉือนเนื้อได้น้อย ยังคงมีผิวเปลือก บริเวณกลางผล ขั้วผลปอกไม่เกลี้ยง และเห็นได้ว่า T12 ใบมีดเฉือนเนื้อได้ที่ระดับพอดีและปอกได้ผิวเรียบผลเกลี้ยงสะอาดสวยงาม มีประสิทธิภาพการปอกเหมาะสมดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในทุกทรีตเมนต์ของการทดลองการปอกแบบไม่ใช้น้ำ (Figure 5a)



(a) (b)

Figure 5 Fruits exposure of after peeling (a) the best treatment without water sprayed (b) the best treatment with water sprayed

กรณีคงที่ค่าความสูงใบมีด 3.0 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 70 รอบต่อนาที และแปรผันความเร็วใบมีดปอก 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (ทรีตเมนต์ T13–T16) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ (Figure 6d) ไม่พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม พบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและความลึกการปอกเฉลี่ยต่ำสุด คือ T13 และค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ T16 เมื่อรอบการทำงานใบมีดปอก 200 และ 275 รอบต่อนาที น้ำหนักก่อนปอก 207.50 ± 40.19 และ 223.33 ± 30.68 กรัม หลังปอก 175.83 ± 35.57 และ 165.00 ± 22.56 กรัม มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 15.20 ± 1.93 และ 26.08 ± 2.96 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 64.31 ± 3.66 และ 65.11 ± 4.06 มิลลิเมตร หลังปอก 60.61 ± 4.03 และ 55.49 ± 3.10 มิลลิเมตร ความลึกการปอกเฉลี่ย 1.85 ± 0.72 และ 4.29 ± 0.58 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบ ลักษณะหลังการปอก T13 ใบมีดเฉือนเนื้อได้น้อย ยังคงมีผิวเปลือกปอกไม่เกลี้ยงและพบผลที่เสียหายใบมีดเฉือนเนื้อลึกเกินไปมีรอยเป็นร่องลึก และเห็นได้ว่า T16 ใบมีดเฉือนเนื้อลึกเกินไปทำให้เกิดความสูญเสียเนื้อมากตรงบริเวณกลางผลและปลายผล

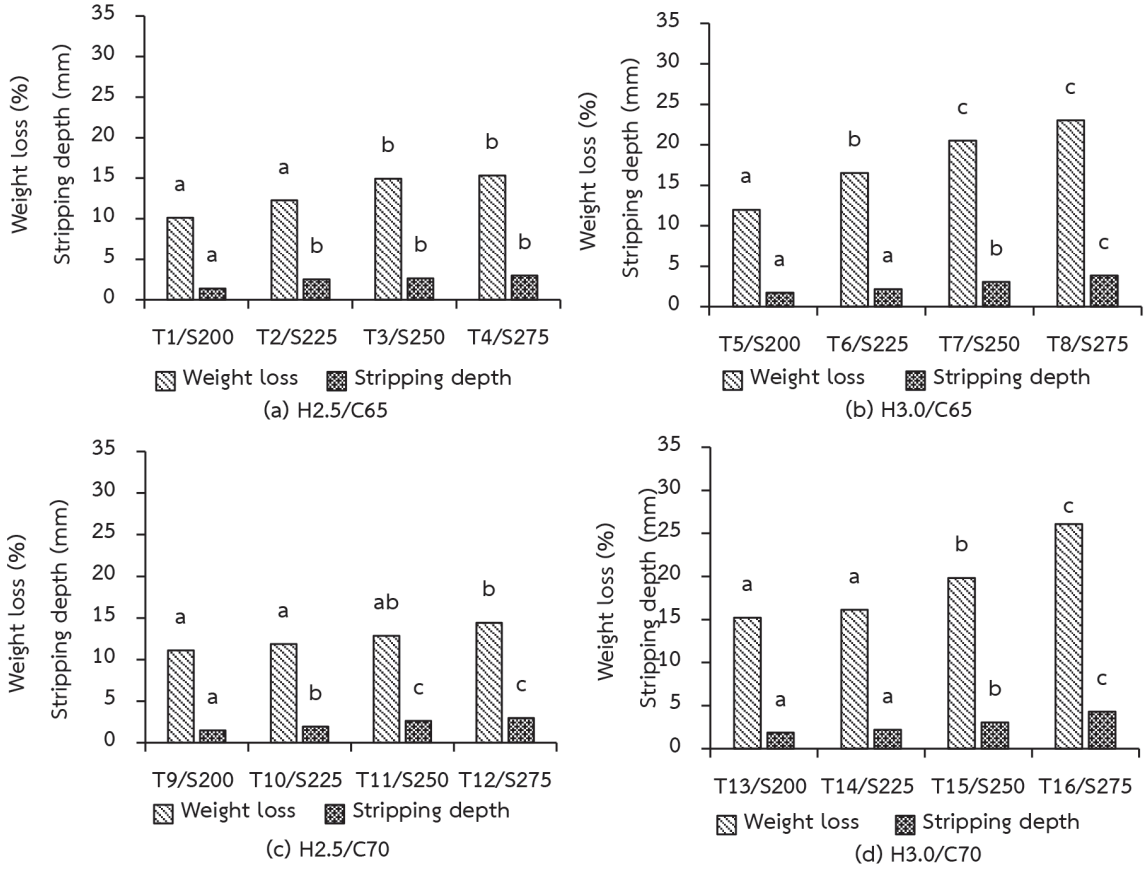


Figure 6 Weight loss percentage and peeling depth in no – water sprayed treatments S = blade speed (rpm), H = blade height (mm), C = stirring control (rpm) (a) H2.5 mm C65 rpm, (b) H3.0 mm C65 rpm, (c) H2.5 mm C70 rpm, (d) H3.0 mm C70 rpm

สมรรถนะการทำงานของเครื่องกรณีการปอกแบบใช้น้ำเลี้ยง

กรณีคงที่ค่าความสูงใบมีด 2.5 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 65 รอบต่อนาที และแปรผันความเร็วใบมีดปอก 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (ทรีตเมนต์ T17–T20) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ (Figure 7a) พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ T18 เมื่อรอบการทำงานใบมีดปอก 225 รอบต่อนาที ความสูงใบมีด 2.5 มิลลิเมตร การทำงานของใบกวน 65 รอบต่อนาที น้ำหนักก่อนปอก 182.22 ± 18.33 หลังปอก 156.39 ± 16.43 กรัม ด้วยอิทธิพลร่วมการใช้น้ำพ่นหล่อเลี้ยงในการปอกทำให้ มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 14.17 ± 2.49 เปอร์เซ็นต์ เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 61.19 ± 3.31 หลังปอก 55.81 ± 3.92 มิลลิเมตร ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.69 ± 2.00 มิลลิเมตร (Table 3) เมื่อสังเกตลักษณะหลังการปอกเห็นว่า ใบมีดเฉือนเนื้อไม่ลึกเกินไป ปอกได้เกลี้ยงเฉพาะบริเวณกลางผลมีความสวยงาม ส่วนบริเวณขั้วผลยังมีเปลือกบ้างเล็กน้อยและพบผลที่จากเกิดจากผลติดค้างใบมีดทำให้ ใบมีดเฉือนเนื้อได้ข้างเดียวลึกถึงกลางผลก่อให้เกิดความเสียเนื้อมาก

Table 3 Analysis of variability for water sprayed treatments

Treatment	Weight (g)		Weight loss (%)	Diameter (mm)		Weight loss (%)
	Before peeling	After peeling		Before peeling	After peeling	
T17	185.00 ± 21.76^{a}	163.89 ± 22.79^{a}	11.45 ± 5.51^{a}	61.36 ± 3.76^{a}	57.33 ± 3.04^{a}	2.01 ± 1.62^{a}
T18	182.22 ± 18.33^{a}	156.39 ± 16.43^{a}	14.17 ± 2.49^{a}	61.19 ± 3.31^{a}	55.81 ± 3.92^{a}	2.69 ± 2.00^{ab}
T19	213.89 ± 48.40^{b}	175.00 ± 29.30^{a}	18.05 ± 3.34^{b}	62.69 ± 6.43^{a}	55.31 ± 5.49^{a}	3.69 ± 2.23^{bc}
T20	205.56 ± 43.01^{ab}	155.56 ± 30.14^{a}	23.65 ± 8.26^{c}	64.03 ± 5.34^{a}	55.47 ± 4.61^{a}	4.28 ± 1.71^{c}
T21	194.44 ± 30.91^{a}	167.72 ± 26.24^{c}	13.70 ± 1.40^{a}	63.38 ± 3.49^{a}	58.25 ± 3.82^{b}	2.57 ± 1.25^{a}
T22	207.78 ± 31.35^{a}	168.33 ± 24.31^{c}	18.89 ± 2.22^{b}	63.46 ± 4.04^{a}	57.46 ± 4.25^{b}	3.00 ± 0.79^{ab}
T23	187.78 ± 27.98^{a}	144.44 ± 19.47^{b}	22.82 ± 4.36^{c}	61.44 ± 3.26^{a}	54.19 ± 3.35^{a}	3.62 ± 1.25^{b}
T24	188.89 ± 19.67^{a}	128.33 ± 16.89^{a}	31.85 ± 7.64^{d}	62.08 ± 3.24^{a}	52.14 ± 4.54^{a}	4.97 ± 2.24^{c}
T25	219.44 ± 30.19^{a}	191.39 ± 27.48^{c}	12.82 ± 2.45^{a}	65.76 ± 3.35^{a}	59.92 ± 4.95^{b}	2.92 ± 1.69^{a}
T26	216.67 ± 20.00^{a}	172.78 ± 19.04^{ab}	20.17 ± 6.19^{bc}	65.75 ± 2.56^{a}	58.99 ± 2.72^{b}	3.38 ± 2.05^{a}
T27	223.89 ± 28.10^{a}	181.67 ± 20.07^{bc}	18.57 ± 5.97^{b}	66.08 ± 3.47^{a}	59.61 ± 2.83^{b}	3.24 ± 1.35^{a}
T28	222.22 ± 29.42^{a}	165.56 ± 23.57^{a}	24.81 ± 10.80^{c}	65.81 ± 5.10^{a}	54.92 ± 4.39^{a}	5.44 ± 3.21^{b}
T29	202.78 ± 43.76^{a}	169.17 ± 37.93^{b}	16.62 ± 2.60^{a}	65.56 ± 4.96^{b}	60.61 ± 4.96^{b}	2.47 ± 1.67^{a}
T30	195.83 ± 20.60^{a}	159.72 ± 15.67^{b}	18.37 ± 2.55^{a}	64.67 ± 4.28^{ab}	58.22 ± 3.30^{b}	3.22 ± 1.13^{ab}
T31	187.78 ± 26.23^{a}	138.33 ± 24.55^{a}	25.22 ± 11.42^{b}	62.06 ± 4.96^{a}	53.81 ± 3.85^{a}	4.13 ± 1.37^{b}
T32	198.33 ± 35.52^{a}	131.11 ± 25.64^{a}	33.18 ± 10.36^{c}	63.47 ± 5.08^{ab}	51.58 ± 4.37^{a}	5.94 ± 2.62^{c}

$^{a, b, c}$ Average figures of different character in the same column show significant difference at statistical confidence of 95%

กรณีคงที่ค่าความสูงใบมีด 3.0 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 65 รอบต่อนาที และแปรผันความเร็วใบมีดปอก 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (ทรีตเมนต์ T21–T24) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ (Figure 7b) พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ T21 เมื่อรอบการทำงานใบมีดปอก 200 รอบต่อนาที น้ำหนักก่อนปอก 194.44 ± 30.91 หลังปอก 167.72 ± 26.24 กรัม เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 63.38 ± 3.49 หลังปอก 58.25 ± 3.82 มิลลิเมตร ด้วยอิทธิพลร่วมการใช้น้ำพ่นหล่อเลี้ยงในการปอกทำให้ มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 13.70 ± 1.40 เปอร์เซ็นต์ ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.57 ± 1.25 มิลลิเมตร (Table 3) เห็นได้ว่า ลักษณะหลังการปอกใบมีดเฉือนเนื้อได้พอดี ปอกได้ผิวเรียบผลเกลี้ยงสะอาดสวยงาม มีประสิทธิภาพการปอกเหมาะสมดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกทรีตเมนต์ของการทดลองแบบพ่นน้ำหล่อเลี้ยง (Figure 5b)

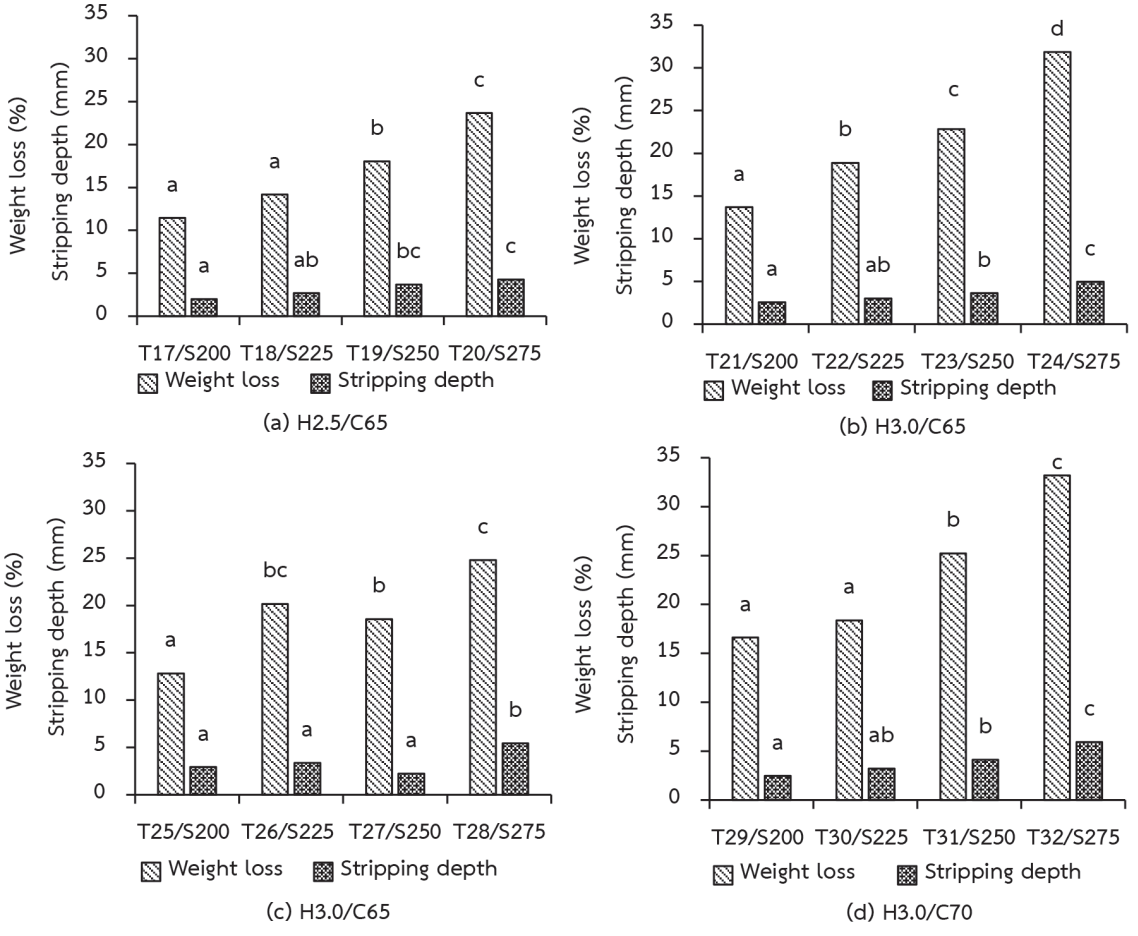


Figure 7 Weight loss and peeling depth in water sprayed treatments S = blade speed (rpm), H = blade height (mm) , C = stirring control (rpm) (a) H2.5 mm C65 rpm, (b) H3.0 mm C65 rpm, (c) H2.5 mm C70 rpm, (d) H3.0 mm C70 rpm

กรณีคงที่ค่าความสูงใบมีด 3.0 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 70 รอบต่อนาที นาที และแปรผันความเร็วใบมีดปอก 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (ทรีตเมนต์ T25–28) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ (Figure 7c) พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ การทดลองที่ T25 เมื่อรอบการทำงานใบมีดปอก 200 รอบต่อนาที น้ำหนักก่อนปอก 219.44 ± 30.19 หลังปอก 191.39 ± 27.48 กรัม เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 65.76 ± 3.35 หลังปอก 59.92 ± 4.95 มิลลิเมตรด้วยอิทธิพลร่วมการใช้น้ำพ่นหล่อเลี้ยงในการปอกทำให้ มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 12.82 ± 2.45 เปอร์เซ็นต์ ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.92 ± 1.69 มิลลิเมตร (Table 3) มีลักษณะหลังการปอก คือ ใบมีดเฉือนเนื้อได้น้อยยังคงมีผิวเปลือกบริเวณกลางผลและขั้วผลไม่เกลี้ยงยกเว้นบางผลใบมีดกินเนื้อมะม่วงได้ข้างเดียวลึกถึงกลางผลเกิดจากผลติดค้างใบมีดจึงก่อให้เกิดความเสียเนื้อมาก

กรณีคงที่ค่าความสูงใบมีด 3.0 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 70 รอบต่อนาที และแปรผันความเร็วใบมีดปอก 200, 225, 250 และ 275 รอบต่อนาที (ทรีตเมนต์ T29–T32) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ (Figure 7d) ไม่พบค่าเฉลี่ยที่ได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยพบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและความลึกการปอกเฉลี่ยต่ำสุด คือ T29 และค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ T32 เมื่อรอบการทำงานใบมีดปอก 200 และ 275 รอบต่อนาที น้ำหนักก่อนปอก 202.78 ± 43.76 และ 198.33 ± 35.52 กรัม หลังปอก 169.17 ± 37.93 และ 131.11 ± 25.64 กรัม ด้วยอิทธิพลร่วมการใช้น้ำพ่นหล่อเลี้ยงในการปอกทำให้ มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 16.62 ± 2.60 และ 33.18 ± 10.36 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนปอก 65.56 ± 4.96 และ 63.47 ± 5.08 มิลลิเมตร หลังปอก 60.61 ± 4.96 และ 51.58 ± 4.37 มิลลิเมตร ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.47 ± 1.67 และ 5.94 ± 2.62 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) เมื่อเปรียบเทียบ ลักษณะหลังการปอก T29 ใบมีดเฉือนเนื้อได้น้อยเกินไปคือ ยังคงมีผิวเปลือกปอกไม่เกลี้ยงและพบผลเสียหายเกิดจากใบมีดเฉือนเนื้อมีรอยเป็นร่องลึก มากกว่า 3 ผล ผิวไม่เรียบ และเห็นว่า T32 ใบมีดเฉือนเนื้อลึกเกินไป บริเวณกลางผลและปลายผลผิวไม่เรียบ ทำให้มีผลเสียหายสูญเสียเนื้อมากที่สุดของการทดลองในทุกทรีตเมนต์

ผลการพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเครื่องที่เหมาะสม

จาก Figure 8 เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในทุกทรีตเมนต์พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและความลึกการปอกเฉลี่ยของการทดลองแบบใช้น้ำหล่อเลี้ยงสูงกว่าการทดลองแบบไม่ใช้น้ำ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในทุกทรีตเมนต์พบเงื่อนไขการทดลองที่ T21 (Table 4) พบว่า การสูญเสียน้ำหนักและความลึกการปอกที่ได้ค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์แล้วยังมีสมรรถนะอัตราการทำงานของเครื่องให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและความลึกการปอกได้ตามเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของมะม่วงดอง และพบว่า การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยของผลขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เท่ากับ 13.70 ± 1.55, 13.48 ± 0.91 และ 14.29 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ และความลึกการปอกเฉลี่ยเท่ากับ 2.49 ± 1.35, 2.95 ± 1.13 และ 2.50 ± 0.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการปอกใกล้เคียงกับการปอกด้วยแรงงานคนและสามารถปอกเปลือกมะม่วงดองได้สมบูรณ์ดีที่สุด

Table 4 Comparison of key parameter in 3 sizes category after peeling quality screening

Treatment	Small sizes		Medium sizes		Large sizes	
	Weight loss (%)	Stripping depth (mm)	Weight loss (%)	Stripping depth (mm)	Weight loss (%)	Stripping depth (mm)
T2	14.50 ± 0.86	3.04 ± 0.69	10.84 ± 4.02	2.60 ± 1.34	15.72 ± 5.15	1.76 ± 0.37
T3	15.00 ± 0.00	2.15 ± 0.00	15.32 ± 2.33	2.61 ± 0.46	13.65 ± 3.82	2.84 ± 0.29
T11	12.63 ± 1.60	2.87 ± 0.97	12.21 ± 1.66	2.39 ± 0.53	14.68 ± 2.39	2.18 ± 0.25
T12	13.64 ± 4.10	2.87 ± 0.43	17.10 ± 1.34	3.34 ± 0.49	N/A	N/A
T18	14.47 ± 2.43	2.88 ± 2.14	12.70 ± 2.75	1.75 ± 0.66	N/A	N/A
T21	13.70 ± 1.55	2.49 ± 1.35	13.48 ± 0.91	2.95 ± 1.13	14.29 ± 0.00	2.50 ± 0.00
T25	12.24 ± 2.92	2.33 ± 0.83	13.01 ± 2.34	3.32 ± 2.01	14.29 ± 0.00	2.00 ± 0.00

N/A = not available

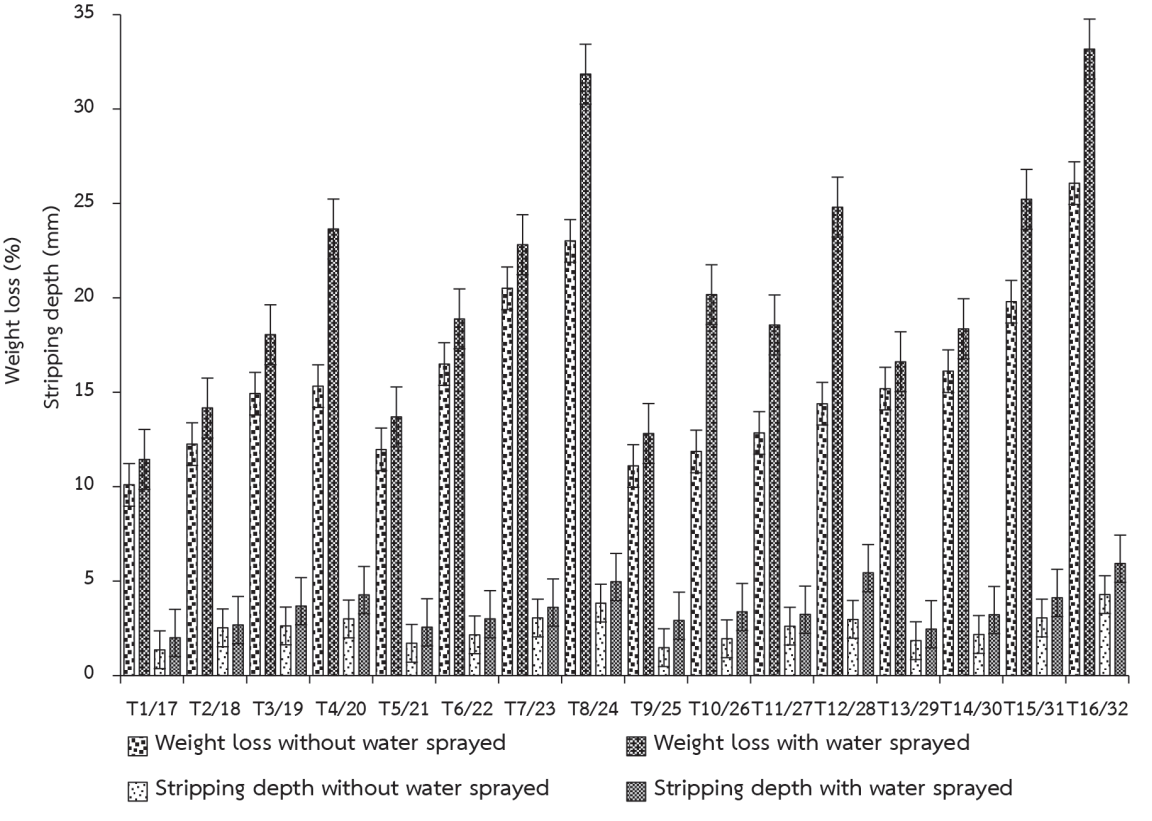


Figure 8 Comparison of weight loss and stripping depth in 32 treatments

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

สมรรถนะเครื่องปอกมะม่วงดอง มีความสามารถในการปอกเฉลี่ย 60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดให้การใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำงานปีละ 360 วัน สามารถวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน คำนวณได้จากต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปรและระยะเวลาคืนทุน Hunt (1995) ดังนี้ ต้นทุนคงที่เป็นค่าเครื่องปอกมะม่วงดองที่ซื้อมามีมูลค่า 61,500 บาท มีอายุใช้งาน 5 ปี จึงกำหนดให้มูลค่าของเครื่องปอกมะม่วงดองต่อปีเท่ากับ 12,300 บาท เป็นค่าต้นทุนคงที่ของปีนั้น ๆ และต้นทุนผันแปร คือค่าไฟฟ้าใช้มอเตอร์ 5 ตัว ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 302.30 วัตต์ ดังนั้น การทำงานปอกมะม่วงดอง 1 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงาน 0.30 หน่วย หากไฟฟ้าหน่วยละ 3.76 บาท จะมีค่าใช้จ่ายเพียง 1.13 บาทต่อ 60 กิโลกรัม เมื่อต้นทุนผันแปรเมื่อรวมค่าน้ำ ค่าจ้างคนงาน 1 คน ค่าบำรุงรักษาเครื่องมือ จะมีค่าต้นทุนผันแปรที่กิโลกรัมละ 0.50 บาท ดังนั้น ต้นทุนรวมจะเท่ากับ 0.57 บาทต่อกิโลกรัม โดยหากใช้แรงงานคนปอกสามารถปอกได้ 26.85 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเครื่องสามารถปอกได้เร็วกว่าแรงงานคนปอกถึง 2.23 เท่า จะมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 91 วัน ที่อัตราการผลิต 480 กิโลกรัมต่อวัน

สรุป

เครื่องปอกมะม่วงดองที่เหมาะสมมีการออกแบบโดยใช้ใบมีดปอกติดบนจานหมุน 4 ตัว ตัวละ 3 ใบมีด ทำงานโดยใช้มอเตอร์ 3 เฟส 0.5 แรงม้า จำนวน 4 ตัว ขับใบมีดปอกควบคุมความเร็วด้วยอินเวอร์เตอร์ เงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมแบบใช้น้ำหล่อเลี้ยงขณะปอก ความเร็วใบมีดปอก 200 รอบต่อนาที ความสูงใบมีด 3.0 มิลลิเมตร ความเร็วใบกวน 65 รอบต่อนาที มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 13.70 ± 1.40 เปอร์เซ็นต์ ความลึกการปอกเฉลี่ย 2.57 ± 1.25 มิลลิเมตร การปอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และมีคุณภาพความใกล้เคียงกับการปอกด้วยแรงงานคน สามารถปอกเปลือกมะม่วงดองได้สมบูรณ์ดีที่สุด และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

เอกสารอ้างอิง

Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. HortScience. 30: 18–22.

Emadi, B., V. Kosse and P.K.D.V. Yarlagadda. 2007. Abrasive peeling of pumpkin. J. Food Eng. 79(2): 647–656.

Hunt, D. 1995. Farm Power and Machinery Management. 9th Edition. Iowa State University, Iowa, USA. 52 pp.

Jha S.K., S. Sethi, M. Srivastav, A.K. Dubey, R.R. Sharma, D.V.K. Samuel and A.K. Singh. 2010. Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. J. Food Eng. 97: 280–212.

Mohsenin, N.N. 1970. Physical Properties of Plants and Animal Materials. Gordon and Breach Science, New York, USA.

Singh, K.K. and B.D. Shukla. 1995. Abrasive peeling of potatoes. J. Food Eng. 26: 431–442.

Somsen, D., A. Capelle and J. Tramper. 2004. Manufacturing of par-fried French-fries. Part 2: Modelling yield efficiency of peeling. J. Food Eng. 61: 199–207.

Willard, M.J. 1971. A grading system of peeled potatoes. *In* Proc. The 21st National Potato Utility Conference, July 28, 1971.