



การศึกษาและออกแบบเครื่องคัดขนาดผลมะพร้าว The Study and Design of Coconut Sorting Machine

ปราโมทย์ กุศล^{1*}, มณลิษา ทิปะวรรณ²
Pramote Kuson^{1*}, Monsicha Tipawanna²

¹ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์, ชุมพร, 86160

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์ และการจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์, ชุมพร, 86160

¹Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon, 86160, Thailand

²Department of Science and Management, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon, 86160, Thailand

*Corresponding author: Tel: +66-814567410, E-mail: pramote.ku@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาและออกแบบเครื่องคัดขนาดผลมะพร้าวนี้ ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลมะพร้าวก่อนทำการออกแบบเครื่องคัดขนาด และการประเมินประสิทธิภาพของการคัดขนาด การเคลื่อนที่ของผลมะพร้าวโดยใช้สกรูลำเลียง ตัวเครื่องคัดขนาดมีส่วนประกอบหลักคือ ถาดป้อน, สกรูลำเลียง และชุดส่งกำลังที่เชื่อมมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 2 แรงม้า ตัวเครื่องคัดมีขนาดความกว้าง, ความยาว และความสูง 10x21x13 เซนติเมตร เครื่องคัดขนาดผลมะพร้าวสามารถใช้แทนแรงงานคน และคัดขนาดผลมะพร้าวได้ 3 ขนาด ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลมะพร้าวพบว่า ผลมะพร้าวสามารถแบ่งตามความสัมพันธ์ระหว่างขนาดผลกับน้ำหนักผลออกเป็น 3 ขนาด ตามมาตรฐานมะพร้าว (มกษ.18-2554) เส้นผ่านศูนย์กลางที่โตสุดเฉลี่ยของผลมะพร้าวขนาดเล็ก, ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เท่ากับ 17.99, 20.27, 21.94 เซนติเมตร และมีขนาดความยาวผลเฉลี่ยเท่ากับ 21.33, 22.72, 23.55 เซนติเมตรตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า มีประสิทธิภาพในการคัดขนาดสูงสุดเท่ากับ 95.56 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบของสกรูลำเลียง 80 รอบ/นาที และมีความสามารถในการคัดขนาดสูงสุดเฉลี่ย 1.779.24 ลูก/ชั่วโมง ที่ความเร็วรอบของสกรูลำเลียง 100 รอบ/นาที

คำสำคัญ: คำสำคัญ: คุณสมบัติทางกายภาพของผลมะพร้าว, เครื่องคัดขนาดผลมะพร้าว

Abstract

The study and design of coconut sorting machine were studies the coconut physical property before design and efficiency evaluation of machine. The movement for coconuts used a screw conveyor. The machine has the primary components into 3 units include feeding tray, screw conveyor and power transmission unit with electric motor 5 hp. The machine dimensions have a width, length and high of 10x21x13 cm. The coconut sorting machine can replace human labor and classification into 3 sizes according to agricultural standard (TAS18-2011). The average of maximum diameter for small, medium and large coconut were 17.99, 20.27, 21.94 cm and the average of length were 21.33, 22.72, 23.55 cm respectively. The results found that the highest efficacy of coconut sorting was 95.56% on the screw conveyor speed 80 rpm and the highest average ability of the coconut sorting was 1779.24 fruit/hr on the screw conveyor speed 100 rpm.

Keyword: The physical properties of coconut, Coconut Sorting Machine

1 บทนำ

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหนึ่งที่สำคัญของประเทศ ส่วนมากจะพบในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นรวมทั้งประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกมะพร้าวทั้งสิ้น 1,372,000 ไร่ หรือร้อยละ 0.43 ของพื้นที่ประเทศ ปัจจุบันพื้นที่ปลูกมะพร้าวมีแนวโน้มลดลง (ศสส. 2559) การใช้ประโยชน์จากผลมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น คือ ใช้ทั้งรับประทาน

ผลสด, นำมาประกอบอาหารเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม และส่วนที่เหลือยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น ทำน้ำมันมะพร้าว, กากมะพร้าวใช้ผสมอาหารเลี้ยงสัตว์, กะลามะพร้าวใช้ทำถ่าน, เส้นใยของผลไปใช้บุเก้าอี้ และขุยมะพร้าวใช้ผสมกับดินสำหรับเพาะปลูกพืชเป็นต้น ปัจจุบันพบว่า การคัดแยกขนาดมะพร้าวของคนไทยส่วนใหญ่เป็น

การคัดแยกมะพร้าวด้วยการประมาณด้วยสายตา และพิจารณาจากน้ำหนักผลมะพร้าวด้วยมือ จึงทำให้เกิดความล่าช้า และไม่มี ความแม่นยำ เกิดปัญหาของการเอาเปรียบจากพ่อค้าคนกลางกับ เกษตรกร กรรมวิธีคัดเลือกผลไม้ที่ใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยที่ง่าย ที่สุดคือ การคัดขนาด ซึ่งในปัจจุบันการคัด ขนาดผลไม้ในโรง บรรจุสมัยใหม่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด Peleg (1985) ได้สรุปว่า เครื่องคัดขนาดที่ดีควรสามารถปรับการคัดขนาดได้ตามสภาพ ลักษณะ ผลผลิตแต่ละตำแหน่งปลูก หรือฤดูกาลผลิต เพราะ ผลผลิตแต่ละชุดมีการกระจายขนาดไม่เท่ากัน การคัดขนาดโดย ใช้เครื่องจักรเป็นการลด การขาดแคลนแรงงานในฤดูกาลผลิต ลด ความผิดพลาดในการคัดขนาด และทำงานได้เร็วยิ่งกว่าคนทำงาน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการออกแบบเครื่องคัดขนาดผล มะพร้าว 3 ขนาด ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.18-2554) เพื่อที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว โดยได้เริ่มศึกษาคุณสมบัติ ทางกายภาพของผลมะพร้าวในช่วงเริ่มแก่ หรือเปลือกเป็นสี น้ำตาลเกือบทั้งผล เพื่อนำมาออกแบบเครื่องคัดขนาดผลมะพร้าว โดยประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดจากเปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาดของการคัด และความเร็วในการคัด

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การหาคุณสมบัติทางกายภาพของมะพร้าว

วิธีการหาคุณสมบัติทางกายภาพของผลมะพร้าว นำผล มะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60, พันธุ์ลูกผสมชุมพร และพันธุ์สวี ลูกผสม พันธุ์ละ 30 ผล จากสวนของเกษตรกร ในจังหวัดชุมพร มาวัดตามรูปที่ Figure 1a และ Figure 1b หาขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางโตสุด (Dmax) เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุด (Dmin) และ ความยาวผล (L) โดยใช้อุปกรณ์วัดขนาดผลมะพร้าว



Figure 1a Device for measuring and 1b Dimension of coconut

2.2 การออกแบบ และสร้างเครื่องคัดขนาดผลมะพร้าว

จากการศึกษาเครื่องคัดขนาดผลไม้ที่ผ่านมาพบว่า วิธีการคัด ขนาดแบบสายพาน และแผ่นกั้น (บัณฑิต, 2544) สามารถนำมา ประยุกต์ใช้กับเครื่องคัดขนาดผลมะพร้าวได้ แต่เนื่องจากผล มะพร้าวมีขนาดใหญ่จึงทำให้ตัวเครื่องมีความยาวที่มากขึ้นไปด้วย ดังนั้น จึงได้ออกแบบการลำเรียงผลมะพร้าวด้วยใบสกรู เพื่อ ให้ผลมะพร้าวไปสอบเทียบกับแผ่นกั้น ที่แบ่งไว้จำนวน 3 ขนาด

คือ เล็ก, กลาง, และใหญ่ โดยใบสกรูจะช่วยให้ผลมะพร้าวกลิ้งให้ ด้าน Dmin ไปสอบเทียบกับแผ่นกั้น

การออกแบบเครื่องคัดขนาดมะพร้าว Figure 2 มีขนาด โครงสร้าง (10) กว้าง, ยาว, สูง 100, 210, 130 เซนติเมตร ใบ สกรู (1) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร มีระยะพิตซ์ 30 เซนติเมตร และมีความยาว 198 เซนติเมตร ส่งกำลังด้วย มอเตอร์ ไฟฟ้า (8) 5 แรงม้า 380 โวลต์ แผ่นสอบเทียบผล มะพร้าว (3) จำนวน 3 แผ่น แต่ละแผ่นมีขนาดกว้าง, ยาว 25, 55 เซนติเมตร ถาดป้อนผลมะพร้าว (12) มีขนาด กว้าง, ยาว 45, 70 เซนติเมตร การคำนวณความกว้างของช่องคัดขนาดผลมะพร้าวใช้ สมการที่ 1 (Peleg, 1985)

$$X_{s1} = \frac{(\mu_2\sigma_1^2 - \mu_1\sigma_2^2)}{(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)} \pm \left[\frac{(\mu_2\sigma_1^2 - \mu_1\sigma_2^2)^2}{(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)^2} - \frac{\mu_2^2\sigma_1^2 - \mu_1^2\sigma_2^2 - 2\sigma_1^2\sigma_2^2 m \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right)}{(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

X_{s1} คือ ขนาดของระยะห่างระหว่างช่องคัดขนาด

μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางผลมะพร้าวเกรดที่ 1

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางผลมะพร้าวเกรดที่ 2

σ_1 คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลางผล มะพร้าวเกรดที่ 1

σ_2 คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลางผล มะพร้าวเกรดที่ 2

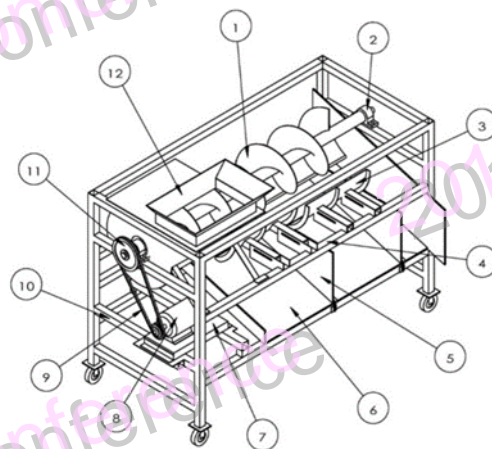


Figure 2 Schematic diagram of coconut sorting machine

2.3 การทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดผล มะพร้าว

การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด (สยาม, 2546) จะประเมินจากค่าความผิดพลาดในการคัดขนาด กับจำนวนผล มะพร้าวที่ตกผิดขนาด (สมการที่ 2) เพื่อนำมาคำนวณหา ประสิทธิภาพของเครื่องคัด (สมการที่ 3) และคำนวณหา ความสามารถในการคัดขนาด (สมการที่ 4) ด้วยการใช้ความเร็ว

รอบของใบสกรูล้ำเลียง 3 ความเร็วรอบได้แก่ 80, 90 และ 100 (รอบ/นาที)

$$CR = \frac{N_{ms} + N_{mm} + N_{mb}}{N_{total}} \times 100 \quad (1)$$

$$E_{ff} = 100 - CR \quad (2)$$

$$Q = \frac{\text{จำนวนผลมะพร้าวที่ใช้ในการทดลอง (ผล)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการตัดขนาด (ชั่วโมง)}} \quad (3)$$

CR คือ ค่าความผิดพลาดในการตัดขนาด (เปอร์เซ็นต์)

N_{ms} คือ จำนวนผลมะพร้าวที่ตกผิดขนาดเล็ก (ผล)

N_{mm} คือ จำนวนผลมะพร้าวที่ตกผิดขนาดกลาง (ผล)

N_{mb} คือ จำนวนผลมะพร้าวที่ตกผิดขนาดใหญ่ (ผล)

N_{total} คือ จำนวนผลมะพร้าวทั้งหมด (ผล)

E_{ff} คือ ประสิทธิภาพการตัด (เปอร์เซ็นต์)

Q คือ ความสามารถในการตัดขนาด (ผล/ชั่วโมง)

การทดลองทำโดยนำผลมะพร้าวที่ได้จากแปลง สจล. วิทยาเขต ชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ โดยการตัดขนาดด้วยอุปกรณ์วัด Figure 1a ขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ อย่างละ 30 ผล แล้วทำเครื่องหมายของแต่ละผล จากนั้นนำผลมะพร้าวทั้งหมดมาปนรวมกัน สำหรับการเตรียมเครื่องตัดขนาด ให้ปรับตั้งความกว้างของช่องตัดขนาดที่ได้จากการคำนวณความกว้างของช่องตัดโดยขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ มีความกว้าง 19.5, 21.5 และมากกว่า 21.5 เซนติเมตร ตามลำดับ เปิดเครื่องตัดขนาด แล้วปรับตั้งความเร็วรอบของมอเตอร์ ด้วยอินเวอร์เตอร์ (3 เฟส 380 โวลต์ 10HP ยี่ห้อ Delta รุ่น VFD-C200) โดยให้เวลาใบสกรูหมุนด้วยความเร็วรอบ 80 รอบ/นาที วัดความเร็วรอบด้วยเครื่อง Digital Tachometer ยี่ห้อ Digicon รุ่น DT-245P) นำผลมะพร้าวใส่ลงในถาดป้อนอย่างต่อเนื่องพร้อมจับเวลา จนครบจำนวน 90 ผล ทำ 5 ซ้ำ จากนั้นเปลี่ยนความเร็วรอบ 90 และ 100 รอบ/นาที ทำซ้ำกันจนครบ 3 ความเร็ว

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ANOVA ซึ่งเป็นการทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล (Normality test) และทดสอบความแตกต่างของค่าความผันแปรด้วย Homogeneities of Variance Test วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยกำหนดให้ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ ค่าความเร็วรอบของเพลลาใบสกรู ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ค่าความผิดพลาดในการตัดขนาด, ประสิทธิภาพการตัด และเวลาในการตัดขนาด กำหนดให้ค่า F - test มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การเปรียบเทียบพหุคูณ แบบ LSD (Fisher's Least - Significant Different) ด้วยวิธี Duncan's multiple-range test

3 ผลและวิจารณ์

ผลทดลองการหาคุณสมบัติทางกายภาพของผลมะพร้าวขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ Table 1 โดยขนาดของมะพร้าวจะถูกพิจารณาตามน้ำหนักมาตรฐานมะพร้าว (มกษ.,18-2554) พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่โตที่สุด, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่เล็กที่สุด และความยาวเฉลี่ยผลของมะพร้าวขนาดเล็ก 17.99, 16.95, 21.33 มะพร้าวขนาดกลาง 20.27, 19.04, 22.72 และมะพร้าวขนาดใหญ่ 21.94, 20.49, 23.55 ตามลำดับ

Table 1 Relationship between weight and dimension

Size	Weight (Kg)	Dmax (Cm)	Dmin (Cm)	L (Cm)
Small	0.5-1	17.99	16.95	21.33
Medium	>10-2.0	20.27	19.04	22.72
Large	>2.0	21.94	20.49	23.55

ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องตัดขนาดผลมะพร้าว Table 2 พบว่าค่าความผิดพลาดในการตัดขนาดที่สอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพของเครื่องตัดขนาดผลมะพร้าวนั้น พบว่าที่ความเร็วรอบ 80, 90 และ 100 รอบ/นาที ประสิทธิภาพของการตัดไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพมีแนวโน้มลดลงคือ 95.56, 94.67 และ 93.78 เปอร์เซ็นต์ แต่เวลาของการตัดมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น เวลาการตัดจะลดลงคือ 208.26, 197.02 และ 182.10 วินาทีตามลำดับ

Table 2 Results of ANOVA analysis

Rotation (RPM)	CR (%)	Eff (%)	Time (Sec)
80	4.44 ^a (0.40)	95.56 ^a (1.84)	208.26 ^c (0.01)
90	5.33 ^a (0.21)	94.67 ^a (1.53)	197.02 ^b (0.05)
100	6.22 ^a (0.10)	93.78 ^a (0.65)	182.10 ^a (0.01)

Mean with different superscripts differ significantly at 5% by DMRT In parenthesis is coefficient of variation

การทดลองนี้เป็นการเพิ่มความเร็วรอบขึ้นทีละ 10 รอบ/นาที ซึ่งทำให้เวลาในการตัดเร็วขึ้นแต่ประสิทธิภาพของเครื่องตัดขนาดมะพร้าวจะลดลง และเครื่องตัดขนาดผลมะพร้าวนี้อาจทดลองได้ด้วยความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที เท่านั้น เพราะถ้าเพิ่มมากขึ้นกว่านี้ ใบสกรูที่ใช้ในการตัดขนาดมะพร้าวจะหมุนเร็วจนทำให้มะพร้าวกระแทกกับแผ่นกั้นอย่างรุนแรง จนทำให้ผล

มะพร้าวไปติดขัด ในตัวเครื่องซึ่งจะส่งผลให้ใบสกรู และผลมะพร้าวเกิดความเสียหาย

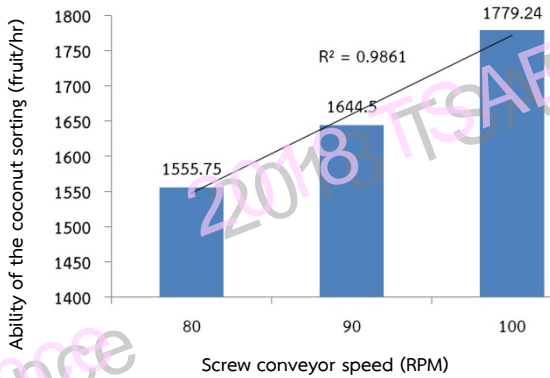


Figure 3 Results of ability of the coconut sorting

ผลการทดลองความสามารถในการคัดขนาด Figure 3 แสดงผลเปรียบเทียบระหว่าง ความสามารถในการคัดขนาดกับความเร็วยรอบของใบสกรูที่ความเร็ว 80, 90, 100 รอบ/นาที จะพบว่าความเร็วยรอบแปรผันกับความสามารถในการคัด เมื่อเพิ่มความเร็วยรอบสูงขึ้นความสามารถในการคัดก็มีความสูงขึ้นเช่นกัน มีความสามารถในการคัดขนาดเฉลี่ยเพิ่ม 1555.75, 1644.5 และ 1779.24 ผล/ชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีค่า R เท่ากับ 0.9861

4 สรุป

การศึกษาและออกแบบเครื่องคัดขนาดผลมะพร้าว โดยได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลมะพร้าวด้วยการแบ่งตามความสัมพันธ์ระหว่างขนาดผลกับน้ำหนักผล ออกเป็น 3 ขนาดตามมาตรฐานมะพร้าว (มกษ.18-2554) เพื่อนำไปออกแบบเครื่องคัดขนาด ด้วยวิธีการใช้สกรูล้ำเลียงให้ผลมะพร้าวไปสอบเทียบกับแผ่นกั้น ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดจะแปรผันกับความเร็วรอบของสกรูล้ำเลียง ที่ความเร็วรอบ 80 รอบ/นาที มีประสิทธิภาพในการคัดขนาดสูงสุด 95.56% และที่ 100 รอบ/นาที ประสิทธิภาพในการคัดขนาดต่ำสุด 93.78% เมื่อวิเคราะห์ผลกับพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความเร็วรอบของสกรูล้ำเลียงนั้น มีผลต่อความสามารถในการคัดขนาด เมื่อใช้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นความสามารถการคัดก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ที่ความเร็วรอบของสกรูล้ำเลียง 100 รอบ/นาที ความสามารถการคัดเฉลี่ย 1779.24 ลูก/ชั่วโมง แต่ถ้าเพิ่มความเร็วยรอบสูงกว่านี้ จะทำให้ผลมะพร้าวไปติดขัดในตัวเครื่องได้

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่สนับสนุนการวิจัย

6 เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต จริโมภาส. 2544. เครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและการบรรจุที่บ่อผลไม้. ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 18-2554. มะพร้าว. สำนักงาน มาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ISBN: ICS 67.080.10.
สยาม ต้มแสงทอง. 2546. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) การปรับปรุงเครื่องคัดขนาดผลมังคุดแบบจานหมุน. ส่วนเทคโนโลยีสารสนเทศ ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.). 2559. มะพร้าว : เนื้อที่ยืนต้นเนื้อที่ ให้ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่. [Online]. Available : <http://www.oae.go.th/fruits/index.php/coconut-data>.

Peleg, K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution. AVI Publishing Company, Inc. Westport