 doi : .....

การออกแบบเครื่องลำเลียงผลมะพร้าวร่วมกับระบบนับจำนวนผลด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรด
Design of a coconut conveyor cooperated with infrared counting system

ปราโมทย์ กุศล[1]* วินัย กล้าจริง[1] และ มนสิชา ติปะวรรณา[2]
Pramote Kuson[1]*, Vinai Klajring[1] and Monsicha Tipawanna[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องลำเลียงผลมะพร้าวด้วยสายพานร่วมกับระบบนับจำนวนผลด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรดโดยประมวลผลจากบอร์ด Arduino สายพานลำเลียงได้ถูกออกแบบสำหรับติดตั้งตะแกรงตักผลมะพร้าวลงบนสายพานจำนวน 10 ตะแกรง ซึ่งสามารถตักผลมะพร้าวได้ทีละผลอย่างต่อเนื่อง ตัวเครื่องมีขนาด กว้าง ยาว และสูง 93×300×178 เซนติเมตร ตามลำดับ ระบบขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากับชุดเกียร์ทด 1/30 ขนาด 2 แรงม้า 3 เฟส 380 โวลต์ และความเร็วรอบของชุดขับเคลื่อนสายพานด้วยมู่เล่ย์ให้มีความเร็วรอบ 38 50 และ 62 รอบต่อนาที การทดลองใช้ผลมะพร้าวมา 3 ขนาด โดยพิจารณาขนาดจากผลมะพร้าวตามมาตรฐานสินค้าเกษตรประกอบด้วยขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ทำการประเมินหาประสิทธิภาพจากความเร็วรอบของชุดขับเคลื่อนสายพานลำเลียงผลมะพร้าว และประสิทธิภาพความแม่นยำของชุดเซนเซอร์นับจำนวนผลมะพร้าว ผลการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที มีค่าประสิทธิภาพการลำเลียงผลมะพร้าวดีที่สุด คือร้อยละ 90.89 ประสิทธิภาพความแม่นยำของชุดเซ็นเซอร์นับจำนวนผลมะพร้าวสูงสุด คือร้อยละ 98.89 และมีสมรรถนะการลำเลียงมะพร้าว 1,669 ผลต่อชั่วโมง
คำสำคัญ: เครื่องลำเลียงผลมะพร้าว, ระบบนับจำนวนผลด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรด

Abstract

The objective of this research was to study and design a coconut conveyor machine by using belt cooperated with infrared sensor count system by the Arduino processing board. The conveyor was designed to install a scooper on the conveyor belt which could continuously scoop a coconut fruit one by one. The machine dimensions were 93×300×178 cm in width, length and height, respectively. The driving system comprising of 2 HP, 3 phase and 380 volts electric motor together with the reduction gearbox at 1:30 ratio, the speed of the belt drive was adjusted by using the pulleys to have the rotational speed of 38, 50 and 62 RPM. The experiment used 3 sizes of coconut fruits, according to the standards of agricultural products, consisting of small, medium and large sizes. The efficiency of rotational speeds of the conveyor drive systems and the accuracy of the coconut counting system were evaluated. The results found that the rotational speed of 50 RPM was the best of coconut conveying with the efficiency of 90.89%. The highest accuracy of the coconut counting system was 98.89% with conveying performance of 1,669 fruit/hr.
Keywords: coconut conveyor machine, infrared sensor count system

คำนำ

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย สำหรับผลผลิตมะพร้าวปี 2561 มีประมาณ 860,160 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2560 ที่มีจำนวน 832,895 ตัน (เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.44) เนื่องจากแหล่งปลูกมะพร้าวที่สำคัญ คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีผลผลิตต่อไร่ ปี 2561 อยู่ที่ 783 กิโลกรัม หรือ 626 ผลต่อไร่ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2560 ที่ให้ผลผลิต 754 กิโลกรัม หรือ 603 ผลต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ผลมะพร้าวสามารถนำไปประกอบอาหารหรือแปรรูป เช่น แป้งมะพร้าว น้ำมันมะพร้าว โดยน้ำและเนื้อมะพร้าวมีสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกัน หรือใช้ในรูปของอุตสาหกรรมส่งออก มะพร้าวเป็นสินค้าเกษตรที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิต เนื้อมะพร้าวที่ได้จาก

[1] ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160
[1] Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160
[2] ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ชุมพร 86160
[2] Department of General Science and Liberal Arts, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160
* Corresponding author: pramote.ku@kmitl.ac.th

UNCORRECTED PROOF

 doi : .....

ผลมะพร้าวแก่ นำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิด ตัวอย่างเช่น เนื้อมะพร้าวแห้ง น้ำมันมะพร้าว เนื้อมะพร้าวฝอยอบแห้ง และกะทิ นอกจากนี้ส่วนประกอบอื่นๆ ของมะพร้าวยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นได้

ปัจจุบันการลำเลียงผลมะพร้าวยังต้องใช้แรงงานคนในการลำเลียง และยังขาดแคลนแรงงานคน อีกทั้งเกิดความเมื่อยล้าเมื่อต้องลำเลียงผลมะพร้าวจำนวนมากขึ้นรถบรรทุก จากการศึกษาการออกแบบสายพานของ Mukalu *et al*. (2017) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบสายพานลำเลียง 3 แบบคือสายพานลำเลียงเดี่ยว สายพานลำเลียงเดี่ยวควบคู่ และสายพานลำเลียงแบบ multi-drive พบว่าสายพานลำเลียงแบบ multi-drive มีประสิทธิภาพดีที่สุดแต่ราคาสูง เมื่อเทียบกับกับสายพานลำเลียงเดี่ยว และได้หาแนวทางการวิเคราะห์รูปแบบซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบความเค้นบนสายพานลำเลียง โดยหาวัสดุทดแทนในการเคลื่อนย้ายวัสดุจำนวนมากระหว่างการลำเลียงโดยอาศัยการทดลองแรงเสียดสีภายในรวมทั้งพฤติกรรมการเชื่อมต่อระหว่างวัสดุจำนวนมากกับสายพาน (Xiangwei.et.al, 2015)

งานวิจัยนี้เป็นการแก้ปัญหาโดยการจัดทำเครื่องที่ช่วยลำเลียงผลมะพร้าวแบบเดี่ยวที่ใช้ร่วมกับระบบนับจำนวนผลด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรดโดยประมวลผลจากบอร์ด Arduino เพื่อลดการใช้แรงงานของคน และการประเมินหาประสิทธิภาพจากความเร็วรอบของชุดขับเคลื่อนสายพานลำเลียงผลมะพร้าว และประสิทธิภาพความแม่นยำของชุดเซ็นเซอร์นับจำนวนผลมะพร้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบเครื่องลำเลียงผลมะพร้าวโดยใช้กลไกการขับเคลื่อนด้วยสายพานบนลูกกลิ้ง ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนดังต่อไปนี้ 1) โครงสร้างประกอบด้วยส่วนรองรับลูกกลิ้งตัวขับ ส่วนรองรับช่องป้อนมะพร้าว ส่วนรองรับล้อเข็น ส่วนรองรับมอเตอร์เกียร์ โครงสร้างหลักจะเน้นให้มีความแข็งแรงทนทานโดยใช้เหล็กฉากขนาด 5x5x0.4 เซนติเมตร และใช้เหล็กท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร โดยโครงสร้างส่วนรองรับสายพานมีความยาว 3 เมตร 2) ลูกกลิ้งตัวขับได้ออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร เพลาลูกกลิ้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 79 เซนติเมตร 3) ลูกกลิ้งตัวรับสายพานได้ออกแบบโดยรองรับสายพานเพื่อไม่ทำให้สายพานเกิดการหย่อนซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ยาว 31 เซนติเมตร เพลาลูกกลิ้งตัวรองรับสายพานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร 4) ตะแกรงตักผลมะพร้าวได้ออกแบบให้ยึดติดกับสายพานลำเลียงเพื่อทำการตักผลมะพร้าวแล้วทำการลำเลียงไปยังเครื่องคัดขนาดผลมะพร้าว 5) ช่องป้อนผลมะพร้าวได้ออกแบบเป็นทางลงของผลมะพร้าวเพื่อให้ตะแกรงตักผลมะพร้าวได้ทำการตักมะพร้าวขึ้นครั้งละผล และมีรั้วกั้นด้านข้างมีขนาด กว้าง 125 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร 6) รั้วกั้นผลมะพร้าวลักษณะเป็นรั้วออกแบบไว้เพื่อประคองผลมะพร้าวไม่ให้ตก และเป็นการ์ดป้องกันอันตรายในระหว่างที่เครื่องกำลังทำงานซึ่งมีขนาด กว้าง 52 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 27 เซนติเมตร 7) สายพานลำเลียงออกแบบเพื่อติดตั้งตะแกรงตักผลมะพร้าวบนสายพานซึ่งมีขนาด กว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 612 เซนติเมตร และหนา 0.6 เซนติเมตร 8) มอเตอร์เกียร์ขนาด 2 แรงม้า 3 เฟส แรงดันไฟ 380 โวลต์ อัตราทด 1:30 ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที 9) เซ็นเซอร์อินฟราเรดและจอแสดงผล LCD โดยประมวลผลจากบอร์ด Arduino รุ่น Uno R3 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการนับจำนวนผลมะพร้าว สำหรับการลำเลียงผลมะพร้าว ดังแสดงใน Figure 1

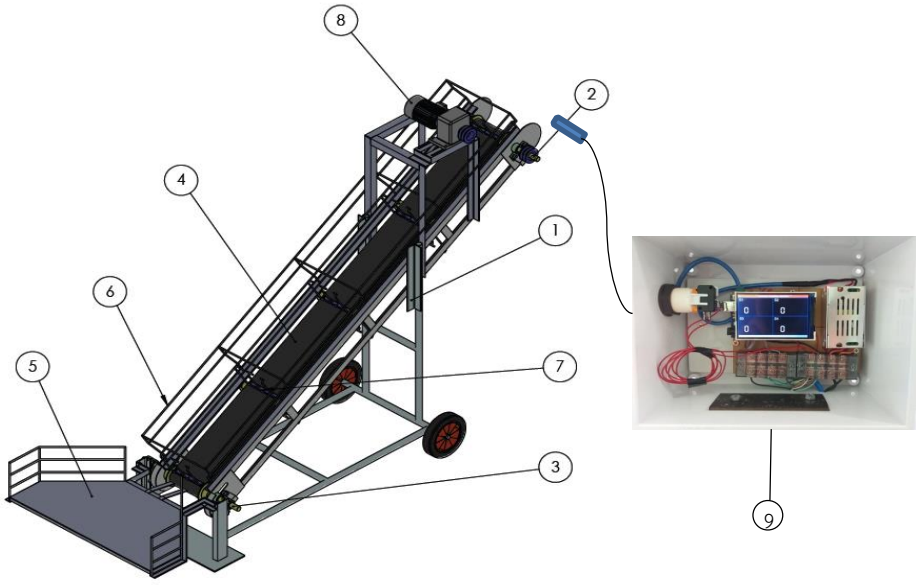

Figure 1 Schematic diagram of the coconut conveyor machine.

UNCORRECTED PROOF

 doi : .....

การทดลองนำผลมะพร้าวลักษณะผลเป็นสีน้ำตาลประมาณร้อยละ 80 ขึ้นไปมาทำการชั่งน้ำหนักผล โดยแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (0.5-1 กิโลกรัม) ขนาดกลาง (>1-2 กิโลกรัม) ขนาดใหญ่ (>2.0 กิโลกรัม) ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2554) ขนาดละ 30 ผล เป็นจำนวนรวม 90 ผล แล้วทำเครื่องหมายสัญลักษณ์กำกับแต่ละขนาด ให้ a แทนขนาดเล็ก b แทนขนาดกลาง และให้ c แทนขนาดใหญ่ นำผลมะพร้าวแต่ละขนาดคละกัน ปรับความเร็วของเครื่องลำเลียงผลมะพร้าวด้วยสายพานด้วยการปรับความเร็วจากมอเตอร์เกียร์ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ทำการทดรอบมูเล่ย์ขับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว มูเล่ย์ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว (ความเร็วรอบของเพลาขับ 38 รอบต่อนาที) มูเล่ย์ตัวขับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว มูเล่ย์ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (ความเร็วรอบของเพลาขับ 50 รอบต่อนาที) มูเล่ย์ตัวขับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว มูเล่ย์ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (ความเร็วรอบของเพลาขับ 62 รอบต่อนาที) ทำงานโดยเปิดสวิตช์เครื่องลำเลียงผลมะพร้าวแล้วป้อนผลมะพร้าวเข้าเครื่องอย่างต่อเนื่องพร้อมกับหาค่าผิดพลาดพร้อมกับจับเวลาเมื่อมะพร้าวผลแรกเข้าสู่เครื่องลำเลียงจนถึงมะพร้าวผลสุดท้าย นับตะแกรงตักผลมะพร้าวที่ว่าง และตะแกรงที่ตักผลมะพร้าวที่ขึ้นครั้งละ 2 ผล แล้วทำการบันทึกผลทำการทดลองซ้ำจนครบ 5 ซ้ำ จนครบทุกความเร็วรอบ คำนวณหาประสิทธิภาพการลำเลียงผลมะพร้าวด้วยสายพานจากสมการที่ 1 และ 2 หาสมรรถนะของเครื่องลำเลียงผลมะพร้าวด้วยสายพานจากสมการที่ 3

$$\text{ประสิทธิภาพการลำเลียง} = 100 - \%\text{Error} \quad \text{(ร้อยละ)} \tag{1}$$

$$\%\text{Error} = \left|\frac{N_c - N_{total}}{N_{total}}\right| \quad \text{(ร้อยละ)} \tag{2}$$

$$\text{สมรรถนะของเครื่อง} = \frac{\text{จำนวนผลมะพร้าวทั้งหมด (ผล)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการลำเลียง (ชั่วโมง)}} \tag{3}$$

%Error คือ ร้อยละความผิดพลาดของการลำเลียงผลมะพร้าว (ร้อยละ)
N_c คือ ผลมะพร้าวที่ตะแกรงตักได้ (ผล)
N_{total} คือ ผลมะพร้าวทั้งหมด (ผล)

ผล

ผลการการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องลำเลียงผลมะพร้าว พบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องลำเลียงผลมะพร้าวลดลง จากการใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA จะเห็นว่าที่ความเร็วรอบ 38 และ 50 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพของการลำเลียงผลมะพร้าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ คือ ร้อยละ 91.11 และ 90.89 ตามลำดับและที่ความเร็วรอบ 62 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพของการลำเลียงเท่ากับร้อยละ 87.56 โดยมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงใน Table 1

Table 1 The results of the efficiency analysis of the coconut conveyor machine by ANOVA method.

Rotational speed (RPM)	Conveyor efficiency (%)	Conveyor capacity counting (fruit/hr)	Accuracy of the coconut (%)
38	91.11[a]	1,486[a]	98.67[a]
	(0.86)	(7.25)	(0.94)
50	90.89[a]	1,669[a]	98.89[a]
	(1.02)	(2.15)	(0.79)
62	87.56[b]	2,022[b]	94.00[b]
	(1.06)	(11.7)	(1.35)

[1]Note: Values in vertical columns followed by different letters are significantly different at the 5% level with Duncan's multiple range test.

[2]Note: Values in parentheses are coefficients of variation. (CV)

UNCORRECTED PROOF

ผลทดลองหาความแม่นยำของชุดเซ็นเซอร์นับจำนวนผลมะพร้าว พบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นมีผลต่อความแม่นยำของการนับจำนวนผลมะพร้าวที่ลดลง พบว่าที่ความเร็วรอบ 38 และ 50 รอบต่อนาที ความแม่นยำของการนับจำนวนผลมะพร้าวไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ คือร้อยละ 98.67 และ 98.89 แต่ที่ความเร็วรอบ 62 รอบต่อนาที ความแม่นยำของการนับจำนวนผลมะพร้าวลดลงอย่างเห็นได้ชัด คือร้อยละ 94.00 ดังแสดงใน Table 1

ผลการทดลองหาความสามารถในการลำเลียงผลมะพร้าว พบว่าที่ความเร็วรอบ 38 50 และ 62 รอบต่อนาที ความสามารถในการลำเลียงผลมะพร้าวเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบมีค่าเท่ากับ 1,486, 1,669 และ 2,022 ผลต่อชั่วโมง ตามลำดับ แต่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการลำเลียง และความแม่นยำของชุดเซ็นเซอร์นับจำนวนที่ลดลง ดังนั้น ความสามารถในการลำเลียงมะพร้าวที่ดีที่สุดคือ 1,669 ผลต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที โดยให้ความแม่นยำในการนับผลมะพร้าวสูงสุด ดังแสดงใน Table 1

วิจารณ์

การประเมินหาประสิทธิภาพของเครื่องลำเลียงผลมะพร้าวด้วยสายพานร่วมกับระบบนับจำนวนผลด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรดโดยมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าประสิทธิภาพของการลำเลียงผลมะพร้าว ความแม่นยำของชุดเซ็นเซอร์นับจำนวนผลมะพร้าว และความสามารถในการลำเลียงผลมะพร้าวนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของลูกกลิ้งตัวขับสายพานลำเลียง เนื่องจากสายพานลำเลียงเคลื่อนที่เร็วเกินไป จะส่งผลให้ตะแกรงตักผลมะพร้าวที่ยึดติดกับสายพานลำเลียงเกิดพฤติกรรมดีดตัวอย่างรุนแรงคล้ายกับสปริง ทำให้เกิดการตักผลมะพร้าวผิดพลาด และจะส่งผลให้ชุดเซ็นเซอร์นับจำนวนผลมะพร้าวทำงานผิดพลาดร่วมด้วย ดังนั้นจึงพิจารณาความเร็วรอบของลูกกลิ้งตัวขับสายพานลำเลียงที่ 50 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุด ถึงแม้จะไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับความเร็ว 38 รอบต่อนาทีก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแม่นยำของชุดเซ็นเซอร์นับจำนวนแล้วมีค่าใกล้เคียงกันมาก แตกต่างกันเพียงร้อยละ 0.22 เมื่อพิจารณาจากความสามารถในการลำเลียงผลมะพร้าว กลับมีค่าแตกต่างกันถึง 183 ผลต่อชั่วโมง

สรุป

เครื่องลำเลียงผลมะพร้าวด้วยสายพานร่วมกับระบบนับจำนวนผลด้วยเซ็นเซอร์อินฟราเรด สามารถลำเลียงผลมะพร้าวตามมาตรฐานสินค้าเกษตร ประกอบด้วยขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตักผลมะพร้าวได้ทีละผลอย่างต่อเนื่อง ตัวเครื่องมีขนาด กว้าง ยาว และสูง 93×300×178 เซนติเมตร ตามลำดับ ระบบขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากับชุดเกียร์ทด 1:30 ขนาด 2 แรงม้า 3 เฟส 380 โวลต์ ใช้ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที กับลูกกลิ้งตัวขับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร โดยมีค่าประสิทธิภาพการลำเลียงผลมะพร้าวดีที่สุด คือร้อยละ 90.89 ความแม่นยำของชุดเซ็นเซอร์นับจำนวนผลมะพร้าวสูงสุด คือร้อยละ 98.89 และมีความสามารถในการลำเลียงมะพร้าว 1,669 ผลต่อชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล นายไตรรงค์ เส่งเอียด นายธีรเมษ วิเศษสินธุ์ และนายรัตนพร รัตนบันดาล ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่ช่วยเหลือการทำวิจัย และขอบคุณศูนย์เกษตร อาหาร และพลังงานวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่ให้ทุนสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. มาตรฐานสินค้าเกษตร: มะพร้าว. มกษ. 18-2554.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. รายละเอียดภาวะเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/view/1/รายละเอียดภาวะเศรษฐกิจการเกษตร/28610/TH-TH, 20 มิถุนายน 2561.

Masaki, M.S., L. Zhang and X. Xia. 2017. A Comparative Study on the Cost-effective Belt Conveyors for Bulk Material Handling. Energy Procedia 142: 2754-2760.

Liu X., Y. Pang and G. Lodewijks. 2015. A stress discontinuity approach to model the stress profile on a loaded conveyor belt. Powder Technology 273: 102-110.

UNCORRECTED PROOF