



เรื่องเดิมการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 55 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceedings of
**55th KU ANNUAL
CONFERENCE**

Knowledge of the Land : Moving forward to Thailand 4.0
ศาสตร์แห่งแผ่นดินสู่ประเทศไทย

SCIENCE TECHNOLOGY and ENVIRONMENT

สาขาวิทยาศาสตร์และพันธุวิศวกรรม

Science and Genetic Engineering

สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

Architecture and Engineering

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร

Agro-Industry

สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

Natural Resources and Environment

18.	สถ.วศ.28/O155	การออกแบบอุปกรณ์ปรับมุมใบกังหันลมชนิดแกนนอน..... 401 Design of Blade Angle Adjustment Device for Horizontal Axis Wind Turbine โดย วีระศักดิ์ ไชยชาญ สุรินทร์ กาญจนะ และวรรณวิภา ไกรพิทยากร	
19.	สถ.วศ.29/O156	การใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของความเค้นและ ความเครียดของวัสดุเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นทดสอบภายใต้ การทดสอบแรงดึง..... 410 FEA Error Analysis of Stress-Strain of Material due to Dimension Variation of Specimen under Tensile Testing โดย ณัฐกุล คุณปสุต และสัจจาทิพย์ ทศนีย์พันธุ์	
20.	สถ.วศ.30/O157	การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการรับค่าอนาล็อกของเซนเซอร์ชนิดแสง... 418 A Study of Factors Affecting to Analog Signal's Receiving of Optical Sensor โดย พรทิพา นวลเกื้อ ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์ เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์ และสมพงษ์ เจษฎาธรรมสถิต	
21.	สถ.วศ.31/O158	การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดละมุดแบบเพลลาหมุนวางคู่..... 426 Design and Fabrication of Sapodilla Sizing Machine Using Expanding Roller โดย ธรรม์ณชาติ วันแต่ง	
22.	สถ.วศ.32/O159	การวิเคราะห์ตำแหน่งที่เหมาะสมของการยึดจับโครงสร้างด้วยนอตคู่ ที่วางขนานและเยื้องกันโดยมีแรงกระทำไม่ผ่านศูนย์กลาง..... 435 Analysis on Optimal Location of Double-Bolted Joint with Parallel Misalignment Subjected to Eccentric Load โดย ณรงค์กร กระจำงส์สวัสดิ์ และพัชราภรณ์ บุญยวานิชกุล	
23.	สถ.วศ.34/O161	การใช้จักรยานในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน..... 443 The Use of Bicycles in the Kasetsart University Bangkhen Campus โดย จุฑาลักษณ์ ชัยศักดิ์ และปิยนุช เวทย์วิวัฒน์	



ความสมบูรณ์ของการเสนอผลงาน
ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 55
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ประกอบด้วย หนังสือรับรองการมาเสนอผลงาน
และการได้ตีพิมพ์ลงในเอกสารเรื่องเต็ม

เอกสารทางวิชาการ 6/2560
ฝ่ายบริการการศึกษา สำนักทะเบียนและประมวลผล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โทร. 0-2118-0145 โทรสาร 0-2118-0145
E-mail: annualconference@ku.ac.th

การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดละมุดแบบเพลาลมวนวงคู่ Design and Fabrication of Sapodilla Sizing Machine Using Expanding Roller

ธรรม์ณชาติ วันแต่ง^{1*}

Tannachart Wantang^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดละมุดแบบเพลาลมวนวงคู่ ทดสอบสมรรถนะและนำไปประเมินความพึงพอใจกับเกษตรกรชาวสวนละมุด โดยเครื่องมีขนาด 90×180×96 cm ใช้หลักการเพลาลมวนและหมุนตก เพลาลมวน 10° คัดแยกละมุดได้ 4 ขนาด คือ เล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ จากผลการทดลองพบว่าอัตราการผลิตของเครื่องมีค่าเท่ากับ 1.02 นาทีต่อละมุด 20 กิโลกรัม หรือประมาณ 1.176 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเครื่องจะมีอัตราการผลิตสูงกว่าแรงงานคนคัดประมาณ 5.93 เท่า แต่เครื่องจะมีค่าความผิดพลาดของขนาดเท่ากับ 1.33 กิโลกรัมต่อละมุด 20 กิโลกรัม มีอัตราสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.71 บาทต่อชั่วโมง ด้านผลการประเมินความพึงพอใจของเครื่องด้วยแบบประเมิน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการออกแบบเครื่อง, ความปลอดภัย, ความสะดวกในการใช้งาน และผลผลิตกับเกษตรกรชาวสวนละมุด จำนวน 39 คน มีผลการประเมินเท่ากับ 4.03 ซึ่งอยู่ในระดับดี มีระยะเวลาในการคืนทุน 2.14 ปี

ABSTRACT

This research aimed at the design, fabrication and testing of sapodilla sizing machine using expanding roller and evaluate the satisfaction survey of sapodilla orchards. The machine consists of the frame 90×180×96 cm³ use the expanding roller and an angle by 10 ° rotation falls. The sizing machine has four sizes: small, medium, large and jumbo. The results of the performance tests showed the production rate of 1.02 minute/20 kg (1,176 kg/hr). Comparison between the machine and manual sorting; the sizing machine capacity was more than the manual sorting about 5.93 time and the error was 1.33 kg/20 kg and the electricity charge is 1.71 bath/hr. The satisfaction survey was in design, safety, ease of use and productivity by sapodilla orchards (39 person). The evaluation of overall satisfaction at level 4.03, which was good and engineering economic analysis revealed that the pay back period was 2.14 year.

Key word: sapodilla sizing machine, design and fabrication

*Corresponding author; e-mail address: tannachart@gmail.com

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
เพชรบูรณ์ 67000

¹Department of Production Engineering and management, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology,
Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000

คำนำ

พื้นที่การปลูกมะม่วงในประเทศไทยมีประมาณ 16,878 ไร่ จังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุดคือ ราชบุรี สุโขทัย นครราชสีมา เพชรบุรี และกระจายอยู่ทั่วประเทศ มีผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 13,409 ตัน/ปี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) มูลค่ารวมทั้งประเทศประมาณ 230 ล้านบาท (อารีรัตน์, 2555) มะม่วงที่ปลูกสามารถแบ่งได้ 2 พันธุ์ใหญ่ๆ คือ มะม่วงพันธุ์ไทยหรือมะม่วงสีดาซึ่งปัจจุบันมีการปลูกน้อยลงเพราะมีผลเล็ก และมะม่วงพันธุ์ฝรั่งที่มีการปลูกเพื่อการค้าเพิ่มมากกว่า เช่น พันธุ์มะกอก พันธุ์กระสวย พันธุ์โชห่วย จังหวัดเพชรบูรณ์มีการปลูกมะม่วงมากที่สุดที่หมู่บ้านสวนมะม่วง ต.หนองไขว่ อ.หล่มสัก โดยเป็นมะม่วงพันธุ์มะกอกมีการปลูกประมาณ 80 – 90% ของพื้นที่ทั้งหมดจนได้รับการตั้งชื่อหมู่บ้านสวนมะม่วง ผลผลิตจะออกในช่วงเดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์ของทุกปี แต่ละครบครัวมีผลผลิตประมาณ 60-70 ตันต่อปี ด้วยปริมาณผลผลิตที่มากและออกในระยะเวลาใกล้เคียงกันนี้ จึงจำเป็นต้องจ้างแรงงานในปริมาณที่มากเพื่อจัดการกับผลผลิตโดยเร็ว แต่ปัจจุบันพบว่าเกิดปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงานมากทั้งด้านการเก็บผลผลิตและการคัดขนาดเพื่อขาย อีกทั้งมะม่วงเป็นผลไม้ที่มีเปลือกบางจึงมักมีการเสียหายจากกระบวนการต่างๆ ก่อนถึงขั้นตอนการขายประมาณ 5% ของผลผลิตทั้งหมด (วรยา, 2546) ด้านราคาขายส่งมะม่วงที่ไม่คัดขนาดมีราคาประมาณ 6 – 7 บาทต่อกิโลกรัม แต่ถ้ามีการคัดขนาดราคาจะสูงขึ้น เช่น มะม่วงขนาดกลาง เบอร์ 3 ราคาประมาณ 10 – 12 บาทต่อกิโลกรัม มะม่วงขนาดใหญ่พิเศษหรือจัมโบ้ เบอร์ 1 ราคาประมาณ 30 - 50 บาทต่อกิโลกรัม เป็นต้น จากข้อมูลพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มักจัดการกับผลผลิตไม่ทัน จำเป็นต้องขายส่งแบบไม่คัดขนาดหรือแม้มีการคัดขนาดได้ทันแต่อาจมีต้นทุนค่าแรงงานที่สูงมากตามมาเช่นกัน ดังนั้น เกษตรกรชาวสวนมะม่วงจึงมีความต้องการสิ่งประดิษฐ์สำหรับคัดแยกขนาดมะม่วงเพื่อใช้ในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวในระดับครัวเรือนจนได้เสนอเรื่องผ่านทางผู้ใหญ่บ้าน เกษตรจังหวัดและมหาวิทยาลัยฯตามลำดับ ทางผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เครื่องคัดแยกมะม่วงแบบเป็นล้อลูกทรงทรงกระบอกใช้การหมุนตกตามระยะห่างระหว่างล้อลูกทรงทรงกระบอก แต่จากผลการทดลองพบว่าเครื่องดังกล่าวยังเกิดการชำรุดเสียหายของผลมะม่วงเป็นจำนวนมาก มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี (2555) เครื่องคัดขนาดผลหมากแบบใช้ช่องว่างระหว่างเพลากลียวเดือยหมุน (นัสสรา, 2557) เครื่องคัดขนาดน้อยหน้าแบบใช้ระบบคานสมดุลเมื่อน้อยหน้ามีน้ำหนักมากกว่าตุ้มน้ำหนักจะกลิ้งออกจากถาด (ศุภวรรณ, 2557) เครื่องคัดขนาดลูกเดือยแบบตะแกรงทรงกระบอกหมุนมีการเจาะรูเปิดให้ขนาดไม่เท่ากันเพื่อให้คัดได้หลายขนาด (บรรล, 2556) เครื่องคัดกระเทียมแบบตะแกรงเจาะรูเพื่อให้ร่วงตกตามขนาด ตะแกรงมีลักษณะเอียงและหมุนโยกด้วยชุดลูกเบี้ยว (เทวรัตน์, 2556) เครื่องคัดขนาดแบบใช้โหลดเซลส์ช่วงน้ำหนักแล้วทำการคัดคัดขนาด (ชลิดล, 2554) เครื่องคัดพุทราพันธุ์น้ำนมใช้ระบบน้ำไหลพาผลพุทราผ่านชุดรางขยายแบบบานออก (ภัทรชัย, 2554) เครื่องคัดขนาดชมพูแบบสายพานบานออก (กระวี, 2553) เครื่องคัดขนาดส้มแบบทรงกระบอกเจาะรูสวมซ้อนกันเป็นชั้นๆ และในแต่ละชั้นมีขนาดรูที่ต่างกัน ใช้การคัดขนาดแบบหมุนตก (ทรงศักดิ์, 2548) เครื่องคัดขนาดฝรั่งและมังคุดแบบกรรไกรที่มีจานคัดขนาดใหญ่หมุนให้ผลลอดผ่านแผ่นกันออกไปตามขนาด (บัณฑิต, 2545) เป็นต้น หลังจากได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วทางผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทำการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดมะม่วงแบบเพลากลียวคู่ขึ้น ทำการทดสอบสมรรถนะและนำไปทดสอบภาคสนามเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องที่สร้างขึ้นกับเกษตรกรชาวสวนมะม่วง และหาระยะเวลาคืนทุนในการลงทุนใช้เครื่องจักร เพื่อให้งานวิจัยชิ้นนี้เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้จริง

อุปกรณ์และวิธีการ

ส่วนประกอบของเครื่อง

วิธีการดำเนินงานเริ่มด้วยขั้นตอนการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการการออกแบบและเขียนแบบด้วยโปรแกรม NX 8.5 เขียนภาพประกอบและภาพแยกชิ้นเพื่อนำไปสร้างชิ้นส่วนตามแบบงาน โดยแบบงาน (Figure 1 A) และการสร้างส่วนประกอบหลักของเครื่อง (Figure 1 B) มีรายละเอียดดังนี้

1) กระบะใส่ละมุด ทำหน้าที่สำหรับใส่ละมุด ขนาด $90 \times 73 \times 25$ cm มีมุมเอียงของกระบะ 10° มีช่องไหลของผลละมุดลงสู่ชุดคัดขนาดจำนวน 2 ช่อง ในบริเวณที่มีการสัมผัสกับผิวละมุดจะมีการบุด้วยแผ่นยางหนาเพื่อไม่ให้เกิดรอยชำเสียหาย

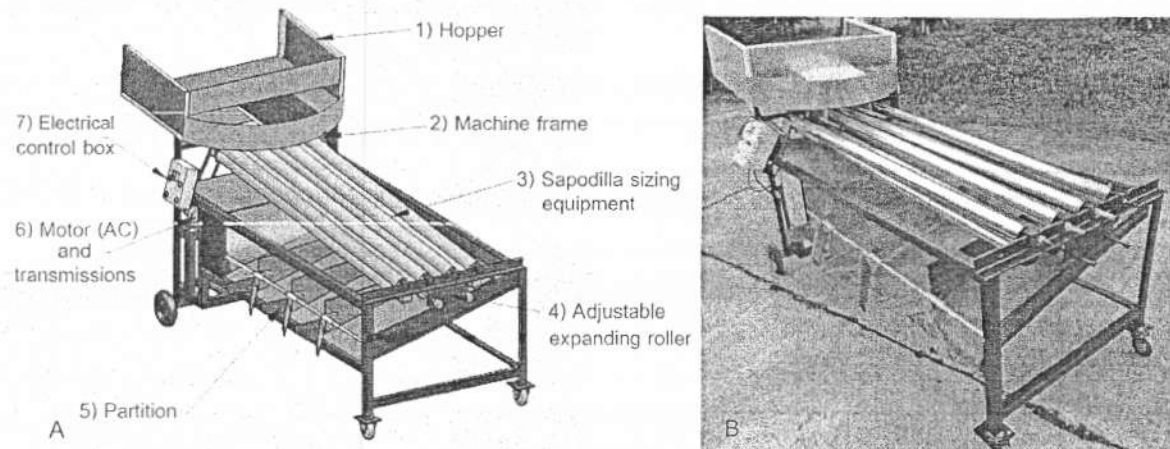


Figure 1 Details drawing (A) and assembly of the sapodilla sizing machine using expanding roller (B).

2) โครงเครื่อง ทำหน้าที่ยึดอุปกรณ์ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องทำด้วยเหล็กฉากขนาด $90 \times 180 \times 40$ cm มีชุดล้อสำหรับการเคลื่อนย้าย

3) ชุดคัดขนาดแบบเพลานมวนวงคู่ ทำหน้าที่สำหรับคัดขนาดละมุด ใช้วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ขนาด $\varnothing 6.3$ cm ยาว 170 cm ใช้หลักการของเพลานมวนวงคู่กันในลักษณะเอียงและมีระยะห่างหัวท้ายไม่เท่ากันเมื่อละมุดถูกกลิ้งจะหมุนหาจุดศูนย์ถ่วงของผลจนตกลงในช่วงระยะห่างและไหลลงสู่ตะกร้าตามขนาด 4 ขนาด คือ เบอร์ 1 ใหญ่พิเศษ, เบอร์ 2 ใหญ่, เบอร์ 3 กลาง และเบอร์ 4 เล็ก (Table 1) โดยการเกิดรอยตำหนิของละมุดใช้เกณฑ์ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2554)

Table 1 Size of sapodilla.

Code size	Unit weight (Unit/g)	Number of units (approximately/kg)
1 (Jumbo)	>105	≤ 9
2 (Large)	>90 - 105	9 - 11
3 (Medium)	>75 - 90	11 - 13
4 (Small)	>60 - 75	13 - 16

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2554)

4) ชุดปรับขนาดระหว่างแกนเพลลา ทำหน้าที่ปรับขนาดระหว่างแกนเพลลาเพื่อให้ขนาดของละมุดที่คัดตกเป็นไปตามขนาดมาตรฐาน

5) แผงกั้นขนาด ทำหน้าที่กั้นขนาดละมุดแต่ละขนาดให้ไหลลงสู่ตะกร้าไม่ให้ปนกัน ทำด้วยไม้อัดแผ่นหนา 6 มิลลิเมตร มีรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูและมีชุดเลื่อนปรับขนาด ส่วนในบริเวณที่ละมุดตกลงมาจากชุดคัดขนาดจะมีการบุด้วยแผ่นยางหนาเพื่อไม่ให้เกิดการกระแทกจนละมุดเกิดรอยชำรุดเสียหาย

6) ระบบส่งกำลัง ทำหน้าที่ส่งกำลังในการหมุนเพลลาสำหรับคัดขนาดละมุด ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 220 V ขนาด 1 hp ส่งกำลังผ่านระบบสายพานและพูลเลย์เพื่อทดรอบซ้ำ มีชุดเฟืองส่งกำลังเพื่อทำให้เพลลาหมุนกลับทาง (Figure 2) โดยกำหนดให้เพลลาด้านซ้ายหมุนทวนเข็มนาฬิกาส่วนด้านขวาหมุนตามเข็มนาฬิกา โดยใช้ความเร็วรอบที่ต้นกำลัง 1,450 รอบต่อนาที ทดรอบลงแล้วอยู่ที่ 206.22 รอบต่อนาทีด้านซ้าย และ 256.78 รอบต่อนาทีด้านขวา มีมุมเอียงของเพลลา 10° มีเพลลายาวอีก 2 ท่อนยึดประกบแน่นด้านบนชุดเพลลาคัดขนาดเพื่อไม่ให้เกิดการกระเด็นออกของผลละมุดในขณะคัด

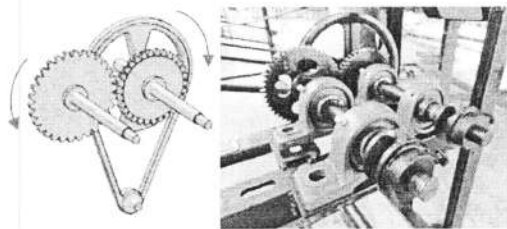


Figure 2 Drawing and assembly of the reverse mechanism for expanding roller.

7) กล่องควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่อง มีสวิตช์สำหรับเปิดและปิด พร้อมหลอดไฟแสดงสถานะ 2 หลอด มีชุดแมกเนติกคอนแทคเตอร์และฟิวส์ติดตั้งอยู่ภายในกล่องควบคุม

การทดสอบหาอัตราการผลิตของเครื่องและประสิทธิภาพของเครื่องเปรียบเทียบกับแรงงานคน

หลังจากการสร้างและประกอบเครื่องเสร็จ (Figure 1 B) จากนั้นทำการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับปรุง แก้ไข และจึงดำเนินการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะเครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบเพื่อหาอัตราการผลิต ทำการเปรียบเทียบเครื่องกับแรงงานคน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ตรวจสอบลักษณะของผิวละมุดที่ผ่านกระบวนการคัด โดยในการทดลองมีตัวแปรควบคุม คือ ละมุดที่นำมาทดสอบต้องเป็นละมุดที่สดไม่ซ้ำเก็บเกี่ยวจากแหล่งผลิตเดียวกัน ทำการทดสอบละมุดครั้งละ 20 กิโลกรัมหรือ 1 ตะกร้า ขนาดที่ใช้สำหรับการซื้อขาย ส่วนในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเปรียบเทียบกับแรงงานคนคัดจะทำการเปรียบเทียบอัตราการผลิตที่การทำงานจำนวน 1 คน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนด้านค่าความผิดพลาดของเครื่องในการคัดขนาดเปรียบเทียบกับแรงงานคนคัดจะตรวจสอบโดยเกษตรกรผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าความผิดพลาดของเครื่องในการคัดขนาด

การประเมินประสิทธิภาพด้วยการตอบแบบประเมินความพึงพอใจและระยะเวลาในการคืนทุน

ในด้านการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องด้วยการตอบแบบประเมินความพึงพอใจใน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการออกแบบเครื่อง ด้านความปลอดภัย ด้านความสะดวกในการใช้งานและด้านผลผลิต ใช้เกณฑ์การให้คะแนนความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็น

ใช้มาตรวจวัดเจตคติแบบลิเคิร์ตสเกล (Likert scale) วิธีการคัดเลือกตัวอย่างใช้แบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) กับเกษตรกรชาวสวนละมุด หมู่บ้านสวนละมุด ต.หนองไขว่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ จำนวน 39 ราย ด้านการหาระยะเวลาต้นทุนคือการหาช่วงเวลาที่ยอมรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดีซึ่งมีหน่วยเป็นปี เปรียบเทียบที่อัตราการทำงาน 4 ชั่วโมงซึ่งเป็นช่วงเวลายาวเท่านั้นเนื่องจากช่วงเวลาเช้าเกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเตรียมไว้เพื่อการคัดแยก การคำนวณหาระยะเวลาต้นทุนหาได้จากสมการ ระยะเวลาต้นทุน = ต้นทุนคงที่ / ต้นทุนผันแปร (จิรรัตน์, 2552)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดสอบเพื่อหาอัตราการผลิตของเครื่องและประสิทธิภาพของเครื่องเปรียบเทียบกับแรงงานคน

จากผลการทดลอง (Table 2) พบว่าอัตราการผลิตเฉลี่ยของเครื่องเท่ากับ 1.02 นาทีต่อ 20 กิโลกรัม หรือประมาณ 1,176 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนอัตราการผลิตแรงงานคนเท่ากับ 6.05 นาทีต่อ 20 กิโลกรัม เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกับแรงงานคนที่การทำงาน 1 คนเท่ากัน จะพบว่าเครื่องมีอัตราการผลิตสูงกว่าแรงงานคนประมาณ 5.93 เท่า แต่จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าในการคัดละมุดด้วยเครื่องจะมีค่าความผิดพลาดของขนาดประมาณ 1.33 กิโลกรัมต่อ 20 กิโลกรัม และในด้านการตรวจสอบด้วยสายตาตามมาตรฐานสินค้าเกษตรไม่พบการเกิดรอยดำหนิหรือรอยปริแตกของละมุดที่ผ่านการคัดโดยเครื่อง ด้านผลการทดสอบการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยการตรวจวัดด้วยคลิป์แอมป์มิเตอร์และนำไปคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ใช้การคำนวณที่อัตราค่าไฟฟ้าในกิจการขนาดเล็กมีธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย ขนาดมิเตอร์ 15 แอมแปร์ ที่ค่าไฟฟ้าอัตราปกติ หน่วยละ 3.9361 บาทต่อหน่วย พบว่าขณะเครื่องทำงานใช้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 1.97 แอมแปร์ หรือ 0.43 หน่วยต่อชั่วโมง มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.71 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งใกล้เคียงกับหม้อหุงข้าวความจุ 1 ลิตร ขนาด 400 วัตต์ หรือปั้มน้ำอัตโนมัติขนาด 400 วัตต์ เป็นต้น

Table 2 Result summary of production rate and comparison between the machine and manual.

Test	Sapodilla sizing machine		Manual sorting	
	Production rate (min/20 kg)	Error (kg)	Production rate (min/20 kg)	Error (kg)
1	1.01	1.50	5.56	0
2	0.59	1.30	6.03	0
3	1.03	1.40	6.10	0
Average	1.02	1.33	6.05	0

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้วยการตอบแบบประเมินความพึงพอใจและระยะเวลาในการคืนทุน

จากผลการประเมินความพึงพอใจเครื่องคัดแยกขนาดละมุดแบบเพลาลมวนวาล์วกับกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกสวนละมุดในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยได้ดำเนินการลงพื้นที่ที่หมู่บ้านสวนละมุด หมู่ที่ 12 ตำบลหนองไขว่ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ (Figure 3) เพื่อทำการทดสอบและประเมินความพึงพอใจกับเกษตรกรผู้ปลูกสวนละมุด จำนวน 39 ราย ผลการประเมินทั้ง 4 ด้าน พบว่า ด้านการออกแบบเครื่อง ด้านความปลอดภัย ด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านการผลิต มีผลการประเมินเท่ากับ 4.08, 4.15, 3.98 และ 3.94

ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับดีทุกด้าน และมีผลการประเมินเฉลี่ยทั้งหมด 4 ด้าน มีค่าเท่ากับ 4.03 ซึ่งอยู่ในระดับดี มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 แสดงว่ามีความแตกต่างของข้อมูลอยู่ในระดับที่น่าพอใจ (Table 3) ส่วนด้านข้อเสนอแนะ ได้แก่ ควรลดความสูงของส่วนกระบอกให้ต่ำลงเพื่อความสะดวกในการยกเทละมุด โครงสร้างเครื่องมีขนาดใหญ่ทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก และพื้นรองรับผลละมุดที่ผ่านการคัดลงมามีความสูงมากเกินไป

Table 3 The satisfaction survey of the sapodilla orchards to the sapodilla sizing machine using expanding roller in Phetchabun province of Thailand.

Overall satisfaction	Question	Satisfaction scale ($\bar{x}$)	(S.D)
Design	Machine frame	3.90	0.72
	Motor transmission	4.36	0.54
	Expanding roller	4.10	0.45
	Hopper size	3.95	0.56
	Satisfaction level	4.08	0.57
Safety	Electricity	4.33	0.58
	Power mechanic	4.03	0.49
	Transmission	4.10	0.45
	Satisfaction level	4.15	0.50
Easy to use	Easy to control	4.31	0.57
	Easy to fill sapodillas to the hopper	3.62	0.78
	Easy to adjust mechanic	4.00	0.46
	Easy to moving the sizing machine	4.03	0.63
	Easy to moving the bug get	3.97	0.54
	Satisfaction level	3.98	0.59
Production rate	Enjoyable with accuracy to size	4.05	0.46
	Enjoyable with production rate	3.90	0.68
	Enjoyable with sapodilla defect (bruises and crack)	3.87	0.77
	Satisfaction level	3.94	0.63
Overall satisfaction level		4.03	0.57

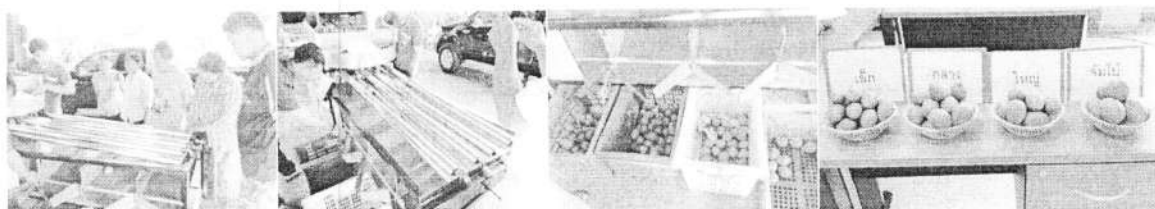


Figure 3 The satisfaction survey of sapodilla orchards.

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อหาระยะเวลาในการคืนทุน พบว่าราคาของเครื่องคัดแยกขนาดละมุดที่สร้างขึ้นมีมูลค่าวัสดุรวมค่าแรงงานสร้างในราคา 20,000 บาท อัตราการผลิตเฉลี่ยของเครื่องเท่ากับ 4,705 กิโลกรัมต่อวัน ที่การทำงานช่วงเวลาบ่าย 4 ชั่วโมง ส่วนแรงงานคนก็จะมีอัตราการผลิตที่ 1 วัน จำนวน 4 ชั่วโมง เท่ากับ 793 กิโลกรัมต่อวัน หมายความว่าถ้าต้องการมีอัตราการผลิตเฉลี่ยของแรงงานคนเท่ากับเครื่อง ต้องมีการจ้างแรงงานคนที่ 5.93 คน หรือประมาณ 6 คน ดังนั้นถ้าใส่สูตรรวมกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 10,901 บาท เทียบกับเงินลงทุนในการซื้อเครื่อง 20,000 บาท กับค่านำรุงรักษารายปีประมาณ 1,500 บาท อายุการใช้งานประมาณ 10 ปี มีมูลค่าซากประมาณ 2,000 บาท รวมทั้งหมด ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.14 ปี (Table 4)

Table 3 The pay back period

	Sapodilla sizing machine	Manual sorting
Production rate	4,705 kg/day	4,705 kg/day
Wage	150 Baht/day	4,705 / 793 = 5.93 time 5.93 x 150 = 889.71 Baht/day
Electricity charge	1.71 bath x 4 hr = 6.84 Baht/day	-
Total cost	156.84 Baht/day	889.71 Baht/day
Difference cost	889.71 - 156.84 = 732.87 Baht/day	
Total product	70,000 kg / year	
Cost reduction	(70,000/4,705) x 732.87 = 10,901.38 Baht/day	
Straight – Line method	(20,000 Baht – 2,000 Baht) / 10 year = 1,800 Baht/year	
Cost	20,000 Baht + 1,800 Baht/year + 1,500 Baht/year = 23,300 Baht	
Pay back period	23,300 / 10,901.38 = 2.14 year	

สรุปผลและเสนอแนะ

จากผลการออกแบบ สร้าง และประเมินสมรรถนะเครื่องคัดแยกขนาดละมุดแบบเพลาลมวนวงคู่ พบว่าเครื่องดังกล่าวสามารถใช้คัดแยกขนาดละมุดได้จริงตามสมมติฐานของงานวิจัย และมีอัตราการผลิตของเครื่องเท่ากับ 1.02 นาทีต่อ 20 กิโลกรัม หรือประมาณ 1,176 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนอัตราการผลิตแรงงานคนเท่ากับ 6.05 นาทีต่อ 20 กิโลกรัม หรือประมาณ 198.35 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเครื่องจักรที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแรงงานคนประมาณ 5.93 เท่า แต่เครื่องยังเกิดความผิดพลาดในการคัดขนาดประมาณ 1.33 กิโลกรัมต่อ 20 กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงควรมีการปรับปรุงพัฒนาเครื่องต่อไป ในด้านอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ต่ำประมาณ 1.71 บาทต่อชั่วโมง เพราะใช้มอเตอร์ขนาดเล็กที่ 0.5 hp ในด้านการตรวจสอบการเกิดรอยดำหินของละมุดที่ผ่านการคัดโดยเกษตรกรผู้เชี่ยวชาญไม่พบรอยชำหรือรอยแตกซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานสินค้าเกษตร ด้านผลการประเมินความพึงพอใจกับเกษตรกรผู้ปลูกสวนละมุดใน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการออกแบบเครื่อง ด้านความปลอดภัย ด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านการผลิต ผลการประเมินอยู่ใน

ระดับตีความพึงพอใจในทุกด้าน มีระยะเวลาคืนทุนในการลงทุนซื้อเครื่องจักรเท่ากับ 2.14 ปี ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นเครื่องจักรมีอัตราการผลิตที่สูงและสามารถนำไปใช้งานในพื้นที่จริงได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. รายงานข้อมูลการผลิตละมุด. แหล่งข้อมูล:http://production.doae.go.th/report/report_main_land_02_A_new2.php?report_type=, 4 ตุลาคม 2559.
- กระวี ธีรอำรรค, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, อนุพันธ์ เทิดวงศ์วรกุล, มนุศักดิ์ จานทอง. 2553. การทดสอบเครื่องคัดขนาดชมพูแบบไร้ความเสียหาย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1), 585-588.
- ศุภวรรณ ภามาตย์, พุทธธินันท์ จารุวัฒน์, บัณฑิต จิตจำนง, สากล วิริยานันท์, รัชดา ปรัชเจริญชัย, ณัฐสิทธิ์ อยู่เย็น. 2557. วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดผลน้อยหน่า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 45(3), 433-436.
- จิรรัตน์ ธีระวาทฤกษ์. 2552. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ชลิตล อินยาศรี, สุชาติ แยมแน่น, พีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2554. การประมาณค่าน้ำหนักผลมะม่วงบนระบบการชั่งน้ำหนักแบบพลวัตโดยใช้วงจรกรองมัธยฐานปรับปรุง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(3), 446-449.
- ทรงศักดิ์ ลิขิตชีวัน. 2548. เครื่องคัดขนาดอัตโนมัติแบบกระบอกคัดซ้อนกันหลายชั้น. สิทธิบัตรไทย เลขที่ 23094.
- เทวรัตน์ ธีรอำรรค, อธิพรรณ ชันธเสน, กระวี ธีรอำรรค. 2556. เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(3), 466-469.
- นัสสรา มีอินทร์. 2557. การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บรรลุ เพียชิน, สุพรรณ ยิ่งยิน, จักรมาส เลหาวิช. 2556. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการคัดแยกลูกเดือยหลังการกระเทาะและทำความสะอาดแบบตะแกรงทรงกระบอกหมุน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(3), 497-500.
- บัณฑิต จริโมภาส, ดลนัย ราชานุเคราะห์. 2555. เครื่องคัดขนาดผลฝรั่ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 33(6), 49-53.
- ภัทรชัย วิชัยยะ. 2554. การออกแบบเครื่องดันแบบเครื่องคัดพุทราพันธุ์น้านม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42(3), 497-500.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี. 2555. เครื่องคัดแยกผลละมุด มรภ.เทพสตรี จ.ลพบุรี. แหล่งข้อมูล: <http://youtube.com/watch?v=cyxUize4QnY>, 4 ตุลาคม 2559.
- วรยา สุธรรมชัย. 2546. ผลของอายุเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพผลละมุด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2554. **มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 19-2554 ละครุด.**
กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อารีรัตน์ พระเพชร, สุนัดดา เขาวลิต, วิภาวรรณ ดอนมีสุข, อรณิชา สุวรรณโณม, ชัยณรงค์ จันทร์แสนดอ. 2558.
วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตละครุดเชิงพาณิชย์ในภาคเหนือตอนล่าง. สุโขทัย: ศูนย์วิจัย
และพัฒนาการเกษตรสุโขทัย กรมวิชาการเกษตร.