

การพัฒนาเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ

The Development Peeling Machine for Nutmeg Sheller

พงษ์พันธ์ ราชภักดี (Pongpun Ratchapakdee)* บัณฑิตา ภูทรัพย์มี โปณะทอง (Banthita Poosabmee Ponatong)*
เสริมศักดิ์ เกิดวัน (Sermak kerdwan)* สุธาพร เกตุพันธ์ (Sutaporn Getpun)* รุ่งโรจน์ จินด้าง (Rungrote Jeendoug)^{1*}

(Received: September 15, 2022; Revised: November 7, 2022; Accepted: November 8, 2022)

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นแบบเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศสำหรับการผลิตในระดับชุมชน และทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ แทนการขัดผิวลูกจันทน์เทศที่ปัจจุบันเป็นการขัดผิวด้วยมีด ก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากจันทน์เทศ โดยเครื่องต้นแบบประกอบด้วยชุดโครงสร้างเครื่อง ชุดหมุนพาลูกจันทน์เทศ และชุดขัดผิวลูกจันทน์เทศ ปัจจัยในการทดลองประกอบด้วยค่าความเร็วรอบ 4 ระดับ คือ 100 150 200 และ 250 รอบต่อนาที และค่าเวลาที่ใช้ในการขัดผิว 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 นาที ในการทดลองใช้น้ำหนักของลูกจันทน์เทศครั้งละ 10 กิโลกรัม ใช้ปริมาณน้ำช่วยในการล้างผิว 5 ลิตร ผลการทดลองพบว่าการขัดผิวลูกจันทน์เทศ โดยใช้ความเร็วรอบที่ 200 รอบต่อนาที เวลาที่ใช้ในการขัดผิว 6 นาที และได้น้ำหนักเท่ากับ 9.33 กิโลกรัม ซึ่งได้น้ำหนักลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้มากที่สุดของการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการขัดผิวลูกจันทน์เทศระหว่างแรงงานคนกับเครื่องจักร พบว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพมากกว่าแรงงานคน เท่ากับ 84.15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดได้ที่ระดับความนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ (α) = 0.05 เช่นเดียวกับปัจจัยร่วม

ABSTRACT

The development peeling machine for nutmeg sheller peeling was to obtain a model of a peeling machine for community production and tested the efficacy of the peeling machine. At present, most of the peeling of nutmeg is done manually using knives. The prototype consisted of the chassis set, the rotation speed set, and the spinning cylinder peeling of nutmeg set. The experimental factors consisted of 4 speeds: 100, 150, 200 and 250 rpm and 4 peeling times: 2 4 6 and 8 min and the batch load was 10 kg, and amount of water used was 5 liters. The results showed that using the rotation speeds for peeling nutmeg sheller at 200 rpm and peeling time of 6 minutes got the weight of 9.33 kg, which was the highest weight of the nutmeg peeled in the experiment. When comparing the efficiency of peeling nutmeg sheller between human labor and machine, it was found that the machines more efficient than human labor at 84.15 percent. In addition, the statistical analysis found that the main factor had the same effect as the contributing factor on the weight of the nutmeg peeled at the significant level of 95% (α) = 0.05.

คำสำคัญ: ลูกจันทน์เทศ เครื่องขัดผิว การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง

Keywords: Nutmeg sheller, Peeling machine, Two –way ANOVA

¹Corresponding author: Rungrote.j@rmutsv.ac.th

*อาจารย์ หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทนำ

จันทน์เทศ หรือ ลูกจันทน์เทศ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Myristica fragrans* Linn. เป็นพืชพื้นถิ่นที่มีเฉพาะภาคใต้ ตั้งแต่ชุมพร สุราษฎร์ธานี พังงา นครศรีธรรมราช และพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ซึ่งจันทน์เทศมีสรรพคุณที่เป็นประโยชน์ทางการแพทย์มากมาย เช่น บำรุงโลหิต รักษาอาการปวดหัว แก้อาการผิดปกติในทางเดินอาหาร แก้อาการปวดไตและกระเพาะอาหาร แก้อ่อน แก้กลิ้นไส้ ช่วยขับลม อีกทั้งยังช่วยให้กลิ่นปากสะอาด [1] ทำให้มีการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จันทน์เทศ ได้แก่ จันทน์เส้น จันทน์แฉ่ส้ม จันทน์หยา จันทน์กวน โดยมีการจำหน่ายในชุมชนและได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ OTOP ระดับห้าดาว เป็นการก่อให้เกิดรายได้และพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอระนองพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีการปลูกจันทน์เทศตั้งแต่รุ่นบรรพบุรุษ โดยนำปลูกครั้งแรกในพื้นที่ส่วนหนึ่งของหมู่ที่ 2 ตำบลระนองพิบูลย์ อำเภอระนองพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช [2] ซึ่งปัจจุบันชาวบ้านเรียกชื่อบ้านบริเวณนี้ว่า “บ้านสวนจันทน์” ซึ่งจันทน์เทศมีแนวโน้มจะสูญหายจากท้องถิ่น เนื่องจากการพัฒนาและขยายตัวทางเศรษฐกิจของพืชชนิดอื่นๆ ทำให้เป็นพืชที่ถูกมองข้าม ซึ่งส่วนใหญ่มักจะปลูกแซมอยู่ในสวนผลไม้อื่น ๆ ดังนั้นทางกรมวิชาการเกษตรจึงนำเสนอให้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตจันทน์เทศไว้ว่าจะเป็นการพัฒนาการปลูก เทคโนโลยีการผลิตให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมเพื่อเป็นการช่วยในการผลักดันให้จันทน์เทศเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ โดยมีการจัดตั้งกลุ่มแปรรูปจันทน์เทศทั้งที่รวมกลุ่มกันเป็นวิสาหกิจชุมชนหรือกลุ่มแม่บ้านชุมชน ได้มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จันทน์เทศ เนื่องจากลูกจันทน์เทศรับประทานแล้ว ทำให้ชุ่ม คอ ขี้เสมหะ ขับลม บำรุงโลหิต แก้อ่อนใน จุกเสียด กระหายน้ำ และรูกจันทน์สามารถนำมาเป็นเครื่องเทศแต่ง กลิ่นอาหารได้ เช่น ใส่แกงคั่ว แกงมัสมั่น แกงกะหรี่ [3] การจำหน่ายจันทน์เทศ มีการจำหน่ายทั้งรูปของผลสดและการแปรรูป โดยจำหน่ายผลจันทน์เทศสดมีแหล่งจำหน่าย ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดระนอง จังหวัดตรัง จังหวัดอ่างทอง จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดสงขลา กรุงเทพมหานครและส่งออกจำหน่ายยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ อินเดีย และมาเลเซีย ในส่วนของขั้นตอนในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากลูกจันทน์เทศของชุมชน ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชเนื่องจากจันทน์เทศถือเป็นพืชพื้นถิ่น ดังนั้นจึงมีการรวมกลุ่มกันแปรรูปจันทน์เทศ ในพื้นที่อำเภอระนองพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช คณะผู้วิจัยพบว่าขั้นตอนแปรรูปจันทน์เทศส่วนใหญ่ยังอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก ทำให้เกิดความล่าช้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการปอกผิวลูกจันทน์เทศ โดยการใช้มีดปอกผิวลูกจันทน์เทศ ไม่มีเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมเข้ามาช่วย ทำให้สามารถปอกเปลือกจันทน์เทศได้น้อย อีกทั้งยังเกิดความเหนื่อยล้าและเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากการใช้มีดปอกได้ ทำให้ต้องใช้แรงงานคนจำนวนมากและเวลานาน อีกทั้งยังสูญเสียเนื้อลูกจันทน์เทศมาก ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์จากลูกจันทน์เทศของชุมชนผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

จากงานวิจัย [4] ได้ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องปอกเปลือกจันทน์เทศ เพื่อลดเวลาและแรงงานในการปอกเปลือกจันทน์เทศสำหรับการผลิตระดับชุมชน เครื่องต้นแบบใช้ชุดใบมีดขัดทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม นำมาดัดให้เป็นครึ่งวงกลม โดยมีลูกกลิ้งเป็นตัวหมุนเคลื่อนตามผิวสัมผัสของลูกจันทน์เทศให้สัมพันธ์กับใบมีดขณะทำการขัดเปลือก เพื่อกำหนดความหนาเปลือกที่ขัดออก หลังจากการนำลูกจันทน์เทศใส่ตัวจับยึด แล้วหมุนเพื่อให้ใบมีดเคลื่อนตามผิวลูกจันทน์เทศ โดยมีสปริงเป็นตัวกดใบมีดเพื่อเนียนลูกจันทน์เทศตามความหนาของเปลือก ปอกเปลือกจันทน์เทศได้ครั้งละ 3 ลูก มีความสามารถในการทำงานการขัดด้วยเครื่องใช้เวลาเฉลี่ย 3.12 นาที การขัดด้วยคนใช้เวลาเฉลี่ย 4.12 นาที ได้ลูกจันทน์เทศ ที่มีลักษณะผิวเรียบสวยงาม ส่วนเปลือกที่ได้จากการขัดมีลักษณะเป็นเส้นบางๆ แต่พบปัญหาการขัดเปลือกที่ใช้เวลามาก และมีอัตราการสูญเสียเนื้อลูกจันทน์เทศมาก รวมทั้งไม่เพียงพอต่อความต้องการของชุมชน งานวิจัย [5] ได้ศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องขัดเปลือกหัวมันสำปะหลังสำหรับผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ โดยเครื่องที่สร้างขึ้นประกอบด้วย โครงสร้าง ต้นกำลัง ระบบส่งกำลังและชุดใบมีดขัด ออกแบบให้ใบมีดขัดหมุนรอบในแนวรัศมีของหัวมัน

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้ความเร็วรอบกระบอกสูบใบมีดขัด 3 ระดับ คือ 90 100 และ 110 รอบต่อนาที องศาใบมีดขัดทำมุมกับแนวแกน 3 ระดับ ที่ 0 10 และ 20 องศา และความยาว ใบมีดขัด 3 ระดับ คือ 15 25 และ 35 มิลลิเมตร ผลการศึกษาพบว่า ที่ระดับความเร็วรอบกระบอกสูบใบมีดขัดเท่ากับ 110 รอบต่อนาที องศาใบมีดขัดทำมุมกับแนวแกนเท่ากับ 20 องศา และระดับความยาวใบมีดขัด 15 มิลลิเมตร เป็นเงื่อนไข การทดสอบที่เหมาะสมที่สุดคือมีประสิทธิภาพการขัด 95.09 เปอร์เซ็นต์ การสูญเสียเนื้อ 2.22 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถในการทำงาน 94.43 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็น 2.5 เท่าของแรงงานคน งานวิจัย [6] การพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการผลิตสละไร้หนามเพื่อการส่งออก ตัวเครื่องมีความสามารถในการทำงาน 900 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมคือความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบต่อนาที มุมเอียง 14 องศา สามารถขัดหนามผลสละได้หมด งานวิจัย [7] การพัฒนาออกแบบเครื่องปอกมะม่วงดองเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปมะม่วงดอง เครื่องสามารถปอกได้ 60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้พลังงาน 0.30 หน่วยต่อชั่วโมง หากค่าไฟฟ้าหน่วย ละ 3.76 บาท จ่ายเพียง 1.13 บาท ต่อ 60 กิโลกรัม มีอัตราการผลิต 480 กิโลกรัมต่อวัน งานวิจัย [8] ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกหัวมันสำปะหลังด้วยหลักการใช้ลูกกลิ้งชุดผิวหรือชุดผิว ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการปอก 70.45 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อ 5.09 เปอร์เซ็นต์ งานวิจัย [9] การพัฒนาเครื่องปอกขิง มันฝรั่งและมันเทศ ศึกษาความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามรอบ คือ 80 รอบต่อนาที 100 รอบต่อนาที และ 120 รอบต่อนาที พบว่าในขณะนั้นให้เพิ่มความเร็วรอบขึ้นอีก 20 รอบต่อนาที จะใช้เวลาของการปอกน้อยกว่า 80 และ 100 รอบต่อนาที และใช้เวลาน้อยกว่า 1 ถึง 2 นาที ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ต้นแบบเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศสำหรับการผลิตในระดับชุมชน และทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศเพื่อนำผลจันทน์ที่ขัดผิวแล้วไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากจันทน์เทศของชุมชน เช่น จันทน์เส้น จันทน์แฉ้อม จันทน์หยี จันทน์กวน เป็นการก่อให้เกิดรายได้และพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนได้ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมเข้ามาช่วยเพิ่มผลผลิตในการผลิตในระดับชุมชน นำไปสู่การยกระดับให้สินค้าชุมชนสามารถแข่งขันในตลาดหรือสร้างรายได้แก่ชุมชนได้อย่างยั่งยืน

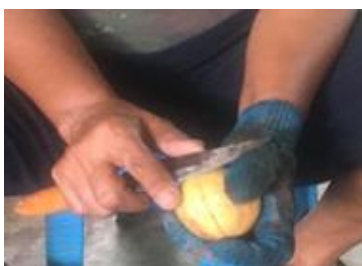
วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาขั้นตอนในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จันทน์เทศ

การศึกษาข้อมูลขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จันทน์เทศของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศ ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการระดมความคิดจากกลุ่มผู้แปรรูปจันทน์เทศร่วมกับคณะผู้วิจัย พบว่ากระบวนการในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จันทน์เทศทั้งหมด จะต้องผ่านกระบวนการปอกผิวลูกจันทน์เทศ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานาน เนื่องจากการปอกด้วยมีดสามารถปอกได้ ครั้งละ 1 ลูกเท่านั้น จากนั้นนำผลจันทน์เทศที่ปอกผิวแล้วไปทำการแปรรูปต่อไป โดยกระบวนการในการปอกผิวผลลูกจันทน์เทศ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำผลจันทน์เทศมาตัดส่วนก้านของผลลูกจันทน์เทศออก

ขั้นตอนที่ 2 หลังจากนั้นใช้มีดเป็นเครื่องมือช่วยในการขัดเปลือกลูกจันทน์เทศ



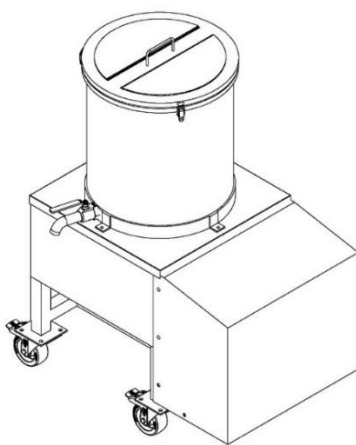
ภาพที่ 1 การใช้มีดขัดผิวลูกจันทน์เทศ

ขั้นตอนที่ 3 นำผลจันทน์เทศสดที่ปอกเปลือกแล้วแช่น้ำเกลือไว้ประมาณ 1 คืน เพื่อให้ยางออกจากจันทน์เทศ

ขั้นตอนที่ 4 หลังจากแช่น้ำเกลือไว้ 1 คืนแล้วนำจันทน์เทศไปแปรรูปตามขั้นตอนต่อไป

2. การออกแบบและสร้างเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ

การพัฒนาเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ ให้มีความสะดวกต่อการใช้งานของผู้ใช้งาน สามารถขัดผิวได้ครั้งละหลายๆ ลูก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ในการขัดผิวลูกจันทน์เทศได้ปริมาณที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปอกผิวแบบเดิมของชุมชน โดยเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศที่ได้จากการออกแบบแสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งเครื่องขัดผิวจันทน์เทศประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ชุดโครงสร้างเครื่อง ถังขัดผิว ชุดจานหมุน แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 การออกแบบเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ

2.1 ชุดโครงสร้างเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS304 มีขนาด 50 x 75 x 45 เซนติเมตร ใช้หลักการให้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง ส่งกำลังด้วยสายพานเพื่อหมุนให้ลูกจันทน์เทศหมุนเหวี่ยงไปขัดกับผิวด้านในถังที่เคลือบด้วยหินกาบเพชร และออกแบบถังให้สามารถใส่ลูกจันทน์เทศได้สูงสุดครั้งละ 10 กิโลกรัม เพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสมกับการผลิตระดับชุมชน โดยใช้น้ำช่วยในการล้างผิวในขณะที่ขัดผิว ตัวเครื่องมีการครอบส่วนต้นกำลังและระบบส่งกำลัง เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ชุดโครงสร้างเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ

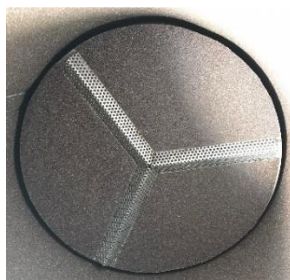
2.2 ถังขัดผิวลูกจันทน์เทศ มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร ทำจากวัสดุเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS304 เนื่องจากการสัมผัสกับเนื้อลูกจันทน์เทศ โดยผิวภายใน

ตัวถังเคลือบด้วยหินกาบเพชร สูง 35 เซนติเมตร สำหรับขัดผิวลูกจันทน์เทศที่สามารถขัดผิวลูกจันทน์เทศที่มีผิวที่รูปร่างไม่แน่นอนได้ แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชุดถังขัดเปลือกลูกจันทน์เทศ

2.3 ชุดจานหมุนพา ลูกจันทน์เทศ ทำจากวัสดุเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร หนา 10 มิลลิเมตร โดยประกอบอยู่ด้านล่างของชุดถังขัดผิวลูกจันทน์เทศ ทำหน้าที่หมุนพา ลูกจันทน์เทศให้ขัดกับผิวด้านในของถังขัดผิว แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ชุดจานหมุนพา ลูกจันทน์เทศ

3. วิธีการทดสอบการทำงานของเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ

ในการทดสอบการใช้งานเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ ทดสอบ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศ ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้ผลจันทน์เทศครั้งละ 10 กิโลกรัม ใช้น้ำ 5 ลิตร เนื่องจากถังสามารถใส่ผลจันทน์เทศได้มากที่สุด 10 กิโลกรัม เพื่อช่วยในการล้างผิวในขณะที่ทำการขัดผิวลูกจันทน์เทศ การทดสอบประสิทธิภาพการขัดผิวลูกจันทน์เทศ งานวิจัยนี้จึงใช้กระบวนการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ในการวิเคราะห์ผลของความเร็วรอบและเวลาในการขัดผิวซึ่งจะส่งผลต่อน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์ เนื่องจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [8-9] พบว่าปัจจัยที่มีผลคือความเร็วรอบและเวลาที่ใช้ โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ ANOVA [10] โดยกำหนดเงื่อนไขในการทดสอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศ โดยใช้ความเร็วรอบ 4 ระดับ คือ 100 150 200 และ 250 รอบต่อนาที และใช้เวลาในการขัดผิว 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 นาที ผลการทดสอบที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์แล้ว โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

3.1 เตรียมลูกจันทน์เทศ โดยการตัดก้านออก แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ลูกจันทน์เทศที่ใช้ในการทดลอง

3.2 เตรียมถังขัดผิวลูกจันทน์เทศ ในการทดลองโดยการนำลูกจันทน์เทศใส่ลงไปถึงขัดผิวครั้งละ 10 กิโลกรัม และใส่น้ำตามไปประมาณ 5 ลิตร แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 นำลูกจันทน์เทศใส่ลงไปถึงขัดผิว

3.3 ทำการปิดฝาของถังขัดผิวลูกจันทน์เทศ ดังภาพที่ 8 ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยทำการต่อปลั๊กไฟเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยใช้กระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ กดปุ่ม start เพื่อขัดผิวลูกจันทน์เทศ



ภาพที่ 8 เครื่องขัดผิวจันทน์เทศกำลังขัดผิวจันทน์เทศ

3.4 กดปุ่ม Stop เปิดวาล์วน้ำปล่อยน้ำที่ไข่ออก เปิดฝานำลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวแล้วมาชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 9 ลูกจันทน์เทศที่ผ่านขัดผิวสมบูรณ์แล้ว

ผลการวิจัย

จากการปรับปรุงแก้ไขและทดลองเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ โดยที่ผลลูกจันทน์เทศที่ทำการขัดผิวสมบูรณ์แล้ว มาชั่งน้ำหนักและเปรียบเทียบกับการทำงานระหว่างเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศกับแรงงานคน 1 คน ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

1. การศึกษาการทำงานด้วยเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ

การทดสอบประสิทธิภาพการขัดผิวลูกจันทน์เทศ โดยใช้น้ำหนักลูกจันทน์เทศครั้งละ 10 กิโลกรัม ใช้น้ำในการทดสอบประมาณ 5 ลิตร มาทดสอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศ โดยใช้ความเร็วรอบ 4 ระดับ คือ 100 150 200 และ 250 รอบต่อนาที และใช้เวลาในการขัดผิว 4 ระดับ คือ 2 4 6 และ 8 นาที โดยทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดสอบที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศ

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	เวลาที่ใช้ (นาท)	น้ำหนักลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์ (กิโลกรัม)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
100	2	5.44	5.5	5.48	5.47
100	4	6.79	6.83	6.8	6.81
100	6	7.52	7.54	7.76	7.61
100	8	8.09	8.13	8.1	8.11
150	2	5.86	5.77	5.84	5.82
150	4	6.94	7.02	6.99	6.98
150	6	8.43	8.5	8.46	8.46
150	8	8.73	8.82	8.77	8.77
200	2	6.13	6.33	6.25	6.24
200	4	7.86	7.66	7.89	7.80
200	6	9.40	9.38	9.21	9.33
200	8	8.86	8.75	8.83	8.81
250	2	6.35	6.31	6.46	6.37
250	4	7.52	7.42	7.45	7.46
250	6	7.86	7.88	7.67	7.80
250	8	7.44	7.46	7.53	7.48

จากผลการทดสอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศด้วยเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศที่พัฒนาขึ้น พบว่าการขัดผิวลูกจันทน์เทศโดยใช้ความเร็วรอบที่ 200 รอบต่อนาที และเวลาในการขัดผิว 6 นาที ได้น้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดได้สมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 9.33 กิโลกรัม ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองสภาวะอื่น ๆ

2. การทดสอบขัดผิวลูกจันทน์เทศด้วยแรงงานคน

จากการทดลองด้วยแรงงานคนในการขัดผิวลูกจันทน์เทศ จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าการทำงานด้วยแรงงานคน โดยการนำมีดมาปอกผิวลูกจันทน์เทศ แล้วจับเวลาครั้งละ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำผลลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวสมบูรณ์แล้วมาชั่งน้ำหนักและทำการบันทึกผลจนครบ 5 ครั้ง ได้ผลการทดลองการขัดผิวลูกจันทน์เทศด้วยแรงงานคนแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการขัดผิวลูกจันทน์เทศด้วยแรงงานคน

ครั้งที่	เวลาในการปอก (ชั่วโมง)	น้ำหนักลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์ (กิโลกรัม)
1	1	16.40
2	1	14.90
3	1	14.31
4	1	13.70
5	1	13.19
เฉลี่ย		14.50

จากการทดลองด้วยแรงงานคน พบว่าการทดลองการปอกผิวลูกจันทน์เทศด้วยแรงงานคน ในเวลา 1 ชั่วโมง จะได้น้ำหนักลูกจันทน์เทศที่ปอกผิวสมบูรณ์แล้วเฉลี่ย 14.50 กิโลกรัม

3. การเปรียบเทียบผลจากการขัดผิวลูกจันทน์เทศระหว่างเครื่องกับแรงงานคน

ในการทดลองทำการจับเวลาเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการขัดผิวลูกจันทน์เทศระหว่างเครื่องที่ออกแบบกับแรงงานคน พร้อมทั้งทำการบันทึกน้ำหนักลูกจันทน์เทศที่ขัดได้สมบูรณ์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลการขัดผิวลูกจันทน์เทศระหว่างเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศกับแรงงานคน

ลักษณะการทำงาน	เวลาที่ใช้ในการขัดผิว (ชั่วโมง)	น้ำหนักลูกจันทน์เทศที่ขัดได้สมบูรณ์ (กิโลกรัม)
เครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ	1	91.50
แรงงานคน	1	14.50

จากการทดลองการขัดผิวลูกจันทน์เทศเปรียบเทียบระหว่างแรงงานคนกับเครื่องที่สร้างขึ้น โดยผลการทดลองขัดผิวลูกจันทน์เทศด้วยเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศ มีความสามารถในการขัดผิวลูกจันทน์เทศได้เฉลี่ย 91.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แรงงานคนมีความสามารถในการขัดผิวลูกจันทน์เทศได้เฉลี่ยเพียง 14.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเมื่อแรงงานคนปฏิบัติงานเป็นระยะเวลาหนึ่งผู้ปฏิบัติงานจะมีความเมื่อยล้าเกิดขึ้น ในขณะที่เครื่องที่พัฒนาขึ้นสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง

4. การวิเคราะห์ผลจากการทดลองด้วยสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจสอบจากความต้องการของตัวแบบ (Model Adequacy Checking) ด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์

4.1 การตั้งสมมติฐานการทดลอง

1) ผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main Effect) ทดสอบสมมติฐานของอิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศ กำหนดให้ $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4$ คือ อิทธิพลของความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศ ที่ 100 150 200 และ 250 รอบต่อนาที ตามลำดับ

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$ สำหรับทุกระดับ อิทธิพลของความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดได้สมบูรณ์

$H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \neq \alpha_4 \neq 0$ สำหรับบางระดับ อิทธิพลของความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศมีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดได้สมบูรณ์

การทดสอบสมมติฐานอิทธิพลของปัจจัยเวลาในการขัดผิว กำหนดให้ $\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4$ คือ อิทธิพลของเวลาในการขัดผิว ที่ 2 4 6 และ 8 นาที ตามลำดับ

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$ สำหรับทุกระดับ อิทธิพลของเวลาในการขัดผิวไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq 0$ สำหรับบางระดับ อิทธิพลเวลาในการขัดผิวมีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์

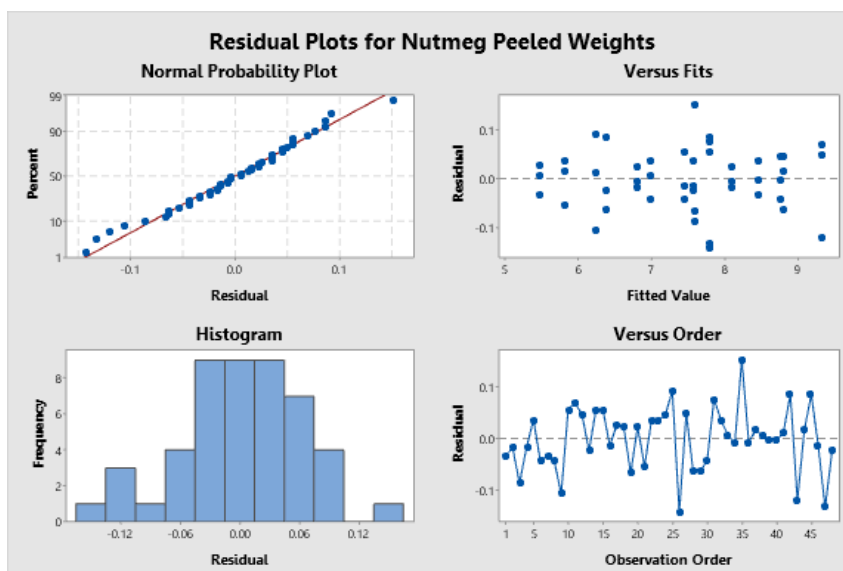
2) ผลกระทบของปัจจัยร่วม (Factor Interaction Effect) ทดสอบสมมติฐานอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาในการขัดผิว กำหนดให้ $(\alpha\beta)_{ij}$ คือ ปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับปัจจัยเวลาในการขัดผิว

$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0$ สำหรับทุกระดับ อิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับปัจจัยเวลาในการขัดผิว ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์

$H_1: (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับบางระดับ อิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับปัจจัยเวลาในการขัดผิวมีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้ จากปัจจัยหลักความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศ (Rotation Speed) และเวลาในการขัดผิว (Peeling time) และปัจจัยร่วมความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาในการขัดผิว (Rotation Speed * Peeling time) แสดงดังตารางที่ 4 ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 99.68 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า ความผันแปรต่าง ๆ ของการทดลองที่สามารถควบคุมได้ (Controllable) เช่น ปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาในการขัดผิว หรือปัจจัยต่าง ๆ ที่กำหนดให้คงที่ ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 99.68 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือประมาณ 0.32 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable) ดังนั้นการออกแบบการทดลองครั้งนี้ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบ ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal) ความเป็นอิสระ (Independence) และความแปรปรวนคงตัว (Constant Variance) จาก ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ พบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดการวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การวิเคราะห์ความถูกต้องของตัวแบบการทดลอง

4.2 การทดสอบสมมติฐานของการทดลอง อิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาในการขัดผิว และอันตรกิริยาหรือผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์

1) ผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main Effect)

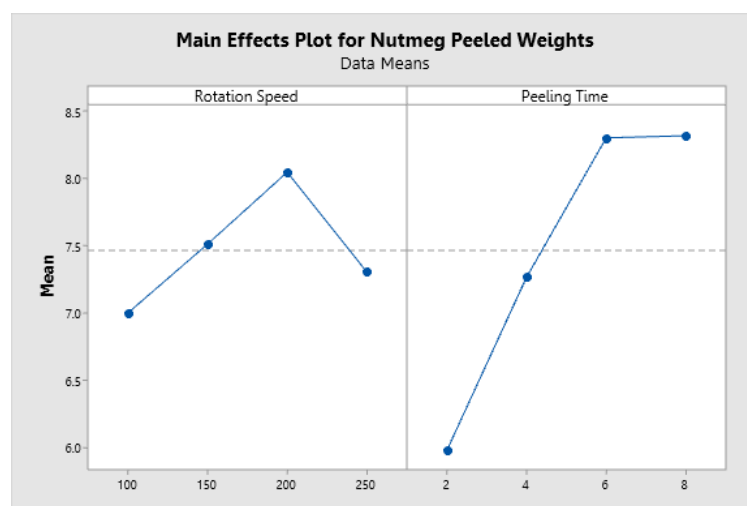
การทดสอบสมมติฐานของอิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศ จากข้อมูลในตารางที่ 4 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) ปฏิเสธ H_0 เนื่องจากค่า p-value ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับค่าระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05 ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าอิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศมีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้ที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบสมมติฐานอิทธิพลของปัจจัยเวลาในการขัดผิว จากข้อมูลแสดงดังตาราง ที่ 4 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ปฏิเสธ H_0 เนื่องจากค่า p-value ซึ่งมีค่าน้อยกว่า เมื่อเทียบกับค่าระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05 ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าอิทธิพล

ของเวลาในการขัดผิว มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์ที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ สามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ แสดงดังภาพที่ 11 ซึ่งปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาในการขัดผิว เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์ ซึ่งจะเห็นว่าที่ความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศ เพิ่มขึ้นทำให้ค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์มีค่ามากขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัย [11-13] ส่วนเวลาในการขัดผิว จะเห็นได้ว่าถ้าเวลาในการขัดผิว มากขึ้นจะให้ค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์มีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	p-value
Rotation Speed	3	7.0994	2.3665	416.54	0.000
Peeling time	3	43.6641	14.5547	2561.88	0.000
Rotation Speed*	9	5.3143	0.5905	103.93	0.000
Peeling time					
Error	32	0.1818	0.0057		
Total	47	56.2596			

S=0.07537 R-sq=99.68% R-sq(adj)=99.53%

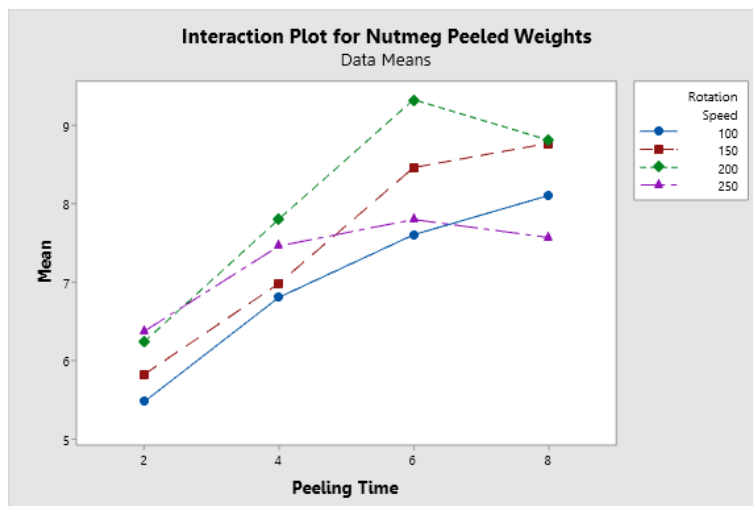


ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้

2) ผลกระทบของปัจจัยร่วม (Factor interaction effect)

การทดสอบสมมติฐานอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาในการขัดผิว จากข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอันตรกิริยา ด้วยตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ปฏิเสธ H_0 เนื่องจากค่า p-value ซึ่งมีค่าน้อยกว่า เมื่อเทียบกับค่าระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05 ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ อิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัย ความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาในการขัดผิว มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังภาพที่ 12 การเพิ่มค่าของปัจจัยความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาในการขัดผิว ส่งผลให้มีค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องมาจากแรงหมุนเหวี่ยงที่มากขึ้นทำให้เกิดการหมุนเหวี่ยงลูกจันทน์เทศไปขัดผิวด้านข้างถึงเกิดการขัดผิวมากขึ้น ทำให้เกิดการขัดผิวของลูกจันทน์เทศที่มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้เมื่อเวลาในการขัดผิว ที่ใส่เข้าไปในถังขัดผิวเพิ่มขึ้นก็จะทำ

ให้มีลูกจันทน์เทศขัดผิวได้เพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องมาจากลูกจันทน์เทศที่ใส่เข้าไปเกิดการหมุนต่อเนื่องกันและเกิดการขัดผิวได้ทุกส่วนของลูกจันทน์เทศ สอดคล้องกับงานวิจัย [14-15] ทำให้เกิดการขัดผิวได้ต่อเนื่องภายในถังขัดมากขึ้นทำให้น้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดผิวได้สมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดได้

สรุปผลการวิจัย

ในกระบวนการแปรรูปจันทน์เทศในส่วนของการปอกเปลือกจันทน์เทศ พบว่าส่วนใหญ่มักจะอาศัยแรงงานคน ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าอีกทั้งยังเกิดความเหนื่อยล้าและเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากการใช้มีดปอกได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบและสร้างเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศที่ตรงตามความต้องการของชุมชน และช่วยในการลดระยะเวลาในการปอกเปลือกจันทน์เทศ โดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรม ซึ่งพบว่าเครื่องขัดผิวจันทน์เทศที่พัฒนาขึ้นสามารถขัดผิวจันทน์เทศได้ครั้งละ 10 กิโลกรัม โดยใช้ความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศที่ 200 รอบต่อนาที และใช้เวลาในการขัดผิว 6 นาที จะได้น้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดได้สมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 9.33 กิโลกรัม ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องทดสอบสถานะอื่น ๆ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปัจจัยหลัก ได้แก่ ความเร็วรอบการขัดผิวลูกจันทน์เทศกับเวลาที่ใช้ในการขัดผิวจันทน์เทศ มีผลต่อค่าน้ำหนักของลูกจันทน์เทศที่ขัดได้สมบูรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ (α) = 0.05 เช่นเดียวกับปัจจัยร่วม และเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานระหว่างเครื่องขัดผิวจันทน์เทศและแรงงานคนพบว่าเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศสามารถขัดผิวลูกจันทน์เทศได้เฉลี่ย 91.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่แรงงานคนมีความสามารถในการปอกเปลือกลูกจันทน์เทศได้ 14.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศมีประสิทธิภาพมากกว่าแรงงานคนเท่ากับ 84.15 เปอร์เซ็นต์ เพราะเมื่อแรงงานคนปฏิบัติงานเป็นระยะเวลาหนึ่งผู้ปฏิบัติงานจะมีความเมื่อยล้าเกิดขึ้น ในขณะที่เครื่องขัดผิวลูกจันทน์เทศสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งถือได้ว่าเครื่องขัดผิวจันทน์เทศเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ช่วยในการลดระยะเวลาในการทำงานให้กับชุมชน ส่งผลให้ชุมชนเพิ่มกำลังการผลิตและนำไปสู่การยกระดับสินค้าชุมชนอย่างต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการพัฒนาวัสดุสำหรับการขัดผิวลูกจันทน์เทศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการศึกษาด้านวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานปลัดกระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ร่วมกับสถาบันไทย-เยอรมัน และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย รวมถึงขอขอบพระคุณวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปลูกจันทน์เทศบ้านร่อนนา จ.นครศรีธรรมราช

เอกสารอ้างอิง

1. Damnoi S. Research and development on production nutmeg tree in the area of the upper south. Department of agriculture; 2017. Thai.
2. Porncheunchuwong R, Sangkasanya S. Evaluation of physicochemical properties and volatile compositions of mace (*myristica fragrans* houtt) cultivated from Nakhon Si Thammarat Province. Songklanakarin J. Pl. Sci. 7(4): 283-289. Thai.
3. Keereekoch T, Srisuwan T, Sangkaew N. Quality comparison of nutmeg from Thailand and Indonesia. Thaksin. J. 2020; 21(2): 33-42. Thai.
4. Kradwan S, Janamphai S, Rongjarat T. Design and construction peeling machine for nutmeg. [Thesis]. Nakhon Si Thammarat. Rajamangala University of Technology Srivijayai. 2018. Thai.
5. Phupiewpha A, Chiawchanwattana C, Yangyuen S. An Appropriation factor of cassava single tuber peeling machine for cassava chip. KKU Research J. (Graduate Studies). 2021; 21(4): 171-184. Thai.
6. Jarruwat P, Pummanee P, Tipchit T, Kittirat K, Kaisinburasak T. Research and development on salacca thorns removing machine forexporting of salacca. Thai Agricultural Research J. 2020; 38(3): 230-240. Thai.
7. Boonkaew I, Kaewrueng S, Sayasoonthorn S, Thuwapanichayanun R. Design and development of pickled mango peeler to enhance value added for its affiliated Products. Agricultural Sci. J. 2020; 50(3): 268-283. Thai.
8. Oluwole OO, Adio MA. Design and construction of a batch cassava peeling machine. J. of Mechanical Engineering and Automation. 2013; 3(1): 16-21.
9. Ishwar N, Shinde KP, Babar, Bornare. DT. Development of peeling machine for ginger, potato and sweet potato. Internat. J. agric. Eng. 2018; 11(Sp. Issue): 121-126.
10. Montgomery DC. Design and analysis of experiments. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc.; 2009.
11. Puttakoon B, Numkaew S, Fangmeng W, Jaiman K, Phiewthong N. Development peeling potatoes Machines by Porous wheels. Proceeding of the 4th Rajamangala Suwanapon National Conference; July15-16; Ayuttaya, Thailand. Rajamangala University of Technology Suvannabhum. 2019. Thai.
12. Nakprasit C, Budangdee W, Samart K. Semi – Automatic mango peeling machine. [Thesis]. Chanburi. Burapha University; 2018. Thai.
13. Daniyan IA, Adeodu AO, Azeez TM, Dada OM, Olafare AO. Optimization of peeling time and operational speed for cassava peeling using central composite design and response surface. International J. of Engineering Sciences & Research Technology. 2016; 630-639.
14. Mohammed T. Design, construction and performance evaluation of power driven potato peeling machine. International J. of Engineering Research-Online. 2017; 5(6): 1-8.
15. Paitoon P, Suthiwat W, Kunthon T, sirichai T. Design and development of prototype machine for peeling shallots for small to medium enterprises. J. of Engineering RMUTT. 2018; 16(1): 43-50. Thai.