

การปรับปรุงเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแห้งเพื่อลดของเสีย จากกแปรรูปสำหรับผู้ประกอบการ

วันที่รับ : 12 ธันวาคม 2568

วันที่แก้ไข : 28 มีนาคม 2569

วันที่ตอบรับ : 31 มีนาคม 2569

ชาญชัย พลตรี¹ และ อานนท์ เลิศวงษ์ไพศาล^{1*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

*Corresponding author e-mail: arnonl@eng.buu.ac.th



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแห้งสำหรับผู้ประกอบการ และเพื่อลดของเสียของเนื้อทุเรียนจากการแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแห้ง โดยศึกษาส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องต้นแบบรวมทั้งทดสอบการแปรรูปเพื่อเก็บข้อมูลของเนื้อทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพ พบว่าทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพคิดเป็นร้อยละ 46.98 หรือเกือบครึ่งหนึ่งของเนื้อทุเรียนทั้งหมดที่นำมาแปรรูป วิเคราะห์หาสาเหตุของของเสียโดยใช้แผนผังก้างปลา ได้ข้อสรุปว่าทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพอาจมีสาเหตุมาจากองค์ประกอบในการแปรรูปของเครื่อง โดยได้ทำการปรับปรุงชุดใบมีดตัดแนวตั้งในส่วนขององศาของคมตัดที่ปรับให้เอียง 45 องศา เพื่อให้สามารถตัดเนื้อทุเรียนได้ดีขึ้นและปรับปรุงวิธีการในการจับยึดชุดใบมีดแนวตั้งใหม่ ทำการปรับปรุงชุดอุปกรณ์กดจับโดยเปลี่ยนจากแผ่นกดจับวงกลมเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการกดและประคองเนื้อทุเรียนในกล่องบ้อน เสริมชุดสปริงในกล่องบ้อนช่วยป้องกันการเคลื่อนที่ของชิ้นทุเรียนระหว่างการแปรรูป หลังปรับปรุงได้มีการทดลองแปรรูปเนื้อทุเรียนแห้งและทำการทดสอบทางสถิติ ข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงมีการแจกแจงแบบปกติ ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพหลังปรับปรุงลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ประมาณช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพที่ผ่านการแปรรูปด้วยเครื่องหลังปรับปรุงจะอยู่ระหว่าง 25.02 ถึง 28.97 กรัม ความสูญเสียในการแปรรูปเนื้อทุเรียนแห้งลดลงจากร้อยละ 46.98 เหลือร้อยละ 13.11 มูลค่าการสูญเสียของเนื้อทุเรียนลดลงจาก 56.38 เหลือ 15.73 บาท/กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นการลดลงร้อยละ 72 โดยประมาณ ผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรที่มีเนื้อแข็ง เช่น ฝือก พักทอง เป็นต้น และนำไปสู่การพัฒนาต่อยอดเครื่องหันแปรรูปในเชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ: เครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียน, ของเสียจากการแปรรูปเนื้อทุเรียน

IMPROVING THE DURIAN FLESH STICK PROCESSING MACHINE TO REDUCE PROCESSING WASTE FOR ENTREPRENEURS

Received: December 12, 2025

Revised: March 28, 2026

Accepted: March 31, 2026

Charnchai Phontri¹ and Arnon Lerdwongpaisan^{1*}

¹Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi, Thailand

*Corresponding author e-mail: amonl@eng.buu.ac.th



Abstract

The objective of this research was to improve the durian flesh stick processing machine for entrepreneurs to reduce material loss during processing. The researchers examined the components and operation of the prototype machine and conducted processing tests to collect data on substandard durian sticks. It was found that the percentage of non-qualifying durian sticks was 46.98%, which is approximately half of the total durian processed. The causes of waste were analyzed using a fishbone diagram and concluded that non-qualifying durian sticks likely stemmed from the machine's processing components. Improvements were then made to the vertical cutting blade assembly by adjusting the cutting blade angle to 45 degrees to enhance cutting efficiency and redesigning the clamping method for the vertical blades. The pressing mechanism was also improved by replacing the circular pressing plate with a square plate to increase the pressing area and better support the durian flesh inside the feeding box. A spring mechanism was added to the feeding box to prevent the movement of a durian piece during processing. After the improvements, processing trials were conducted and statistical tests were performed. The average weight of substandard durian sticks, both before and after improvement, followed a normal distribution. Hypothesis testing indicated that the mean weight of defective durian sticks decreased significantly at the 95% confidence level after the improvements. The confidence interval for the mean weight of substandard durian sticks processed by the improved machine ranged from 25.02 to 28.97 grams. Waste generated during durian stick processing decreased from 46.98% to 13.11%. The economic loss of durian flesh decreased from 56.38 to 15.73 Baht per kilogram, representing an approximate 72% reduction. The results of this research can be used as a guideline for improving and developing processing machines for hard-textured agricultural products, such as taro and pumpkin, and can further lead to the development and commercialization of slicing and processing machines.

Keywords: Durian flesh processing machine, Durian processing waste

URU
URU
URU
บทนำ

ทุเรียนได้ชื่อว่าเป็น “ราชาแห่งผลไม้” เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างยิ่ง เป็นที่ต้องการสูงในตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้ทุเรียนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สามารถสร้างรายได้จำนวนมากให้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการ สำหรับประเทศไทยนั้นทุเรียนมีมูลค่าการส่งออกสูงเป็นอันดับต้น ๆ เมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ พื้นที่เพาะปลูกทุเรียนมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องในภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย นอกจากนี้ทุเรียนยังมีอิทธิพลต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้านอื่นภายในประเทศ ไม่ว่าจะเป็นด้านแรงงาน กระบวนการแปรรูป การขนส่ง ไปจนถึงการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ส่วนประกอบของลูกทุเรียนนั้นสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เริ่มตั้งแต่เปลือกทุเรียนที่น่าจะเป็นของเหลือทิ้ง แต่ก็มีมีการนำเปลือกทุเรียนไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น การใช้ผงควินที่ได้จากเปลือกทุเรียนเป็นสารกันบูดสำหรับลูกชิ้นไก่ (Faisal et al., 2023) การใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งข้าวสาลีในทาร์ต (เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักรารุช ภูเสมอ, 2560) และเค้กบราวน์ (เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักรารุช ภูเสมอ, 2561) การพัฒนาเส้นใยจากเปลือกทุเรียนชนิดฟอกขาวและไม่ฟอกขาวเพื่อนำมาขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุภัณฑ์ (วริศชนม์ นิลนนท์ และคนอื่น ๆ, 2564) การนำเปลือกทุเรียนไปผลิตเป็นแผ่นไม้อัดเพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล (จุฑาทิพย์ นามวงษ์ และคนอื่น ๆ, 2567) นอกจากนี้เปลือกทุเรียนยังสามารถนำไปทำเป็นเชื้อเพลิง เช่น ถ่านอัดแท่ง (คมสัน มุ่ยสี และกฤษณะ จันทสิทธิ์, 2564) ถ่านชีวภาพและเชื้อเพลิงชีว (ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์ และคนอื่น ๆ, 2563) ในส่วนของเนื้อทุเรียนสามารถนำมาแปรรูปด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มความสะดวกในการบริโภคและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตร ได้มีการศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปทุเรียนเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางธุรกิจ ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลพบว่าผลิตภัณฑ์แนวผสมผสานที่คำนึงถึงการปรุงรสชาติและเนื้อสัมผัสน่าจะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี (พิชญธิดา เรืองภักดี และอุดม สมบูรณ์ผล, 2568) มีการแปรรูปเนื้อทุเรียนโดยนำไปดและผสมส่วนผสมต่าง ๆ แล้วอัดให้มีรูปร่างเหมือนไส้กรอกเป็นของหวานพร้อมทาน (Razali et al., 2021)

ทุเรียนทอดกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากสำหรับการแปรรูปเนื้อทุเรียนในระดับชุมชนในประเทศไทย เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดที่เกษตรกรสามารถลดการสูญเสียของเนื้อทุเรียนในช่วงที่ผลผลิตล้นตลาด ทุเรียนทอดส่วนใหญ่ที่เห็นตามท้องตลาดมักจะอยู่ในรูปของทุเรียนแผ่น อย่างไรก็ตามการแปรรูปแบบแผ่นจะมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความสมบูรณ์ของแผ่นทุเรียนเนื่องจากทุเรียนทอดที่มีแผ่นที่สมบูรณ์จะขายได้ราคาที่ดีขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ามีการพัฒนาเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแผ่นเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตให้แก่กลุ่มเกษตรกรอย่างแพร่หลาย (ชาญชัย พลตรี และฤกษ์วัลย์ จันทรส, 2555; ชีรวัดน์ ชื่นอัศตงคต และศรายุทธ จิตรพัฒนากุล, 2566) กลุ่มเกษตรกรในตำบลเขาบายศรีจากจังหวัดจันทบุรีมีแนวคิดในการแปรรูปเนื้อทุเรียนจากเดิมที่นิยมหั่นเป็นแผ่นบางแล้วนำมาทอดกรอบมาเป็นหั่นแบบแท่งแล้วนำมาทอดกรอบ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากเดิม ทุเรียนทอดกรอบแบบแท่งนี้ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมากเนื่องจากได้รสสัมผัสที่แตกต่างเวลารับประทาน มีความหอมมันที่เข้มข้นกว่าและทานได้เรื่อย ๆ แต่ในการแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งยังต้องใช้แรงงานคนเป็นหลักไม่มีเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนให้เป็นรูปร่างแบบแท่ง ทำให้ในขั้นตอนการแปรรูปด้วยการใช้แรงงานคนนั้นมีความล่าช้าไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดที่มีสูง อีกทั้งเนื้อทุเรียนที่หั่นยังต้องใช้ความชำนาญในการหั่นเพื่อให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ และอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บจากคมมีดตัดบาดมือ

ขณะทันได้ ด้วยเหตุนี้หนึ่งในผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลความต้องการโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพและสร้างเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งต้นแบบ (Phontri & Chantrasa, 2019) ที่ทำงานด้วยระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าโดยจำลองวิธีการสไลด์เนื้อทุเรียนให้เป็นแผ่นแล้วนำมาหั่นให้เป็นแท่งด้วยแรงงานคนมาเป็นการ

ช

เครื่องแทนเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้แก่เกษตรกร ความยากของการแปรรูปเนื้อทุเรียนให้เป็นแท่ง คือ จำเป็นต้องควบคุมหน้าตัดของแท่งทุเรียนให้สม่ำเสมอให้มีลักษณะเป็นแท่งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสไม่ได้มีลักษณะเป็นเส้น การควบคุมระยะของใบมีดจึงมีความสำคัญ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งจะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการผลิตและลดการใช้แรงงานคนลงได้ จากการสอบถามกลุ่มเกษตรกรก็ยังพบว่า มีทุเรียนแท่งที่ไม่ได้คุณภาพที่ผ่านการแปรรูปด้วยเครื่องแปรรูปนี้ในอัตราที่สูง ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงเครื่องแปรรูปให้มีประสิทธิภาพในการลดของเสียมมากขึ้นเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของทุเรียนแท่งทอดและลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากของเสียที่ผ่านการแปรรูปให้แก่กลุ่มเกษตรกร



วัตถุประสงค์การวิจัย

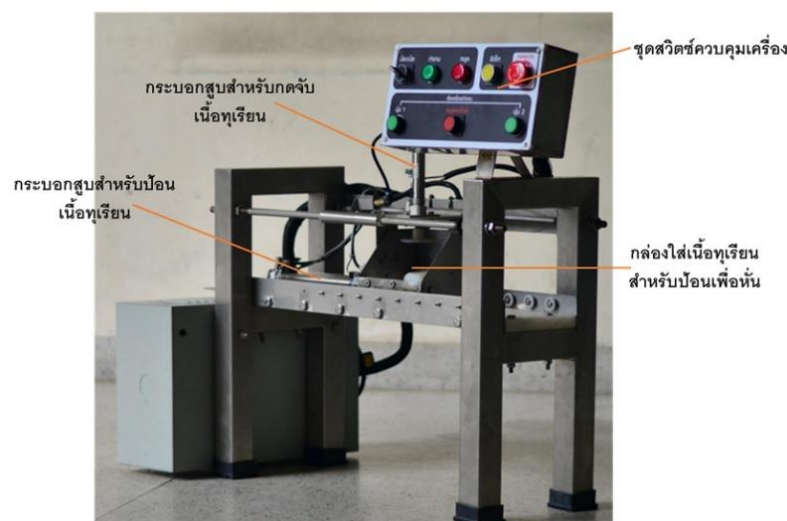
1. เพื่อปรับปรุงเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งสำหรับผู้ประกอบการ
2. เพื่อลดของเสียของเนื้อทุเรียนจากการแปรรูปเป็นเนื้อทุเรียนแบบแท่ง



วิธีดำเนินการวิจัย

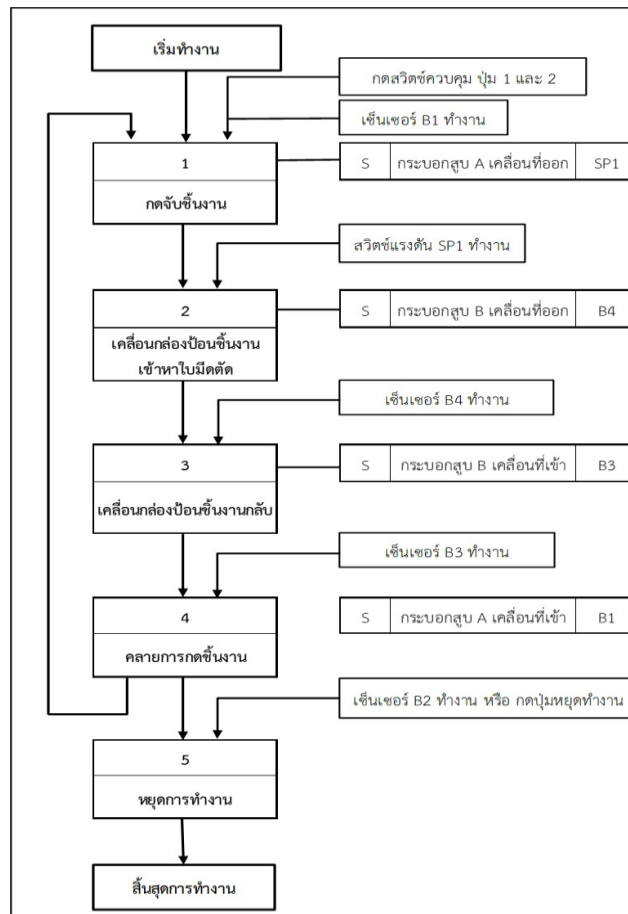
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดของเสียของเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่ง โดยทำการศึกษาลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องแปรรูปเดิมเพื่อวิเคราะห์จุดบกพร่องและทำการแก้ไข มีรายละเอียดในการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งต้นแบบ ซึ่งเป็นเครื่องที่ได้แนวคิดในการแปรรูปมาจากอุปกรณ์ในการสไลด์วัตถุดิบให้เป็นเส้นด้วยมือคน โดยทำการเปลี่ยนการทำงานด้วยมือคนมาเป็นการใช้ระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าในการควบคุม ลักษณะของเครื่องและส่วนประกอบโดยสังเขป แสดงดังภาพ 1 สำหรับขั้นตอนการออกแบบและวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องสามารถตรวจสอบได้จากงานวิจัยก่อนหน้า (Phontri & Chantrasa, 2019)



ภาพ 1 เครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งต้นแบบ

การทำงานของเครื่องตามลำดับแสดงดังภาพ 2 ชุดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแห้งแสดงดังภาพ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย 1) กล่องป้อนเนื้อทุเรียนทำหน้าที่บรรจุชิ้นทุเรียนระหว่างการแปรรูป 2) ระบายอกสูบสำหรับกดจับเนื้อทุเรียนทำหน้าที่กดเนื้อทุเรียนให้แน่นกับกล่องป้อนระหว่างการแปรรูป 3) แผ่นกดชิ้นทุเรียนทำหน้าที่เพิ่มพื้นที่ในการกดจับเนื้อทุเรียน 4) ระบายอกสูบสำหรับป้อนเนื้อทุเรียนทำหน้าที่ป้อนเนื้อทุเรียนสู่ใบมีดแนวนอนและแนวตั้ง 5) ชุดรางเลื่อนทำหน้าที่ให้กล่องป้อนเนื้อทุเรียนและระบายอกสูบสำหรับกดจับเนื้อทุเรียนสามารถเคลื่อนที่ได้พร้อมกันกับการเคลื่อนที่ของระบายอกสูบสำหรับป้อนเนื้อทุเรียน โดยกระบวนการแปรรูปจะเริ่มจากการนำเนื้อทุเรียนที่นำเมล็ดออกแล้วใส่ลงในกล่องป้อน สวิตช์เริ่มการทำงานเป็นสวิตช์แบบกด 2 มือ (ปุ่ม 1 และปุ่ม 2) ซึ่งออกแบบมาเพื่อความปลอดภัยป้องกันไม่ให้ผู้ใช้เครื่องนำมือค้างไว้กับชิ้นทุเรียนก่อนที่จะกดปุ่ม นอกจากนี้ยังมีปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency stop) ที่สามารถสั่งหยุดเครื่องได้เมื่อเกิดเหตุขัดข้อง เมื่อกดสวิตช์เริ่มการทำงาน ระบายอกสูบ A สำหรับกดจับเนื้อทุเรียนจะเคลื่อนที่ออกกดเนื้อทุเรียนให้แน่นด้วยแผ่นกดที่มีรูปร่างเป็นวงกลมโดยมีสวิตช์วัดแรงดัน (SP1) คอยตรวจสอบแรงดันย้อนกลับให้ได้ตามค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งจะสั่งให้ระบายอกสูบหยุดค้างตำแหน่ง หลังจากนั้นระบายอกสูบ B จะเคลื่อนที่ออกและเข้าเพื่อป้อนเนื้อทุเรียนเข้าหาใบมีดตัดแนวตั้งและแนวนอนในการหั่นเนื้อทุเรียนให้เป็นแท่ง ระบายอกสูบสำหรับกดจับเนื้อทุเรียนถูกติดตั้งอยู่กับชุดรางเลื่อนทำให้สามารถเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนที่ของระบายอกสูบป้อนเนื้อทุเรียนได้ การแปรรูปเนื้อทุเรียนจะสิ้นสุดลงเมื่อระบายอกสูบ A ที่กดจับเนื้อทุเรียนเคลื่อนที่ออกจนสุดระยะ (เซ็นเซอร์ B2 ทำงาน) หรือกดปุ่มหยุดทำงาน ดังนั้นจะมีเนื้อทุเรียนเหลือจากการแปรรูปซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อป้องกันอุปกรณ์ในการจับชิ้นทุเรียนชนกับใบมีดในแนวตั้ง ลักษณะของใบมีดแนวตั้งและใบมีดแนวนอนแสดงดังภาพ 4



ภาพ 2 ลำดับการทำงานของเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแห้ง



ภาพ 3 ชุดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่ง



ก) ใบมีดแนวตั้ง

ข) ใบมีดแนวนอน

ภาพ 4 ใบมีดแนวตั้งและใบมีดแนวนอน

2. ทดสอบการแปรรูปเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งต้นแบบ ตามที่ระบุในงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Phontri & Chantrasa, 2019) เครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งต้นแบบสามารถแปรรูปทุเรียนแท่งซึ่งถือเป็นทุเรียนแท่งที่ได้คุณภาพโดยจะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 5.04×4.92 มิลลิเมตร ทุเรียนแท่งที่ได้คุณภาพจะประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 5.00×5.00 มิลลิเมตร โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ ± 1 มิลลิเมตร 2) มีความยาวของแท่งทุเรียน 50 มิลลิเมตรขึ้นไป 3) มีผิวเรียบและ 4) มีรอยตัดเพียงรอยเดียว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการแปรรูปของเครื่องต้นแบบโดยการนำเนื้อทุเรียนมาทดลองแปรรูปเพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักของทุเรียนแท่งที่ได้คุณภาพ และทุเรียนแท่งที่ไม่ได้คุณภาพ ทุเรียนที่นำมาแปรรูปเป็นทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากจังหวัดจันทบุรีซึ่งเป็นทุเรียนดิบที่แก่จัดถูกตัดจากต้นแล้วแต่ยังไม่ผ่านการบ่มให้สุกและยังไม่สามารถรับประทานสดได้ ทุเรียนที่ถูกบ่มให้สุกแล้วไม่สามารถนำมาแปรรูปเป็นทุเรียนแท่งด้วยเครื่องแปรรูปนี้ได้เนื่องจากเนื้อทุเรียนจะเละเมื่อถูกกด ลักษณะของทุเรียนที่นำมาแปรรูปจะเป็นทุเรียนที่พื้มีขนาดใหญ่เกินไป และมีขนาดที่ไม่แน่นอน หรือมีรูปร่างไม่สวยทำให้ขายเป็นทุเรียนสดไม่ได้ราคาดี กลุ่มเกษตรกรจะเรียกทุเรียนลักษณะดังกล่าวว่า “ทุเรียนไอ้แซ่” ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้การควบคุมน้ำหนักของชิ้นทุเรียนที่นำมาทดลองแปรรูปนั้นทำได้ยาก และก่อนแปรรูปจะต้องนำเมล็ดออกก่อน ลักษณะของเนื้อทุเรียนและการใส่ลงในกล่องปั๊มดังแสดงในภาพ 5 ผลการทดสอบการแปรรูปทุเรียนแท่งจากเนื้อทุเรียนจำนวน 10 ชิ้น ได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง 1



ภาพ 5 การเตรียมเนื้อทุเรียนก่อนแปรรูป

ตาราง 1 ข้อมูลการแปรรูปทุเรียนแห้งที่ได้คุณภาพและไม่ได้คุณภาพจากเครื่องต้นแบบ

เนื้อทุเรียน	น้ำหนัก (กรัม)	น้ำหนักทุเรียนแห้ง ที่ได้คุณภาพ (กรัม)	น้ำหนักทุเรียนแห้ง ที่ไม่ได้คุณภาพ (กรัม)	เนื้อทุเรียนที่เหลือ (กรัม)
ชั้นที่1	212.15	110.17	90.12	11.86
ชั้นที่2	170.65	75.35	85.33	9.97
ชั้นที่3	158.42	80.55	65.30	12.57
ชั้นที่4	160.85	65.63	85.14	10.08
ชั้นที่5	195.23	82.47	95.88	16.88
ชั้นที่6	180.35	79.54	90.61	10.20
ชั้นที่7	204.26	89.33	100.44	14.49
ชั้นที่8	169.72	77.75	80.23	11.74
ชั้นที่9	178.20	88.50	79.54	10.16
ชั้นที่10	210.10	105.40	91.90	12.80
รวม	1839.93	854.69	864.49	120.75
	$\bar{x}$ (S.D.)		86.45 (9.90)	12.08 (2.25)

จากข้อมูลในตาราง 1 สามารถคำนวณร้อยละของทุเรียนแห้งที่ได้คุณภาพและไม่ได้คุณภาพจากสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ ซึ่งได้ค่าร้อยละของทุเรียนแห้งที่ได้คุณภาพและไม่ได้คุณภาพประมาณ 46.45 และ 46.98 ตามลำดับ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าผลต่างของน้ำหนักเนื้อทุเรียนที่นำมาแปรรูปทั้งหมดกับน้ำหนักของทุเรียนแห้งที่ได้คุณภาพและไม่ได้คุณภาพ จะเหลือเศษทุเรียนที่ไม่ได้ถูกแปรรูปโดยเฉลี่ยประมาณ 12 กรัม ซึ่งส่วนนี้ไม่จัดเป็นของดีและของเสีย ลักษณะของทุเรียนแห้งที่ได้คุณภาพดังแสดงในภาพ 6 ลักษณะของทุเรียนที่ไม่ได้คุณภาพแสดงดังภาพ 7 และลักษณะชิ้นทุเรียนที่เหลือและไม่ได้ถูกแปรรูปดังแสดงในภาพ 8

$$\text{ร้อยละเรียนแท่งที่ได้คุณภาพ} = \frac{\text{น้ำหนักรวมของทุเรียนแท่งที่ได้คุณภาพ}}{\text{น้ำหนักของเนื้อทุเรียนทั้งหมด}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{ร้อยละเรียนแท่งที่ไม่ได้คุณภาพ} = \frac{\text{น้ำหนักรวมของทุเรียนแท่งที่ไม่ได้คุณภาพ}}{\text{น้ำหนักของเนื้อทุเรียนทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$



ภาพ 6 ลักษณะทุเรียนแท่งที่ได้คุณภาพ

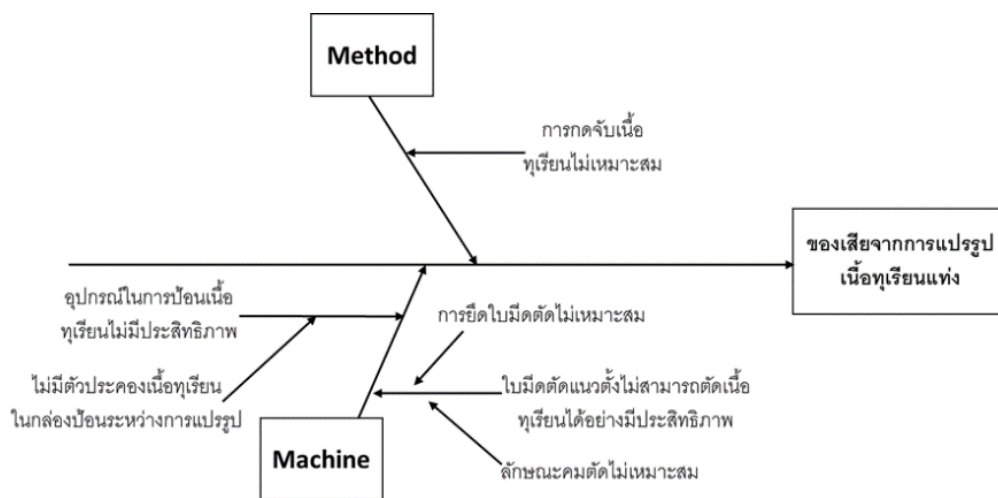


ภาพ 7 ลักษณะทุเรียนที่ไม่ได้คุณภาพ



ภาพ 8 ลักษณะชิ้นทุเรียนที่เหลือนและไม่ได้อีกแปรรูป

3. วิเคราะห์ปัญหาของเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งต้นแบบ จากการทดสอบการแปรรูปเนื้อทุเรียนของเครื่องต้นแบบ พบว่ามีเนื้อทุเรียนที่เสียโดยประมาณครึ่งหนึ่งของชิ้นทุเรียนที่นำมาแปรรูป จากการสังเกตลักษณะของเนื้อทุเรียนที่ไม่ได้คุณภาพ จะเห็นได้ว่าเนื้อทุเรียนที่เสียนั้นเกิดจากเนื้อทุเรียนถูกตัดไม่ขาด ความหนาของเนื้อทุเรียนแท่งไม่สม่ำเสมอ เนื้อทุเรียนขาดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ทางผู้วิจัยจึงได้ระดมสมองปรึกษากับผู้ประกอบการที่ใช้เครื่องเพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา ซึ่งคาดว่าสาเหตุหลัก ๆ น่าจะมาจากวิธีการในการแปรรูปของเครื่อง จึงได้สรุปสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นโดยใช้แผนผังก้างปลาแสดงในภาพ 9 และวิเคราะห์ผลกระทบและแนวทางแก้ไขดังตาราง 2 ซึ่งเห็นได้ว่าปัญหาน่าจะเกิดจากส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการแปรรูปได้แก่ ลักษณะของใบมีดและการจับยึดรวมทั้งกลไกในการบ้อนชิ้นทุเรียนด้วย



ภาพ 9 แผนผังก้างปลาการวิเคราะห์หาสาเหตุของของเสียจากการแปรรูปเนื้อทุเรียนทั้ง

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางแก้ไขปัญหา

ปัญหา	สาเหตุ	ผลกระทบ	วิธีการแก้ไข
1. วิธีการ (Method)	1. การกดจับเนื้อทุเรียนที่ไม่เหมาะสม	1. ชิ้นทุเรียนอาจเกิดการไถลตัวหนีใบมีดระหว่างการตัดเฉือน	1. ออกแบบหัวกดจับชิ้นทุเรียนใหม่
2. เครื่องจักร (Machine)	1. การยึดใบมีดตัดไม่เหมาะสม 2. ลักษณะคมตัดไม่เหมาะสม 3. ไม่มีตัวประกอบเนื้อทุเรียนในกล่องบ้อนระหว่างการแปรรูป	1. ใบมีดอาจเกิดการเคลื่อนระหว่างการตัด 2. คมตัดใบมีดแนวตั้งไม่สามารถตัดเนื้อทุเรียนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ 3. เนื้อทุเรียนอาจเกิดการหมุนระหว่างการแปรรูป	1. ออกแบบการจับยึดใบมีดในแนวตั้งใหม่ 2. เปลี่ยนลักษณะคมตัดใหม่ 3. ออกแบบอุปกรณ์เสริมในกล่องบ้อนเพื่อประกอบเนื้อทุเรียน

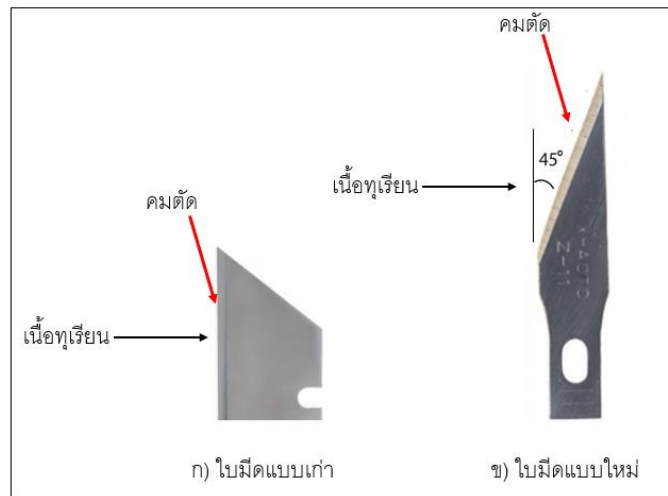
4. การปรับปรุงเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งต้นแบบ จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา ส่วนประกอบของเครื่องที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการแปรรูปเนื้อทุเรียนทั้ง ได้แก่ ใบมีดตัด กล่องบ้อนและอุปกรณ์กดจับเนื้อทุเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาและดำเนินการปรับปรุงแยกเป็น 2 ประเด็นดังนี้

4.1 การปรับปรุงชุดใบมีดตัดแนวตั้ง จากการศึกษาลักษณะของใบมีดแนวตั้งดังแสดงในภาพ 10 ใบมีดแต่ละใบถูกติดกับโครงยึดใบมีดที่ทำจากวัสดุ POM (Polyoxymethylene) หรือที่เรียกว่า พลาสติกอะซีทัล (Acetal) เป็นพลาสติกวิศวกรรมเทอร์โมพลาสติกที่มีความแข็งแรงสูง มีแรงเสียดทานต่ำ ผิวลื่น ด้านหน้าประกบด้วยเหล็กฉากเพื่อเป็นตัวดันใบมีดให้อยู่ในร่อง ทิศทางของใบมีดแนวตั้งหันคมตัดเข้าหาเนื้อทุเรียนในลักษณะคมตัดแบบกินเต็มหน้า จากการวิเคราะห์พบว่าการติดตั้งใบมีดลักษณะดังกล่าวทำให้การจับยึดใบมีดยังไม่แน่นดีพอเนื่องจากใบมีดถูกเสียบลงในร่องของโครงยึดโดยปราศจากแรงกดจากด้านข้างซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ใบมีดเกิดการขยับได้เมื่อได้รับแรงเสียดทานจากเนื้อทุเรียนระหว่างการแปรรูปและส่งผลให้ขนาดของเนื้อทุเรียนแท่งไม่เป็นไปตามที่ต้องการ นอกจากนี้การหันคมตัดแบบลักษณะกินเต็มหน้าเข้าหาเนื้อทุเรียนอาจส่งผลให้คมตัดไม่สามารถตัดเนื้อทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากการกดตรง ๆ แทนการลากเฉือนซึ่งส่งผลให้เกิดแรงต้านจากเนื้อทุเรียนมากขึ้น ทำให้ตัดได้ยากขึ้น แรงต้านจากเนื้อทุเรียนที่มากขึ้นยังเป็นสาเหตุที่ทำให้ใบมีดเกิดการขยับระหว่างการตัดเฉือนด้วย

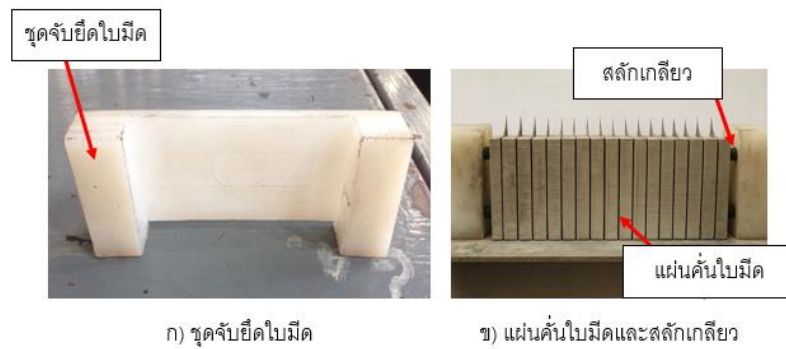


ภาพ 10 ลักษณะของใบมีดแนวตั้งก่อนปรับปรุง

ทางผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับชุดใบมีดแนวตั้ง เริ่มตั้งแต่การปรับเปลี่ยนองศาของหน้าคมตัด คมตัดแบบเก่าเป็นคมตัดแบบตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของเนื้อทุเรียน เมื่อเนื้อทุเรียนเคลื่อนเข้าหาใบมีดจะเกิดการบดอัดตรง ๆ มากกว่าการเฉือน ทำให้การตัดต้องใช้แรงกดมาก เนื้อทุเรียนจะรับแรงกระแทกมากขึ้น จึงมีโอกาสฉีกหรือเสียรูป ซึ่งทำให้กลไกการตัดไม่มีประสิทธิภาพและเกิดความสูญเสียของเนื้อทุเรียนที่ผ่านการแปรรูป ส่วนคมตัดแบบใหม่เป็นคมตัดที่เอียงเป็นมุมประมาณ 45 องศา รูปทรงของคมตัดที่ลาดเอียงทำให้เกิดแรงเฉือนอัตโนมัติ ใบมีดจึงเฉือนแบบสไลด์ (Slicing) แม้ไม่ได้ขยับใบมีดเอง ช่วยลดแรงต้านจากเนื้อทุเรียน เปลี่ยนการตัดจากแรงกดเป็นแรงเฉือน ช่วยกระจายแรงและลดความเสียหายกับคมตัด ลักษณะของใบมีดคล้ายกับเครื่องหั่นหน่อไม้ดองแบบเส้นที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้น (บัณฑิต อินทรีย์ศักดิ์ และพิพัฒน์ เลิศโกวิท, 2562) การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของลักษณะใบมีดแบบเก่าและแบบใหม่แสดงดังภาพ 11 ก) และ ภาพ 11 ข) ตามลำดับ ชุดใบมีดแนวตั้งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 420 ซึ่งเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิก ที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนสูงและผสมโครเมียม 11.5–18% ซึ่งผ่านการชุบแข็งและมีความทนทาน เป็นเกรดที่ได้รับความนิยมสำหรับมีดทำครัวด้วยเช่นกัน ทางผู้วิจัยยังได้ปรับปรุงลักษณะการจับยึดชุดใบมีดแนวตั้งใหม่โดยออกแบบชุดจับยึดชุดใบมีดทำจากวัสดุ POM ดังภาพ 12 ก) โดยมีสลักเกลียวอยู่ด้านข้าง ใบมีดแต่ละใบจะถูกจับยึดด้วยแผ่นคั่นที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหนา 5 มิลลิเมตร แผ่นคั่นทุกแผ่นจะถูกอัดให้แน่นจากด้านข้างด้วยสลักเกลียวที่ติดอยู่กับชุดจับยึดดังภาพ 12 ข)



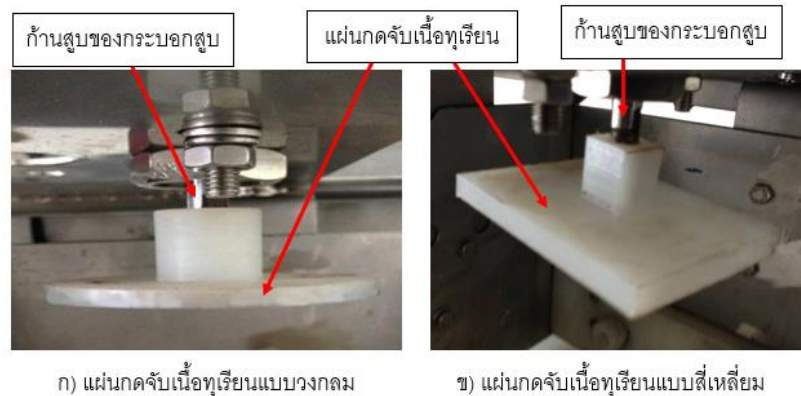
ภาพ 11 ลักษณะคมตัดของใบมีดแนวตั้งแบบเก่าและแบบใหม่



ภาพ 12 การจับยึดชุดใบมีดแนวตั้งแบบใหม่

4.2 การปรับปรุงชุดอุปกรณ์กดจับและประกอบเนื้อทุเรียน ชุดอุปกรณ์กดจับเนื้อทุเรียนถูกติดตั้งอยู่กับกระบอกสูบสำหรับกดจับเนื้อทุเรียนเพื่อกดเนื้อทุเรียนกับกล่องปั๊ม ลักษณะของอุปกรณ์กดจับเนื้อทุเรียนเป็นแผ่นวงกลมดังแสดงในภาพ 13 ก) ทางผู้วิจัยได้ทำการเปลี่ยนอุปกรณ์กดจับเนื้อทุเรียนเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมดังแสดงในภาพ 13 ข) เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการกดเนื้อทุเรียน ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบเนื้อทุเรียนคือกล่องปั๊ม ใช้เพื่อวางเนื้อทุเรียนเพื่อปั๊มสู่มัดตัดแนวตั้งและแนวนอนด้วยกระบอกสูบด้านข้างสำหรับปั๊มเนื้อทุเรียน ลักษณะของกล่องปั๊มแบบเดิมทำจากวัสดุ POM (ภาพ 3) ซึ่งมีหน้าที่เพียงใช้วางเนื้อทุเรียนเท่านั้น ด้วยเหตุนี้อาจทำให้เนื้อทุเรียนเกิดการยับเมื่อได้รับแรงเสียดทานขณะที่สัมผัสกับใบมีดตัด อาจส่งผลให้ขนาดของทุเรียนแท่งมีขนาดที่ไม่สม่ำเสมอ ทางผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงโดยการเสริมชุดสปริงที่ด้านข้างของกล่องปั๊มดังแสดงในภาพ 14 เพื่อช่วยประกอบเนื้อทุเรียนจากด้านข้างสปริงที่ใช้เสริมเป็นสปริงรับแรงอัดจำนวน 4 ตัว ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 26 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นสปริงขนาดเล็กจึงไม่มีการระบุค่าความแข็งแรงของสปริง แต่จากการทดลองวางชิ้นทุเรียนลงไป การค้ำยันของชุดสปริงไม่ได้ส่งผลให้เกิดการยุบตัวของเนื้อทุเรียน โดยภาพรวมการปรับปรุงชุดอุปกรณ์กดจับและประกอบเนื้อทุเรียนนั้นช่วยให้ชิ้นทุเรียนไม่เกิดการยับในทุกทิศทางระหว่างการแปรรูป

การปรับปรุงดังกล่าวข้างต้นไม่ได้ส่งผลให้เวลาเฉลี่ยในการแปรรูปเปลี่ยนไปเนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบที่ใช้ป้อนเนื้อทุเรียนเข้าสู่ใบมีดตัดยังคงเท่าเดิมและการปรับปรุงกล่องป้อนเนื้อทุเรียนไม่ได้เพิ่มความยากในการวางชิ้นทุเรียนลงในกล่องป้อนเนื่องจากสปริงที่ใช้เป็นสปริงขนาดเล็กที่ไม่ได้มีความแข็งแรงมากนักไป



ภาพ 13 อุปกรณ์กดจับเนื้อทุเรียนก่อนและหลังปรับปรุง



ภาพ 14 การติดตั้งชุดสปริงเสริมด้านข้างในกล่องป้อนเนื้อทุเรียน



ผลการวิจัย

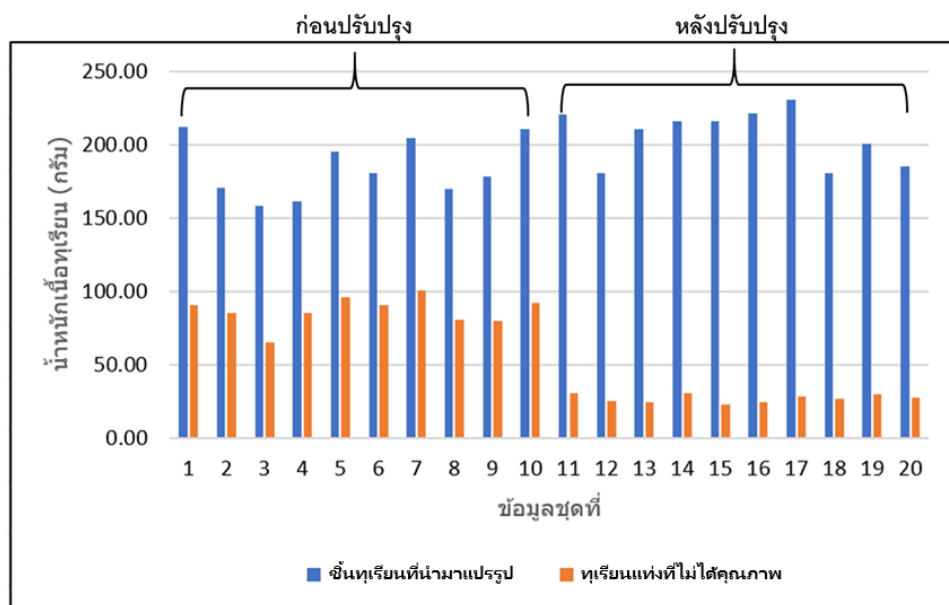
การปรับปรุงเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งมีผลการวิจัยดังนี้

1. ทดสอบเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งหลังปรับปรุง ผู้วิจัยได้ปรับปรุงชุดใบมีดตัดแนวตั้ง ชุดอุปกรณ์จับยึดและประคองเนื้อทุเรียนโดยได้ทำการทดสอบการแปรรูปและเก็บข้อมูลเหมือนกับตาราง 1 ผลการทดสอบการแปรรูปทุเรียนแท่งจากเนื้อทุเรียนจำนวน 10 ชิ้น ได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง 3 สามารถคำนวณร้อยละของทุเรียนแท่งที่ได้คุณภาพและไม่ได้คุณภาพจากสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ ซึ่งได้ร้อยละของทุเรียนแท่งที่ได้คุณภาพและไม่ได้คุณภาพประมาณ 80.68 และ 13.11 ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าร้อยละของน้ำหนักทุเรียนแท่งที่ได้คุณภาพและไม่ได้คุณภาพมีค่าที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งก่อนปรับปรุง

ตาราง 3 ข้อมูลการแปรรูปทุเรียนแห้งที่ได้คุณภาพและไม่ได้คุณภาพจากเครื่องหลังปรับปรุง

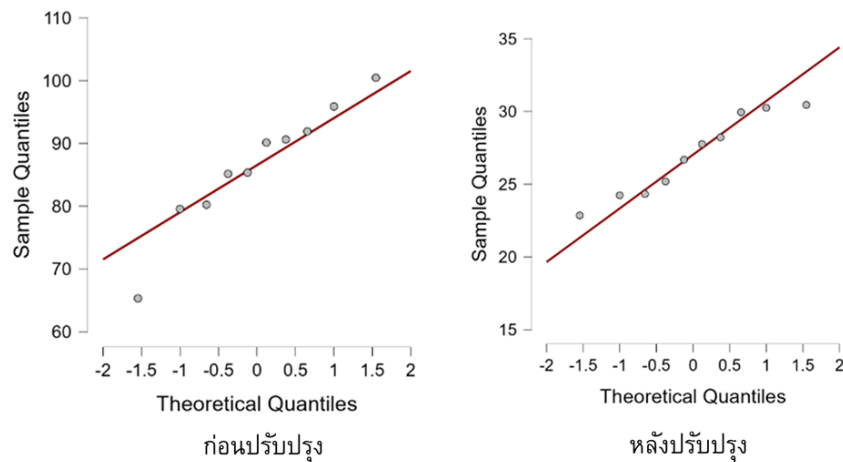
เนื้อ ทุเรียน	น้ำหนัก (กรัม)	น้ำหนักทุเรียนแห้งที่ได้ คุณภาพ (กรัม)	น้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้ คุณภาพ (กรัม)	เนื้อทุเรียนที่เหลือ (กรัม)
ชิ้นที่1	220.22	176.18	30.25	13.79
ชิ้นที่2	180.12	144.10	25.19	10.83
ชิ้นที่3	210.36	170.00	24.24	16.12
ชิ้นที่4	215.54	172.43	30.45	12.66
ชิ้นที่5	215.47	178.33	22.85	14.29
ชิ้นที่6	220.85	181.75	24.32	14.78
ชิ้นที่7	230.25	188.62	28.22	13.41
ชิ้นที่8	180.19	141.11	26.68	12.40
ชิ้นที่9	200.30	160.24	29.95	10.11
ชิ้นที่10	185.15	148.12	27.76	9.27
รวม	2058.45	1660.87	269.91	127.67
	$\bar{x}$ (S.D.)		26.99 (2.76)	12.77 (2.17)

2. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของผลการปรับปรุง ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล น้ำหนัก ทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพจากการแปรรูปด้วยเครื่องก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงแสดงดังตาราง 1 และตาราง 3 ตามลำดับ โดยภาพ 15 แสดงการเปรียบเทียบซึ่งทำให้เห็นแนวโน้มที่ลดลงอย่างชัดเจนของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพ หลังจากทำการปรับปรุงเครื่องแปรรูป และได้ทำการทดสอบด้วยสถิติ ดังนี้



ภาพ 15 เปรียบเทียบแนวโน้มของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพก่อนและหลังปรับปรุง

2.1 ทดสอบความเป็นปกติ (Normality test) ของข้อมูลทั้ง 10 ชุด ของน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพก่อนและหลังปรับปรุงโดยใช้การทดสอบ Shapiro-wilk ด้วยซอฟต์แวร์ JASP ได้ผลดังภาพ 16 ซึ่งสรุปได้ว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพ 16 ผลทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพก่อนและหลังปรับปรุง

2.2 ทดสอบสมมติฐานเพื่อยืนยันผลการดำเนินงานว่าน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพลดลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่โดยกำหนดให้ μ_1 แทนน้ำหนักเฉลี่ยของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพก่อนปรับปรุงและ μ_2 แทนน้ำหนักเฉลี่ยของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพหลังปรับปรุง ตั้งสมมติฐานและใช้การทดสอบที่แบบสองกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent-samples t test) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ได้ผลลัพธ์ดังตาราง 4 ซึ่ง p -value น้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 สรุปได้ว่าน้ำหนักเฉลี่ยของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพหลังปรับปรุงเครื่องแปรรูปแล้วลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

สมมติฐาน

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

ตาราง 4 ผลการทดสอบสมมติฐาน Independent-samples t test

	Group	$\bar{x}$ (S.D.)	Mean difference	t	df	p -value
น้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพ	ก่อนปรับปรุง	86.45 (9.899)	59.46	18.30	18	< 0.001 ^a
	หลังปรับปรุง	26.99 (2.762)				

หมายเหตุ ^aแสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการทดสอบสมมติฐานระบุว่าน้ำหนักเฉลี่ยของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพก่อนปรับปรุงสูงกว่าหลังปรับปรุง

2.3 ประเมินช่วงความเชื่อมั่นของน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพที่ผ่านการแปรรูปด้วยเครื่องหลังปรับปรุง (Confidence interval estimation) โดยใช้การทดสอบทีแบบหนึ่งกลุ่ม (One-sample t test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลลัพธ์ดังตาราง 5 ซึ่งกล่าวได้ว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพที่ผ่านการแปรรูปด้วยเครื่องหลังปรับปรุงจะอยู่ระหว่าง 25.02 ถึง 28.97 กรัม ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.76 กรัม

ตาราง 5 ผลการประเมินช่วงความเชื่อมั่นของน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพที่ผ่านการแปรรูปด้วยเครื่องหลังปรับปรุง

One-sample t test	t	df	p -value	Mean difference	95% CI for mean difference	
					Lower	Upper
น้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพ	30.91	9	< 0.001	26.99	25.02	28.97

3. วิเคราะห์มูลค่าการสูญเสียที่ลดลงในกระบวนการแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแห้ง โดยสามารถสรุปข้อมูลดังตาราง 6 จากเดิมการแปรรูปด้วยเครื่องต้นแบบก่อนปรับปรุง น้ำหนักเนื้อทุเรียนที่นำมาแปรรูปทั้งหมด 1.84 กิโลกรัม ได้ทุเรียนที่ไม่ได้คุณภาพ 0.86 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 46.98 การแปรรูปด้วยเครื่องหลังปรับปรุง น้ำหนักเนื้อทุเรียนที่นำมาแปรรูปทั้งหมด 2.06 กิโลกรัม ได้ทุเรียนที่ไม่ได้คุณภาพ 0.27 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 13.11 ถ้าคิดมูลค่าราคาทุเรียนที่กิโลกรัมละ 120 บาท สามารถคิดมูลค่าการสูญเสียได้โดยการนำร้อยละ ของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพคูณกับราคา กิโลกรัมละ 120 บาท ซึ่งการปรับปรุงเครื่องแปรรูปสามารถลดมูลค่าการสูญเสียลงจาก 56.38 เป็น 15.73 บาท/กิโลกรัม ซึ่งหลังจากปรับปรุงแล้วสามารถลดของเสียของเนื้อทุเรียนและมูลค่าการสูญเสียลงได้คิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 72 โดยประมาณ

ตาราง 6 เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงของเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแห้งก่อนและหลังปรับปรุง

ข้อมูล	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
น้ำหนักเนื้อทุเรียนที่นำมาแปรรูป (กิโลกรัม)	1.84	2.06
น้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพ (กิโลกรัม)	0.86	0.27
ร้อยละของทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพ	46.98	13.11
มูลค่าการสูญเสีย (บาท/กิโลกรัม) (คิดที่ราคาทุเรียน 120 บาท/กิโลกรัม)	56.38	15.73



อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในปรับปรุงเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแห้งที่ได้จากงานวิจัยก่อนหน้า (Phontri & Chantrasa, 2019) เพื่อลดของเสียของเนื้อทุเรียนจากการแปรรูปเป็นเนื้อทุเรียนแบบแห้งโดยการปรับปรุงมีแนวคิดในการเปลี่ยนรูปทรงใบมีดตัดแนวตั้งจากแบบเก่าที่มีคมตัดตั้งฉากไปเป็นแบบใหม่ที่มีคมตัดเอียง ตามหลักทฤษฎีการตัดพื้นเนื้อผักผลไม้ Mohsenin (2019) และ Persson (1987) ได้อธิบายหลักการการตัดด้วยใบมีดมีคมตัดตั้งฉากทำให้เกิดแรงอัด (Compressive force) สูงบริเวณหน้าสัมผัสใบมีด ในขณะที่แรงเฉือน (Shear force) มีต่ำ การตัดจึงต้องอาศัยแรงกดกระแทกเพื่อเอาชนะแรงต้านทานของเนื้อเยื่อ ส่งผลให้เนื้อทุเรียนบางส่วนอาจเกิดการบีหรือ

ฉีกขาดก่อนที่จะถูกตัดขาดจริง ทำให้ชิ้นเนื้อเกิดความเสียหายมากกว่าที่ควรและเป็นสาเหตุให้น้ำหนักของเนื้อทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพค่อนข้างสูง การทำมุมเอียงของคมมีด (Inclination angle) ก่อให้เกิดกลไกที่เรียกว่า "Slice cutting" หรือการเฉือนแบบสไลด์ แม้ว่าวัตถุดิบจะเคลื่อนที่เข้าหาใบมีดในแนวตรง แต่รูปทรงที่เอียงจะช่วยกระจายแรงต้านทานและเพิ่มองค์ประกอบของแรงเฉือน (Shear component) ในทิศทางขนานกับคมมีด ทำให้เมื่อเนื้อทุเรียนเคลื่อนที่ในแนวตรงเข้าหาใบมีดแม้ว่าจะไม่มีการขยับใบมีดในลักษณะเฉือนโดยตรงแต่รูปทรงคมมีดที่เอียงจะสร้างการเฉือนแบบสไลด์ขึ้นโดยอัตโนมัติ แรงเฉือนที่เพิ่มขึ้นนี้ช่วยลดแรงต้านการตัดและลดแรงกดที่เกิดขึ้นบนเนื้อทุเรียน ส่งผลให้เนื้อทุเรียนถูกตัดได้อย่างนุ่มนวล ไม่ถูกบี้หรือฉีกก่อนตัดขาด จึงช่วยลดปริมาณน้ำหนักของเนื้อทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพจากกระบวนการแปรรูปลงได้ ทำให้น้ำหนักของเนื้อทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพจากกระบวนการแปรรูปลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งวิเคราะห์จากผลการทดสอบสมมติฐาน Independent samples *t*-test เพื่อยืนยันผลการดำเนินงานว่าน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพลดลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยเปรียบเทียบน้ำหนักทุเรียนแห้งที่ไม่ได้คุณภาพจากการทดลองก่อนและหลังปรับปรุงซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 86.45 (9.90) กรัม และ 26.99 (2.76) กรัม ตามลำดับ

นอกจากนี้การปรับปรุงกลไกการกดจับชิ้นทุเรียนในกล่องป้อนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของกระบวนการแปรรูปทุเรียนแห้ง ทุเรียนที่ถูกกดจับได้แน่นและมั่นคงมากขึ้นทำให้การเคลื่อนที่ของวัตถุดิบเข้าสู่ใบมีดเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่เกิดการสั่นหรือการสั่นไถล ส่งผลให้สามารถควบคุมตำแหน่งของชิ้นทุเรียนที่ถูกตัดได้อย่างแม่นยำกว่าเดิม แรงที่ส่งผ่านจากกล่องป้อนเข้าสู่เนื้อทุเรียนจะถูกถ่ายโอนอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ชิ้นเนื้อเคลื่อนผ่านใบมีดด้วยอัตราคงที่ ความสม่ำเสมอนี้ช่วยให้กลไกการเฉือนของใบมีดทำงานได้เต็มประสิทธิภาพทั้งในแง่ความเรียบของผิวตัดและความสม่ำเสมอของขนาดผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ขนาดทุเรียนแห้งที่ได้มีความสมมาตรสูง การกดจับชิ้นทุเรียนที่ดีขึ้นยังช่วยลดปัญหาที่อาจพบในกลไกเดิม เช่น การที่ชิ้นทุเรียนเอียง บิดตัวหรือหลุดออกจากแนวคมมีดซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการฉีกขาดหรือการตัดผิดตำแหน่ง การพัฒนากลไกในการกดจับวัตถุดิบให้แน่นระหว่างการแปรรูปส่งผลให้วัตถุดิบที่ผ่านการแปรรูปมีขนาดที่สม่ำเสมอทั้ง 2 ด้านอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับเครื่องแปรรูปวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ให้เป็นแบบเส้นหรือแบบแผ่นที่ไม่ได้มีการกดจับวัตถุดิบ เช่น เครื่องสไลด์กล้วย มัน และเผือก แบบเส้นและแผ่น (จิรัฐติกุล กล้าหาญ, 2554) เครื่องหั่นหน่อไม้ดองแบบเส้นและแบบแผ่น (บัณฑิต อินทรีย์ศักดิ์ และพิพัฒน์ เลิศโกวิทย์, 2562) เครื่องหั่นผักแบบแผ่น (วรลักษณ์ สุริวงษ์ และคนอื่น ๆ, 2567) เนื่องจากเครื่องหั่นในงานวิจัยดังกล่าวมีการควบคุมขนาดเพียงด้านเดียว สำหรับทุเรียนแห้งนั้นจำเป็นต้องควบคุมขนาดให้สม่ำเสมอเนื่องจากเมื่อนำไปทอดแล้วจะส่งผลโดยตรงต่อมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ช่วยเพิ่มราคาขายและกำไรให้แก่ผู้ประกอบการมากขึ้นเช่นเดียวกับการทำเฟรนช์ฟรายส์ที่จะต้องหั่นมันฝรั่งให้เป็นแท่งหน้าตัดทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้หลักการป้อนผลมันฝรั่งเข้าสู่ชุดโครงใบมีดที่มีลักษณะเป็นตะแกรงสี่เหลี่ยม (Nasrullah et al., 2023) แต่สำหรับเนื้อทุเรียนนั้นไม่สามารถใช้วิธีการเดียวกันได้เนื่องจากเนื้อทุเรียนมีความแข็ง ในเนื้อมีปริมาณแป้งสูงและไม่ฉ่ำน้ำเหมือนเนื้อมันฝรั่ง ส่งผลให้ไม่สามารถดันเนื้อทุเรียนออกมาเป็นแท่งได้ เครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งนี้จะสามารถใช้แปรรูปผักหรือผลไม้ชนิดอื่น ๆ ให้เป็นรูปทรงแบบแท่งในกรณีที่ต้องการควบคุมขนาดของหน้าตัดให้มีความสม่ำเสมอ ทั้งนี้จำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อประเมินผลต่อไป

ในส่วนของระดับความสุกของเนื้อทุเรียนที่จะนำมาแปรรูปนั้น หากทุเรียนมีความสุกสูงกว่าหรือต่ำกว่าร้อยละ 80-85 เนื้อทุเรียนที่สุกน้อยกว่าเนื้อทุเรียนจะอ่อน และเนื้อทุเรียนที่สุกมากกว่าเนื้อทุเรียนจะเริ่มนิ่ม ซึ่งทั้ง

2 รูปแบบเมื่อนำมาแปรรูปเนื้อที่ได้จะและไม่เป็นรูปทรงที่ต้องการ กล่าวคือ เนื้อที่สุกพร้อมทานแบบสดนั้นไม่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งได้เนื่องจากเนื้อเนื้อไม่แข็งพอที่จะคงรูปได้ เนื้อที่สามารถแปรรูปได้นั้นจะต้องเป็นเนื้อที่จัดซึ่งโดยปกติกลุ่มผู้ประกอบการจะทราบถึงรูปแบบของเนื้อที่สามารถนำมาแปรรูปได้อยู่แล้ว



สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปของเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่ง โดยการปรับปรุงชุดใบมีดตัดแนวตั้งซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนองศาความเอียงของใบมีดเป็น 45 องศา เพื่อเพิ่มความสามารถในการตัดเนื้อทุเรียนโดยเปลี่ยนจากลักษณะวงกลมเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการกดจับเนื้อทุเรียนได้ดียิ่งขึ้น การปรับปรุงกล่องป้อนเนื้อทุเรียนโดยการเพิ่มชุดสปริงที่ด้านข้างเพื่อช่วยในการประคองชิ้นเนื้อทุเรียนไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ระหว่างการแปรรูป ทำให้สามารถลดค่าเฉลี่ยของเนื้อทุเรียนแท่งที่ไม่ได้คุณภาพลงได้อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ โดยจากการเปรียบเทียบน้ำหนักทุเรียนแท่งที่ไม่ได้คุณภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเครื่องแปรรูปด้วยการทดสอบสมมติฐาน Independent samples t-test ได้ค่า p -value เท่ากับ 0.001 และยังสามารถประมาณช่วงความเชื่อมั่น 90% ของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักทุเรียนแท่งที่ไม่ได้คุณภาพที่ผ่านการแปรรูปด้วยเครื่องหลังปรับปรุงจะอยู่ระหว่าง 25.02 ถึง 28.97 กรัม การสูญเสียในการแปรรูปเนื้อทุเรียนแท่งลดลงจากร้อยละ 46.98 เหลือร้อยละ 13.11 นอกจากนี้ยังสามารถลดมูลค่าการสูญเสียของเนื้อทุเรียน (คิดที่ราคาทุเรียน 120 บาท/กิโลกรัม) จาก 56.38 เหลือ 15.73 บาท/กิโลกรัม โดยเมื่อเทียบอัตราการลดลงของทั้ง 2 ผลลัพธ์ (เนื้อทุเรียนที่เสียลดลงร้อยละ 46.98 เหลือร้อยละ 13.11 และมูลค่าการสูญเสียของเนื้อทุเรียนลดลงจาก 56.38 บาท/กิโลกรัม เหลือ 15.73 บาท/กิโลกรัม) ทำให้สามารถลดของเสียของเนื้อทุเรียนและมูลค่าการสูญเสียได้คิดเป็นร้อยละ 72 โดยประมาณ การพัฒนาเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งในงานวิจัยนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของวิสาหกิจชุมชน ทำให้กระบวนการแปรรูปมีความรวดเร็ว และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบสม่ำเสมอ ผู้ประกอบการในพื้นที่ที่มีความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องแปรรูป และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทุเรียน ซึ่งส่งผลต่อการสร้างรายได้และการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชนในพื้นที่

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ควรถ่ายทอดเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งที่ได้รับการปรับปรุงให้กับผู้ประกอบการหลาย ๆ แห่ง สำหรับเป็นทางเลือกในการลงทุนเพื่อลดปัญหาแรงงานในการแปรรูปเนื้อทุเรียนแท่ง ทั้งนี้ยังสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับทุเรียนที่ขายเป็นทุเรียนสดแล้วไม่ได้ราคาดี ถือเป็นการช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่
2. ควรทดลองขยายผลการแปรรูปเพื่อนำไปใช้กับผักหรือผลไม้ชนิดอื่น เช่น การหั่นเผือก มันฝรั่ง แครอท เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาต่อยอดเครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการแปรรูป เช่น การพัฒนาอัตราเร็วในการแปรรูปให้สูงขึ้น พัฒนาปริมาณในการแปรรูปเนื้อทุเรียนให้เพิ่มขึ้น ปรับโครงสร้างเครื่องให้มีขนาดกะทัดรัด รวมทั้งมีการประเมินอายุของใบมีดที่มีการปรับปรุงใหม่เพื่อที่จะสามารถวางแผนในการซ่อมบำรุงได้

2. เครื่องแปรรูปเนื้อทุเรียนแบบแท่งเป็นการแปรรูปโดยการนำเนื้อทุเรียนเคลื่อนที่เข้าหาใบมีด สามารถทดลองออกแบบและสร้างเครื่องโดยเปลี่ยนวิธีการแปรรูปเป็นการนำใบมีดเคลื่อนที่เข้าหาเนื้อทุเรียนเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแปรรูป



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรในตำบลเขาบายศรี จังหวัดจันทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี



เอกสารอ้างอิง

- คมสัน มุ้ยสี และกฤษณะ จันทสิทธิ์. (2564). การพัฒนาเครื่องอัดถ่านและถ่านอัดแท่งจากใบมังคุดผสมเปลือกทุเรียน. *วารสารก้าวหน้าโลกวิทยาศาสตร์*, 21(2), 114-126.
- จิรัฐติกุล กล้าหาญ. (2554). การออกแบบและสร้างเครื่องสไลด์แบบเส้นและแผ่น. ใน *การพัฒนานวัตกรรมคนไทย: ฐานรากที่มั่นคงเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น* (น. 602-605). ฝ่ายวิจัยและการถ่ายทอดเทคโนโลยี และสำนักบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จุฑาทิพย์ นามวงษ์, เข้มชาติ เขยชม, นฤมล เลิศคำฟู, และสุรพงษ์ ปัญญาทา. (2567). การศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพคุณสมบัติเชิงกล และการพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัด. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, 23(1), 43-53. <https://doi.org/10.55003/JIE.23108>
- เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภูเสม. (2560). ผลของการใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งข้าวสาลีต่อคุณภาพของแป้งทาร์ต. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 11(2), 48-58. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/RMUTP/article/view/82617>
- เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภูเสม. (2561). ผลของการใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งข้าวสาลีต่อคุณภาพของเค้กบราวน์. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(1), 113-124. <https://doi.org/10.14456/jrmutp.2018.10>
- ชาญชัย พลตรี และฤฎวัลย์ จันทรส. (2555). การประยุกต์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นทุเรียนต้นแบบ. ใน *การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555* (น. 1688-1693). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ธีรวัฒน์ ชื่นอัสตงค์ และศรายุทธ จิตรพัฒนากุล. (2566). การพัฒนาเครื่องสไลด์เนื้อทุเรียนสำหรับเกษตรกรท้องถิ่น. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*, 29(1), 25-34. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/TSAEJ/article/view/254830>
- บัณฑิต อินทรีย์ศักดิ์ และพิพัฒน์ เลิศโกวิท. (2562). ออกแบบและสร้างเครื่องหั่นหน่อไม้ดองแบบเส้นและแบบแผ่น. *SAU Journal of Science & Technology*, 5(2), 38-49. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/saujournalst/article/view/212271>

- ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์, ศิริวรรณ แก้วสวิง, และอมรประภา ทิศกระโทก. (2563). การผลิตถ่านชีวภาพและเชื้อเพลิง
ชีวภาพจากเปลือกทุเรียน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 39(5), 580-586.
<https://scjmsu.msu.ac.th/pdfspllit.php?p=MTYxMTkxMDQ1My5wZGZ8MTA2LTExMg==>
- พิชญธิดา เรืองภักดี และอุดม สมบูรณ์ผล. (2568). แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปทุเรียนเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม
ทางธุรกิจในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. *วารสารพุทธจิตวิทยา*, 10(4), 742-753. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jbp/article/view/283396>
- วรลักษณ์ สุริวงษ์, พัชรภรณ์ อินริราย, สุรินทร์พร แสงงาม, ธวัชรัตน์ สัมฤทธิ์, ทิพย์รัตน์ คำภูมิ, และศรายุทธ มีบุญ.
(2567). การออกแบบและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นผัก. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*,
29(1), 18-35. <https://li05.tci-thaijo.org/index.php/buuscij/article/view/311>
- วิศชนม์ นิลนนท์, กุลพร พุทธิมี, จิรพร สวัสดิการ, คมสัน มุ่ยสี, และประมวล ศรีกาหลง. (2564). การพัฒนาบรรจุภัณฑ์
จากเส้นใยเปลือกทุเรียนแบบฟอกขาวและไม่ฟอกขาว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม*, 40(6), 422-429. <https://scjmsu.msu.ac.th/pdfspllit.php?p=MTY0MTg2ODEyOS5wZGZ8NDItNDk=>
- Faisal, M., Kamaruzzaman, S., & Mukhlshien. (2023). Application of durian rind smoke powder to
preserve chicken meatballs at room temperature. *Heliyon*, 9(9), e19576. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19576>
- Mohsenin, N. N. (2019). *Physical properties of plant and animal materials*. Routledge.
- Nasrullah, A. N., Nofriadi, Nasirwan, & Fauzi, M. (2023). Design of a potato stick cutting machine:
Improving production efficiency and reducing cutting waste. *International Journal of Membrane
Science and Technology*, 10(2), 1934–1945. <https://doi.org/10.15379/ijmst.v10i2.2708>
- Persson, S. (1987). *Mechanics of cutting plant material*. American Society of Agricultural Engineers.
- Phontri, C., & Chantrasa, R. (2019). Innovation development of durian stick processing machine for
transferring knowledge to foundation community. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*,
24(4), APST–24. <https://doi.org/10.14456/apst.2019.37>
- Razali, S. N. M., Hamzah, M. H., Che Man, H., & Mohd Nor, M. Z. (2021). Converting durian-based
traditional dessert into ready-to-eat durian stick through sausage technology application.
Advances in Agricultural and Food Research Journal, 2(1), 1-16. <https://doi.org/10.36877/aafrij.a0000198>