



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การพัฒนาเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับวิสาหกิจชุมชน
Development of a Semi-Automatic Pork Floss Shredding Machine
for Community Enterprises

ปิยะพงษ์ สิงห์บัว^{1)*}, รักพงษ์ ขันธวิธิ¹⁾, สवास อจาสาลี²⁾, วิรุณ โมณะตระกูล³⁾Piyapong Singbua^{1)*}, Rakpong Khanthawithi¹⁾, Swas Oajsalee²⁾ and Wiroon Monatrakul³⁾¹⁾สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

จังหวัดนครราชสีมา

²⁾สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

จังหวัดนครราชสีมา

³⁾สาขานวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกล คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย ราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม¹⁾ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Vongchavalitkul University,
Nakhon Ratchasima²⁾ Department of Management Engineering and Logistics, Faculty of Engineering and Architecture,
Vongchavalitkul University, Nakhon Ratchasima³⁾ Innovative Technology Machinery Program, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University

Received: 5 October 2025

Revised: 25 November 2025

Accepted: 11 December 2025

Available online: 26 December 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับวิสาหกิจชุมชนครัว
ข้าวแกง จังหวัดมหาสารคาม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและกำลังการผลิตในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์หมูฝอย
เครื่องต้นแบบมีขนาด 60×120×106 เซนติเมตร ผลิตจากสแตนเลสเกรด SUS 304 ตามมาตรฐาน GMP
ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กำลัง 1 แรงม้า และสามารถปรับความเร็วรอบและระยะห่างของลูกกลิ้งได้ ผลการพัฒนา

เครื่องพบว่า ที่ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที และระยะห่างลูกกลิ้ง 3 มิลลิเมตร เครื่องสามารถผลิตหมูฝอยได้สูงสุด 49.8 ± 1.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพิ่มขึ้นกว่าการใช้แรงงานคนซึ่งทำได้เฉลี่ยเพียง 2.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นการเพิ่มขึ้นประมาณ 1,892% หรือราว 20 เท่า ผลการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความสม่ำเสมอเฉลี่ย 4.60 จาก 5 คะแนน ขณะที่ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับ “มาก” (ค่าเฉลี่ย 4.53 จาก 5 คะแนน) แสดงให้เห็นว่าเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถยกระดับกระบวนการผลิตของวิสาหกิจชุมชนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดภาระแรงงาน และคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสมสำหรับการใช้งานจริงในระดับชุมชน

คำสำคัญ: เครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ, เครื่องจักรต้นแบบ, การแปรรูปอาหาร, วิสาหกิจชุมชน, การเพิ่มกำลังการผลิต

Abstract

This study aimed to design and develop a semi-automatic shredded pork machine for the *Krua Khao Kaeng* community enterprise in Maha Sarakham Province to enhance production efficiency and reduce manual labor in traditional pork floss processing. The developed prototype measures $60 \times 120 \times 106$ cm, is constructed from SUS 304 stainless steel compliant with GMP standards, and is powered by a 1-hp motor with adjustable roller speed and gap. Experimental results revealed that the optimal condition at a roller speed of 90 rpm and a roller gap of 3 mm achieved a maximum production rate of 49.8 ± 1.0 kg/h, compared with 2.5 kg/h from manual operation—representing a 1,892% increase or approximately 20 times higher productivity. The uniformity of shredded pork, as evaluated by experts, received an average score of 4.60 out of 5, while user satisfaction was rated at 4.53 out of 5, indicating a high level of acceptance. The findings confirm that the semi-automatic shredded pork machine effectively improves production capacity, maintains product quality, and provides a practical and hygienic solution for small-scale community food enterprises.

Keywords: Semi-automatic pork shredder: Prototype machine: Food processing: Community enterprise: Production efficiency

1. บทนำ

การผลิตหมูฝอย (Pork floss) เป็นกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [1] ซึ่งนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อแห้งที่สามารถเก็บรักษาได้นานและบริโภคได้สะดวก โดยหมูฝอยถือเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีบทบาทสำคัญในระดับครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน เนื่องจากสามารถยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของเนื้อหมู และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่นิยมบริโภคอาหารพร้อมรับประทาน ทั้งนี้ กระบวนการผลิตหมูฝอยยังอาศัยทักษะเชิงช่างและแรงงานคนในหลายขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นตอนการฉีกเนื้อหมูให้เป็นเส้นฝอย ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานและมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงกลายเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยรวมของผู้ประกอบการในระดับชุมชน [2]

หมูฝอยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้กระบวนการหลายขั้นตอน ตั้งแต่การต้ม ทอด ไปจนถึงการฉีกเนื้อให้เป็นเส้น ซึ่งขั้นตอนการฉีกถือเป็นขั้นตอนที่ใช้แรงงานมากที่สุด และใช้เวลาในการผลิตนานที่สุด ซึ่งวิธีการทำหมูฝอยส่วนใหญ่ยังคงอาศัยแรงงานคนในการฉีกกล้ามเนื้อหมูที่ต้มสุกแล้ว ทำให้ข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพและต้นทุนแรงงานกลายเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการผลิตโดยเฉพาะในชุมชนขนาดเล็ก [3]

ในกระบวนการผลิตหมูฝอย โครงสร้างของผลิตภัณฑ์จะถูกกำหนดโดยปัจจัยสำคัญ เช่น ขนาดแรงกลที่ใช้ในการฉีกเนื้อ ความร้อนจากการทอด และระยะเวลาการตีเส้น ซึ่งล้วนส่งผลต่อการแยกตัว

ของเส้นใยกล้ามเนื้อ ค่าความชื้นในเนื้อ และการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสม หากโครงสร้างภายในมีความพรุนและการเรียงตัวของเส้นที่เหมาะสม จะช่วยให้เนื้อหมูฝอยดูฟู ไม่จับตัวเป็นก้อน และไม่แห้งกระด้างจนเกินไป ซึ่งถือเป็นคุณลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก [4]

การแปรรูปอาหารโดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติที่สามารถปรับตั้งค่าเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของวัตถุดิบได้ ช่วยลดความผิดพลาดจากแรงงานคนและเพิ่มความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ที่ต้องอาศัยแรงตัดและความแม่นยำ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยจาก Wright et al. (2024) พบว่า การใช้แขนกลหุ่นยนต์ร่วมกับระบบควบคุมด้วยวิทยุทัศน์และเซนเซอร์แรงกระทำ สามารถฉีกและตัดเนื้อหมูให้เป็นชิ้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยยังคงรักษาคุณภาพตามมาตรฐานประสาทสัมผัสของผู้เชี่ยวชาญ ไม่ว่าจะเป็นรูปร่าง ความสม่ำเสมอ และน้ำหนักของเนื้อ [5] นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยโดย Lyu et al. (2025) ซึ่งเป็นบทวิเคราะห์เครื่องจักรและระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ พบว่าการนำเทคโนโลยีหุ่นยนต์ร่วมกับวิทยุทัศน์คอมพิวเตอร์และเซนเซอร์ต่างๆ ทำให้การตัดและการแยกเนื้อสัตว์มีความต่อเนื่องและปลอดภัยมากขึ้น พร้อมทั้งเพิ่มผลผลิตและลดแรงงานที่เข้าถึงได้ยาก [6] จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวจะเห็นได้ว่า งานวิจัยที่มีอยู่ส่วนใหญ่เน้นการพัฒนาเครื่องจักรในระดับอุตสาหกรรมหรือเครื่องต้นแบบที่ยังไม่สามารถปรับค่าการทำงานได้หลากหลาย จึงยังไม่เหมาะสมกับบริบทของวิสาหกิจชุมชนที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ พื้นที่ และกำลังการผลิต งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนา เครื่องฉีก

หมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่สามารถปรับความเร็วรอบและระยะห่างของลูกกลิ้งได้ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะเนื้อหมูและระดับความฟูของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ โดยเน้นการออกแบบที่ใช้งานง่าย ปลอดภัย ต่ออาหาร (Food grade: SUS 304)

สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนครัวข้าวแกง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งยังคงใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตหมูฝอย พบว่าไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของตลาดได้ อีกทั้งการนำเครื่องจักรสำเร็จรูปจากท้องตลาดมาใช้งาน กลับไม่สามารถผลิตเส้นหมูฝอยที่มีลักษณะตรงตามความต้องการของผู้บริโภคในด้านความฟู ความยาวของเส้น และเนื้อสัมผัสได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องหันกลับมาใช้แรงงานคนเช่นเดิม ซึ่งก่อให้เกิดข้อจำกัดทั้งในด้านต้นทุนแรงงาน คุณภาพผลิตภัณฑ์ และความยั่งยืนในการผลิต

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถปรับตั้งความเร็วรอบของมอเตอร์ และระยะห่างของลูกกลิ้ง เพื่อควบคุมลักษณะของเส้นหมูฝอยได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการ เครื่องต้นแบบมีขนาดกะทัดรัด เหมาะสำหรับพื้นที่จำกัดในระดับชุมชนผลิตจากวัสดุสแตนเลสชนิด SUS 304 ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความปลอดภัยต่อการสัมผัสอาหาร และสอดคล้องกับหลักเกณฑ์ของมาตรฐานการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice: GMP) โดยมีเป้าหมายเพื่อยกระดับกระบวนการแปรรูปอาหารในระดับชุมชนให้มีประสิทธิภาพ สม่่าเสมอ และสามารถรองรับปริมาณการผลิตที่มากขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีการการวิจัย

2.1. การออกแบบและพัฒนาเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ

จากการสำรวจกระบวนการผลิตหมูฝอยของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนครัวข้าวแกง จังหวัดมหาสารคาม พบว่า ขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดคือการฉีกเนื้อหมูที่ผ่านการต้มสุกแล้วให้เป็นเส้น (รูปที่ 1) ซึ่งในกระบวนการนี้ยังคงใช้แรงงานคนเป็นหลัก โดยแรงงานหนึ่งคนสามารถฉีกเนื้อหมูได้เพียง 2.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเท่านั้น ส่งผลให้ไม่สามารถรองรับความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นได้ และยังส่งผลต่อความไม่สม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ ความเหนื่อยล้าของแรงงาน และต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ทั้งนี้ กลุ่มผู้ประกอบการเคยทดลองใช้เครื่องจักรสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แต่พบว่าไม่สามารถผลิตเส้นหมูฝอยที่มีลักษณะเนื้อสัมผัส ความฟู และความสม่ำเสมอที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้ จึงต้องกลับมาใช้แรงงานคนเช่นเดิม

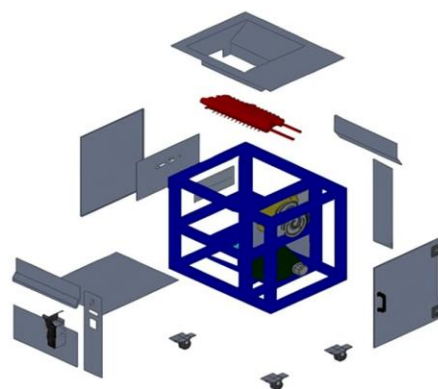


รูปที่ 1 ขั้นตอนที่ใช้เวลามากที่สุดคือการฉีกหมูที่ปรุงสุกแล้ว

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ทีมวิจัยจึงได้พัฒนาแนวคิดในการออกแบบเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรมระดับวิสาหกิจชุมชน โดยยึดหลักกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process) ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อจำกัด

ของกระบวนการเดิม การจัดทำแบบร่างแนวคิด (Conceptual Design) การกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องจักร (Specification) และการเลือกวัสดุที่เหมาะสมต่อการใช้งานในกระบวนการแปรรูปอาหาร ทั้งนี้ได้เลือกใช้วัสดุหลักเป็นสแตนเลสเกรด SUS 304 ซึ่งมีคุณสมบัติด้านการกัดกร่อน แข็งแรง ทนทาน และสามารถล้างทำความสะอาดได้ง่ายตามมาตรฐาน GMP

ระบบภายในของเครื่องได้รับการออกแบบโดยเน้นความสามารถในการฉีกเนื้อหมูให้เป็นเส้นได้อย่างสม่ำเสมอ ด้วยชุดลูกกลิ้งคู่ (Roller) โดยลูกกลิ้งตัวแรกเป็นแบบมีมุมเดือยสำหรับตีแยกเส้นเนื้อ ส่วนลูกกลิ้งตัวที่สองเป็นผิวเรียบสำหรับบีบและส่งวัตถุดิบเข้าสู่ชุดตี นอกจากนี้ระบบส่งกำลังถูกออกแบบให้ควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์ ซึ่งช่วยให้สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ได้ตามลักษณะเนื้อหมูและความต้องการของผู้ใช้ อีกทั้งยังมีระบบปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งด้วยมือหมุน เพื่อให้สามารถกำหนดความหนา-บางของเส้นหมูฝอยได้อย่างแม่นยำ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 แบบเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ

การออกแบบเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติในครั้งนี้อาศัยแนวคิดของระบบลูกกลิ้งคู่ (Dual Roller System) ที่สามารถปรับความเร็วรอบและระยะห่างของลูกกลิ้งได้ เพื่อควบคุมแรงเฉือนและแรงกดที่ใช้ในการฉีกเส้นเนื้อหมูให้มีลักษณะสม่ำเสมอ การคำนวณในการออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ ได้ดำเนินการตามหลักวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อให้โครงสร้างและอุปกรณ์ต่างๆ มีความแข็งแรงและปลอดภัยต่อการใช้งานจริง โดยเริ่มจากการคำนวณกำลังและแรงบิดที่ต้องใช้ในการหมุนลูกกลิ้งฉีกหมู เพื่อให้สามารถฉีกเนื้อหมูได้ต่อเนื่องโดยไม่เกิดการติดขัด จากนั้นนำค่าทอร์กที่ได้ไปใช้ในการกำหนดขนาดเพลลา ระบบส่งกำลัง และองค์ประกอบของลูกกลิ้งให้เหมาะสมกับภาระที่เกิดขึ้นจริง การออกแบบเพลลาได้อ้างอิงตามทฤษฎีแรงบิดสูงสุด (Maximum shear stress theory) เพื่อให้เพลลาสามารถรับแรงบิดได้โดยไม่เกิดการเสียรูปถาวร พร้อมทั้งคำนวณขนาดและความยาวของคีย์ (key) เพื่อถ่ายทอดแรงบิดจากเพลลาไปยังลูกกลิ้งได้อย่างมั่นคง โดยองค์ประกอบหลักของเครื่องต้นแบบประกอบด้วย

1) ชุดป้อนวัตถุดิบ (Feeding Unit) ทำหน้าที่นำเนื้อหมูที่ผ่านการต้มสุกเข้าสู่ช่องป้อน โดยออกแบบให้มีถาดรับขนาดกว้างและมีฝาปิดเพื่อป้องกันการกระเด็นของวัตถุดิบระหว่างการทำงาน

2) ชุดลูกกลิ้งตีและฉีกเส้น (Shredding Roller Assembly) เป็นหัวใจสำคัญของเครื่อง ประกอบด้วยลูกกลิ้งคู่ โดยลูกกลิ้งตัวแรกมีเดือยโลหะรอบผิวสำหรับตีและดึงเส้นเนื้อ ส่วนลูกกลิ้งตัวที่สองเป็นผิวเรียบสำหรับบีบและส่งเนื้อหมูให้แนบสนิทกับลูกกลิ้งตัวแรก ชุดลูกกลิ้งทั้งสองหมุนสวนทางกันและขับเคลื่อนด้วยระบบโซ่และเฟือง (chain and sprocket) ที่ต่อกับเพลามอเตอร์กำลัง 1 แรงม้า

3) ชุดปรับระยะห่างลูกกลิ้ง (Roller Gap Adjustment Unit) ใช้กลไกเกลียวและมือหมุน (handwheel) สองข้าง เพื่อปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งให้อยู่ในช่วง 2–4 มิลลิเมตร ตามลักษณะของเนื้อหมูที่ใช้ในการฉีก

4) ระบบควบคุมความเร็ว (Speed Control System) ใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ในช่วง 0–100 รอบต่อนาที เพื่อให้สามารถปรับแรงเฉือนของลูกกลิ้งให้เหมาะสมกับความชื้นและความหนืดของเนื้อหมูในแต่ละชุดการผลิต

5) ชุดรองรับและเก็บผลิตภัณฑ์ (Collection Unit) ประกอบด้วยถาดสแตนเลสรองรับหมูฝอยที่ฉีกเสร็จแล้ว พร้อมฝาครอบกันกระเด็น เพื่อรักษาความสะอาดและความปลอดภัยทางอาหาร

6) โครงสร้างและอุปกรณ์ความปลอดภัย (Machine Frame and Safety Devices) โครงสร้างผลิตจากสแตนเลสเกรด SUS 304 ตามมาตรฐาน GMP มีสวิตช์หยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop) และ

ฝาครอบป้องกันชิ้นส่วนหมุนเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน

หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบ เริ่มจากการนำเนื้อหมูที่ผ่านการต้มสุกและพักให้เย็นจนมีความชื้นเหมาะสมเข้าสู่ ช่องป้อนวัตถุดิบ จากนั้นเนื้อหมูจะถูกดึงเข้าสู่ช่องลูกกลิ้งคู่ โดยลูกกลิ้งตัวแรกซึ่งมีเดือยรอบผิวจะทำหน้าที่ ตีและฉีกเส้นใยกล้ามเนื้อ ในขณะที่ลูกกลิ้งตัวที่สองซึ่งเป็นผิวเรียบจะ บีบและส่งต่อเนื้อหมู ให้เคลื่อนผ่านช่องระหว่างลูกกลิ้งตามแรงหมุน การปรับระยะห่างของลูกกลิ้งจะควบคุม “ความหนาและความยาวของเส้นหมูฝอย” ส่วนการปรับความเร็วรอบมอเตอร์จะควบคุม “แรงเฉือนและอัตราการผลิต” เมื่อเนื้อหมูถูกฉีกจนเป็นเส้นละเอียดตามต้องการแล้ว จะตกลงสู่ถาดรองรับด้านล่าง ซึ่งสามารถนำไปทอดหรือปรุงรสต่อได้ทันที

2.2 การทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ

งานวิจัยนี้จัดอยู่ในประเภทการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับใช้งานในระดับวิสาหกิจชุมชน และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นผ่านการควบคุมตัวแปรเชิงวิศวกรรมที่สำคัญ ได้แก่ ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่มีผลต่อแรงเฉือน (shear force) และความสม่ำเสมอของเส้นเนื้อ โดยอ้างอิงแนวทางจากมาตรฐานการทดสอบเครื่องจักรกลอาหารและเครื่องจักรกลเกษตร ISO 4254-1:2013 ซึ่งกำหนดให้ การทดสอบต้องดำเนินภายใต้สภาวะแวดล้อมคงที่

(อุณหภูมิ $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $60 \pm 5\%$) และวัดค่าความเร็วรอบด้วยเครื่องวัดรอบแบบไม่สัมผัส (tachometer) ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 1\%$ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนด ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 2 ระดับ คือ 60 และ 90 รอบต่อนาที เพื่อเปรียบเทียบอัตราการฉีกเนื้อหมูในระดับพลังงานต่างกัน และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร ส่วนตัวแปรตามประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ (1) อัตราการผลิตของเครื่องจักร (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ดังแสดงในสมการที่ 1 [7], (2) ความสม่ำเสมอของเส้นหมูฝอยซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบคะแนน Likert scale ระดับ 1–5 และ (3) ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานจริงที่ใช้เครื่องต้นแบบ ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ราย โดยใช้แบบสอบถามมาตร Likert scale เช่นกัน ทั้งนี้มีการควบคุมตัวแปรอื่นที่อาจส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ ได้แก่ ชนิดของเนื้อหมูที่ใช้ในแต่ละรอบ, น้ำหนักวัตถุดิบเริ่มต้น, อุณหภูมิห้อง และผู้ป้อนวัตถุดิบให้คงที่ตลอดการทดลอง

$$P = \frac{W}{t} \quad (1)$$

โดยที่ : P = Production rate (kg/h)

W = Weight of shredded pork
produced per batch (kg)

t = Processing time (h)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ

ผลการออกแบบเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติในครั้งนี้ เกิดจากความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนครัวข้าวแกง จ.มหาสารคาม ที่มีข้อจำกัดด้าน

กำลังการผลิต โดยเฉพาะในขั้นตอนการฉีกหมู ซึ่งใช้แรงงานคนทั้งหมดและใช้เวลานานที่สุด ในกระบวนการผลิต ที่วิจัยจึงได้ดำเนินการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมควบคู่กับข้อกำหนดด้านสุขลักษณะ (GMP) เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงในระดับชุมชน

เครื่องจักรถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นระบบลูกกลิ้งคู่ (Roller) จำนวน 2 ลูก โดยลูกกลิ้งที่ 1 ทำหน้าที่ตีฉีกเส้นหมู โดยมีหมุดเดือยติดอยู่รอบผิวลูกกลิ้ง เพื่อช่วยให้เนื้อหมูแยกตัวเป็นเส้นตามแนวกล้ามเนื้อ ส่วนลูกกลิ้งที่ 2 เป็นลูกกลิ้งผิวเรียบทำหน้าที่บีบเนื้อหมูให้แนบกับลูกกลิ้งตัวแรก ทำให้การตีฉีกเนื้อมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ลูกกลิ้งตัวที่ 2 ยังสามารถปรับระยะห่างได้ด้วยมือหมุน (Handle) จำนวน 2 ตัว เพื่อควบคุมความหนาบางของเส้นหมูฝอยตามต้องการของผู้ใช้งาน ระบบโครงสร้างเครื่องจักรประกอบด้วยวัสดุหลักเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS 304 ซึ่งเป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปอาหาร มีความทนทานต่อการกัดกร่อน และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย โดยขนาดโครงสร้างรวมของเครื่องจักรอยู่ที่ $60 \times 120 \times 106$ เซนติเมตร ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกในพื้นที่จำกัด พร้อมติดตั้งล้อเลื่อนด้านล่างเพื่อความสะดวกในการใช้งานและบำรุงรักษา นอกจากนี้ เครื่องยังได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย เช่น สวิตช์หยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop), ฝาครอบป้องกันชิ้นส่วนหมุน, และไฟแสดงสถานะ เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานในระดับชุมชนที่อาจไม่มีพื้นฐานทางช่างโดยตรง (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ต้นแบบเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ

3.2 ผลการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ

เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการใช้งานเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่วิจัยได้ออกแบบการทดลองเชิงปัจจัย (Factorial Design) แบบ 2×3 โดยกำหนด

ตัวแปรต้น 2 ปัจจัย ได้แก่ (1) ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 2 ระดับ คือ 60 และ 90 รอบต่อนาที และ (2) ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 2 มิลลิเมตร, 3 มิลลิเมตร และ 4 มิลลิเมตร รวมเป็น 6 ชุดการทดลอง เพื่อศึกษาผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของเส้นหมูฝอย

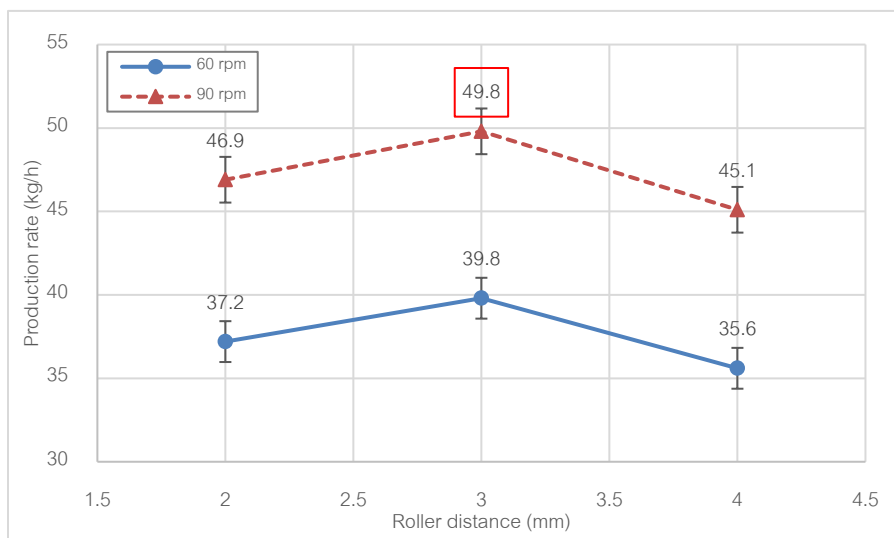
การทดสอบดำเนินการโดยใช้เนื้อหมูต้มสุกในปริมาณเท่ากัน (5 กิโลกรัมต่อรอบ) ป้อนเข้าสู่เครื่องต้นแบบ จากนั้นวัดผลลัพธ์ที่ได้ตามตัวแปรตาม 3 ด้าน ได้แก่ (1) อัตราการผลิต (กิโลกรัมต่อชั่วโมง), (2) ความสม่ำเสมอของเส้นหมูฝอย โดยประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 รายในรูปแบบ Likert scale 1–5 และ (3) ความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจริงจำนวน 5 ราย ซึ่งสะท้อนถึงการใช้งานในสถานการณ์จริงของวิสาหกิจชุมชน โดยมีผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 และ รูปที่ 4

ตารางที่ 1

ผลการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องผลิตหมูฝอยต้นแบบกึ่งอัตโนมัติ

Sample	Rotation speed (rpm)	Roller distance (mm)	Production rate (kg/h)	Consistency (score 1–5)	Satisfaction (1–5 scores)
A	60	2	37.2 ± 1.3c	4.10 ± 0.22bc	4.05 ± 0.18b
B	60	3	39.8 ± 1.1c	4.35 ± 0.19ab	4.20 ± 0.15ab
C	60	4	35.6 ± 1.5c	3.90 ± 0.24c	4.00 ± 0.20b
D	90	2	46.9 ± 1.2ab	4.30 ± 0.25ab	4.35 ± 0.16ab
E	90	3	49.8 ± 1.0a	4.60 ± 0.20a	4.53 ± 0.17a
F	90	4	45.1 ± 1.4b	4.05 ± 0.23bc	4.18 ± 0.14ab
AVG	–	–	42.4 ± 5.2	4.22 ± 0.26	4.22 ± 0.19

Note: Means in the same column followed by different superscript letters (a, b, c) are significantly different at $p < 0.05$ according to One-way ANOVA with LSD post hoc test. The LSD critical values were 2.45 for production rate, 0.35 for consistency, and 0.29 for satisfaction.



รูปที่ 4 ผลของความเร็วลูกกลิ้งและระยะห่างของลูกกลิ้งต่ออัตราการผลิตของเครื่องหั่นหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติ

จากผลการทดลอง พบว่า ชุดเงื่อนไขที่ใช้ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 3 มิลลิเมตร ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในภาพรวม โดยให้ค่ากำลังการผลิตเฉลี่ย 49.8 ± 1.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งใกล้เคียงค่ากำลังสูงสุดที่เครื่องรองรับ และได้คะแนนความสม่ำเสมอของเส้นหมูฝอยจากผู้เชี่ยวชาญเฉลี่ย 4.60 ± 0.20 คะแนน จาก 5 คะแนน ในขณะที่ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ที่ 4.53 ± 0.17 คะแนน โดยผู้ใช้งานให้ความเห็นว่าเส้นหมูมีความยาวสม่ำเสมอ ไม่ขาดตอน และใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงงานคน (รูปที่ 5) และจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Two-way ANOVA แสดงให้เห็นว่าทั้งความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ต่ออัตราการผลิตและคุณภาพของเส้นหมูฝอย นอกจากนี้ยังพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง

สองปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อผลผลิตโดยรวมด้วย กล่าวคือ ระยะห่างของลูกกลิ้งที่แคบเกินไป (2 มม.) อาจทำให้เนื้อถูกบดละเอียดเกินความต้องการ ขณะที่ระยะห่างที่กว้างเกินไป (4 มม.) จะทำให้เนื้อไม่ถูกฉีกออกเป็นเส้นอย่างเหมาะสม แม้จะใช้ความเร็วรอบสูงก็ตาม จากผลการทดลองดังกล่าว จึงสามารถสรุปได้ว่า ค่าที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งานเครื่องต้นแบบคือ ความเร็วรอบที่ 90 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งที่ 3 มิลลิเมตร ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่สมดุลระหว่างปริมาณการผลิต ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

4. สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องฉีกหมูฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับใช้งานใน

ระดับวิสาหกิจชุมชน และศึกษาผลของปัจจัยด้านวิศวกรรมต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) เครื่องจักรหุ่ฝอยแบบกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยระบบลูกกลิ้งคู่ที่สามารถปรับระยะห่างได้ และควบคุมความเร็วด้วยอินเวอร์เตอร์ มีโครงสร้างแข็งแรง ผลิตจากวัสดุที่เหมาะสมกับการแปรรูปอาหาร (SUS 304) พร้อมอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่เหมาะสมกับการใช้งานในระดับชุมชน โดยเครื่องต้นแบบมีขนาดกะทัดรัด เคลื่อนย้ายได้สะดวก และสามารถใช้งานจริงในสถานประกอบการขนาดเล็กได้

2) จากการทดลองเชิงปัจจัย (Factorial Design 2×3) โดยกำหนดความเร็วรอบและระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง พบว่า ปัจจัยทั้งสองมีผลต่ออัตราการผลิต ความสม่ำเสมอของเส้นหุ่ฝ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที และระยะห่างลูกกลิ้ง 3 มิลลิเมตร ซึ่งให้ผลการผลิตเฉลี่ย 49.8 ± 1.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความสม่ำเสมอเฉลี่ย 4.60 ± 0.20 คะแนน และความพึงพอใจของผู้ใช้งานเฉลี่ย 4.53 ± 0.17 คะแนน

3) เครื่องต้นแบบสามารถเพิ่มกำลังการผลิต จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการจักรหุ่ฝด้วยแรงงานคนและการใช้เครื่องจักรหุ่ฝแบบกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น พบว่าแรงงานคนที่มีความชำนาญสามารถจักรหุ่ฝได้เฉลี่ยเพียง 2.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่เครื่องต้นแบบสามารถผลิตหุ่ฝเฉลี่ยสูงสุดถึง 49.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ภายใต้เงื่อนไขความเร็วรอบลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที และระยะห่างลูกกลิ้ง 3 มิลลิเมตร เมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณ

อัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังการผลิตตามสมการ โดยแทนค่ากำลังการผลิตของเครื่อง ($P_{เครื่อง}$) เท่ากับ 49.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และกำลังการผลิตจากแรงงานคน ($P_{แรงงานคน}$) เท่ากับ 2.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้ว่าเครื่องต้นแบบสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ร้อยละ 1,892 หรือประมาณ 20 เท่าของวิธีการผลิตแบบเดิม

4) ผู้ใช้งานในระดับชุมชนมีความพึงพอใจต่อการใช้งานของเครื่องต้นแบบ และเห็นว่าเป็นนวัตกรรมที่สามารถใช้งานได้จริง ตอบสนองความต้องการในเชิงเศรษฐกิจ และสามารถลดภาระการทำงานของแรงงานในกระบวนการผลิตอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “เครื่องจักรหุ่ฝแบบกึ่งอัตโนมัติ” นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยการสนับสนุนจากหน่วยงานและบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สป.อว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณดำเนินโครงการภายใต้ทุนวิจัยปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ขอขอบคุณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนครัวข้าวแวง จังหวัดมหาสารคาม ที่อนุญาตให้เข้าไปศึกษาข้อมูล ให้ข้อเสนอแนะ และร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบในสภาพการใช้งานจริง ตลอดจนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการประเมินผลการใช้งาน ขอขอบคุณทีมวิจัยและนักศึกษาฝึกประสบการณ์จากมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่มีส่วนร่วมในการออกแบบ สร้าง และปรับปรุงเครื่องจักรตลอดระยะเวลาของโครงการ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Torsakul S, Thuankruaval V. Case study of a prototype shredded pork shredder for OTOP volunteer women group to develop Nong Luang village for export to ASEAN community. Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal. 2019;12(1):77–87.
- [2] Office of Vocational Education Research and Development. Pork floss [Internet]. 2025 [cited 2025 Jul 13]. Available from: <https://www.thailandinnovationportal.com/info/innovation/item/4612>
- [3] Singbua P, Monatrakul W. Semi-automatic shredded pork machine. Nakhon Ratchasima; 2021.
- [4] Shen C, et al. Identifying the quality characteristics of pork floss structure based on deep learning framework. Curr Res Food Sci. 2023;7:100587. doi:10.1016/j.crfs.2023.100587.
- [5] Wright R, Parekh S, White R, Losey D. Safely and autonomously cutting meat with a collaborative robot arm. Sci Rep. 2024;14. doi:10.1038/s41598-023-50569-4.
- [6] Lyu Y, et al. A review of robotic and automated systems in meat processing. Front Robot AI. 2025;12. doi:10.3389/frobt.2025.1578318.
- [7] Nipa JF, Mondal M, Islam M. Design, development and performance evaluation of small-scale fodder chopping machine for farmers. Research in Agricultural Engineering. 2021;67. doi:10.17221/52/2020-RAE