

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาผลของความเร็วใบมีดและอัตราการป้อนต่อสมรรถนะของเครื่องสับสมุนไพร แบบสองใบมีดสำหรับไพลและขมิ้นชัน

ฐิตินันท์ ป้องนาม¹, ขนิษฐา ชัยบรรดิษฐ์² และ สิริธร คีสาลัง^{3,*}

¹ สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

² สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตรอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

³ สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

*ผู้ประสานงานบทความฉบับ: sirithon.su@rmu.ac.th โทรศัพท์: 080-7478248

(รับบทความ: 20 มีนาคม 2569; แก้ไขบทความ: 15 มิถุนายน 2569; ตอรับบทความ: 1 กรกฎาคม 2569)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเร็วใบมีดและอัตราการป้อนต่อสมรรถนะของเครื่องสับสมุนไพรแบบสองใบมีดสำหรับไพลและขมิ้นชัน ประเมินสมรรถนะชุดสับด้วยความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพการสับและความสูญเสียในการสับ โดยได้ทำการทดสอบสับไพลและขมิ้นชันที่ความเร็วใบมีด 3 ระดับ คือ 536.25, 715.00 และ 893.75 รอบต่อนาที สำหรับไพลใช้อัตราการป้อน 3 ระดับ คือ 359.64, 617.14 และ 872.37 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และขมิ้นชันใช้อัตราการป้อน 3 ระดับ คือ 471.00, 621.76 และ 916.81 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากการทดสอบพบว่าอัตราการป้อนของทั้งไพลและขมิ้นชันไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของชุดใบมีดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในทางตรงกันข้ามความเร็วใบมีดเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพการสับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสับไพล ขณะที่การสับขมิ้นชันพบว่าความเร็วใบมีดมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงานเช่นกัน โดยค่านัยสำคัญมีระดับเข้าใกล้เกณฑ์การยอมรับที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยอัตราการป้อนและความเร็วใบมีดที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานสำหรับสับไพลและขมิ้นชันควรใช้อัตราการป้อน 872.37 และ 916.81 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความเร็วใบมีด 715.00 และ 536.25 รอบต่อนาที ส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพในการสับเฉลี่ย 97 และ 98 เปอร์เซ็นต์ และความสูญเสียร้อยละ 3 และ 2 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไพล ขมิ้นชัน สองใบมีด ลูกประคบ เครื่องสับ

การอ้างอิงบทความ: ฐิตินันท์ ป้องนาม, ขนิษฐา ชัยบรรดิษฐ์ และ สิริธร คีสาลัง, "การศึกษาผลของความเร็วใบมีดและอัตราการป้อนต่อสมรรถนะของเครื่องสับสมุนไพรแบบสองใบมีดสำหรับไพลและขมิ้นชัน," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 4, ฉบับที่ 4, หน้า 50-64, 2569.

บทความวิจัย (Research Article)

Effects of Rotational Speed and Feed Rate on the Performance of a Dual-Blade Herbal Chopper for Cassumunar Ginger and Turmeric

Thitinun Pongnam¹, Khanitta Chaibundit² and Sirithon Kisolung^{3,*}

¹ Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Khon Kaen Campus

² Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Esan, Nakhon Ratchasima

³ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Khon Kaen Campus

*Corresponding Author: sirithon.su@rmuti.ac.th, Tel: 080-7478248

(Received: March 20, 2026; Revised: June 15, 2026; Accepted: July 1, 2026)

Abstract

This study aimed to investigate the effects of cutting blade speed and feed rate on the performance of a dual blade herbal chopping machine optimized for Cassumunar ginger and Turmeric. The machine's performance was evaluated based on throughput capacity, chopping efficiency and chopping loss. The experiments were conducted across three levels of blade rotational speed as 536.25 715.00 and 893.75 rpm. For Cassumunar ginger, the feed rates were varied at three levels as 359.64 617.14 and 872.37 kg/h, while a Turmeric, feed rates were 471.00, 621.76, and 916.81 kg/h. The results showed that, the feed rate for Cassumunar ginger and Turmeric had no statistically significant effect on the chopping efficiency. Conversely, the blade speed was a critical factor that significantly affected both throughput capacity and chopping efficiency at a 95% confidence level, particularly during Cassumunar ginger processing, for turmeric, the blade speed exhibited a similar trend influencing operational performance, with its p-value approaching the threshold of statistical significance at the 95% confidence level. To optimize operational parameters, the recommended settings for during Cassumunar ginger and Turmeric processing are feed rates of 872.37 kg/h and 916.81 kg/h coupled with blade rotational speeds of 715.00 rpm and 536.25 rpm, respectively. These optimal configurations yielded average chopping efficiencies of 97% and 98%, with corresponding chopping losses minimized to 3% and 2%, respectively.

Keywords: Cassumunar Ginger, Turmeric, Double Blade Chopping, Herbal Compresses, Chopper Machine

Please cite this article as: T. Pongnam, K. Chaibundit and S. Kisolung, "Effects of Rotational Speed and Feed Rate on the Performance of a Dual-Blade Herbal Chopper for Cassumunar Ginger and Turmeric," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 4, no. 4, pp. 50-64, 2026.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

พืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารไฟโตเคมีคัลที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลายชนิด ประกอบด้วยพืชล้มลุกอายุหลายปีที่ออกดอกมีกลิ่นหอมประมาณ 52 สกุล และ 1,300 ชนิด มีลักษณะเด่นคือเหง้าที่เลื้อยเป็นแนวนอนหรือเป็นหัว พืชวงศ์ขิงที่มีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายด้วยฤทธิ์ทางชีวภาพที่โดดเด่น เช่น ฤทธิ์ด้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านเบาหวาน ฤทธิ์ปกป้องตับ ฤทธิ์ปกป้องระบบประสาท ฤทธิ์ต้านจุลชีพ และฤทธิ์ต้านมะเร็ง พืชที่พบโดยทั่วไปที่เป็นที่นิยมในตระกูลนี้ได้แก่ ขิง (*Zingiber Officinale* Roscoe), ขมิ้น (*Curcuma longa* L.), ขิงขาว (*Curcuma Zanthorrhiza* Roxb.) และขิงไทย (*Alpinia Galanga* L.) [1] โดยในประเทศไทยได้มีการนำพืชวงศ์ขิงมาเป็นส่วนประกอบของลูกประคบสมุนไพรซึ่งเป็นการนำสมุนไพรพื้นบ้านมาใช้ประโยชน์ทางการรักษาโรคเป็นภูมิปัญญาไทยแบบหนึ่งที่มีมาแต่โบราณ ลูกประคบมีพืชสมุนไพรเป็นส่วนประกอบหลักอย่างน้อย 3 ชนิด ได้แก่ ไพล ขมิ้นชัน และตะไคร้ อาจผสมสมุนไพรชนิดอื่น ๆ เช่น ผิวมะกรูด ใบมะขาม การบูร พิมเสน โดยนำสมุนไพรมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และห่อด้วยผ้าดิบหรือผ้าฝ้ายแล้วมัดให้แน่นเป็นลูกกลม ๆ นำไปนึ่งให้อุ่นวางประคบตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อช่วยลดอาการปวดเมื่อยและคลายกล้ามเนื้อ [2] ซึ่งการลดขนาดด้วยกระบวนการหั่นหรือสับพืชสมุนไพรที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ค่อนข้างหลากหลายมากกว่าเศษวัสดุพืชอื่น ๆ อีกทั้งปัจจุบันการใช้มีดหั่นย่อยสมุนไพรด้วยมือทำให้การผลิตไม่ทันต่อความต้องการ [3] การลดขนาดหรือหั่นย่อยโดยใช้มีดมีข้อจำกัดในด้านความปลอดภัยไม่สามารถหั่นย่อยให้มีขนาดเล็กและปริมาณมากได้จึงต้องมีการสร้างเครื่องทุ่นแรงแทนการใช้มือ [4] หากมีเครื่องมือที่ช่วยผ่อนแรงในการสับย่อยสมุนไพรก็จะทำให้ประหยัดเวลาลดแรงงานคนในการหั่น ป้องกันการเกิดอันตราย และการเพิ่มอัตราการผลิตที่มากกว่าการหั่นด้วย

แรงงานคน [5] สามารถตอบสนองความต้องการของตลาด นอกจากจะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตลูกประคบแล้วยังช่วยขยายตลาดสินค้าไปสู่การผลิตสมุนไพรสับเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

จากการทบทวนงานวิจัยในด้านสมรรถนะการทำงาน งานวิจัยของ อัครวิน สืบบุญการณ และคณะ [6] พบว่าเครื่องสับเนกประสงค์ที่ทำการทดสอบกับหญ้าเนเปียร์ ใบไม้สด และใบไม้แห้งสามารถลดเวลาจากการสับด้วยมือแบบ 1 คนสับได้มากกว่า 60 % โดยลดเวลาในการทำงานลงได้ 2 ใน 3 ของเวลาทำงานปกติ สอดคล้องกับ สัญญา โพธิ์วังษ์ และคณะ [7] พบว่าเครื่องหั่นซอยสมุนไพรสามารถหั่นได้ปริมาณมากกว่าใช้แรงงานคน และหั่นได้เร็วกว่าแรงงานคน ช่วยลดระยะเวลาการหั่นสมุนไพรได้ สามารถนำสมุนไพรไปตากแห้งได้นานกว่าและมากกว่าการใช้แรงงานคน และทำให้มีรายได้จากขมิ้นชันตากแห้งเพิ่มขึ้นจาก 450 บาทต่อวัน เป็น 50,400 บาทต่อวัน กรณีศึกษาจากผู้ผลิตลูกประคบสมุนไพร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน บ้านหนองแขง ตำบลหนองแขง อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น ซึ่งพบปัญหาค้นตอนการทำลูกประคบคือ ขั้นตอนการหั่นสมุนไพรโดยการหั่นสมุนไพรประเภทหัวและเหง้าไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการและขนาดที่ได้ไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนยังคงใช้แรงงานคนในการหั่นส่งผลให้ต้องใช้เวลาและแรงงานเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้หากมียอดการสั่งซื้อลูกประคบสมุนไพรเป็นจำนวนมาก ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจำเป็นต้องทำการสับสมุนไพรที่ผ่านหั่นและตากแห้งสำเร็จแล้วมาใช้เป็นวัตถุดิบเนื่องจากไม่สามารถผลิตวัตถุดิบสมุนไพรได้ทันตามความต้องการ ส่งผลให้ต้นทุนในการทำลูกประคบสมุนไพรเพิ่มขึ้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วใบมีดและอัตราการป้อนที่มีต่อสมรรถนะการทำงานของชุดทดสอบสับสมุนไพรแบบสองใบมีดสำหรับไพลและขมิ้นชัน เพื่อวิเคราะห์และ

บทความวิจัย (Research Article)

เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพด้านการกระจายตัวของขนาดอนุภาค (C_u) และความสม่ำเสมอของขนาดคละ (C_c) ของสมุนไพรสับตากแห้งระหว่างการใช้แรงงานคนกับการใช้ชุดทดสอบสับสมุนไพรรูปแบบสองใบมีด และเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดในการสับโพลและขมิ้นชันที่ให้ประสิทธิภาพโดยเกิดการสูญเสียน้อยที่สุด โดยการทดสอบในงานวิจัยด้านเสถียรภาพใบมีดของ ขนิษฐ์ อุปถัมภ์ และคณะ [8] สำหรับชุดทดสอบแบบ 2 และ 3 ใบมีด พบว่าเมื่อทดสอบการสับลดขนาดลำต้นมันสำปะหลังด้วยชุดทดสอบแบบ 2 ใบมีด ชุดทดสอบไม่เกิดแรงของการสั่นสะเทือนซึ่งในการวางตำแหน่งของใบมีดจะส่งผลต่อความสมดุลของตัวชุดทดสอบ โดยแรงสั่นสะเทือนนี้หากมีมากอาจส่งผลต่อโครงสร้างและอายุการใช้งานของเครื่องจักรให้เกิดความชำรุดเสียหายได้ และการทดสอบจากงานวิจัยด้านอิทธิพลของความเร็วรอบใบมีดสับ สัญญา โพธิ์ วงษ์ และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาเครื่องหันฟ้ายะลวยโจรแบบ 2 ใบมีดขนาด 1 แรงม้าพบว่ามีประสิทธิภาพในการหันเท่ากับ 99.57% สอดคล้องกับ เทิดศักดิ์ พรหมทา และคณะ [9] ทดสอบเครื่องสับกล้วย 2 ใบมีด 1 แรงม้า มีประสิทธิภาพในการหันเท่ากับ 95.32 จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังไม่มีการศึกษาวิจัยใดที่ทำการวิเคราะห์เชิงลึกถึงอิทธิพลร่วมระหว่างความเร็วรอบใบมีดและอัตราการป้อนที่ส่งผลต่อการสูญเสียและคุณภาพของพืชสมุนไพรรูปแบบเหง้าหรือหัวที่มีความหนาแน่นและโครงสร้างทางกายภาพเฉพาะตัวสูง ผู้ศึกษาจึงได้ออกแบบการทดสอบโดยใช้ขีดจำกัดความเร็วใบมีดในการสับแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 536.25, 715.00 และ 893.75 รอบต่อนาที อัตราการป้อนของโพล 3 ระดับ คือ 359.64, 617.14 และ 872.37 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการป้อนของขมิ้นชัน 3 ระดับ คือ 471.00, 621.76 และ 916.81 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และทำการวิเคราะห์คุณภาพของสมุนไพรรูปแบบหลังสับโดยใช้พฤติกรรมการกระจายตัวของขนาดอนุภาค (Sieve

Analysis) และความสม่ำเสมอของขนาดคละ (C_u และ C_c) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของวัตถุดิบในการทำลูกประคบสมุนไพรรูปแบบ ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเข้ามาเติมเต็มช่องว่างในงานวิจัย โดยทำการทดสอบทางสถิติเพื่อระบุความสัมพันธ์และสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดของทั้งอัตราการป้อนและความเร็วใบมีด สำหรับชุดสับสมุนไพรรูปแบบสองใบมีด เพื่อลดการใช้แรงงานคน ยกย่องกำลังการผลิต และควบคุมขนาดอนุภาคให้ได้เกณฑ์สม่ำเสมอสูงสุดตามความต้องการของวิสาหกิจชุมชนเพื่อความยั่งยืน

2. วิธีการศึกษา

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเครื่องสับสมุนไพรรูปแบบสองใบมีดสำหรับสับโพลและขมิ้นชัน ซึ่งได้ทำการศึกษาวิธีการทำลูกประคบสมุนไพรรูปแบบลักษณะอนุภาคด้วยการร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) CISA รุ่น BA 200 N ของโพลและขมิ้นชันที่ผ่านการสับเพื่อผลิตลูกประคบสมุนไพรรูปแบบจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน โดยทำการชั่งน้ำหนักโพลที่ยังไม่ได้สับตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบอิเล็กทรอนิกส์ Tanita รุ่น KD 200 จากนั้นนำโพลและขมิ้นชันมาทำการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการสับด้วยชุดทดสอบการสับแบบสองใบมีดได้แก่ อัตราการป้อนและความเร็วใบมีด โดยมีวิธีการศึกษา และการทดสอบ ดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลของการทำลูกประคบสมุนไพรรูปแบบและวิเคราะห์ลักษณะอนุภาคด้วยการร่อน (Sieve Analysis)

2.1.1 ศึกษาการผลิตลูกประคบและเก็บตัวอย่างสมุนไพรรูปแบบผ่านกระบวนการสับของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

บทความวิจัย (Research Article)

ศึกษาการผลิตลูกประคบและเก็บตัวอย่างสมุนไพรที่ผ่านกระบวนการสับของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน บ้านหนองแซง ตำบลหนองแซง อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น

2.1.2 วิเคราะห์ลักษณะอนุภาคด้วยการร่อน (Sieve Analysis)

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง ดำเนินการโดยการนำสมุนไพรแห้งที่ผ่านกระบวนการสับด้วยมีดจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนมาทำการร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดรูเปิดเริ่มจากตะแกรงชั้นบนสุดมีขนาดซึ่งมีช่องขนาดต่างๆกัน โดยทำการชั่งน้ำหนักตะแกรงเปล่าและน้ำหนักสมุนไพรค้ำตะแกรงและสร้างกราฟความสัมพันธ์ของการกระจายขนาดอนุภาคเพื่อวิเคราะห์หาค่า D10 D30 และ D60 [10] ซึ่งสามารถนำไปคำนวณการกระจายของขนาดสมุนไพร (C_u , Coefficient of Uniformity) และขนาดคละ (C_c , Coefficient of Concavity) ดังแสดงในสมการที่ 1 และสมการที่ 2 [11]

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1)$$

$$C_c = \frac{D_{30} \times D_{30}}{D_{10} \times D_{60}} \quad (2)$$

เมื่อ

D_{60} คือ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของสมุนไพรที่มีเปอร์เซ็นต์ผ่าน 60%, (มิลลิเมตร (มม.))

D_{30} คือ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของสมุนไพรที่มีเปอร์เซ็นต์ผ่าน 30%, (มิลลิเมตร (มม.))

D_{10} คือ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของสมุนไพรที่มีเปอร์เซ็นต์ผ่าน 10%, (มิลลิเมตร (มม.))

2.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสับสมุนไพรของชุดทดสอบ

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสับสมุนไพรเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสับสมุนไพรด้วยการสับของชุดทดสอบ จึงเลือกศึกษาปัจจัยที่มีผลการสับ คือ อัตราการป้อน ความเร็วใบมีด และค่าซีพีคือประสิทธิภาพ ความสามารถ และการสูญเสีย สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3 – สมการที่ 5

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{นน.สมุนไพรที่ออกจากช่องทางออก}}{\text{นน.สมุนไพรที่ใส่เข้าในถังบรรจุ}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{ความสามารถการทำงาน} = \frac{\text{นน.สมุนไพรทั้งหมด}}{\text{เวลาในการทำงาน}} \quad (4)$$

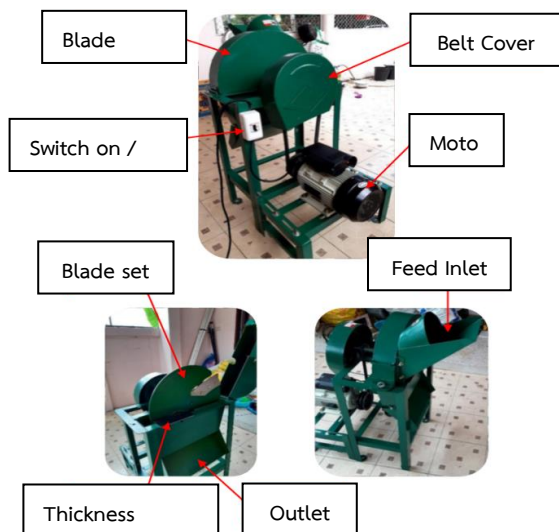
$$\text{การสูญเสีย} = \frac{\text{นน.สมุนไพรที่ค้างในเครื่อง}}{\text{นน.สมุนไพรทั้งหมด}} \times 100\% \quad (5)$$

3. การทดสอบและประเมินผล

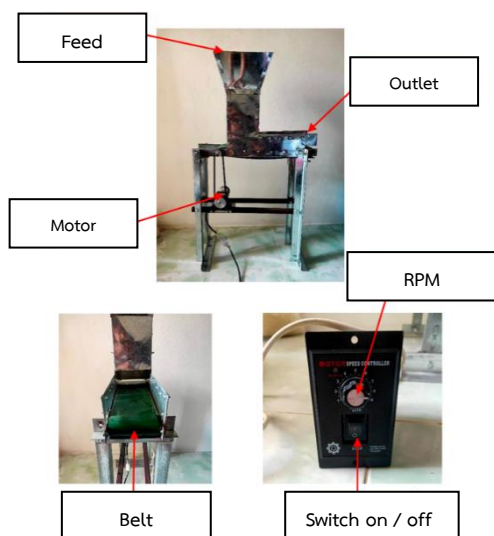
3.1 ศึกษาอัตราการป้อน

การศึกษ้อัตราการป้อน มีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาจำนวนของสมุนไพรที่จะเข้าเครื่องสับ (รูปที่ 1) โดยใช้ชุดป้อนสมุนไพร (รูปที่ 2) ซึ่งสามารถปรับรอบความเร็วได้ 3 ระดับโดยทำการชั่งน้ำหนักสมุนไพรที่ยังไม่สับ 1 กิโลกรัม ป้อนสมุนไพรลงในช่องป้อนและปรับรอบความเร็วในระดับที่ 1 จากนั้นทำการจับเวลาเริ่มป้อนและสิ้นสุด ทำการทดสอบซ้ำจนครบความเร็วทั้ง 3 ระดับ

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องสับสมุนไพร



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของชุดป้อนสมุนไพร

3.2 ศึกษาความเร็วใบมีดในการสับ

การศึกษาความเร็วของรอบสับ 3 ระดับ จะได้ความเร็วรอบในการสับ 3 ระดับ โดยใช้วิธีการเปลี่ยนพูลเลย์ตัวขับของชุดเครื่องสับ และคำนวณความเร็วใบมีดจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพูลเลย์ (สมการที่ 3)

$$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2 \quad (3)$$

เมื่อ

n_1 คือ ความเร็วใบมีดของพูลเลย์ขับ, (รอบต่อนาที)

n_2 คือ ความเร็วใบมีดของพูลเลย์ตาม, (รอบต่อนาที)

d_1 คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพูลเลย์ขับ, (นิ้ว)

d_2 คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางพูลเลย์ตาม, (นิ้ว)

3.3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนกับความเร็วใบมีดที่ใช้สับโพล และขมิ้นชัน ด้วยชุดทดสอบเครื่องสับสมุนไพรแบบสองใบมีด

การศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนกับความเร็วใบมีดที่ใช้สับโพล และขมิ้นชัน ทำโดยป้อนโพล/ขมิ้นชัน ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัมพร้อมทั้งจับเวลาที่ใช้ในการสับ ตามความเร็วใบมีดในการสับจากข้อ 2.2 ที่อัตราการป้อน 3 ระดับ จากนั้นเปลี่ยนความเร็วใบมีดในการสับให้ครบทั้ง 3 ความเร็ว โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และนำสมุนไพรสับไปทำให้แห้ง

3.4 เปรียบเทียบขนาดอนุภาคสมุนไพรแห้งด้วยการร่อน (Sieve Analysis)

การเปรียบเทียบขนาดอนุภาคของโพลและขมิ้นชันทำโดยใช้การร่อนโพลและขมิ้นชันหลังการทำให้แห้งแล้วด้วยการร่อนผ่านตะแกรง เพื่อเปรียบเทียบค่าการกระจายตัว (สมการที่ (1)) และค่าความคละ (สมการที่ (2)) ของสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดที่ผ่านการสับด้วยมีดและชุดสับสมุนไพรแบบ 2 ใบมีด

บทความวิจัย (Research Article)

4. ผลการศึกษา

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อชุดสับสมุนไพรรูปแบบสองใบมีดสำหรับสับไพลและขมิ้นชัน แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ การศึกษาข้อมูลของการทำลูกประคบสมุนไพรรูปแบบของภูมิวิสาหกิจชุมชน การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสับสมุนไพรรูปแบบชุดทดสอบ และการทดสอบและประเมินผล ได้ผลการศึกษาของทั้ง 3 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลของการทำลูกประคบสมุนไพรรูปแบบและวิเคราะห์ลักษณะอนุภาคด้วยการร่อนของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

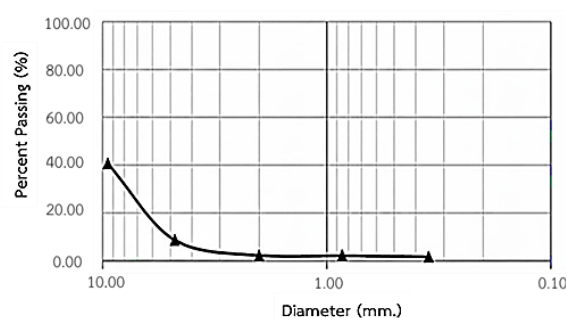
จากการลงพื้นที่และเก็บข้อมูล ณ. บ้านหนองแขง ตำบลหนองแขง อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น เพื่อศึกษาข้อมูลของการทำลูกประคบสมุนไพรรูปแบบ และเก็บตัวอย่างไพลและขมิ้นชันสับแห้งเพื่อวิเคราะห์ลักษณะอนุภาคด้วยการร่อนได้ผลการศึกษา ดังนี้

4.1.1 ผลการศึกษาข้อมูลของการทำลูกประคบสมุนไพรรูปแบบของภูมิวิสาหกิจชุมชน

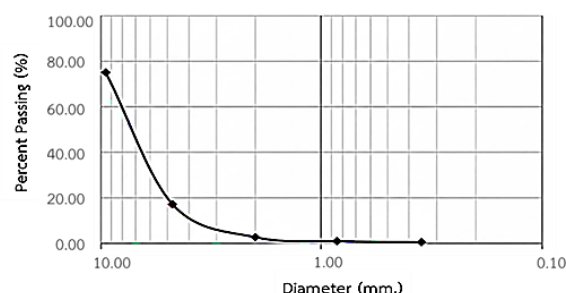
ผลการศึกษาวิธีการทำลูกประคบสมุนไพรรูปแบบภูมิวิสาหกิจชุมชนได้มีการนำสมุนไพรรูปแบบได้แก่ ไพล ขมิ้นชัน ตะไคร้ ผิวมะกรูด และใบมะขาม มาเป็นส่วนประกอบหลักของลูกประคบ ผ่านกระบวนการล้างให้สะอาดจากนั้นจึงทำการหั่นหรือสับสมุนไพรรูปแบบเป็นชิ้นโดยใช้มีดและเขียงรองหั่น จากนั้นนำไปตากให้แห้งเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการคลุกพื้สมุนไพรรูปแบบและการบูรและเกลือแกง ก่อนทำการห่อด้วยผ้าขาวบาง ซึ่งในกระบวนการหั่นชิ้นสมุนไพรรูปแบบโดยเฉพาะพืชหัวคือไพล และขมิ้นชัน จำเป็นต้องใช้แรงงานคนและเวลาเนื่องจากขนาดที่ไม่แน่นอนของหัวไพลและขมิ้นชัน

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะอนุภาคด้วยการร่อนผ่านตะแกรง

ผลการทดสอบอนุภาคด้วยการร่อนผ่านตะแกรงตัวอย่างไพลแห้งและขมิ้นชันแห้งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ดังแสดงใน รูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 ผลการทดสอบอนุภาคด้วยการร่อนผ่านตะแกรงตัวอย่างไพลแห้ง



รูปที่ 4 ผลการทดสอบอนุภาคด้วยการร่อนผ่านตะแกรงตัวอย่างขมิ้นชันแห้ง

จากรูปที่ 3 และ 4 พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักรูปแบบผ่านตะแกรงแต่ละชั้นของไพลแห้งไม่พบน้ำหนักรูปแบบที่ถูกร่อนผ่านตะแกรงในช่วง 60 เปอร์เซ็นต์ จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณค่าการกระจายตัว และค่าความคละของไพลแห้งได้ ส่วนขมิ้นชันสามารถวิเคราะห์หาค่าการกระจายตัวและค่าความคละได้ 2.16 และ 1.08 ตามลำดับ

บทความวิจัย (Research Article)

4.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสับสมุนไพรรองชุดทดสอบ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสับสมุนไพรรองงานวิจัยได้แก่ รั้งสรรค์ พงษ์พัฒน์อำไพ และคณะ [12] พบว่าความเร็วใบมีดในการสับของเครื่องสับหัวมันสำปะหลังแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งเป็นเครื่องสับแบบ 2 ใบมีด และใช้กำลังมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าได้ทำการทดสอบความเร็วใบมีดในการสับระหว่าง 300 - 400 รอบต่อนาที ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมพบว่าความเร็วใบมีดของเครื่องสับที่ 400 รอบต่อนาที ได้ประสิทธิภาพ 94.45 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการสับได้ 2,091.37 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (2.09 ตันต่อชั่วโมง) และ ณพล เหลืองพิพัฒน์สร [13] ได้ทำการศึกษารวดเร็วใบมีดการสับและมุมมองสับใบมีดโดยทำการการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญาอาหารสัตว์ สำหรับเกษตรกรรายย่อยเป็นเครื่องสับแบบ 4 ใบมีด และใช้กำลังมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ความเร็วใบมีดของมอเตอร์ที่ 1,300, 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที ศึกษามุมมองสับใบมีดสำหรับสับย่อยหญ้า 3 ระดับคือ 15, 30 และ 40 องศา ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วใบมีดของมอเตอร์และมุมมองสับของใบมีดที่เหมาะสมในการสับย่อยหญ้าอาหารสัตว์ คือ 1,500 รอบต่อนาที และ 40 องศา ตามลำดับ ให้ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 229.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้นผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสับสมุนไพรรองงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ความเร็วใบมีดในการสับ และมุมมองสับใบมีดส่งผลต่อความสามารถในการสับ ประสิทธิภาพการสับ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการสับ แต่งานวิจัยที่ศึกษา ยังไม่มีการทดสอบปัจจัยของอัตราการป้อนที่มีผลต่อการสับ ผู้ศึกษาจึงเลือกทำการศึกษา ความเร็วใบมีดในการสับ และอัตราการป้อน โดยมีค่าค่าชี้ผลคือ ประสิทธิภาพในการสับ ความสามารถในการสับ ความสูญเสียจากการสับ และเปรียบเทียบขนาดอนุภาคด้วยการร่อนระหว่าง

ตัวอย่างสมุนไพรรองที่ได้จากวิสาหกิจชุมชนและจากชุดทดสอบ

4.3 ผลการทดสอบการสับสมุนไพรรองโดยใช้ชุดทดสอบแบบสองใบมีด

จากปัจจัยที่ใช้ทำการศึกษาคือความเร็วใบมีดในการสับ และอัตราการป้อน โดยมีค่าค่าชี้ผลคือ ประสิทธิภาพในการสับ ความสามารถในการสับ ความสูญเสียจากการสับ และเปรียบเทียบขนาดอนุภาคด้วยการร่อนระหว่างตัวอย่างสมุนไพรรองที่ได้จากวิสาหกิจชุมชนและจากชุดทดสอบ ได้ผลการทดสอบดังนี้

4.3.1 ผลการทดสอบอัตราการป้อน

ผลการทดสอบอัตราการป้อนพบว่าที่ความเร็วระดับที่ 1 โพลและขมิ้นชันมีอัตราการป้อน 359.64, 471.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ระดับความเร็วที่ 2 มีอัตราการป้อน 617.14, 621.76 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และระดับความเร็วที่ 3 มีอัตราการป้อน 872.37, 916.81 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้อัตราการป้อนวัตถุดิบเป็นตัวแปรควบคุมคงที่ตลอดกระบวนการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดในงานวิจัยของ Oduntan et al. [14] ที่ระบุว่าประสิทธิภาพการสับย่อย และอัตราความสามารถในการทำงานของเครื่องสับมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบ และมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่ระบบ โดยการควบคุมปัจจัยดังกล่าวจึงช่วยลดความคลาดเคลื่อนและทำให้สามารถวิเคราะห์อิทธิพลหลักของความเร็วรอบได้อย่างแม่นยำ

4.3.2 ผลการทดสอบความเร็วใบมีดในการสับ

ผลการทดสอบความเร็วใบมีดในการสับพบว่า พูลเลย์ตัวขับเคลื่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว มีความเร็วใบมีดในการสับ 536.24 รอบต่อนาที พูลเลย์ตัวขับเคลื่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว มี

บทความวิจัย (Research Article)

ความเร็วใบมีดสับ 715.00 รอบต่อนาที พูลเลย์ตัวขับ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว มีความเร็วใบมีดสับ
893.75 รอบต่อนาที

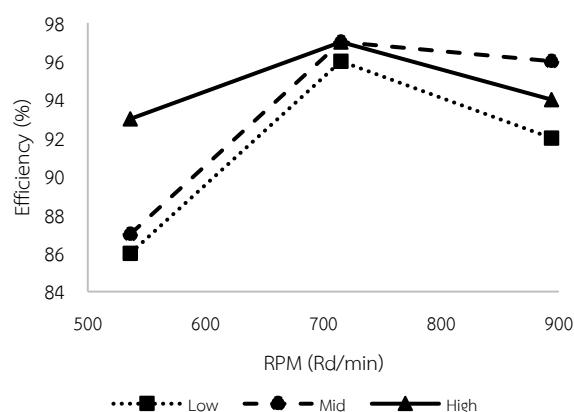
4.3.3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการ
ป้อนกับความเร็วใบมีดที่ใช้สับไพล และขมิ้นชัน

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการ
ป้อนกับความเร็วใบมีดที่ใช้สับไพล และขมิ้นชัน ด้วย
ชุดทดสอบเครื่องสับสมุนไพรแบบสองใบมีด ดังแสดง
ใน ตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วใบมีดและอัตราการป้อนของไพล

Feed Rate (kg/hr)	RPM (Rd/min)	Capacity (kg/hr)	Efficiency (%)	Loss (%)
359.64	536.25	123.23	86	14
	715.00	165.83	96	4
	893.75	178.77	92	8
617.14	536.25	141.52	87	13
	715.00	209.56	97	3
	893.75	221.54	96	4
872.37	536.25	172.46	93	7
	715.00	230.11	97	3
	893.75	270.86	94	6

จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อชุดทดสอบทำการสับ
ไพลที่อัตราการป้อน 872.37 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ความเร็วใบมีด 715.00 รอบต่อนาที มีความสามารถ
ในการทำงาน 230.11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งไม่ใช่
ความสามารถสูงสุดแต่กลับมีประสิทธิภาพสูงสุดถึง
97 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 5) เท่ากับประสิทธิภาพการสับ
ที่อัตราการป้อน 617.14 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็ว
ใบมีดการสับ 715.00 รอบต่อนาที แต่มีความสามารถ
ในการทำงานน้อยกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าที่อัตราการ
ป้อน 872.37 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วใบมีดการ
สับ 715.00 รอบต่อนาที เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับใช้
สับไพลโดยมีประสิทธิภาพในการสับไพลสูงสุดและค่า
การสูญเสีย 3 เปอร์เซ็นต์



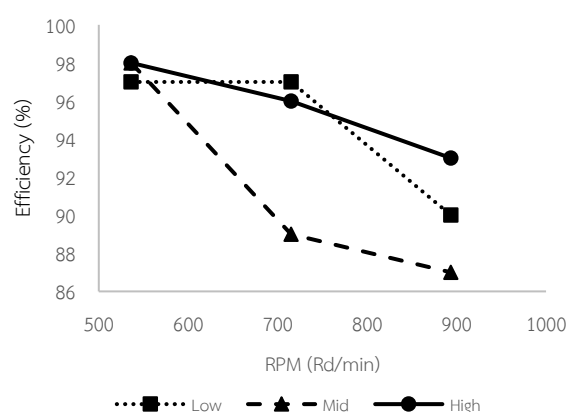
รูปที่ 5 อิทธิพลร่วมระหว่างความเร็วรอบใบมีดสับ
และอัตราการป้อนที่มีต่อประสิทธิภาพการสับไพล

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วใบมีดและอัตราการป้อนของขี้มันชั้น

Feed Rate (kg/hr)	RPM (Rd/min)	Capacity (kg/hr)	Efficiency (%)	Loss (%)
471.00	536.25	158.13	97	3
	715	210.61	97	7
	893.75	241.19	90	10
621.76	536.25	178.07	98	2
	715	231.64	89	11
	893.75	262.33	87	13
916.81	536.25	198.46	98	2
	715	375.52	96	4
	893.75	311.58	93	7

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อชุดทดสอบทำการสับขี้มันชั้นที่อัตราการป้อน 916.81 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วใบมีดการสับ 536.25 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 198.46 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งไม่ใช่ความสามารถสูงสุดแต่กลับมีประสิทธิภาพสูงสุดถึง 98 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 6) เท่ากับประสิทธิภาพการสับที่อัตราการป้อน 621.76 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วใบมีดการสับ 536.25 รอบต่อนาที แต่มีความสามารถในการทำงานน้อยกว่า ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าที่อัตราการป้อน 916.81 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วใบมีดการสับ 536.25 รอบต่อนาที เป็นค่าที่เหมาะสมในการสับขี้มันชั้นโดยมีประสิทธิภาพในการสับขี้มันชั้นสูงสุดและค่าการสูญเสียเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ โดยเครื่องสับสมุนไพรดังกล่าวถูกจำกัดให้เหมาะสมต่อการลดขนาดของพืชประเภทหัวที่มีเนื้อสัมผัสแน่นและเปราะ โดยไม่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์หรือทดสอบกับพืชประเภทใบเนื่องจากกลไกการตัดไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง



รูปที่ 6 อิทธิพลร่วมระหว่างความเร็วรอบใบมีดสับและอัตราการป้อนที่มีต่อประสิทธิภาพการสับขี้มันชั้น

จากรูปที่ 5 และ 6 พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วรอบใบมีดสูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการสับสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดลดลงเนื่องจาก เกิดแรงเหวี่ยงที่สูงขึ้นทำให้สมุนไพรกระเด็นหลุดออกจากคมมีด อีกทั้งเมื่อใบมีดหมุนตัดเร็วเกินไปเมื่อสัมผัสเนื้อสมุนไพรประเภทเหง้าสดทำให้เกิดการแตกหักและเกิดการสูญเสียเพิ่มขึ้น

บทความวิจัย (Research Article)

4.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อสมรรถนะของชุดทดสอบเครื่องสับสมุนไพรแบบสองใบมีด จึงได้มีการนำข้อมูลผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนและความเร็วใบมีดมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานว่าตัวแปรทั้งสองส่งผลต่อประสิทธิภาพและความสามารถในการสับไพลและขมิ้นชันแตกต่างกันอย่างไร โดยพิจารณาจากค่าระดับนัยสำคัญ (P-Value) เพื่อยืนยันความเชื่อมั่นของผลการทดลองและใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสภาวะการทำงานที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดการสูญเสียน้อยที่สุดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า P-Value เพื่อดูอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ

Factor	Efficiency	Capacity
Cassumunar ginger		
Feed Rate	0.299	0.006
RPM	0.029	0.003
Turmeric		
Feed Rate	0.207	0.082
RPM	0.051	0.058

จากตารางที่ 3 พบว่าอัตราการป้อนของสมุนไพรทั้ง 2 ชนิด ไม่ได้ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของการสับ ในขณะที่ความเร็วใบมีดสำหรับไพลและขมิ้นชันเป็นปัจจัยที่ผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพต่อการสับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะไพล แต่ขมิ้นชันมีแนวโน้มที่ความเร็วใบมีดสามารถส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพต่อการสับที่ P-Value ใกล้เคียง 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Huang et al. [15] ซึ่งทดสอบสับต้นฝ้ายที่มีความ

หนาแน่นสูงเมื่อใช้ความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้นส่งผลให้แรงตัดและกำลังตัดลดลง โดยในงานวิจัยครั้งนี้สามารถแนะนำอัตราการป้อนและความเร็วใบมีดที่เหมาะสมสำหรับการสับสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดได้ดังแสดงในตารางที่ 4

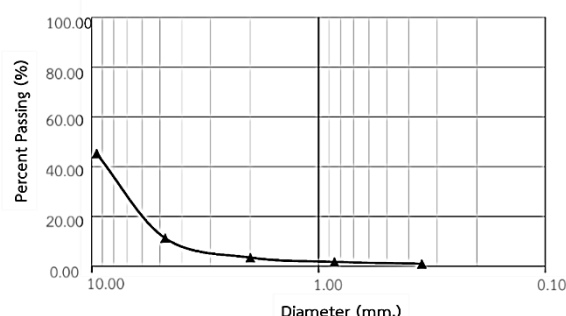
ตารางที่ 4 อัตราการป้อนและความเร็วใบมีดที่เหมาะสมสำหรับการสับสมุนไพรทั้ง 2 ชนิด

Type	Feed Rate (kg/hr)	RPM (Rd/min)	Efficiency %
Cassumunar	872.37	715	97%
Turmeric	916.81	536.25	98%

จากตารางที่ 4 พบว่าการสับไพลและขมิ้นชันที่อัตราการป้อนสูงที่สุดจะต้องใช้ความเร็วใบมีด 715 และ 536.25 จะทำให้ได้ค่าการสูญเสียที่น้อยที่สุด ที่ 3 % และ 2 % ตามลำดับ

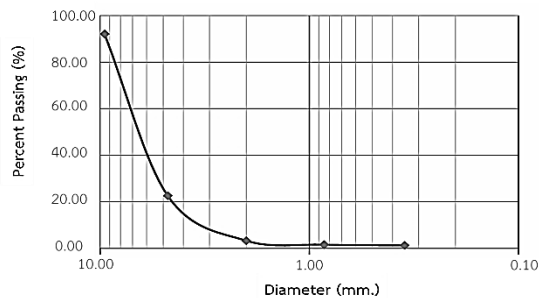
4.5 ผลการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคสมุนไพรแห้งด้วยการร่อน (Sieve Analysis)

ผลการทดสอบอนุภาคด้วยการร่อนผ่านตะแกรงไพลแห้งและขมิ้นชันแห้งที่ผ่านการสับโดยใช้ชุดทดสอบแบบ 2 ใบมีด แสดงได้ดังรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 ผลการทดสอบอนุภาคด้วยการร่อนผ่านตะแกรงตัวอย่างไพลแห้ง

บทความวิจัย (Research Article)



บทความวิจัย (Research Article)

ขนาดพืชสมุนไพรประเภทเหง้าที่มีความหนาแน่นสูง โดยสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดเมื่อผ่านกระบวนการทำให้แห้ง และนำมาร้อนผ่านตะแกรงพบว่ามีการกระจายตัว ความคละกั้นของชิ้นสมุนไพรที่ดีใกล้เคียงกับการสับ ด้วยมีดจากวิสาหกิจชุมชนเมื่อเทียบกับความเร็วใบมีด สับและอัตราการป้อนอื่น ๆ

ดังนั้นชุดสับสมุนไพรแบบสองใบมีดช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการสับสมุนไพร ประหยัดเวลา แรงงานคน ลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายขณะ ทำงาน และเพิ่มอัตราการผลิตที่มากกว่าการหั่นด้วย แรงงานคน สามารถลดขนาดพืชสมุนไพรประเภท เหง้าหรือหัวที่มีความหนาแน่นและโครงสร้างทาง กายภาพเฉพาะตัวสูงสามารถสร้างโมเมนต์และแรง ดลทางพลศาสตร์ที่สม่ำเสมอ ส่งผลให้คงระดับ ประสิทธิภาพการสับย่อยได้สูงถึงร้อยละ 97-98 โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเชิงกลต่ำเพียงร้อยละ 2-3 เมื่อใช้อัตราการป้อนที่เหมาะสม อีกทั้งสามารถ ควบคุมคุณภาพทางกายภาพของวัสดุทางการเกษตร หลังการสับย่อย โดยเมื่อผ่านกระบวนการร้อน วิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงมาตรฐาน ซึ่งให้ พฤติกรรมการคละกั้นของขนาดอนุภาคที่สม่ำเสมอ ใกล้เคียงกับการใช้แรงงานคนสับด้วยมือของวิสาหกิจ ชุมชน ส่งผลดีต่อการเปิดหน้าสัมผัสของเซลล์พืชเพื่อ เพิ่มอัตราการระเหยและการสกัดน้ำมันหอมระเหยใน ขั้นตอนการผลิตลูกประคบขึ้นต่อไป โดยในการศึกษา ขึ้นต่อไป ควรพัฒนาชุดทดสอบให้เป็นโครงสร้างถอด เปลี่ยนชิ้นส่วนได้เพื่อศึกษาปัจจัยจำเพาะ เช่น จำนวน ใบมีด มุมองศาการตัด และระยะห่างช่องตัด ทั้งนี้ ควรออกแบบระบบเพื่อแก้ข้อจำกัดเชิงวิศวกรรมที่พบ จากการทดลองจริง ได้แก่ การติดตั้งชุดลดแรงสั่นสะเทือน สะสมจากแรงเหวี่ยงรอบสูง การเลือกใช้วัสดุใบมีดที่มี ความทนทานต่อการสึกหรอเพื่อรองรับแรงเสียดทาน และความร้อนสะสม และการเพิ่มแรงบิดเพื่อป้องกันการ ติดขัดของเส้นใยและยางสมุนไพรในห้องสับที่ สภาวะความเร็วรอบต่ำ เพื่อนำฐานข้อมูลไปใช้

ออกแบบชุดสับสมุนไพรต้นแบบในเชิงพาณิชย์ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราช มงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน จังหวัดนครราชสีมา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเวลา ในการทำงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] R. N. Alolga, F. Wang, X. Zhang, J. Li, L.-S. P. Tran, and X. Yin, "Bioactive compounds from the Zingiberaceae family with known antioxidant activities for possible therapeutic uses," *Antioxidants*, vol. 11, no. 7, Art. no. 1281, 2022, doi: 10.3390/antiox11071281.
- [2] จิตต์เรขา ทองมณี, "ลูกประคบสมุนไพร," *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, ปีที่ 53, ฉบับที่ 169, หน้า 1-3, 2548.
- [3] สมศักดิ์ คำมา, จารุวรรณ สิงห์ม่วง, และ พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์, "การออกแบบและพัฒนาเครื่อง สับวัสดุพืชเกษตรและเปลือกผลไม้," *วารสารวิชาการเกษตร*, ปีที่ 38, ฉบับที่ 1, หน้า 58-67, 2563, doi: 10.14456/thaidoa-agres.2020.5.
- [4] สมศักดิ์ คำมา, "การออกแบบและสร้างเครื่อง สับย่อยเศษพืชผักในครัวเรือน," *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราช*

บทความวิจัย (Research Article)

- ภักดิ์ลาปาง, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, หน้า 82–95, 2561.
- [5] เพลิงฟ้า เอียงสา, สิริรัตน์ พรหมทา, เสาวลักษณ์ ศรีสุนข่าง, และ อาภาภรณ์ จอมหล้าพิรติกุล, “การพัฒนาเครื่องหั่นใบสมุนไพร,” *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, ปีที่ 48, ฉบับที่ 3 (พิเศษ), หน้า 35–38, 2560.
- [6] อัศวิน สืบบุญการณ, ภูเมศร์ นิยมมาก, วัชรกร จันโสม, และ นันทพัทธ์ ปัดภัย, “การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสับเอนกประสงค์เพื่อการเกษตร,” *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, หน้า 1–7, 2564.
- [7] สัญญา โพธิ์วังษ์, วิรัตน์ อัสวานวัตร, สมพงษ์ แซ่บ่าง, และ เทพรถ อนันต์สูงเนิน, “การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องหั่น-ซอยสมุนไพรแบบต่อเนื่อง,” *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 13, ฉบับที่ 1, หน้า 73–82, 2565.
- [8] ขนิษฐา อุปถัมภ์, สมโภชน์ สุดาจันทร์, ชัยยงค์ จันทรศิริ, กิตติพงษ์ ลาลูน, และ สิงห์รัฐ ชารี, “อิทธิพลของจำนวนใบมีดและความเร็วเชิงเส้นของใบมีดสับที่มีผลต่อสมรรถนะของชุดสับลดขนาดลำต้นมันสำปะหลังสำหรับผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด,” *วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, ปีที่ 21, ฉบับที่ 1, หน้า 88–100, 2564.
- [9] เติตศักดิ์ พรหมทา, สหรัฐ ภูฐาน, อิศระพงษ์ โพธิ์ดอกไม้, และ วันชาติ สุพรรณพิทักษ์, “การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นสับต้นกล้วย,” ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 1*, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, 2562, หน้า 173–177.
- [10] F. Grau, H. Choo, J. W. Hu, and J. Jung, “Engineering behavior and characteristics of wood ash and sugarcane bagasse ash,” *Materials*, vol. 8, no. 10, pp. 6962–6977, Oct. 2015, doi: 10.3390/ma8105353.
- [11] I. C. C. Iloabachie, A. M. Nwankwo, C. F. Nzoiwu, and V. I. Aneke, “Characterization of powdered pentaclethra macrophylla pod as a friction material,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 15, no. 5, pp. 296–302, May 2026, doi: 10.5281/zenodo.20522455.
- [12] รังสรรค์ พงษ์พัฒนาอำไพ, ปณณ สะอาดดวง, และ ณมน วรณานูวงศ์, “การออกแบบและพัฒนาเครื่องสับหวั่นสำหรับผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติ,” *รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, มหาสารคาม, 2561.
- [13] ณพล เหลืองพิพัฒน์สร, “การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญาอาหารสัตว์,” *วิทยานิพนธ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, ปทุมธานี, 2561.
- [14] O. B. Oduntan, A. I. Bamgboye, O. S. Idogwu, and R. O. Bankole, “Optimization of the efficient shredding process of biogas feedstocks from cassava peels,” *Journal of Wastes and Biomass Management*, vol. 6, no. 1, pp. 30–36, 2024, doi: 10.26480/jwbm.01.2024.30.36.
- [15] W. Huang, J. Xie, S. Cao, J. Tang, and Y. Yang, “Optimization of cutting parameters for cotton stalks using

บทความวิจัย (Research Article)

reciprocating bionic cutters based on
finite element simulation and
experiment,” *Agri Engineering*, vol. 8, no.
5, Art. no. 164, 2026, doi:
10.3390/agriengineering8050164.