



การพัฒนาเครื่องผ่านขมื่นชั้นสำหรับเกษตรกรผู้แปรรูปสมุนไพร จังหวัดสุรินทร์

นิรัตติกดิ์ คงทน¹ สหภัทร ชลาชัย² พีรศักดิ์ ผลเจริญ³ ธาภิณี มีเจริญ^{4*}

อุบลวรรณ สุวรรณภูสิทธิ์⁵ ขนมนัญญา กังวานศุภพันธ์⁶

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์^{1 2 3}

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{4*}

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{5 6}

อีเมลล์ : me.tarinee@gmail.com^{4*}

วันที่รับบทความ 5 สิงหาคม 2567

วันแก้ไขบทความ 3 ตุลาคม 2567

วันที่รับบทความ 15 ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินผลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผ่านขมื่นชั้นสำหรับเกษตรกรผู้แปรรูปสมุนไพร ซึ่งองค์ประกอบหลักของเครื่อง ได้แก่ โครงสร้าง ชุดใบมีดผ่านซึ่งสามารถปรับระยะห่างได้ ถาดป้อน และช่องทางออกวัสดุ ใช้มอเตอร์ขนาด ¼ แรงม้าเป็นต้นกำลังและส่งกำลังด้วยสายพาน โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาระยะห่างใบมีด 5 ระดับ (1 2 3 4 และ 5 มิลลิเมตร) และศึกษาค่าชี้ผลประกอบการด้วยความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพการผ่าน เปอร์เซ็นต์สูญเสีย ความหนาของชั้นขมื่นชั้นที่ผ่านได้ การใช้ไฟฟ้าของเครื่อง และอัตราการลดความชื้น ผลการศึกษา พบว่า เมื่อทดสอบผ่านขมื่นชั้นที่ระยะห่างใบมีดผ่านที่ 1 2 3 4 และ 5 มิลลิเมตร เครื่องมีค่าความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 167.33 696.83 727.00 820.00 914.17 กรัม/นาที่ ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพการผ่านเท่ากับ 84.78 81.33 66.21 65.48 และ 62.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสีย 15.22 18.67 33.79 34.52 และ 37.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การผ่านขมื่นชั้นที่ระยะห่างใบมีด 1-5 มิลลิเมตร ค่าความหนาของขมื่นชั้นมีค่าเฉลี่ย 0.94 1.98 2.99 3.97 และ 4.97 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 513.73 – 533.82 วัตต์ โดยการผ่านขมื่นชั้นที่ระยะห่างใบมีด 2 มิลลิเมตร มีความสามารถในการทำงานดีกว่าและเปอร์เซ็นต์สูญเสียต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างระดับอื่น ทั้งนี้ ในการทดสอบการลดความชื้นของขมื่นชั้นที่ผ่านได้ พบว่าที่ระยะห่างใบมีด 1 2 และ 3 มิลลิเมตร ขมื่นชั้นที่ได้จะมีน้ำหนักลดลงมากกว่าขมื่นชั้นที่ได้จากการผ่านที่ระยะห่างใบมีด 4 และ 5 มิลลิเมตร ซึ่งเครื่องผ่านขมื่นชั้นที่พัฒนาขึ้นนี้ เกษตรกรสามารถนำไปใช้ผ่านขมื่นชั้นเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และสร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปสมุนไพรได้

คำสำคัญ : สมุนไพร ขมื่นชั้น เครื่องผ่านขมื่นชั้น ผลิตภัณฑ์ชุมชน

Development of A Turmeric Slicing Machine for Herbal Processing Farmers in Surin Province

Nirattisak Khongthon¹ Sahapat Chalachai² Peerasak Phoncharoen³ Tarinee Meecharoen^{4*}

Ubonwan Suwannapusi⁵ Chonnatcha Kungwansupaphan⁶

Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology
Isan Surin Campus^{1,2,3}

Faculty of Industrial Technology, Surindra Rajabhat University^{4*}

Faculty of Management Science, Surindra Rajabhat University^{5,6}

E – mail : me.tarinee@gmail.com^{4*}

Received 5 August 2024

Revised 3 October 2024

Accepted 15 October 2024

Abstract

The objective of this research was to develop and evaluate the performances of a turmeric slicing machine for herbal processing farmers. The main components of the machine included the machine frame, an adjustable slicing blade set, a feeding tray, and a material output channel. A ¼ horsepower motor was used as the power source, and a belt was used to transmit the power. In this research, we studied 5 levels of the blade clearance; 1, 2, 3, 4, and 5 mm. The studied indicators included values of capacity, slicing efficiency, loss percentage, thickness of sliced turmeric, electrical power consumption, and moisture reduction rate. The results found that, when testing the turmeric slicing machine with blade clearances of 1, 2, 3, 4, and 5 mm, the average capacities were found to be 167.33, 696.83, 727.00, 820.00, and 914.17 g/min, respectively. The slicing efficiencies were 84.78%, 81.33%, 66.21%, 65.48%, and 62.01%, respectively, with corresponding loss percentages of 15.22%, 18.67%, 33.79%, 34.52%, and 37.99%. At blade clearances of 1 to 5 mm, the average thicknesses of sliced turmeric were 0.94, 1.98, 2.99, 3.97, and 4.97 mm, respectively, and the electrical power consumption rate was in the range of 513.73 to 533.82 watts. Slicing turmeric using a 2-millimeter blade clearance yielded better results and less waste compared to the other blade clearance settings. Moreover, the moisture reduction test of sliced turmeric revealed that weight values for turmeric pieces at blade clearances of 1, 2, and 3 mm were lower than those at blade clearances of 4 and 5 mm. This developed turmeric slicing machine can be used by farmers to slice turmeric for processing and generate income for herbal processing farmer groups.

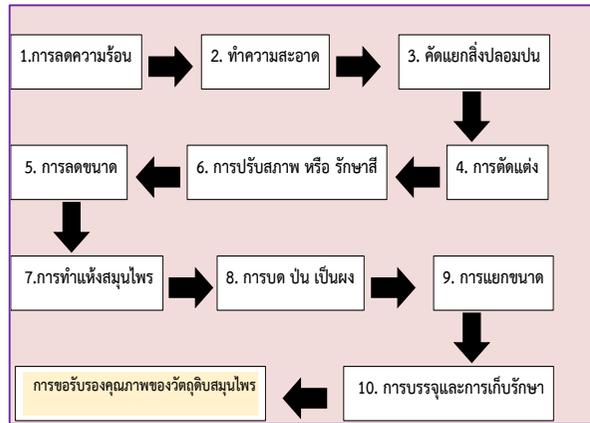
Keywords : Herb, turmeric, turmeric slicing machine, community product

1. บทนำ

ไขมันชั้นเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยา สามารถนำไปแปรรูปได้หลายประเภท เช่น การทำแห้งไขมันชั้นทั้งหัว การทำไขมันชั้นแห้งแบบชิ้นหรือแผ่น การทำไขมันชั้นผง หรือการนำไปกลั่นน้ำมันหอมระเหย (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556) ปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรได้ให้ความสำคัญในการพัฒนางานวิจัย และการใช้ประโยชน์จากไขมันชั้นของไทยอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมสมุนไพรไทยและทดแทนการนำเข้ายาแผนปัจจุบันจากต่างประเทศ ไขมันชั้นที่บรรจุในรูปแคปซูลถูกจัดเป็นยาในบัญชีหลักแห่งชาติ มีการส่งเสริมให้รับประทานไขมันชั้น และผลักดันให้ไขมันชั้นเป็นยาสามัญประจำบ้านมากขึ้น รวมถึงการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและผลักดันให้ไขมันชั้นเป็นสินค้าส่งออกของประเทศไทยในอนาคตด้วย ไขมันชั้นจึงเป็นพืชทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรนำไปปลูกเพื่อการค้าป้อนสู่ตลาดทั้งในและต่างประเทศ ในปี 2563 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกไขมันชั้นรวม 5,206 ไร่ แหล่งผลิตไขมันชั้นที่สำคัญในประเทศไทย คือ จังหวัดมหาสารคาม สระแก้ว ปราจีนบุรี จันทบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี สุราษฎร์ธานี พังงา นครศรีธรรมราช พัทลุง ชุมพร และสระบุรี มีผลผลิตไขมันชั้นที่เก็บเกี่ยวได้ประมาณ 3,487,623 กิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2565) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไขมันชั้นสามารถปลูกได้ในทุกภาคของประเทศไทย

จังหวัดสุรินทร์มีผู้ปลูกและแปรรูปสมุนไพรอยู่ในอำเภอกาบเชิงและอำเภอสังขะ ซึ่งทั้งสองอำเภอนี้ตลาดสมุนไพรหลักคือโรงพยาบาลกาบเชิงและโรงพยาบาลสังขะที่มีโรงงานผลิตยาที่ได้มาตรฐาน WHO-GMP และได้รับการส่งเสริมและผสมผสานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือกแก่ประชาชนควบคู่การแพทย์แผนปัจจุบันอย่างเป็นทางการ (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2565) ซึ่งโรงพยาบาลทั้ง 2 แห่งนี้มีความต้องการในการรับซื้อสมุนไพรหลายชนิด เช่น ไพล ไขมันชั้น ไขมันอ้อย ข่า กระชาย ฟ้าทะลายโจร เป็นต้น โดยไขมันชั้นจะรับซื้อ 1-3 ตันต่อปี นอกจากนี้ยังมีเกษตรกรที่เป็นผู้ปลูก รวบรวม และแปรรูปสมุนไพรขึ้นต้นหลายรายกระจายตัวอยู่ในอำเภอปราสาท ซึ่งมีตลาดหลักจะเป็นโรงงานแปรรูปสมุนไพรหรือโรงงานในนอกพื้นที่ เช่น กรุงเทพฯ นครปฐม หนองคาย เป็นต้น ที่รับซื้อสมุนไพรแห้งจากผู้รวบรวมในจังหวัดสุรินทร์ในปริมาณมากทุก ๆ ปี โดยเฉพาะสมุนไพรประเภทหัว เช่น ไพล ไขมันชั้น ไขมันอ้อย กระชายดำ ว่านนางคำ ว่านมหาเมฆ เป็นต้น

ในการจัดการการแปรรูปสมุนไพรขึ้นต้นโดยการทำให้แห้งของไขมันชั้น แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 1 เกษตรกรผู้แปรรูปสมุนไพรในจังหวัดสุรินทร์ พบปัญหาจุดคอขวดของกระบวนการในขั้นตอนการลดขนาด เนื่องจากใช้แรงงานคนในการผานแผ่นด้วยมือเป็นหลัก ทำให้เกิดความล่าช้าจากความเมื่อยล้าที่สะสมระหว่างการผานและความหนาของแผ่นไขมันชั้นที่ไม่สม่ำเสมอ โดยปกติการผานแผ่นไขมันชั้น จำนวน 100 กก. ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน จะใช้เวลาในการผานประมาณ 3 วัน (วันละ 8 ชั่วโมง) หรือคิดเป็นความสามารถในการการทำงาน 4.17 กิโลกรัม/ชั่วโมง (69.44 กรัมต่อนาที) จากปัญหาการลดขนาดสมุนไพรจึงมีนักวิจัยหลายรายที่พัฒนาเครื่องผาน เครื่องหัน หรือเครื่องซอย เพื่อทดแทนแรงงานคน มีการพัฒนาออกมามากหลายรูปแบบ เช่น เครื่องหันสมุนไพรกึ่งอัตโนมัติ (วรเชษฐ์ ศรีประไหม และคณะ. 2562) เครื่องหันไขมันชั้นเพื่อประยุกต์ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ (สกล นันทศรีวิวัฒน์. 2565) เครื่องหันใบสมุนไพร เครื่องหันตะไคร้ เครื่องหันหัวหอม เป็นต้น แต่ปัญหาที่พบ คือ เครื่องไม่ได้ออกแบบมาสำหรับผานไขมันชั้น บางเครื่องมีขนาดใหญ่ใช้งานไม่สะดวก เครื่องขนย้ายลำบาก หันสมุนไพรไม่ได้สัดส่วน ต้นทุนสูง ดังนั้นการพัฒนาเครื่องผานไขมันชั้นจึงมีความสำคัญและจำเป็นต้องศึกษาเพื่อแก้ปัญหาในการผานไขมันชั้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 1 กระบวนการแปรรูปสุมไนโตรขั้นต้น

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องผ่านขมื่นชั้นสำหรับเกษตรกรผู้แปรรูปสุมไนโตร
- 2.2 เพื่อประเมินผลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผ่านขมื่นชั้นที่พัฒนาขึ้น

3. วิธีการวิจัย

3.1 การออกแบบเครื่องผ่านขมื่นชั้น

ในการออกแบบเครื่องผ่านขมื่นชั้นพิจารณาจากการทำงานของเกษตรกรผู้แปรรูปขมื่นชั้นและลักษณะทางกายภาพของขมื่นชั้น และสัมภาษณ์ความต้องการในการใช้งาน เพื่อใช้ในการกำหนดเงื่อนไขและการออกแบบรายละเอียดของเครื่องผ่านขมื่นชั้นเพื่อให้ตอบวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาการทำงานในปัจจุบัน

3.1.1 วัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องผ่านขมื่นชั้น

- เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผ่านขมื่นชั้นให้เกษตรกรผู้แปรรูป
- เพื่อให้เกษตรกรผู้แปรรูปสามารถปฏิบัติงานได้สะดวกและมีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น

3.1.2 การออกแบบเครื่องผ่านขมื่นชั้น

1) เงื่อนไขการออกแบบ มีดังนี้

- ใช้ผ่านหัวขมื่นชั้น ขนาดความกว้าง 36 มม. ความยาว 83 มม. และความหนา 13 มม.

(ค่าเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 ตัวอย่าง)

- เกษตรกรผู้แปรรูปขมื่นชั้นสามารถปฏิบัติงานได้สะดวกทั้งนั่งหรือยืนในการทำงาน และเครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย โดยกำหนดขนาดของโครงเครื่องผ่านขมื่นชั้น มีความยาว 40 ซม. ความกว้าง 25 ซม. และความสูง 90 ซม.

- เกษตรกรสามารถเลือกความหนาของแผ่นที่ต้องการการผ่านขมื่นชั้นได้ โดยการปรับระยะขนาดใบมีด 5 ระดับ ได้แก่ 1 2 3 4 และ 5 มม.

- เครื่องสามารถทำความสะอาดภายในได้หลังการใช้งาน

2) ผลการออกแบบและสร้างเครื่องผ่านขมื่นชั้น มีส่วนประกอบหลักดังนี้

- ถาดป้อนขมื่นชั้น วัสดุเป็นสแตนเลสเกรดอาหาร ขนาด 40 x 25 ซม. ทำหน้าที่สำหรับป้อนหัวขมื่นชั้นลงไปยังชุดใบมีดผ่านขมื่นชั้น ผ่านช่องป้อนรูปร่างสี่เหลี่ยมขนาด 40 x 5 ซม.

- ชุดใบมีดฝาน เป็นใบมีดครึ่งวงกลม 2 ใบ วัสดุเป็นสแตนเลสเกรดอาหาร ทำหน้าที่สำหรับฝานไขมันชั้นให้เป็นชิ้นตามขนาดความหนาที่ต้องการ ชุดใบมีดฝานสามารถปรับระยะได้
- ฝาครอบใบมีด วัสดุเป็นสแตนเลสเกรดอาหาร ทำหน้าที่ป้องกันการอันตรายจากการฝานของใบมีดขณะปฏิบัติงาน
- ถาดรองไขมันชั้น วัสดุเป็นสแตนเลสเกรดอาหาร ทำหน้าที่สำหรับรองรับไขมันชั้นที่ผ่านการฝานแล้วจากใบมีดฝาน ไขมันชั้นจะตกลงมาที่ถาดรองไขมันชั้น
- ชุดส่งกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1/4 แรงม้า โดยใช้ความเร็ว 665 รอบ/นาที ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังโดยส่งผ่านกำลังด้วยสายพานไปยังพูลเลย์เพื่อขับเคลื่อนชุดใบมีดฝาน



รูปที่ 2 เครื่องฝานไขมันชั้น

3.2 การทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องฝานไขมันชั้น

3.2.1 ค่าชี้วัดผลในการทดสอบ

ในการทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องฝานไขมันชั้นจากการทดสอบระยะสั้น โดยศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับระยะห่างใบมีด 5 ระดับ คือ 1 2 3 4 และ 5 มม. เพื่อประเมินผลการทำงาน โดยมีค่าชี้ผลการศึกษา ได้แก่

1) ความสามารถในการทำงาน คือ ปริมาณของไขมันชั้นที่ผ่านได้ต่อเวลาในการทำงาน มีหน่วยเป็นกรัม/นาที หาได้จากสมการที่ (1)

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันชั้นที่ผ่านได้ (กรัม)}}{\text{เวลาในการฝาน (นาที)}} \quad (1)$$

2) ประสิทธิภาพการฝาน คือ น้ำหนักที่ผ่านได้ขนาดตามที่ต้องการเทียบกับน้ำหนักไขมันชั้นที่ใช้ฝาน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ หาได้จากสมการที่ (2)

$$\text{ประสิทธิภาพในการฝาน} = \frac{\text{น้ำหนักที่ผ่านได้ขนาด (กรัม)} \times 100\%}{\text{น้ำหนักที่ใช้ฝาน (กรัม)}} \quad (2)$$

3) เปอร์เซ็นต์สูญเสีย คือ น้ำหนักขม้นชั้นที่ไม่ถูกฝานเทียบกับขม้นชั้นที่ใช้ฝาน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ หาได้จากสมการที่ (3)

$$\text{เปอร์เซ็นต์สูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักวัสดุที่ไม่ถูกฝาน (กรัม)} \times 100\%}{\text{น้ำหนักที่ใช้ฝาน (กรัม)}} \quad (3)$$

4) การใช้กำลังไฟฟ้า คือ ค่ากระแสไฟฟ้า x แรงดันไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ โดยค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าหาได้จากการวัดด้วยมัลติมิเตอร์ขณะที่เครื่องทำงานและนำค่าที่ได้มาคำนวณหาลำกำลังไฟฟ้าจากสมการที่ (4)

$$\text{กำลังไฟฟ้า (W)} = \text{กระแสไฟฟ้า (A)} \times \text{แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)} \quad (4)$$

5) ขนาดชั้นขม้นชั้น ได้จากการวัดขนาดของชั้นขม้นชั้นที่ฝานได้ในแต่ละระยะห่างใบมีด โดยวัดขนาดขนาดตัวอย่างในแต่ละระยะห่างใบมีด จำนวน 50 ซ้ำ

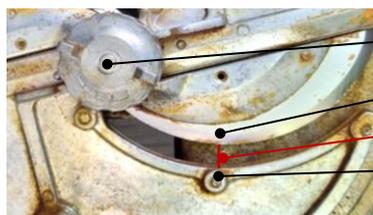
6) อัตราการลดความชื้น หาได้จากการนำขม้นชั้นที่ฝานได้ในแต่ละระยะห่างใบมีดไปตากแดด คิดน้ำหนักที่ลดลงในระยะเวลาต่าง ๆ โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุก ๆ 4 ชั่วโมง เพื่อสังเกตค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงจนกว่าน้ำหนักตัวอย่างจะคงที่

3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการทดสอบนี้ ใช้ค่าสถิติในการวิเคราะห์ผล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ของข้อมูลที่ได้เพื่อประเมินผล โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1) เตรียมขม้นชั้นสำหรับทดสอบโดยใช้ขม้นชั้น อายุเก็บเกี่ยว 8 เดือน โดยมีความชื้นเฉลี่ย 88.21 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) แบ่งตัวอย่าง ๆ ละ 300 กรัม โดยในแต่ละระยะห่างใบมีด ทดสอบซ้ำจำนวน 3 รอบ

2) ในแต่ละระยะห่างใบมีด ตั้งระยะห่างระหว่างใบมีดกับแท่นฝาน (ดังรูปที่ 3) ให้ได้ระยะที่ต้องการ จากนั้นเดินเครื่องและทำการทดสอบการทำงานโดยนำตัวอย่างขม้นชั้นใส่ลงบนถาดป้อนและลำเลียงขม้นชั้นผ่านช่องป้อนไปยังชุดใบมีดฝาน



แกนหมุนปรับระยะ

ใบมีด

ระยะห่าง

แท่นฝาน

รูปที่ 3 ระยะห่างใบมีด

3) ขณะทำการทดสอบ ทำการวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์ UNI-T รุ่น UT-202 ในระหว่างที่เครื่องทำงานอยู่ และบันทึกค่าจำนวนซ้ำ 20 ซ้ำ เพื่อคำนวณหาลำกำลังไฟฟ้าที่ใช้

4) บันทึกเวลาในการทำงานและชั่งน้ำหนักขม้นชั้นที่ฝานได้ทั้งหมด เพื่อคำนวณหาความสามารถในการทำงาน

5) นำตัวอย่างขมื่นชั้นที่ได้จากการผ่านไปคัดแยกชั้นขมื่นชั้นที่ถูกผ่านและชั้นที่ไม่ถูกผ่านเพื่อนำไปคำนวณประสิทธิภาพในการผ่านและเปอร์เซ็นต์สูญเสีย

6) สุ่มตัวอย่างชั้นขมื่นชั้นที่ผ่านได้ จำนวน 50 ตัวอย่าง เพื่อวัดขนาดความหนาชั้นขมื่นชั้นด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ดิจิทัล ทศนิยม 2 หลัก

7) นำตัวอย่างขมื่นชั้นที่ผ่านได้ในแต่ละระยะห่างใบมีด เพื่อนำไปทดสอบหาอัตราการลดความชื้น โดยพิจารณาระยะเวลาในการตากแดด ซึ่งแต่ละระยะห่างใบมีดใช้ตัวอย่างน้ำหนัก 650 กรัม ในการทดสอบ นำตัวอย่างมาเกลี่ยบนลาดพื้นเรียบให้สม่ำเสมอ เริ่มตากแดดตั้งแต่ 9.00 น. ของการตากวันที่ 1 จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุก ๆ 4 ชั่วโมง และบันทึกค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

4. ผลการวิจัย

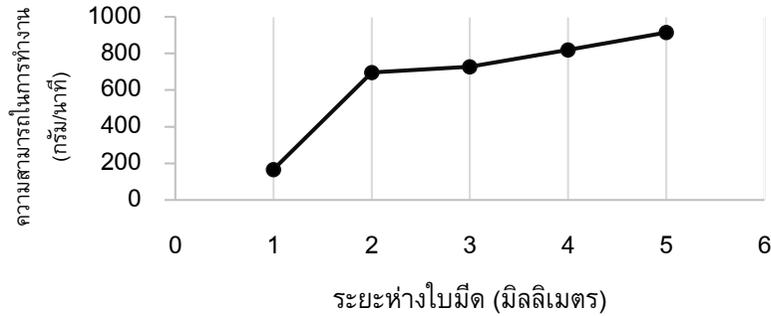
ผลการทดสอบการทำงานเครื่องผ่านขมื่นชั้นจากการทดสอบระยะสั้น แสดงดังตารางที่ 1 โดยศึกษาระยะห่างใบมีดที่ต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 1 2 3 4 และ 5 มิลลิเมตร มีผลการศึกษา มีดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการทำงานของเครื่องผ่านขมื่นชั้น

ระยะห่างใบมีด (มิลลิเมตร)	ความสามารถในการทำงาน (กรัม/นาท)	ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)	เปอร์เซ็นต์สูญเสีย (เปอร์เซ็นต์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ขนาดชั้นขมื่นชั้น (มิลลิเมตร)
1	167.33	84.78	15.22	513.73	0.94
2	696.83	81.33	18.67	515.04	1.98
3	727.00	66.21	33.79	519.39	2.99
4	820.00	65.48	34.52	533.74	3.97
5	914.17	62.01	37.99	533.82	4.97

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการทำงาน พบว่า เมื่อทดสอบผ่านขมื่นชั้นที่ระยะห่างใบมีด 1 2 3 4 และ 5 มิลลิเมตร ได้ค่าความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 167.33 696.83 727.00 820.00 และ 914.17 กรัม/นาท ตามลำดับ

จากรูปที่ 4 เห็นได้ว่า เมื่อระยะห่างใบมีดเพิ่มขึ้นจาก 1 – 5 มิลลิเมตร ความสามารถในการผ่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยการผ่านที่ระยะห่างใบมีด 1 มิลลิเมตร ได้ความสามารถน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นระยะที่ผ่านขมื่นชั้นได้ความหนาของแผ่นขมื่นชั้นที่มีความบางทำให้น้ำหนักที่ได้น้อยตามไปด้วย ส่งผลให้ความสามารถในการทำงานลดลง ขณะที่ระยะห่างใบมีด 5 มิลลิเมตร ได้ความหนาของแผ่นขมื่นชั้นที่มีความหนามากกว่า ทำให้ได้น้ำหนักมากกว่า เมื่อเทียบที่ระยะเวลาในการผ่านเท่ากัน การผ่านที่ระยะห่างใบมีด 5 มิลลิเมตร จึงให้ความสามารถในการทำงานที่มากที่สุด



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างใบมีดกับความสามารถในการทำงาน

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อศึกษาระยะห่างใบมีดว่ามีอิทธิพลต่อความสามารถในการทำงานของเครื่องฟานขี้มันชั้นอย่างหรือไม่ โดยคณะผู้วิจัยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ และใช้โปรแกรม Minitab 18 ในการทดสอบ ผลพบว่า มีค่า P-value = 0.003 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 นั่นคือ ระยะห่างใบมีดมีอิทธิพลต่อความสามารถในการทำงานของเครื่องฟานขี้มันชั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรือกล่าวได้ว่า ระยะห่างใบมีดอย่างน้อย 1 ระยะที่มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการทำงานแตกต่างกัน คณะผู้วิจัยจึงวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Paired Comparison) ด้วยวิธี Tukey แสดงผลดังตารางที่ 2

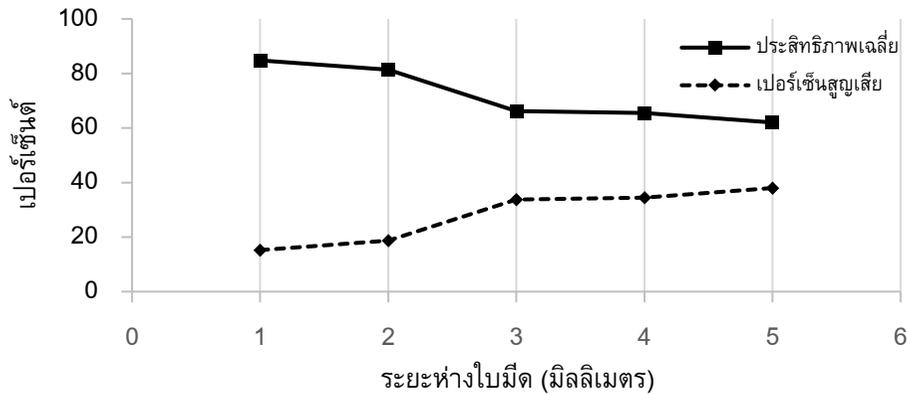
ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของค่าเฉลี่ยความสามารถในการทำงาน ด้วยวิธี Tukey

ระยะห่างใบมีด (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยความสามารถในการทำงาน (กรัม/นาที)	S.D. (กรัม/นาที)	การจัดกลุ่ม	
5	914.17	111.40	B	
4	820.00	242.00	B	
3	727.00	246.00	B	
2	696.83	298.00	B	
1	167.33	18.2		A

จากตารางที่ 2 พบว่า ระยะห่างใบมีด 1 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการทำงานของเครื่องฟานขี้มันชั้นที่แตกต่างจากระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ระยะห่างใบมีด 2 - 5 มิลลิเมตร ถูกจัดกลุ่มค่าเฉลี่ยความสามารถในการทำงานอยู่ในกลุ่มเดียวกัน นั่นคือ ที่ระยะห่างใบมีด 2 - 5 มิลลิเมตร เครื่องฟานขี้มันชั้นมีความสามารถในการทำงานโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพในการฟานและเปอร์เซ็นต์สูญเสีย (ตารางที่ 1) พบว่า การทดสอบฟานขี้มันชั้นที่ระยะห่างใบมีด 1 2 3 4 และ 5 มิลลิเมตร ได้ค่าประสิทธิภาพการฟาน 84.78 81.33 66.21 65.48 และ 62.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสีย 15.22 18.67 33.79 34.52 และ 37.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยจากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่า เมื่อระยะห่างใบมีดเพิ่มขึ้นจาก 1-5 มิลลิเมตร ค่าประสิทธิภาพการฟานมีแนวโน้มลดลง ขณะที่เปอร์เซ็นต์สูญเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะห่างใบมีดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณเนื้อขี้มันที่ถูกฟานหนาขึ้น เมื่อฟานขี้มันถึงส่วนท้ายของหัวขี้มัน จะมีส่วนที่ไม่ถูกฟานผ่านใบมีดไปมากขึ้น เมื่อระยะห่างใบมีดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการฟานลดลง เนื่องด้วยชิ้นส่วนดังกล่าวหลุดผ่านช่องว่างลงมาโดยไม่ผ่านการฟานของใบมีด ส่งผลให้

ประสิทธิภาพในการผ่านลดลงและเปอร์เซ็นต์สูญเสียเพิ่มขึ้น แสดงรูปตัวอย่างขม้นชั้นที่ถูกผ่านโดยเครื่องผ่านขม้นชั้นดังรูปที่ 6



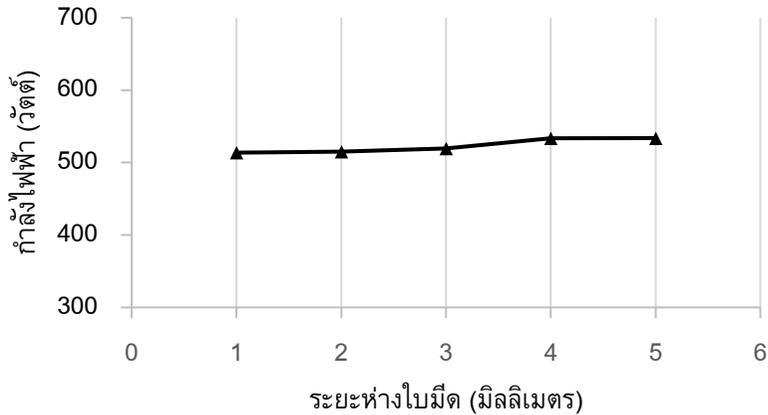
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างใบมีดกับค่าประสิทธิภาพในการผ่านและเปอร์เซ็นต์สูญเสีย



รูปที่ 6 ตัวอย่างชิ้นส่วนขม้นชั้นที่ไม่ถูกผ่านและที่ผ่านได้ขนาด

เมื่อพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (ตารางที่ 1) พบว่า ที่ระยะห่างใบมีด 1 มิลลิเมตร มีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 513.75 วัตต์ ที่ระยะห่างใบมีด 2 มิลลิเมตร มีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 515.04 วัตต์ ที่ระยะห่างใบมีด 3 มิลลิเมตร มีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 533.74 วัตต์ ที่ระยะห่างใบมีด 5 มิลลิเมตร มีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 533.82 วัตต์ จะเห็นได้ว่า การผ่านที่ระยะห่างใบมีด 1-5 มิลลิเมตร มีอัตราการใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 513.73 – 533.82 วัตต์

จากรูปที่ 7 เห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการผ่านในแต่ละระยะห่างใบมีดมีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ระยะห่างใบมีดที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้แตกต่างกันมาก แต่จะเห็นว่า ที่ระยะห่างใบมีดผ่าน 4 – 5 มิลลิเมตร จะมีการใช้กำลังไฟฟ้าในการผ่านมากกว่า เนื่องจาก ระยะห่างใบมีดที่มากขึ้น ความหนาของแผ่นขม้นชั้นที่จะต้องผ่านจึงมีมากขึ้น ทำให้ต้องใช้พลังงานในการผ่านเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย



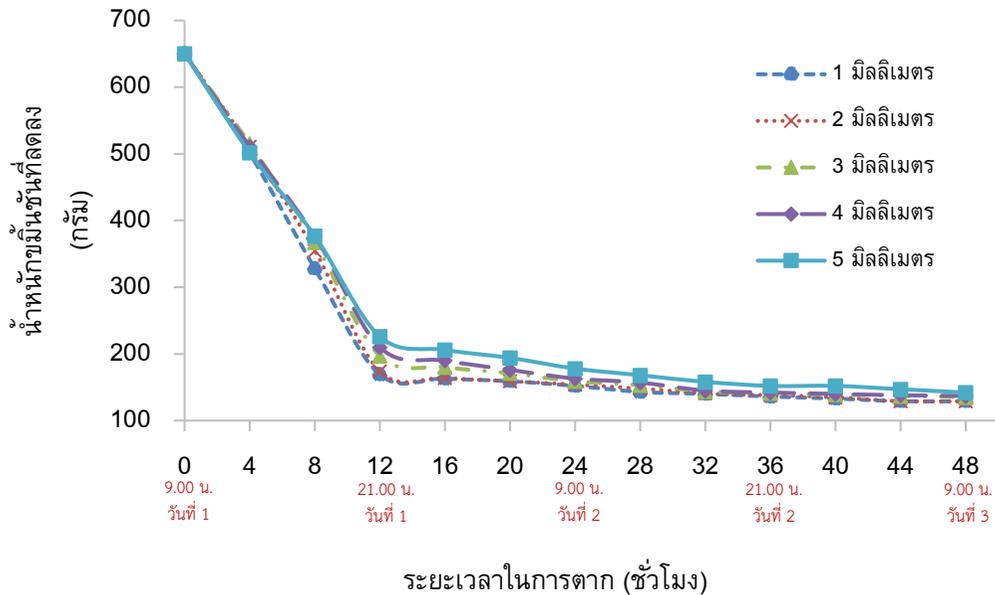
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างใบมีดกับกำลังไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาความหนาของแผ่นไขมันชั้นที่ได้จากการฟาน (ตารางที่ 1) พบว่า ที่ระยะห่างใบมีด 1 มิลลิเมตร ได้แผ่นไขมันชั้นที่มีความหนาเฉลี่ย 0.94 มิลลิเมตร ระยะห่างใบมีด 2 มิลลิเมตร ได้แผ่นไขมันชั้นที่มีความหนาเฉลี่ย 1.98 มิลลิเมตร ระยะห่างใบมีด 3 มิลลิเมตร ได้แผ่นไขมันชั้นที่มีความหนาเฉลี่ย 2.99 มิลลิเมตร ระยะห่างใบมีด 4 มิลลิเมตร ได้แผ่นไขมันชั้นที่มีความหนาเฉลี่ย 3.97 มิลลิเมตร และระยะห่างใบมีด 5 มิลลิเมตร ได้แผ่นไขมันชั้นที่มีความหนาเฉลี่ย 4.97 มิลลิเมตร โดยจากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่า ระยะความคลาดเคลื่อนของขนาดความหนาของแผ่นไขมันชั้นที่ฟานได้ในระยะห่างใบมีด 3 มิลลิเมตร มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด รองลงมาคือ ระยะห่างใบมีด 2 4 5 และ 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 8 ระยะความคลาดเคลื่อนของขนาดความหนาของแผ่นไขมันชั้นที่ฟานได้ในระยะห่างใบมีดแต่ละระดับ

ผลการทดสอบการลดความชื้นของไขมันชั้นที่ฟานได้ (รูปที่ 9) โดยพิจารณาน้ำหนักที่ลดลง พบว่า เมื่อเริ่มตากไขมันชั้นที่ฟานได้จากเครื่องฟาน ภายใน 12 ชั่วโมงแรกของการตาก (9.00 น. ถึง 21.00 น. ของวันที่ 1) น้ำหนักของไขมันชั้นที่ได้จากการฟานมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง และเมื่อใช้ระยะเวลาตาก 12 ถึง 48 ชั่วโมง (21.00 น. วันที่ 1 ถึง 9.00 น. ของวันที่ 3) น้ำหนักของชั้นไขมันชั้นลดลงเล็กน้อย โดยที่ระยะห่างใบมีด 1 2 และ 3 มิลลิเมตร ไขมันชั้นที่ได้จะมีน้ำหนักลดลงมากกว่าไขมันชั้นที่ได้จากการฟานที่ระยะห่างใบมีด 4 และ 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการตากกับน้ำหนักไขมันชั้นที่ลดลงของวัสดุที่ผ่านด้วยระยะห่างไบนิตต่าง ๆ

5. อภิปรายผลและสรุปผล

จากผลการทดสอบ พบว่า เมื่อเพิ่มระยะห่างไบนิตมากขึ้นจะทำให้ได้ขนาดชั้นไขมันชั้นที่มีความหนามากกว่า และทำให้ได้น้ำหนักมากกว่าเมื่อเทียบที่เวลาในการผ่านเท่ากัน การผ่านที่ระยะห่างไบนิต 5 มิลลิเมตร จึงให้ความสามารถในการทำงานที่มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสัญญา โพธิ์วงษ์ และคณะ (2565) ที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหั่นซอยสมุนไพร พบว่า เมื่อระยะห่างไบนิตเพิ่มขึ้นจะใช้เวลาในการหั่นสมุนไพรลดลง ทำให้ความสามารถเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะห่างไบนิต 1 2 และ 3 มิลลิเมตร ไขมันชั้นที่ได้จะมีน้ำหนักลดลงมากกว่าไขมันชั้นที่ได้จากการผ่านที่ระยะห่างไบนิต 4 และ 5 มิลลิเมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการผ่านและเปอร์เซ็นต์สูญเสีย เมื่อระยะห่างไบนิตเพิ่มขึ้นจาก 1–5 มิลลิเมตร ค่าประสิทธิภาพการผ่านมีแนวโน้มลดลง ขณะที่เปอร์เซ็นต์สูญเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากระยะห่างไบนิตที่เพิ่มขึ้น เมื่อผ่านไขมันถึงส่วนท้ายของหัวขม้น จะมีส่วนที่ไม่ถูกผ่านผ่านไบนิตไปมากขึ้นตามไปด้วย โดยในช่วงระยะห่างไบนิตที่ 2-3 มิลลิเมตร เครื่องผ่านมีระยะคลาดเคลื่อนความหนาของแผ่นไขมันชั้นต่ำ และจากการทดสอบการลดความชื้นของไขมันชั้นที่ผ่านได้ที่ ระยะห่างไบนิต 1 2 และ 3 มิลลิเมตร ไขมันชั้นที่ได้จะมีน้ำหนักลดลงมากกว่าไขมันชั้นที่ได้จากการผ่านที่ระยะห่างไบนิต 4 และ 5 มิลลิเมตร เนื่องจากยังผ่านแผ่นไขมันยังบางเท่าไร จะยังมีจำนวนแผ่นไขมันชั้นมากขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำหนักที่เท่ากันทั้งหมด ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสที่โดนความร้อนและอากาศ ทำให้ความชื้นในแผ่นไขมันชั้นระเหยออกได้มากกว่า สอดคล้องกับสันติ สุดเจริญ (2550) ที่กล่าวไว้ว่า ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกันขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งเร็วกว่า ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าชี้ผลการทดสอบโดยรวม ที่ระยะห่างไบนิต 2 มิลลิเมตร ถือว่ามีสมรรถนะการทำงานที่ดีที่สุด เนื่องจากได้ความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพในการผ่านสูง ในขณะที่ได้เปอร์เซ็นต์สูญเสียและระยะคลาดเคลื่อนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างไบนิตระดับอื่น และระยะเวลาที่ใช้ในการตากแห้งน้อยกว่าที่ทำให้น้ำหนักแห้งเริ่มมีน้ำหนักคงที่



รูปที่ 10 ผลการใช้เครื่องผ่านขม้นชั้นในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตสมุนไพรแห้ง

เมื่อนำเครื่องผ่านขม้นชั้นไปทดลองใช้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของชุมชนสู่การเป็นชุมชนนวัตกรรมบนฐานภูมิปัญญา และอัตลักษณ์พืชสมุนไพร “ขม้นชั้น” จังหวัดสุรินทร์ ณ กลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปสมุนไพรบ้านกันตวจระมวล ตำบลกันตวจระมวล อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ พบว่า ช่วยเพิ่มผลผลิตในการผลิตขม้นชั้นแห้ง ได้แก่ 1) ลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ (Human Error) ในการกะความหนาที่แต่เดิมผู้ปฏิบัติงานผ่านขม้นชั้นเป็นแผ่น ๆ จากการใช้มือในการผ่าน โดยเพิ่มความแม่นยำในการผ่านจากการใช้เครื่องจักร ซึ่งในกลุ่มแห่งนี้ต้องการความหนาของแผ่นขม้นชั้นที่ 2-3 มิลลิเมตร เมื่อปรับระยะห่างใบมีด 2-3 มิลลิเมตร ความหนาแผ่นขม้นชั้นที่ผ่านได้จากเครื่องมีความหนาเฉลี่ย 1.98-2.99 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่ามีความคลาดของขนาดความหนาแผ่นน้อย 2) สามารถลดระยะเวลาการทำงานและลดการใช้แรงงานคนในขั้นตอนการลดขนาดโดยวิธีการผ่านขม้นชั้น โดยแต่เดิมความสามารถในการผ่านอยู่ที่ 69.44 กรัมต่อนาที แต่เมื่อประยุกต์ใช้เครื่องผ่านขม้นชั้นที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและปรับใช้ในการดำเนินงานของกลุ่ม สามารถเพิ่มความสามารถในการผ่านเป็น 696.83-727.00 กรัมต่อนาที เมื่อต้องการความหนาของแผ่นขม้นชั้น 2-3 มิลลิเมตร ทำให้กลุ่มสามารถผ่านขม้นชั้นได้ในปริมาณที่มากขึ้นโดยใช้ระยะเวลาการทำงานลดลง และ 3) ลดระยะเวลาในการตากแห้งเนื่องจากขม้นชั้นมีขนาดสม่ำเสมอทำให้ขม้นชั้นที่ตากแห้งสามารถแห้งสนิทได้พร้อม ๆ กัน ลดเวลาการรอคอยจากแต่เดิมที่ต้องรอแผ่นขม้นชั้นบางส่วนที่มีความหนามากกว่าแห้งสนิท ทั้งนี้จะเห็นว่าการประยุกต์ใช้เครื่องผ่านขม้นชั้นที่พัฒนาขึ้นในกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปสมุนไพร สามารถเพิ่มความสามารถในการผลิตโดยการลดระยะเวลาในการผ่านและเพิ่มความแม่นยำในการผ่านแผ่นขม้นชั้นให้มีความหนาที่สม่ำเสมอ ส่งผลให้แผ่นขม้นชั้นสามารถแห้งได้ในระยะเวลาใกล้เคียงกัน ทำให้กลุ่มเกษตรกรสามารถแปรรูปขม้นชั้นตากแห้งได้ในปริมาณที่มากขึ้นและรวบรวมผลผลิตไปจำหน่ายแก่ลูกค้าได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับผลการออกแบบและสร้างเครื่องทันขม้นชั้นเพื่อประยุกต์ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของ สกล นันทศรีวิวัฒน์ (2565) พบว่า เมื่อใช้ขม้นชั้น 1,000 กรัม ที่มีความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที ระยะความสูงของใบมีด 3 มิลลิเมตร ใช้เวลา 22 วินาที ผลการหั่นมีความหนา 2-3 มิลลิเมตร ซึ่งระดับความพึงพอใจต่อความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งานมีความพึงพอใจมากที่สุด และระดับความพึงพอใจต่อลักษณะการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก

6. ข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยนำเสนอข้อเสนอแนะจากการวิจัย และการวิจัยในอนาคต ดังนี้

6.1 ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการทดสอบการทำงานของเครื่องผ่านขม้นชั้นในระยะยาว (Long Run Period) เพื่อศึกษาผลกระทบจากความหนืดของใบมีดเมื่อมีขม้นชั้นสะสมขึ้นระหว่างการเดินทางเครื่อง และศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ความเร็วของมอเตอร์ ประเภทของมีด การเตรียมวัตถุดิบ แรงและความเร็วในการป้อนวัตถุดิบ เป็นต้น

6.2 ผู้ใช้งานอาจติดตั้งล้อขับเคลื่อนเพื่อให้เกิดความสะดวกในการเคลื่อนย้ายมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการการพัฒนาศักยภาพชุมชนนวัตกรรมพืชสมุนไพร “ขมิ้นชัน” เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและพลิกฟื้นเศรษฐกิจฐานราก จังหวัดสุรินทร์ รหัสโครงการ A11F660052 ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) และหน่วยบริหารจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) กรอบการวิจัย “ชุมชนนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน” ภายใต้แผนงานย่อยรายประเด็น “การเพิ่มความเข้มแข็งของเศรษฐกิจฐานรากเพื่อให้มีศักยภาพในการแข่งขัน สามารถพึ่งพาตนเองได้และกระจายรายได้สู่ชุมชนท้องถิ่น” ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

- กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2565). “รายงานข้อมูลพื้นฐานเมืองสมุนไพร”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.moac.go.th/herbs-dwl-files-451391791962>. สืบค้น 15 ธันวาคม 2565.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2566). องค์ความรู้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ผู้การเป็น smart officer : สมุนไพรและเครื่องเทศ. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- _____. (2565). “ขมิ้นชัน”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.agriman.doae.go.th/home/news/2565/27turmeric.pdf>. สืบค้น 31 พฤษภาคม 2566.
- วรเชษฐ์ ศรีประไหม, ทรงพล วิจารณ์จักร, จักรพันธ์ ชาวเหนือ, สุพรรณ ยั่งยืน และจักรมาส เลหาวิช. (2562). “การออกแบบและสร้างเครื่องหันสมุนไพรกึ่งอัตโนมัติ”. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33. วันที่ 2-5 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 โรงแรมเซ็นทาราคอนเวนชันเซ็นเตอร์อุดรธานี จังหวัดอุดรธานี. 1-6.
- สกล นันทศรีวิวัฒน์. (2565). “เครื่องหันขมิ้นชันเพื่อประยุกต์ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์”. วารสารวิชาการเทพสตรี I-TECH. 17(1) : 16-22.
- สัญญา โพธิ์วงษ์, วิรติ อัครานุกัฏ, สมพงษ์ แซ่บ่าง และเทพธิดา อนันต์สูงเนิน. (2565). การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องหัน-ซอยสมุนไพรแบบต่อเนื่อง. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 13(1) : 73-82.
- สันติ สุดเฉลียว. (2550). การศึกษาการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

คุณค่าทางวิชาการ

ผลลัพธ์สำคัญที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้ ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตขมิ้นชัน ผู้ประกอบการสมุนไพรแห้ง และนักวิชาการ สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้องค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรม รวมถึงถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องผ่านขมิ้นชันร่วมกับสมุนไพรประเภทหัว เหง้า ราก ชนิดอื่น ๆ เช่น ไพล ว่านมหาเมฆ ว่านนางคำ เป็นต้น เพื่อลดการใช้แรงงานและเวลาในการผ่านสมุนไพรด้วยมือ เพิ่มความหลากหลาย และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ให้กับสมุนไพร