

การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องนวดผลมะนาวเพื่อลดความขม แบบไม่ต่อเนื่อง

สัญญา โพธิ์วังษ์^{1*} วิritti อัครวานวิตร² เปรมศักดิ์ พวงพลอย³ และ เทพรถ อนันต์สูงเนิน⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างเครื่องนวดสำหรับลดความขมของผลมะนาว ระดับวิสาหกิจชุมชน 2) ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องนวดผลมะนาว และ 3) ประเมินความพึงพอใจของวิสาหกิจชุมชนที่มีต่อเครื่องนวดผลมะนาว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ตำบลดงบัง อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 20 คน โดยใช้แบบสอบถาม และประเมินแบบสอบถามโดยใช้สถิติพื้นฐาน คำนวณค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างเครื่องนวดผลมะนาวมีลักษณะเป็นถังทรงกลมคล้ายกะละมัง ติดตั้งบนฐานที่แข็งแรง มีแผ่นโลหะทรงกลมเหมือนฝาภาชนะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าปากถังทรงกลมเล็กน้อย และยังสามารถหมุนได้ด้วยการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้า และควบคุมแรงกดที่ฝาด้วยสปริงขณะใช้งาน ผู้วิจัยได้ทดลองนวดผลมะนาว พบว่า 1) เครื่องนวดผลมะนาวที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นสำหรับลดความขมที่ผิวของผลมะนาวสามารถนวดผลมะนาวได้ครั้งละ 60 ผล และใช้เวลาในการนวดเฉลี่ย 301 วินาที ถึง 363 วินาที ขึ้นอยู่กับขนาดของมะนาว โดยใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า 106 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถนวดได้เร็วกว่าการนวดด้วยแรงคน ที่ใช้เวลาเฉลี่ย 2,108 วินาที ถึง 2,168 วินาที หมายความว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องนวดผลมะนาวนี้ค่อนข้างสูง ซึ่งนอกจากการใช้เครื่องนวดนี้จะช่วยลดระยะเวลาในการนวดแล้ว ยังทำให้ผลมะนาวแตกเสียหายลดลง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของวิสาหกิจชุมชน เมื่อใช้แรงงานคนต้องจ่ายค่าแรงงาน 400 บาทต่อวัน ได้ผลผลิต 404 ผล เมื่อใช้เครื่องนวดจะมีค่าใช้จ่ายเป็นค่าไฟฟ้าเพียง 22.5 บาทต่อวัน และจ่ายค่าแรงคนงานควบคุมเครื่องนวด 400 บาทต่อวัน ได้ผลผลิต 2,603 ผล 2) ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องนวดผลมะนาว สามารถนวดผลมะนาวได้มากกว่าการใช้แรงงานคน 6.4 เท่า ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำเครื่องนวดผลมะนาวเพื่อลดความขม ไปใช้ในวิสาหกิจชุมชนเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต ลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ และยังได้ความเป็นมาตรฐานในการแปรรูป และ 3) ผลประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องนวดผลมะนาวของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดงบัง อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี พบว่าชุมชนมีความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยรวม (\bar{X}) = 4.79 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.22 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องนวด; เครื่องลดความขม; ผลมะนาว

¹ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครนายก

² สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา

³ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร และการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

⁴ นักวิจัยอิสระ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. +668 1208 7308 อีเมล: sanya.phow@ovec.moe.go.th

Creation and Optimization of a Lemon Threshing Machine to Reduce Intermittent Bitterness

Sanya Phowong^{1*} Wirat Asawanuwat² Premsak Puangploy³ and Theppharot Anansungnoen⁴

Abstract

This research aimed to 1) To create a lemon massager to reduce bitterness intermittently at the community enterprise level. 2) To study the proper performance of the lemon massager to reduce bitterness. 3) Assess the satisfaction of community enterprises with the lemon massager. Dong Bang Subdistrict Organic Agriculture Group Prachantakham District Prachinburi Province, 20 people using questionnaires and evaluating questionnaires by using basic statistics to calculate mean and standard deviation. The researcher has designed and built a lemon kneading machine as a spherical tank like a tub mounted on a strong base. There is a round metal plate like a lid. The vessel is slightly smaller in diameter than the spherical mouth, and the tank can be rotated with the drive of an electric motor and the pressure on the lid is controlled by a spring during operation. The researcher experimented with lemon fruit massage, found that 1) The lemon massager that the researcher has created for reducing the bitterness on the lemon zest is the size of a kneading machine for 60 lemons at a time and the average massage time was 301 s to 363 s, depending on the size of the lemon, using the electric motor speed 106 rpm can be kneaded faster than a manual massage, with an average time of 2108 seconds to 2168 seconds, meaning the performance of this lemon kneading machine is quite high. In addition to using this kneading machine, it reduces the time of kneading, but also reduces the damage of the lemon fruit, which is compared with the cost of community enterprises when using workers who have to pay 400 baht per day for labor, yielding 404 results when using a massage machine will cost only 22.5 baht per day for electricity, and pay 400 baht per day for the workers to operate the massage machine, resulting in 2,603 results. 2) Overall performance of the lemon threshing machine lemons can be kneaded 6.4 times more than manual labor. Therefore, it is possible to use a lemon threshing machine to reduce bitterness in community enterprises to increase production volume, reduce expenses, increase income, and achieve standardization in privatization, and 3) The satisfaction assessment of using lemon massager of Dong Bang organic agriculture Community Enterprise revealed that community satisfaction (\bar{X})= 4.79 and standard deviation (S.D.) = 0.22 were at the highest level

Keywords: Massager; Bitter reducer; Lemon

¹ Electronics Nakhon Nayok Technical College

² Industrial Technology Faculty of Industrial Technology Chitralada Institute of Technology

³ Department of Industry Technology and Management, Faculty of Agro -Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi

⁴ Independent Researcher

* Corresponding Author, Tel. +668 1208 7308 e-mail: sanya.phow@ovec.moe.go.th

1. บทนำ

ผลมะนาวเป็นพืชสมุนไพรที่ทุกคนรู้จักกันเป็นอย่างดีดีเพราะนำมาใช้ปรุงอาหาร Thai Crude Drug [1] จากฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่ามะนาวมีสรรพคุณช่วยบรรเทาอาการปวดศีรษะ ช่วยขับเสมหะ ลดอาการเจ็บคอ แก้อาการท้องร่วง นอกจากนี้การดื่มน้ำมะนาวช่วยบรรเทาอาการเสียงแหบแห้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลมะนาวจะมีความขมที่ผิว ซึ่งเป็นอุปสรรคในการแปรรูปจากผลมะนาว เช่นการแปรรูปเป็นมะนาวดอง การแปรรูปเป็นยาอมสมุนไพรแก้เจ็บคอ เป็นต้น

จากการสำรวจของคณาจารย์ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร และการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ศูนย์ปราจีนบุรี พบว่าวิสาหกิจชุมชนของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดงบัง ตำบลดงบัง อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี ได้แปรรูปมะนาวดองตากแห้งเพื่อส่งขายให้โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร จังหวัดปราจีนบุรี เพื่อเป็นส่วนผสมในการผลิตยาอมแก้เจ็บคอ ในการแปรรูปมะนาวดองตากแห้งจะต้องลดความขมของผิวมะนาวก่อน โดยการนำเกลือเม็ดใส่กะละมังแล้วนำผลมะนาววางบนเกลือประมาณครึ่งละ 15 ถึง 30 ผล จากนั้นนำเชียงไม้ขนาดเหมาะสมกับกะละมังมากดทับผลมะนาว แล้วคลึงผลมะนาวโดยการหมุนเชียงไปมาด้วยแรงกดที่เหมาะสม คลึงจนกว่าผลมะนาวนิ่ม ซึ่งน้ำมันที่ผิวของมะนาวที่มีความขมจะคายออกมา การลดความขมที่ผิวของผลมะนาว ถ้าออกแรงกดบนเชียงมากไปจะทำให้ผลมะนาวแตก ถือว่าเกิดความเสียหายไม่สามารถนำผลมะนาวที่แตกนั้นไปแปรรูปได้

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเพื่อออกแบบพัฒนาเครื่องนวดผลมะนาว เพื่อแก้ปัญหาให้วิสาหกิจชุมชนของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดงบัง อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี ช่วยเพิ่มปริมาณการผลิต ลดเวลาในการนวดผลมะนาว ลดความเสียหายที่เกิดจากการนวด เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน

ในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกการออกแบบและพัฒนาเครื่องนวดผลมะนาวเพื่อลดความขมที่ผิวผลมะนาวเนื่องจากมีความต้องการในการแปรรูปเพื่อบริโภคและเป็นยาสมุนไพรของแพทย์ทางเลือกเป็นจำนวนมาก และคณะผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นที่จะนำผลงานดังกล่าวมาใช้

เป็นสื่อการเรียนการสอนให้กับนักเรียนนักศึกษา โดยการจำลองเป็นเครื่องจักรระดับวิสาหกิจชุมชน ทำเป็นเครื่องจักรต้นแบบในการเรียนจากของจริง ซึ่งจะช่วยให้ทักษะให้นักเรียนในการศึกษาเรียนรู้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 สร้างเครื่องนวดผลมะนาวเพื่อลดความขมของผลมะนาว ระดับวิสาหกิจชุมชน

2.2 หาประสิทธิภาพการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องนวดผลมะนาวเพื่อลดความขม

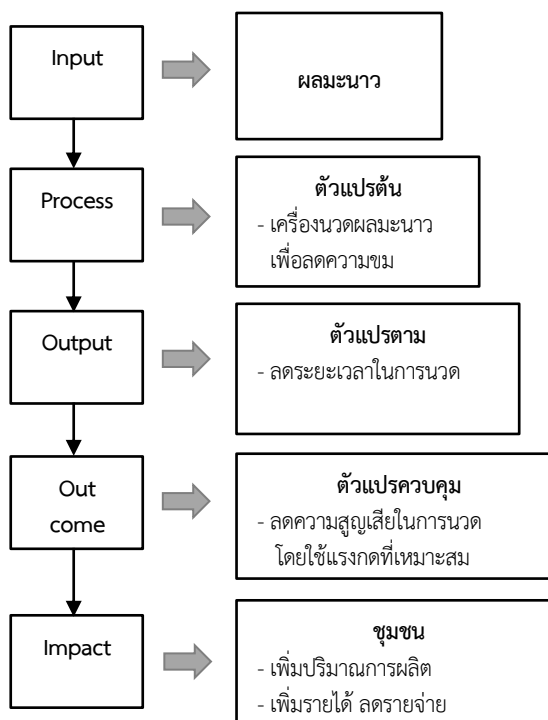
2.3 ประเมินความพึงพอใจของวิสาหกิจชุมชนที่มีต่อเครื่องนวดผลมะนาวเพื่อลดความขม

3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1 ประชากรในการวิจัยได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้แปรรูปผลมะนาว

3.2 กลุ่มตัวอย่าง เลือกแบบเจาะจงวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดงบัง อำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 20 คน

4. กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

5. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของผลมะนาวจากงานวิจัยของ สริตา และคณะ [2] พบว่าการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลมะนาวในฤดูแล้ง จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุดคือเฉลี่ย 41.40 มิลลิเมตร รองลงมาจะมีขนาดเฉลี่ย 38.26 มิลลิเมตร แต่ในฤดูฝนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุดคือเฉลี่ย 40.40 มิลลิเมตร และรองลงมาจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 37.43 มิลลิเมตร

การออกแบบการส่งกำลังด้วยสายพาน อรุษา และคณะ [3] พบว่าในการออกแบบศึกษาคุณสมบัติกายภาพเปลือกมะพร้าว และทดสอบต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ต้นกำลังหลัก ความเร็วรอบ ในการส่งกำลังไม่สามารถปรับระดับความเร็วได้ จึงจำเป็นต้องใช้การทดด้วยพูลเลย์เพื่อให้ได้ความเร็วที่ต้องการ สามารถคำนวณขนาดของพูลเลย์และความเร็วรอบได้ดังนี้

$$\text{อัตราทด} = \frac{D1}{D2} = \frac{n2}{n1} \quad (1)$$

- เมื่อ n1 คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์
 n2 คือ ความเร็วรอบของเพลา
 D1 คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพูลเลย์ของมอเตอร์
 D2 คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพูลเลย์ตัวตาม

การเลือกใช้มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังเพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงต้องคำนวณกำลังในส่วนต่าง ๆ แล้วนำมารวมกันเพื่อให้ได้กำลังที่ต้องการ และถึงเลือกใช้มอเตอร์เพื่อขับกำลังที่เหมาะสม ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณกำลังหาได้จาก

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \quad (2)$$

- โดยที่
 P คือ กำลังของมอเตอร์ (Watt)
 T คือ แรงบิด (Nm)
 n คือ ความเร็วรอบ (rpm)

ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) [4]

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N} \quad (3)$$

- \bar{X} หมายถึง คะแนนเฉลี่ย
 $\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N หมายถึง จำนวนประชากรทำแบบสอบถาม

การคำนวณค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) [4]

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}} \quad (4)$$

- S.D. หมายถึง ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X หมายถึง คะแนนของแต่ละบุคคลที่ทำแบบสอบถาม
 $\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N หมายถึง จำนวนของแต่ละบุคคลที่ทำแบบสอบถาม

6. วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

- 1) เครื่องวัดผลมะนาวที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง คือเมื่อเครื่องทำการวัดผลมะนาวเสร็จแล้ว จะต้องปิดเครื่องเพื่อนำผลมะนาวที่ผ่านการวัดแล้วออกมา แล้วนำผลมะนาวที่จะวัดใส่เข้าไปใหม่
- 2) แบบบันทึกการทำงานของเครื่องวัดผลมะนาว และ
- 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการปฏิบัติการใช้เครื่องวัดผลมะนาวที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

6.1 การออกแบบเครื่องวัดผลมะนาว แบบไม่ต่อเนื่อง ได้ออกแบบโครงสร้างเป็นสแตนเลส (SUS304) ตัวเครื่องภายนอกมีขนาด 60 x 100 x 160 เซนติเมตร

มีความต้านทานการกัดกร่อนสูงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุทางด้านอาหาร

6.2 การออกแบบภาชนะใส่ผลมะนาวมีลักษณะเป็นทรงกลมคล้ายกะละมังจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดใส่ผลมะนาวได้ 30 ผล คือการนวดผลมะนาว 1 ครั้ง จะได้ปริมาณมะนาว 60 ผล และมีชุดกดผลมะนาวอยู่ด้านบนภาชนะทรงกลมโดยมีแรงกดด้วยสปริง ทั้งหมดนี้ใช้วัสดุเป็นสแตนเลส (SUS304)

6.3 การออกแบบชุดส่งกำลัง ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.75 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ ที่มีขนาดเหมาะสมกับโครงสร้างและการใช้งาน โดยมีเกียร์ทดรอบสายพาน และพูลเลย์ เพื่อส่งกำลังไปหมุนภาชนะทรงกลมทั้งสองชุด ที่ความเร็วไม่มากนัก

6.4 การออกแบบตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ประกอบด้วย เซอร์คิตเบรกเกอร์ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ในการตัดวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เมื่อเกิดความผิดปกติในระบบเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสายไฟ มอเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่น ๆ สวิตช์ลูกศร 2 จังหวะ หรือ ซีเล็คเตอร์สวิตช์ (Selector Switch) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการปิดและเปิดวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ตามต้องการ ใช้สำหรับการสลับการทำงานด้วยมือเมื่อจำเป็น และสวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch) นิยมใช้กับปุ่มหยุดเครื่องจักรกลเพื่อรองรับกับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น

ในกระบวนการนวดผลมะนาวจะต้องใช้แรงกดที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับเวลาในการนวด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งนาฬิกาจับเวลาไว้ด้วย เพื่อให้ผลมะนาวที่นำไปแปรรูปในขั้นตอนต่อไปสมบูรณ์ทุกผล

6.5 เชิญผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้ความสามารถในด้านสถิติ ด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล ด้านอุตสาหกรรมเกษตร ด้านการจัดการเคมีวิเคราะห์ และด้านเทคโนโลยีชีวภาพ จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของการออกแบบทุกขั้นตอน พร้อมกับตรวจสอบความเหมาะสมของแบบบันทึกการทำงานระหว่างการทดสอบ และความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการปฏิบัติการใช้เครื่องนวดผลมะนาวที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.6 ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในการออกแบบตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ

เมื่อดำเนินการออกแบบครบทุกขั้นตอนแล้ว คณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องแต่ละส่วนอีกครั้งและทำการประกอบ ติดตั้งเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2 เครื่องนวดผลมะนาว

7. ทาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องนวดผลมะนาว

7.1 ทดลองจับเวลาการนวดผลมะนาวด้วยแรงงานคน โดยเริ่มจากการนวดมะนาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37-39 มิลลิเมตร จำนวน 30 ผล จะใช้เวลาเฉลี่ยคือ 2,108 วินาที และทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ผลมะนาวใช้ได้ตามที่วิสาหกิจชุมชนต้องการ ต่อจากนั้นได้ทดลองจับเวลานวดผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-42 มิลลิเมตร จำนวน 30 ผล จะใช้ระยะเวลาขนาด 2,108 วินาที ผลที่ได้คือมะนาวยังใช้ไม่ได้ จึงได้จับเวลาการนวดเพิ่มขึ้น ผลที่ได้คือจะใช้เวลาเฉลี่ย 2,168 วินาที ได้ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ผลมะนาวใช้ได้ตามที่วิสาหกิจชุมชนต้องการ การนวดผลมะนาวด้วยแรงงานคน พบว่าที่ผิวของมะนาวหลังจากการนวดยังไม่สม่ำเสมอแต่สามารถนำไปแปรรูปได้ การนวดผลมะนาวด้วยแรงงานคนแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการนวดผลมะนาวเพื่อลดความขมจำนวน 30 ผล ด้วยแรงงานคน 3 คน

ครั้งที่	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการนวด (วินาที) ตามขนาดของผลมะนาว	
	ขนาด 37-39 มม.	ขนาด 40-42 มม.
1	2,105	2,170
2	2,108	2,168
3	2,110	2,166
เฉลี่ย	2,108	2,168

7.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องนวดผลมะนาว เพื่อตรวจสอบระบบต่าง ๆ ได้แก่ ระบบไฟฟ้าควบคุมปิด-เปิดการทำงานของมอเตอร์ส่งกำลัง เกียร์ ชุดส่งกำลังด้วยสายพาน และชุดนวดผลมะนาว ผลการทดสอบพบว่าสามารถทำงานได้ตามความต้องการ

7.3 ทดสอบความเร็วรอบที่ใช้กับเครื่องนวดผลมะนาว โดยกำหนดไว้ตั้งแต่ 71 106 183 รอบต่อนาที และระยะเวลาในการนวดผลมะนาวในแต่ละความเร็วรอบทำการทดสอบ 3 ครั้ง ใช้ผลมะนาว จำนวน 30 ผลต่อครั้ง ใช้นาฬิกาจับเวลาเพื่อตรวจเช็คระยะเวลาในการนวดผลมะนาว การทดสอบจะใช้ผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37-39 มิลลิเมตร และผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-42 มิลลิเมตร แสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ทดสอบความเร็วรอบ และระยะเวลาการนวดผลมะนาวเพื่อลดความขมจำนวน 30 ผล ใช้ผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37-39 มิลลิเมตร

ครั้งที่	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เวลา (วินาที)
1	71	382
2	106	314
3	183	207
เวลาเฉลี่ยนวดผลมะนาว		301

จากตารางที่ 2 ทดสอบความเร็วรอบ และระยะเวลาการนวดผลมะนาวจำนวน 30 ผล โดยใช้ผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37-39 มิลลิเมตร ผลการทดสอบปรับความเร็วรอบการนวดผลมะนาว ความเร็วรอบ

71 รอบต่อนาที ระยะเวลาการนวดผลมะนาว 382 วินาที ผิวของผลมะนาวยังใช้ไม่ได้ ตามที่วิสาหกิจชุมชนต้องการ เนื่องจากความเร็วรอบเข้าไป ทดลองปรับความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเป็น 106 รอบต่อนาที ระยะเวลาการนวดผลมะนาว 314 วินาที ผิวของผลมะนาวที่นวดลดความขมมีความพอดีเหมาะสำหรับนำไปทำเป็นมะนาว凍ตรงกับความต้องการของวิสาหกิจชุมชน ทดลองปรับรอบความเร็วเพิ่มเป็น 183 รอบต่อนาที ระยะเวลาการนวดผลมะนาว 207 วินาที ผลการทดลองพบว่ามีมะนาวแตกเสียหาย เกิดจากการที่ใช้รอบความเร็วสูงเกินไป สรุปได้ว่ารอบความเร็วที่เหมาะสมกับมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37-39 มิลลิเมตร คือ 106 รอบต่อนาที ระยะเวลาเฉลี่ยนวดผลมะนาว 301 วินาที

ตารางที่ 3 ทดสอบความเร็วรอบ และระยะเวลาการนวดผลมะนาวเพื่อลดความขม จำนวน 30 ผล ใช้ผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-42 มิลลิเมตร

ครั้งที่	ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	เวลา (วินาที)
1	71	446
2	106	392
3	183	251
เวลาเฉลี่ยนวดผลมะนาว		363

จากตารางที่ 3 ทดสอบความเร็วรอบ และระยะเวลาการนวดผลมะนาวจำนวน 30 ผล ใช้ผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-42 มิลลิเมตร ผลการทดสอบปรับความเร็วรอบการนวดผลมะนาว พบว่าความเร็วรอบ 71 รอบต่อนาที ระยะเวลาการนวดผลมะนาว 446 วินาที ผิวของผลมะนาวยังใช้ไม่ได้ ตามที่วิสาหกิจชุมชนต้องการ เนื่องจากความเร็วรอบเข้าไป ทดลองปรับความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเป็น 106 รอบต่อนาที ระยะเวลาการนวดผลมะนาว 392 วินาที ผิวของผลมะนาวที่นวดลดความขม มีความพอดีเหมาะสำหรับนำไปทำเป็นมะนาว凍ตรงกับความต้องการของวิสาหกิจชุมชน ทดลองปรับรอบความเร็วเพิ่มเป็น 183 รอบต่อนาที ระยะเวลาการนวดผลมะนาว 251 วินาที ผลการทดลองพบว่ามีมะนาวแตกเสียหาย เกิดจากการที่ใช้รอบความเร็วรอบสูงเกินไป สรุปได้ว่ารอบความเร็วที่เหมาะสมกับมะนาวที่มีขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลาง 40-42 มิลลิเมตรคือ 106 รอบต่อนาที ระยะเวลาเฉลี่ยขนาดผลมะนาว 363 วินาที

7.4 แบบสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูล โดยการแจกแบบสอบถามให้ สมาชิกของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ตงบัง จังหวัดปราจีนบุรี โดยได้แนะนำการใช้งาน และสาธิตวิธีการใช้งานเครื่องนวดผลมะนาว จำนวน 20 คน และหลังจากได้ทดลองใช้เครื่องนวดผลมะนาวมาระยะหนึ่ง จึงให้กลุ่มเป้าหมายทำการประเมินเป็นรายข้อจนครบทุกข้อ และครบทุกคน ต่อจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมแบบประเมินเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์ดังนี้ [4]

- ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 มีความพึงพอใจมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 มีความพึงพอใจมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 มีความพึงพอใจปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 มีความพึงพอใจน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

8. ผลการวิจัย

8.1 การสร้าง และออกแบบเครื่องนวดตัวเครื่อง ภายนอกมีขนาด 60 x 100 x 160 เซนติเมตร ภาชนะใส่ผลมะนาวมีลักษณะทรงกลมคล้ายกะละมัง จำนวน 2 ชุด แต่ละชุดใส่ผลมะนาวได้ 30 ผล ขนาดผลมะนาว 1 ครั้ง จะได้ปริมาณมะนาว 60 ผล มีชุดกดผลมะนาวอยู่ด้านบนตัวเครื่อง วัสดุที่ใช้ประกอบเป็นสแตนเลส (SUS304) ใช้มอเตอร์ขนาด 0.75 kw 220 ACV มีระบบป้องกันการลัดวงจรไฟฟ้า และระบบควบคุมปิด-เปิด การทำงานของระบบไฟฟ้า และสามารถตั้งเวลานวดผลมะนาวได้ จาก การสร้าง และออกแบบเครื่องนวดผลมะนาวสามารถนวดลดความขมได้ตามความต้องการของวิสาหกิจชุมชน

8.2 ผลการนวดโดยใช้เครื่องนวดผลมะนาว ทดลอง จำนวน 3 ครั้ง ใช้ผลมะนาวจำนวน 30 ผลต่อการ ทดสอบ 1 ครั้ง รอบความเร็วที่เหมาะสมในการนวดผลมะนาวคือ 106 รอบ ทดสอบกับผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37-39 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 301 วินาที และมะนาวที่มีขนาด 40-42 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 363 วินาที ผลมะนาวที่นวดได้ตรงตาม

ความต้องการของชุมชน หลังจากการนวดผลมะนาวด้วย เครื่องนวดผลมะนาวผิวของผลมะนาวมีความสม่ำเสมอ ตรงกับความต้องการของวิสาหกิจชุมชน

ผลการนวดมะนาวโดยใช้แรงงานคน จำนวน 30 ผล ต่อครั้ง ซึ่งขนาดผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37-39 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาขนาดผลมะนาว 2,108 วินาที และขนาดผลมะนาวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-42 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาขนาดผลมะนาว 2,168 วินาที ซึ่งการใช้แรงงานคนนวด ผิวของผลมะนาวที่ได้จะ ไม่มีความสม่ำเสมอ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการนวดมะนาว 1 ครั้ง ได้มะนาว ที่ผ่านการนวด 30 ผล พบว่าการนวดด้วยเครื่องนวดที่ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ใช้เวลาน้อยกว่าการใช้แรงงานคน ดัง แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระยะเวลาการนวดด้วย เครื่อง นวดมะนาว เทียบกับการใช้แรงงานคน

ขนาดของผล มะนาว เส้นผ่าศูนย์กลาง	ระยะเวลาในการนวด (วินาที)	
	แรงงานคน	เครื่องนวด
37-39 มม.	2,108	301
40-42 มม.	2,168	363

8.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องนวดที่ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น เทียบกับการนวดด้วยแรงงานคน โดย พิจารณาปริมาณของผลมะนาวที่ผ่านการนวด พบว่า

8.3.1 เมื่อใช้แรงงานคน ต่อการนวด 1 ครั้ง ได้ ผลผลิต 30 ผล ระยะเวลาการนวดเฉลี่ย (2,108 + 2,168) / 2 เท่ากับ 2,135.5 วินาที หรือ 35.583 นาที นั่นคือ การนวดด้วยแรงงานคน 1 วัน (8 ชั่วโมง) จะได้ผลผลิต เท่ากับ (30 X 8 X 60) / 35.583 เท่ากับ 404.68 ผล ต่อ 1 วัน

8.3.2 เมื่อใช้เครื่องนวดที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ต่อ การนวด 1 ครั้ง จะได้ผลผลิต 30 ผล ระยะเวลาในการ นวดเฉลี่ย (301+363) / 2 เท่ากับ 332 วินาที หรือ 5.53 นาที นั่นคือการนวดด้วยเครื่อง 1 วัน (8 ชั่วโมง) จะได้ ผลผลิตเท่ากับ (30X8X60) / 5.53 เท่ากับ 2603.9 ผล ต่อ 1 วัน

8.3.3 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณผลการ นวดมะนาวต่อ 1 วัน พบว่า เครื่องนวดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถนวดผลมะนาวได้ผลผลิตมากกว่าการนวดที่ใช้

แรงงานคน เท่ากับ 6.4 เท่า (2,603.9/404.68 เท่ากับ 6.4)

8.4 เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายของวิสาหกิจชุมชน ต่อ 1 วัน โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้แรงงานคนกับการใช้เครื่องนวดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า การใช้แรงงานคน ต้องจ่ายค่าแรง วันละ 400 บาท ได้ผลกรมนวดมะนาว 404 ผล การใช้เครื่องนวดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ต้องจ่ายค่าแรงในการควบคุมเครื่อง วันละ 400 บาท และจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าประมาณวันละ 22.50 บาท รวมเป็นค่าใช้จ่าย 422.50 บาท ต่อวัน ได้ผลกรมนวดมะนาว 2,603 ผล จะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องนวดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้ผลผลิตมากกว่าการใช้แรงงานคน 6.4 เท่า จึงนับว่า เครื่องนวดผลมะนาวมีประสิทธิภาพในการใช้งานของวิสาหกิจชุมชนอยู่ในระดับสูง

8.5 การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดงบัง มีความพึงพอใจ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดงบัง ที่มีต่อเครื่องนวดผลมะนาว

ลำดับ	รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	มีความง่ายต่อการนำไปใช้ เครื่องจักร	4.73	0.27	มากที่สุด
2	มีประโยชน์ต่อวิสาหกิจชุมชน	5.00	0.00	มากที่สุด
3	มีกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับวิสาหกิจชุมชน	4.73	0.27	มากที่สุด
4	มีความปลอดภัยในการใช้งานต่อผู้ปฏิบัติงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
5	มีความง่ายในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	4.53	0.47	มากที่สุด
6	มีความสามารถแก้ไขปัญหในด้านการผลิตของวิสาหกิจชุมชน	4.67	0.52	มากที่สุด
7	มีสมรรถนะในการทำงานที่ตรงตามความต้องการของผู้ประกอบการ	5.00	0.00	มากที่สุด
8	มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานและขยายผลเชิงพาณิชย์	4.73	0.27	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.79	0.22	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 ความพึงพอใจของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดงบัง ที่มีต่อเครื่องนวดผลมะนาว มีความพึงพอใจอันดับ 1 มี 3 รายการ ได้แก่ รายการที่ 2 คือ มีประโยชน์ต่อวิสาหกิจชุมชน รายการที่ 4 มีความปลอดภัยในการใช้งานต่อผู้ปฏิบัติงาน และรายการที่ 7 มีสมรรถนะในการทำงานที่ตรงตามความต้องการของผู้ประกอบการ จะมีค่าเฉลี่ย 5.00 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด ความพึงพอใจอันดับที่ 2 มี 3 รายการ ได้แก่ รายการที่ 1 มีความง่ายต่อการนำไปใช้ เครื่องจักร รายการที่ 3 มีกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับวิสาหกิจชุมชน และรายการที่ 8 มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานและขยายผลเชิงพาณิชย์ จะมีคะแนนเฉลี่ย 4.73 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด และความพึงพอใจอันดับที่ 3 มี 1 รายการ ได้แก่ รายการที่ 6 มีความสามารถแก้ไขปัญหาในด้านการผลิตของวิสาหกิจชุมชน จะมีค่าเฉลี่ย 4.67 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยภาพรวมวิสาหกิจชุมชนมีความพึงพอใจมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยรวม (\bar{X}) = 4.79 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.22

9. สรุป และอภิปรายผล

9.1 การออกแบบสร้างเครื่องนวดมะนาวออกแบบให้มีภาชนะใส่ผลมะนาวมีลักษณะวงกลมจำนวน 2 ชุด สามารถนวดมะนาวได้ครั้งละ 60 ผล มีชุดกดผลมะนาวอยู่ด้านบนตัวเครื่อง จากการสร้างและออกแบบเครื่องนวดผลมะนาว สามารถนวดลดความขมได้ตามความต้องการของวิสาหกิจชุมชน

9.2 การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องนวดผลมะนาวเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องนวดผลมะนาว พบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ 106 รอบต่อนาที ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัย อรุษา และคณะ [3] และเครื่องนวดผลมะนาวสามารถนวดมะนาวได้เร็วกว่าแรงงานคน 6.4 เท่า ช่วยเพิ่มผลผลิตให้วิสาหกิจชุมชนได้ จากเดิมใช้แรงงานคนนวดได้ 404 ผล ต่อวัน เมื่อใช้เครื่องนวดผลมะนาวจะได้ปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 2,603 ผลต่อวัน และเกิดความสูญเสียของผลผลิตลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย จุฬารัตน์ [5]

9.3 ผลการประเมินพึงพอใจของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ดงบัง ที่มีต่อเครื่องนวดผลมะนาว

โดยภาพรวมวิสาหกิจชุมชนมีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม (\bar{X}) = 4.79 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
(S.D.) = 0.22

10. ข้อเสนอแนะในครั้งนี้อย่างไร

10.1 การนำเครื่องนวดผลมะนาว ไปใช้งานควร
ตรวจสอบ เครื่องก่อนใช้งานและหลังการใช้งานทุกครั้ง

10.2 ควรออกแบบพัฒนาเครื่องนวดผลมะนาว ให้มี
ความจุมากกว่าเดิม และควรหาวิธีการทดสอบการนวด
ผลมะนาวที่หลากหลาย

10.3 ควรออกแบบพัฒนาเครื่องนวดผลมะนาว
แบบต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] Herbal Medicine Database Faculty of
Pharmacy Ubon Ratchathani University,
[Online]. Available:
www.thaicrudedrug.com/mai
[n.php?action=viewpage&pid=105](http://www.thaicrudedrug.com/mai.n.php?action=viewpage&pid=105). [Accessed
12 December 2021].
- [2] S. Buathong, W. Imsabai and P. Chuenwarin,
"A Study on Harvesting Seasons and Different
Fruit Sizes on 'Pan Baan Phaeo' Lime Fruit
Qualities," *King Mongkut's Agricultural
Journal*, vol. 39, no. 3, pp. 190-197, 2021.
- [3] A. Donkot, W. Thannasuppanya and N.
Ariyajinno, Design and Development of
Coconut Choir Shredding Machine, Loei: Loei
Rajabhat University, 2021.
- [4] L. Saiyod and A. Saiyod, Educational Research
Techniques, Bangkok: Chomromdek, 1995.
- [5] J. Kaewsud, Production process improvement
by using lean concept: The Case of Gloves
Manufacturing in Songkhla, Songkhla: Prince
of Songkla University, 2019.