

การออกแบบและสร้างเครื่องบดละเอียดเปลือกหอยแมลงภู่ สำหรับกิจกรรมดินปั้นจากเปลือกหอยในการผลิตระดับวิสาหกิจชุมชน

กิตติรัตน์ รุ่งรัตนอุบล¹, ภัทรา ศรีสุข², อีรวรรณ ชื่นอัสดงคต³,

นฤมล เลิศคำฟู⁴, วรฉัตร อังคะหิรัญ⁵

1, 2, 3, 4, 5 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Email: kittirat.r@rbru.ac.th¹

Received: Aug 05, 2024

Revised: Sep 16, 2024

Accepted: Sep 19, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบดละเอียดเปลือกหอยสำหรับวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว จังหวัดตราด 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดละเอียดเปลือกหอย วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มจากศึกษาวิธีการทำผงเปลือกหอยแมลงภู่สำหรับทำดินปั้นจากเปลือกหอย ปริมาณการผลิต และความต้องการชุมชนต่อเครื่องบดเปลือกหอยจากสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว ด้วยวิธีการสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 3 คน ต่อมาทดสอบการบดเปลือกหอยแมลงภู่ด้วยครก ปริมาณ 50 กรัม 5 ซ้ำ ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องบดโดยใช้หลักการทางกายวิภาคศาสตร์และเครื่องบดแบบโรตารีที่มีเฟืองบดรูปทรงกรวยและสามารถปรับขนาดผงเปลือกหอย ผลการสัมภาษณ์พบว่าทางชุมชนใช้ครกหินตำเปลือกหอยให้เป็นผงและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 40 เมช โดยตำครั้งละประมาณ 50 กรัมต่อครก ชุมชนมีปริมาณการใช้ประมาณ 1-2 กิโลกรัมต่อเดือน จึงต้องการเครื่องบดเปลือกหอยที่ราคาไม่สูง เคลื่อนย้ายได้ง่าย ผู้สูงอายุสามารถใช้งานได้ ปลอดภัยและดูแลรักษาได้ง่าย ผลการทดสอบประสิทธิภาพในด้านร้อยละของน้ำหนักเปลือกหอยจากการตำด้วยครกและเครื่องบดเปลือกหอย คือ 92.63 และ 95.66 % ตามลำดับ และประสิทธิภาพด้านความสามารถในการทำงานจริงของแรงงานคนตำด้วยครกและเครื่องบดเปลือกหอย คือ 1.58 และ 8.59 กรัมต่อนาที โดยเครื่องบดเปลือกหอยที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง ไม่ต้องใช้ตะแกรงร่อน ลดการสูญหายของเปลือกหอย ลดเวลาในการเตรียมผงเปลือกหอยของชุมชน จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบดเปลือกหอยสำหรับการผลิตในระดับวิสาหกิจชุมชนได้

คำสำคัญ : เครื่องบดละเอียด, เปลือกหอยแมลงภู่, ดินปั้นจากเปลือกหอย, ประสิทธิภาพ

Design and Construction of Mussel Shell Fine Grinding Machine for Shell Clay Activity in Community Enterprise Production

**Kittirat Rungrattanaubol¹, Pathra Srisukho², Teerawat Chuenatsadongkot³,
Narumon Lertcumfu⁴, Worachat Angkahiran⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Faculty of Industrial Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

Email: kittirat.r@rbru.ac.th¹

Received: Aug 05, 2024

Revised: Sep 16, 2024

Accepted: Sep 19, 2024

Abstract

This research aimed to 1) design and construct a shell fine grinding machine for the Ban Nam-Chiew community tourism enterprise in Trat Province and 2) assess the machine's efficiency. The research methodology starts with the study on the shell from members of the Ban Nam-Chiew community tourism enterprise group by interviewing 3 specific sample groups. The interview topics include how to make the fine powders of mussel shells for shell clay activity, production volume, and community demand for shell grinding machines. Next, 50 g of bleached mussel shell grinding test via a mortar and repeated 5 times. Next, a prototype grinding machine was designed and built using the principles of anatomy and a gyratory crusher that uses conical grinding gears to adjust the size of the shell powder. The interview results showed that the community used stone mortars to grind shells into powder and sieve the shell powders through a 40 mash sieve, grinding ~50 grams each time. In addition, it was found that the community uses shell powder~ 1-2 kilograms per month. Thus, there is a need for a shell fine grinding machine that is not expensive, easy to move, can be used by the elderly, safe, and easy to maintain. The efficiency test results regarding the percentage of ground shell weight of the mortar and shell fine grinding machine were 92.63% and 95.66%, respectively. The actual working efficiency of the human using a mortar and fine grinding machine grinding were 1.58 and 8.59 g/min, respectively. Moreover, the shell fine grinding machine that was built can work continuously with no sieving method, reducing the loss of shell powder and reducing the time spent preparing shell powder in the community. Therefore, it can be applied to crush shells for production at the community enterprise level.

Keywords : Fine grinding machine, Mussel shell, Shell clay, Efficiency

วิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียวเป็นชุมชนท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมที่นำเสนอเรื่องราวของวิถีชีวิตชุมชนสองศาสนา สามวัฒนธรรม มีกิจกรรมท่องเที่ยวมากมาย ได้แก่ ชมสะพาน วัดใจ ลงดำน้ำชมหอยปากเปิด ชมสาธิตการทำอบไผ่จาก การทำข้าวเกรียบยาหน้า ชมรมสียัดมัสยิดอัลกุบรอ ล่องเรือเล็กชมวิถีชีวิตชาวประมง และกิจกรรมทำเครื่องประดับจากเปลือกหอย[1]

ในงานวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างเครื่องบดเปลือกหอย จากนั้นประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดละเอียดเปลือกหอย โดยมีแนวคิดใช้หลักการลดขนาดวัสดุแบบเฟืองบดทรงกรวย[4-6]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบดละเอียดเปลือกหอย สำหรับวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว จังหวัดตราด
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องบดละเอียดเปลือกหอย

การออกแบบและสร้างเครื่องบดเปลือกหอย
สำหรับวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว
จังหวัดตราด มีการศึกษาข้อมูลและกำหนดเกณฑ์
ในการออกแบบที่สำคัญดังนี้

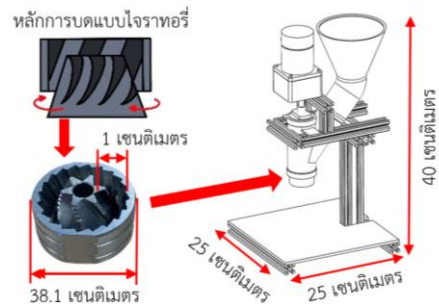
เก็บข้อมูลในด้านปริมาณการผลิตความต้องการของผู้ใช้งานและวิธีการ बदเปลี่ยนของชุมชน โดยกระบวนการการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 3 คน ประกอบด้วยหัวหน้ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว จังหวัดตราด จำนวน 1 คน และผู้ดำเนินการกิจกรรมงานหอยคราฟต์ จำนวน 2 คน ทำการเก็บข้อมูลของชุมชนด้วยวิธีการสัมภาษณ์ ในประเด็นของวิธีการ बदเปลี่ยนด้วยวิธีการทำด้วยครก

2. การทดสอบการตำด้วยครก

การทดสอบการตำด้วยครกเริ่มจากนำเปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านการฟอก (เพื่อกำจัดโปรตีนที่เปลือกนอก) จำนวน 5 ครั้ง ครึ่งละ 50 กรัม ทดสอบตำด้วยครกหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากครก 15 เซนติเมตร ความลึก 8 เซนติเมตร ทำให้เป็นผงละเอียด และใช้ตะแกรงร่อนผงขนาด 40 เมช (0.45 มิลลิเมตร) หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักผงเปลือกหอยที่ผ่านตะแกรงร่อน และบันทึกเวลาที่ใช้ในการตำเปลือกหอยจนได้ผงเปลือกหอยละเอียดที่สามารถนำไปใช้ได้

3. การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี

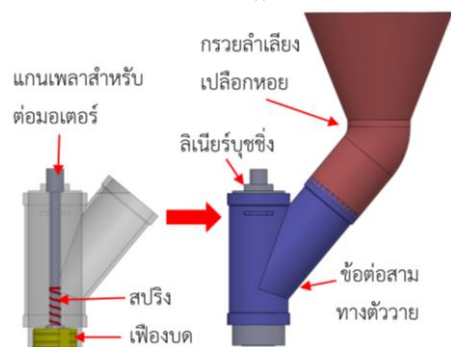
การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องบดเปลือกหอยจากหลักการบดที่ใช้เพื่องทรงกรวยบดแบบไจราทอรี (Gyratory crushers)[4] ที่ใช้การกำหนดขนาดของช่องว่างตามขนาดของวัสดุที่ต้องการบด และใช้เพื่องบดทรงกรวยแบบแกนหมุนแนวตั้งที่สามารถปรับระยะให้เคลื่อนที่ขึ้นลงได้ สำหรับกระบวนการบดหลักที่ทำหน้าที่บดอัดจากระยะของช่องว่างระหว่างแกนหมุนแนวตั้งกับส่วนที่อยู่คงที่ที่ติดตั้งไว้กับตัวเครื่อง และทำให้วัตถุลดขนาดได้จากกลไกการบดอัดและการขัดสี ซึ่งเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้เพื่องบดรูปทรงกรวยที่เป็นอะไหล่สำเร็จรูปเนื่องจากสามารถหาซื้อหรือเปลี่ยนได้ง่ายเมื่อเกิดการสึกหรอ



รูปที่ 1 แบบร่างเครื่องบดเปลือกหอยแบบ

จากรูปที่ 1 วัสดุสำหรับตัวเครื่องบดและโครงขาตั้งเป็นวัสดุสแตนเลสและอะลูมิเนียมตามลำดับ โดยพิจารณาหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ข้อ[7] ในส่วนการกำหนดขนาดของเครื่องบดเปลือกหอยพิจารณาด้วยหลักการทางกายวิภาค [8], [9] อีกทั้งอ้างอิงผลงานวิจัยของวรรณิศา นุชคุ้ม[10] สำหรับการออกแบบขนาดของเครื่องบดเปลือกหอย ที่กำหนดให้มีความสูงไม่เกิน 40 เซนติเมตร และได้ทำการร่างแบบ โดยให้เครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรีมีขนาด 25 x 25 x 40 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง)

ส่วนของเพื่องบดทรงกรวยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร และระยะในการบดบดของเพื่องเท่ากับ 1 เซนติเมตร โดยวัดระยะจากพื้นบดทรงกรวยด้านบน กับพื้นบดของขอบวงกลมด้านใน ส่วนถัดมาโครงของเครื่องบดเปลือกหอย ใช้ท่อสแตนเลสที่เป็นข้อต่อสามทางตัววาย (ชิ้นส่วนสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 2) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร (1 นิ้วครึ่ง) และแกนที่ยื่นออกมาทำมุม 45 องศา โดยภายในท่อที่เป็นข้อต่อสามทางตัววาย มีแกนเพลานขนาด 0.8 เซนติเมตร สวมด้วยสปริงและเพื่องบด มิลิเนียร์ บุชซึ่งคอยาวยึดกับข้อต่อสามทางตัววายเพื่อประกอบเพื่องบดในการหมุน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หลักการออกแบบเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรีตันแบบ

ในรูปที่ 2 จากแกนข้อต่อสามทางรูปตัววาย ที่เอียง 45 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับกรวยลดขนาดที่เป็นช่องทางเข้าของเปลือกหอย โดยมีปากกรวยมีขนาด 12.7 เซนติเมตร (5 นิ้ว) (ชิ้นส่วนสีแดงดังรูปที่ 2)

การออกแบบขนาดของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับลดขนาดเปลือกหอย ด้วยการวิเคราะห์หลักการทางทฤษฎีลดขนาดและสมการของบอนด์ (Bond's equation) ดังสมการที่ (1) สำหรับการบดแบบแห้ง [5]

$$P = \left(\frac{4}{3} \times 36 \cdot W_i \cdot m \left(\frac{1}{\sqrt{D_{b2}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{b1}}} \right) \right) \quad (1)$$

โดย P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

W_i = ระยะเวลาที่ต้องการ (กิโลกรัมต่อวินาที)

m = ค่าวัสดุเลือกใช้เป็นหินปูน (Limestone)

เท่ากับ 12.74

D_{b2} = ขนาดก่อนบด (เมตร)

D_{b1} = ขนาดหลังบด (เมตร)

4. การทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี

ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี โดยขนาดของผงเปลือกหอยที่ได้หลังการบดต้องมีขนาดที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ คือมีขนาดร่อนผ่านตะแกรง 40 เมช ได้ โดยเริ่มจากบดหยาบด้วยครก เพื่อควบคุมขนาดของเปลือกหอยที่นำมาบด และในระหว่างการทำงานของเครื่องบด เครื่องต้องไม่สะดุดหรือเกิดการขัดข้องในการทำงาน แต่ถ้าเกิดการขัดข้องให้ดำเนินการปรับแก้ไข ให้สามารถทำงานได้

5. การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี และการเปรียบเทียบกับกรบที่ใช้การตำด้วยครก

ทำการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการบดเปลือกหอย น้ำหนักเปลือกหอยก่อนบด (โดยเริ่มบันทึกผลตั้งแต่กระบวนการบดหยาบด้วยครก) และหลังบดของวิธีการบดด้วยเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี และเปรียบเทียบกับวิธีการตำด้วยครก โดยทำการเก็บข้อมูลของของการทดสอบ 5 ชั่วโมง ซึ่งแต่ละครั้งใช้เปลือกหอยในการทดสอบ 50 ± 0.2 กรัม ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพสามารถแสดงในส่วนของร้อยละของน้ำหนักเปลือกหอยบด และความสามารถในการทำงานจริงของการบด[11], [12] ดังสมการที่ (2) และ (3) ต่อไปนี้

$$C_t = \frac{W_1}{W} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ C_t = ร้อยละบดเปลือกหอย (%)

W_1 = น้ำหนักเปลือกหอยหลังบด (กรัม)

W = น้ำหนักเปลือกหอยทั้งหมด (กรัม)

$$C_a = \frac{W_1}{T} \quad (3)$$

เมื่อ C_a = ความสามารถในการทำงานจริง
(กรัมต่อนาที)

W_1 = น้ำหนักเปลือกหอยหลังบด (กรัม)

T = เวลาในการทำงานทั้งหมด (นาท)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาข้อมูลการใช้งานเปลือกหอย

จากการสัมภาษณ์พบว่าการทำงานเปลือกหอยแมลงภู่ของชุมชน โดยใช้ครกหินตำเปลือกหอยให้เป็นผงละเอียด ด้วยการตำครั้งละประมาณ 50 กรัม ซึ่งในการตำต้องทยอยร่อนด้วยตะแกรงขนาด 40 เมช เนื่องจากครกมีลักษณะโค้งส่งผลให้ตำเปลือกหอยได้ไม่ทั่วถึง จึงต้องตักผงเปลือกหอยบางส่วนมาร่อนตะแกรงสลับกับการตำ ประมาณ 4-5 ครั้งโดยเฉลี่ย โดยผงเปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านตะแกรงร่อนมีลักษณะเป็นผงละเอียดที่ยังคงมีความวาวแบบมุก

นอกจากนั้นแล้วปริมาณการใช้งานเปลือกหอยบดในกิจกรรมดินปั้นจากเปลือกหอยของวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว มีปริมาณการเตรียมดินปั้นจากเปลือกหอยสำหรับเตรียมให้กับผู้เข้าร่วมทำกิจกรรม 10-15 คน คือ 100 กรัม ต้องใช้เปลือกหอยแมลงภู่บดปริมาณ 70 กรัม เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าใน 1 เดือนจะใช้เปลือกหอยบดประมาณ 1-2 กิโลกรัม โดยผงเปลือกหอยแมลงภู่ 1 กิโลกรัมใช้เวลาในการตำประมาณ 1-2 วัน เนื่องจากเกิดความเมื่อยล้าจากกระบวนการทำ จึงจำเป็นต้องใช้เวลานาน ดังนั้นชุมชนจึงมีต้องการเครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่ที่ราคาไม่สูงมาก เคลื่อนย้ายได้ง่าย ผู้สูงอายุสามารถใช้งานได้ โดยเฉพาะผู้หญิง มีความปลอดภัย และสามารถดูแลรักษาทำความสะอาดทำได้ง่าย ใช้เวลาในการทำงานน้อยลง

2. ผลการทดสอบการตำด้วยครก

ผลการทดสอบการตำเปลือกหอยแมลงภู่ให้เป็นผงละเอียดด้วยครก พบว่าน้ำหนักเปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านตะแกรงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.38 ± 0.61 กรัม น้ำหนักที่สูญหายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.68 ± 0.65 กรัม และเวลาที่ใช้ในการตำทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.33 ± 3.00 นาที ซึ่งในกระบวนการตำด้วยครกมีการสูญหายของเศษเปลือกหอย เนื่องจากในขณะตำมีเศษเปลือกหอยกระเด็นออกมาบางส่วน และเกิดการสูญหายของผงเปลือกหอยขณะร่อนตะแกรง นอกจากนั้นแล้วยังมีเศษผงเปลือกหอยบางส่วนติดอยู่ในครกแสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการตำด้วยครก

ครั้งที่	น้ำหนักเปลือกหอยแมลงภู่ (กรัม)			เวลาที่ใช้ (นาท)
	ก่อนตำ	หลังตำ	สูญหาย	
1	49.98	47.33	2.65	28.42
2	50.12	46.55	3.57	32.23
3	50.03	46.3	3.73	30.18
4	50.09	45.74	4.35	24.58
5	50.11	46.00	4.11	31.22
$\bar{x}$	50.07	46.38	3.68	29.33
S.D.	0.06	0.61	0.65	3.00

3. ผลการสร้างเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี

เครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรีต้นแบบที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ มีตัวเครื่องบดที่มีโครงสร้างเป็นสแตนเลสประกอบติดกับฐานและขาตั้งที่เป็นอะลูมิเนียม เพื่อป้องกันการเกิดสนิมที่ตัวเครื่องสามารถทำความสะอาดได้ง่าย และมีน้ำหนักเบา โดยมีเงื่อนไขในการออกแบบคือ ใช้หลักการบดแบบไจราทอรี ขนาดของตัวเครื่องรวมฐานและขาตั้งมีขนาด $25 \times 25 \times 40$ เซนติเมตร มาจากแบบจำลองสัดส่วนร่างกายและขอบเขตการเอื้อมถึงของผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ที่พบว่ามีค่าเฉลี่ยความยาวแขนเท่ากับ 40.53 เซนติเมตร

[10] โดยการลำเลียงเปลือกหอยที่มีขนาดไม่เกิน 10 มิลลิเมตร เข้าทางส่วนบนของตัวเครื่องบดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกรวยเท่ากับ 12.7 เซนติเมตร ต่อเข้ากับท่อข้อต่อสามทางตัววอยที่มีเอียงทำมุม 45 องศา และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร ซึ่งปลายท่อด้านล่างต่อเข้ากับเฟืองบดทรงกรวยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ใช้การขับเคลื่อนเฟืองบดด้วยมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องต้นแบบเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี

ผลการหาขนาดของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับลดขนาดเปลือกหอย สำหรับการบดแบบแห้ง ที่มีขนาดของเปลือกหอยแมลงภู่ก่อนบดและหลังบดเท่ากับ 10 และ 0.45 มิลลิเมตร ตามลำดับ และระยะเวลาที่ต้องการใช้ในการผลิต เท่ากับ 125 กรัมต่อชั่วโมง ผลการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ในหน่วยวัตต์ในทางทฤษฎีจากสมการที่ (1) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.79 วัตต์ และกำลังที่แท้จริงของการหาขนาดของมอเตอร์สำหรับใช้งานจริงใช้ค่าที่มากที่สุดที่ 20 เท่าของค่าที่ได้จากทฤษฎี[4] พบว่ามีค่าเท่ากับ 15.80 วัตต์ ดังนั้น ขนาดของมอเตอร์ที่เลือกนำมาใช้งานในงานวิจัยนี้จากภาวะที่ความเหมาะสมของขนาดมอเตอร์ที่เลือกใช้ใน

การทำงานจริงอยู่ที่ 80 % จึงมีค่าเท่ากับ 19.75 วัตต์ หรือประมาณ 20 วัตต์

4. ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี

ผลของการบดหยาบเปลือกหอยก่อนเข้าเครื่องบด พบว่าที่ระยะการปรับช่องเฟืองบดที่การหมุนปรับระยะเฟืองบด 2 รอบจากจุดเริ่มต้นเพื่อให้ได้ขนาดของผงเปลือกหอยตรงตามความต้องการ เปลือกหอยก่อนบดที่มีขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตร เครื่องบดไม่สามารถทำการบดเปลือกหอยได้และเปลือกหอยเหล่านี้จะติดอยู่ภายในเครื่องบด ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเตรียมเปลือกหอยและการทดสอบบดด้วยเครื่องแบบไจราทอรี

ส่วนเปลือกหอยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิเมตร สามารถทำการบดผ่านไปได้ ดังนั้นเปลือกหอยก่อนบดควรมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เครื่องบดจึงจะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

5. ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี และการเปรียบเทียบกับการบดที่ใช้การตำด้วยครก

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการบดเปลือกหอยด้วยเครื่องบดแบบไจราทอรี โดยเปลือกหอยต้องผ่านกระบวนการบดหยาบให้มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี ได้เริ่มทำการบันทึกน้ำหนักเปลือกหอยก่อนบดและเริ่มจับเวลาในการทำงาน ตั้งแต่เริ่มกระบวนการบดหยาบ เพื่อเตรียมความพร้อมของเปลือกหอยก่อนนำเข้าเครื่องบด ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2

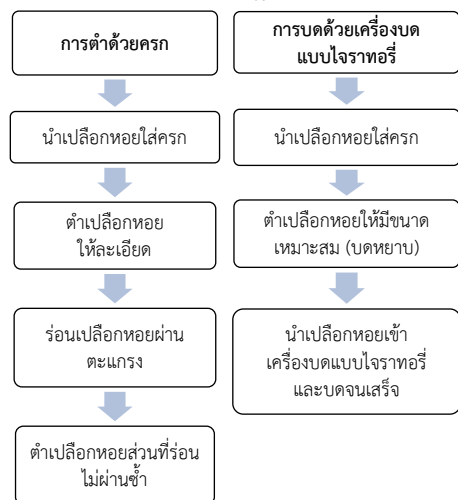
โดยในกระบวนการเตรียมเปลือกหอยแบบหยาบ ด้วยการตำด้วยครก พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก

เปลือกหอยแมลงภู่หลังบดหยาบมีค่าเท่ากับ 49.69 ± 0.14 กรัม น้ำหนักของเปลือกหอยแมลงภู่ที่เกิดการสูญหายในระหว่างการตำ เท่ากับ 0.36 ± 0.08 กรัม และใช้เวลาในการบดเปลือกหอยแบบหยาบ เท่ากับ 0.17 ± 0.01 นาที ต่อมาในกระบวนการบดด้วยเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี พบว่าค่าเฉลี่ยของ น้ำหนักเปลือกหอยแมลงภู่หลังบดละเอียดมีค่าเท่ากับ 47.87 ± 0.68 กรัม น้ำหนักของเปลือกหอยแมลงภู่ที่เกิดการสูญหายในระหว่างการการบด เท่ากับ 1.81 ± 0.61 กรัม และใช้เวลาในการบดละเอียด เท่ากับ 5.40 ± 1.31 นาที ซึ่งเมื่อรวมเวลารวมที่ใช้ทั้งกระบวนการสำหรับการบดเปลือกหอยด้วยวิธีนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.57 ± 1.18 นาที

ตารางที่ 2 ผลทดลองการหาระยะเวลาและน้ำหนักที่ได้จากการเครื่องบดแบบไจราทอรี

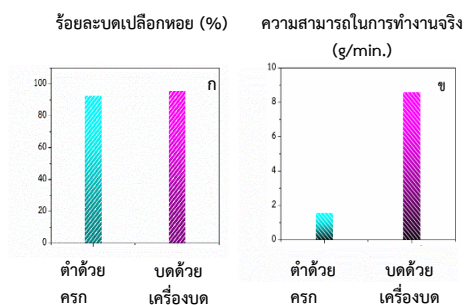
ครั้งที่	การเตรียมเปลือกหอยขั้นแรก				การบดเปลือกหอยด้วยเครื่องบด				เวลาทดสอบรวม (นาที)
	น้ำหนักก่อนตำ (กรัม)	น้ำหนักหลังตำ (กรัม)	น้ำหนักสูญหาย (กรัม)	เวลาที่ใช้นาที	น้ำหนักก่อนบด (กรัม)	น้ำหนักหลังบด (กรัม)	น้ำหนักสูญหาย (กรัม)	เวลาที่ใช้นาที	
1	50.18	49.86	0.32	0.16	49.86	48.12	1.74	6.36	6.52
2	50	49.63	0.37	0.18	49.63	48.31	1.32	7.23	7.41
3	50.01	49.58	0.43	0.18	49.58	46.72	2.86	4.56	5.14
4	49.97	49.54	0.43	0.16	49.54	47.83	1.71	4.48	5.04
5	50.06	49.82	0.24	0.19	49.82	48.39	1.43	4.38	4.57
$\bar{x}$	50.04	49.69	0.36	0.17	49.69	47.87	1.81	5.40	5.57
S.D.	0.08	0.14	0.08	0.01	0.14	0.68	0.61	1.31	1.18

การเปรียบเทียบกระบวนการทำงานของการบดสองแบบ พบว่าการใช้งานเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี ส่งผลให้ทำให้กระบวนการบดต่างไปจากวิธีการตำด้วยครกแบบเดิมคือสามารถลดกระบวนการร่อนในระหว่างกวนการตำได้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เปรียบเทียบขั้นตอนการบดระหว่างการตำด้วยครกกับการบดด้วยเครื่องบดแบบไจราทอรี

ผลของการหาค่าประสิทธิภาพของการตำด้วยครกและการบดด้วยเครื่องบดในส่วนของร้อยละของน้ำหนักเปลือกหอยบด และความสามารถในการทำงานจริงของการบด จากสมการที่ (2) และ (3) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานระหว่างการบดด้วยครก กับการบดด้วยเครื่องบดแบบไจราทอรี

- ก. ร้อยละการบดเปลือกหอย
- ข. ความสามารถในการทำงานจริง

พบว่าค่าร้อยละของการบดเปลือกหอยของวิธีการตำด้วยครกและวิธีการบดด้วยเครื่องบด

เปลือกหอยแบบไจราทอรี มีค่าร้อยละเท่ากับ 92.63 และ 95.66 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในด้านปริมาณของเปลือกหอยละเอียดที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในทางกลับกันประสิทธิภาพในด้านของเวลาที่ใช้ในการบดเปลือกหอยของวิธีการตำด้วยครกและวิธีการบดด้วยเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรีมีค่า 1.58 และ 8.59 กรัมต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรีมีประสิทธิภาพในด้านของเวลาที่มากกว่า และสามารถประหยัดเวลาในการทำงานได้มากกว่าวิธีการตำด้วยครก

สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องบดเปลือกหอย สำหรับการเตรียมผงเปลือกหอยบดละเอียด เพื่อใช้ในกิจกรรมการทำเครื่องประดับดินปั้นจากเปลือกหอยแมลงภู่ (หอยคราฟต์) เครื่องบดที่ได้ มีขนาดอยู่ในระยะการเอื้อมถึงของผู้สูงอายุ ที่ 25 x 25 x 40 เซนติเมตร ที่ทำให้ผู้สูงอายุใช้งานได้สะดวก อีกทั้งหลักการบดแบบไจราทอรีสามารถปรับระยะห่างของกรวยบดได้ง่าย ทำให้ปรับขนาดของผงเปลือกหอยได้ตามต้องการ ส่งผลให้ช่วยลดกระบวนการที่ต้องเสียเวลาในการร่อน ผ่านกระชอน และลดการบดซ้ำได้หลายรอบ จึงได้เวลาในการบดเปลือกหอยที่ดีขึ้น สอดคล้องกับงานของประภัสสร และคณะ[13] ที่ปรับปรุงเครื่องมือการผลิตแล้วทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพและเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง

โดยค่าร้อยละการบดเปลือกหอย ทั้งแบบวิธีตำด้วยครกและแบบบดด้วยเครื่องบดเปลือกหอย มีความสามารถใกล้เคียงกันที่ร้อยละ 92.63 และ 95.66 ตามลำดับ อีกทั้งวิธีการตำด้วยครกและแบบบดด้วยเครื่องบด

เปลือกหอยแบบไจราทอรี มีระยะเวลาที่ต่างกันมากถึง 1.58 และ 8.59 กรัมต่อนาที และเป็นที่พอใจอย่างมากสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว จังหวัดตราด ซึ่งเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรีจากงานวิจัยนี้มีต้นทุนในการผลิตประมาณ 5,000 บาท ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องบดเปลือกหอยขายในท้องตลาดที่สามารถปรับขนาดความละเอียดของผงเปลือกหอยได้ และเครื่องบดเปลือกหอยที่มีขายยังไม่เหมาะสมสำหรับงานเครื่องประดับสำหรับกิจกรรมของวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว ส่วนมากเป็นเครื่องบดขนาดใหญ่ มีราคาสูง ใช้บดละเอียดสำหรับงานเครื่องสำอาง[14], [15] เป็นต้น

ทั้งนี้หากสามารถพัฒนาเครื่องบดเปลือกหอยโดยลดขั้นตอนการตำหยาบก่อนใส่เครื่องบดเพื่อลดเวลาในการทำงาน จึงอาจเป็นแนวทางในการต่อยอดเครื่องบดเปลือกหอยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณทางมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่มอบทุนอุดหนุนการวิจัยเงินบกองทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2566 และขอขอบคุณ ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเขียว จังหวัดตราด ที่สนับสนุนเปลือกหอยแมลงภู่สำหรับใช้ทดลองและทดสอบ จนพัฒนาเป็นเครื่องบดเปลือกหอยสำเร็จจุล่ง

References

[1] Tourism Authority of Thailand (TAT.). "Tourism Community Enterprises Ban Nam Chiew," Amazing Thailand. Accessed: Aug. 3, 2024. [Online]. Available: <https://url.in.th/Azhak>

[2] University to Tambon (U2T.). *Developing community products from shell waste*. Accessed: Aug. 3, 2024. [Online] . Available: <https://u2trbru.rbru.ac.th/blog/296>

[3] P. Srisukho, K. Rungrattanaubol, N. Lertcumfu, P. Pimki and S. Panyata, "The development of crushed mussel shell jewelry clay at ban nam chiew tourism community enterprise in trat province," *Academic Journal: Uttaradit Rajabhat University Science and Technology*, 2023, vol. 18, no. 2, pp. 75-84, July-December.

[4] M. Abadir, "Unit Operations Chapter 4: Size reduction," Cairo University Scholars. Accessed: Jun. 25, 2023. [online]. Available: https://scholar.cu.edu.eg/?q=magdi/files/chapter_4_updated.pdf

[5] Savree, "Gyratory Crushers Explained," Accessed: Aug. 3, 2024, [Online]. Available: <https://savree.com/en/encyclopedia/gyratory-crusher>

[6] R. Pothina, V. Kecojevic and M. S. Klima, "A Gyratory Crusher Model and Impact Parameters Related to Energy Consumption," *Minerals & Metallurgical Processing*, vol. 24, no. 3, pp. 170-180, August. 2007.

- [7] T. Keawpan, S. Itsaranuwat and J. Plangnok “Principles and concepts in product design,” *Journal of Humanities and Social Sciences Surin Sajabhat Sniversity*, vol. 22, no. 2, pp. 161-182, July-December. 2020.
- [8] M. S. Sanders and E. J. McCormick, *Human factors in engineering and design*. New York: McGraw-Hill, 1993.
- [9] D. B. Chaffin, J. J. Faraway, X. Zhang and C. Woolley, “Stature, Age, and Gender Effects on Reach Motion Postures,” *Human Factors*. vol.42, no 3, pp. 408-420, February. 2000,
- [10] W. Nutkhum, “Anthropometric Modeling and Reach Envelope of The Elderly,” *Ph.D. Industrial Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima*, Thailand, 2017.
- [11] P. Surin, C. Kanta, W. Marvilat, Y. Khanthakaew and M. jaikampun, “Development of a Crushing Bamboo Shoots Machine,” *Vocational Education Innovation and Research Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 30-36, July-December. 2022.
- [12] N. Luengpipatsom, “Development of Animal Feed Shredding and Compressing Machines,” *M. Eng. Thesis, Agricultural Machinery Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand*, 2018.
- [13] P. Tantiphanwadi et al., “Production Improvement Steps: Lean, Six Sigma and Lean Automation,” *Naresuan University Engineering Journal*, vol. 15, no. 2, pp. 47-64, July-December. 2020.
- [14] Phuket Rajabhat University, “Oyster Shell Grinding Mill Machine,” PR pkru Accessed: Aug. 27, 2024. [Online]. Available: <https://www.pkru.ac.th/th/scoop/2084-pkru-scoop-5-jan-2020>
- [15] Brightsail, “Seashell Grinding Machine Seashell Powder Making Machine supplier,” Accessed: Aug. 27, 2024. [Online]. Available: <https://www.brspowder.com/products-detail-239505>