บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้วิธีดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ คือ ออกแบบและสร้างเครื่องบดเปลือกหอย สำหรับวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเชี่ยว โดยเครื่องต้นแบบนี้ศึกษาในเรื่องของ ปริมาณการผลิตและใช้งานในแต่ละครั้งของชุมชน เพื่อนำมาออกแบบหลักการของเครื่องบด ตลอดจนวิธีการ ที่สามารถมีกำลังผลิตได้ตรงตามความต้องการของชุมชน และได้ผลการทดลอง ดังนี้

1. ผลการศึกษาปริมาณการผลิตและใช้งานในแต่ละครั้งของชุมชน

คณะผู้วิจัยสร้างแบบสัมภาษณ์และขอรับการพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อเข้าไปสัมภาษณ์ ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยว บ้านน้ำเชี่ยว จังหวัดตราดที่มีความสนใจเข้าร่วมออกแบบและสร้างเครื่องบดเปลือกหอยตั้งแต่เริ่มเขียนโครงการวิจัย จำนวน 1 คน และสุ่มตัวแทนที่ทำกิจกรรมดินปั้นจากเปลือกหอย จำนวน 2 คน สำหรับหาแนวทางการออกแบบและสร้างเครื่องบดเปลือกหอยสำหรับวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเชี่ยวจังหวัดตราด ซึ่งแบบสัมภาษณ์ควรประกอบด้วย 3 หัวข้อหลัก คือ กระบวนการในการผลิตดินปั้นจากเปลือกหอย, เรื่องหลักการของเครื่องบดเปลือกหอย ตลอดจนวิธีการที่สามารถมีกำลังผลิตได้ตรงตามความต้องการของวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเชี่ยว จังหวัดตราด และข้อเสนอแนะอื่น ๆ ดังนี้

หัวข้อที่ 1 เรื่องกระบวนการในการผลิตดินปั้นจากเปลือกหอย

1. กระบวนการทำดินปั้นจากเปลือกหอย มีส่วนผสมหลักในการทำดินปั้นจากเปลือกหอยประกอบได้ด้วย แป้งข้าวเหนียว กาวลาแท็กซ์ เบบี้ออยล์ สารกันบูด และเปลือกหอยบดละเอียด โดยเปลือกหอยที่นำมาใช้ต้องนำเปลือกหอยแมลงภู่ไปทำความสะอาดล้างน้ำสะอาด และแช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซต์ความเข้มข้น 50% เพื่อฟอกสีเปลือกหอยและเอาเนื้อเยื่อต่าง ๆ ออกให้หมดทิ้งไว้ 2 อาทิตย์ หรือสีเปลือกหอยแมลงภู่เป็นสีขาวทั้งหมด จากนั้นนำเปลือกหอยแมลงภู่มาบดกับครกให้ละเอียด และนำไปร่อนผ่านกระชอนตาละเอียดจนมีลักษณะคล้ายผงแป้งจึงนำมาใช้ทำเป็นดินปั้น เมื่อได้ส่วนผสมครบแล้วเตรียมส่วนผสมชั่งตามสูตรลงไปผสมให้เข้ากันนำพลาสติกห่ออาหารมาคุลมไม่ได้อากาศเข้าทิ้งไว้ 1 คืนจากนั้นจึงนำไปใช้ได้

2. ปริมาณเปลือกหอยที่วิสาหกิจชุมชนและกระบวนการในการบดเปลือกหอยใช้ในการผลิตต่อครั้ง 1 สูตร คือ 100 กรัม ใช้เปลือกหอยแมลงภู่บดประมาณ 30-40 กรัม จำนวนในการผลิตไม่แน่นอนแล้วแต่นักท่องเที่ยวที่มา และการออกบูทจำหน่าย

3. ชนิดของเปลือกหอยที่ใช้และลักษณะของเปลือกหอยบดที่ต้องการ คือ เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกหอยเชลล์ ลักษณะเปลือกหอยบดที่ต้องการมีลักษณะละเอียดคล้ายผงแป้ง

4. เวลาและกำลังคนที่ใช้เตรียมเปลือกหอยบด ตำเปลือกหอย 1 วันได้ประมาณ 1 กิโลกรัม กำลังคนที่ใช้ประมาณ 1-2 คน

5. ค่าใช้จ่ายในการทำดินปั้นจากเปลือกหอย ราคาขายผลิตภัณฑ์หรือกิจกรรมหอยคราฟต์ คิดเป็นราคาขายผลิตภัณฑ์เมื่อสำเร็จเครื่องประดับ ต่างหู กิ๊บติดผม ราคาขายประมาณ 59- 69 บาท ต้นทุนประมาณ 20-30 บาท ถ้าเป็นกิจกรรมการทำเครื่องประดับกิ๊บติดผมในแพ็คเกจท่องเที่ยว คิดราคาคนละ 50 บาท ต้นทุนประมาณ 20 บาทต่อคน

หัวข้อที่ 2 เรื่องหลักการของเครื่องบดเปลือกหอย ตลอดจนวิธีการที่สามารถมีกำลังผลิตได้ตรงตาม ความต้องการของวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวบ้านน้ำเชี่ยว จังหวัดตราด

1. วิสาหกิจชุมชนต้องการเครื่องบดเปลือกหอยที่มีขนาดเล็ก สามารถบดได้รวดเร็ว ได้เปลือกหอยบดที่มีความละเอียด ใช้งานได้ง่าย ดูแลรักษาได้ง่ายและมีความปลอดภัย

2. เวลาและปริมาณที่ต้องการในการบดเปลือกหอย ขอปริมาณบดเปลือกหอยต่อครั้ง ประมาณ 100-300 กรัม เวลาในการบดยิ่งเร็วยิ่งดีขอเพียงให้เร็วกว่าที่ทำอยู่ เนื่องจากใช้ครกตำ ใช้เวลานาน ใช้แรงมาก และมีเศษกระเด็นออกระหว่างการตำ

3. การเคลื่อนย้าย การดูแลรักษา การทำความสะอาด สามารถยกเคลื่อนย้ายได้ด้วยคน คนเดียว การดูแลรักษาง่าย การเก็บรักษา การถอดทำความสะอาดได้ง่ายและต้องมีความปลอดภัยต่อ ผู้ใช้งาน

หัวข้อที่ 3 เรื่องข้อเสนอแนะอื่น ๆ (ถ้ามี)

ขอต้นทุนในการผลิตเครื่องบดเปลือกหอยราคาไม่สูงมาก

สามารถบรรยายสรุปในแต่ละข้อคำถามได้ใจความดังนี้ ชุมชนต้องการเครื่องบดเปลือกหอยที่ ต้นทุนในการผลิตเครื่องบดเปลือกหอยราคาไม่สูงมาก สามารถยกเคลื่อนย้ายได้ด้วยคนคนเดียว การดูแลรักษาง่าย การเก็บรักษา การถอดทำความสะอาดได้ง่ายและต้องมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ปริมาณบดเปลือกหอยแมลงภู่ต่อครั้งประมาณ 30-40 กรัมหรือมากกว่า และเวลาในการบดยิ่งเร็วยิ่งดี

2. ผลการศึกษาหลักการของเครื่องบด ตลอดจนวิธีการ ที่สามารถมีกำลังผลิตได้ตรงตามความต้องการของชุมชน

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาปริมาณการผลิตและใช้งานในแต่ละครั้งของชุมชน มาหาหลักการของเครื่องบดและทดสอบหลักการเบื้องต้น โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองตำด้วยครกและร่อนผ่านกระชอนตามรูปแบบของชุมชนที่ปริมาณ 50 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ใส่ใน 1 ครกและตำได้กำลังดี ไม่ล้นหรือต้องระวังการกระเด็นมากเกินไป จากนั้นทดลองจับเวลาบันทึกผล และบันทึกอื่น ๆ ที่ได้ผ่านการสังเกตพฤติกรรม

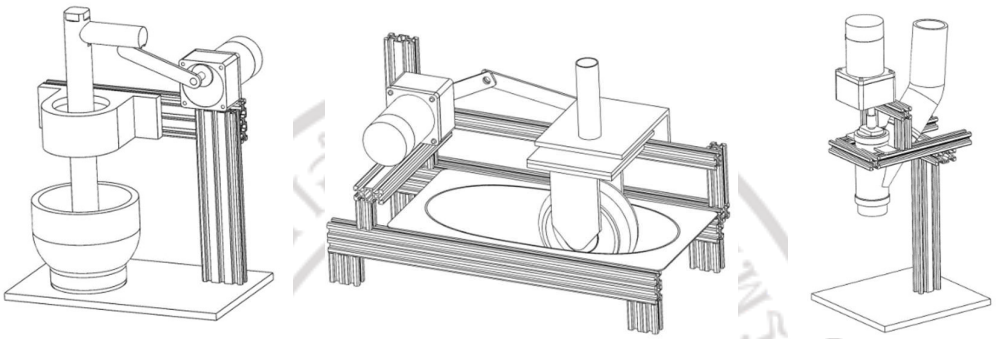
ตารางที่ 4.1 ผลทดลองตำด้วยครกที่เปลือกหอยแมลงภู่ 50.16 กรัม

ครั้งที่	กระบวนการ	เวลา (นาที)	น้ำหนักเปลือกหอยที่ร่อนผ่านกระชอนได้ (กรัม)	หมายเหตุ
1	ตำด้วยครก	4.06		ค่อยๆ ตำเพราะเปลือกหอยแตกและกระเด็นในช่วง 1 นาทีแรก
	ร่อนผ่านกระชอน	1.30	12.97	
2	ตำด้วยครก	4.03		
	ร่อนผ่านกระชอน	1.38	13.86	
3	ตำด้วยครก	3.34		มีการตำและถูไปกับครก เริ่มล้าและสลับมือ
	ร่อนผ่านกระชอน	1.32	11.29	
4	ตำด้วยครก	2.57		
	ร่อนผ่านกระชอน	1.18	6.39	
5	ตำด้วยครก	2.56		
	ร่อนผ่านกระชอน	1.36	3.59	
	เหลือเศษที่ร่อนกระชอนไม่ผ่าน		0.82	มีเศษเปลือกหอยสูญหายระหว่างการร่อนและตำ 1.24 กรัม
	ผลรวม	23.10	48.92	

จากตารางที่ 4.1 ผู้วิจัยได้ทดลองตำเปลือกหอยแมลงภู่ด้วยครกแล้วสังเกตพฤติกรรมต่าง ๆ โดยใช้เปลือกหอยแมลงภู่ 50.16 กรัม ใส่ในครกแล้วทดลองตำ พบสิ่งที่เกิดขึ้นคือเศษเปลือกหอยมีการแตกและกระเด็นมากในช่วงประมาณ 1 นาทีแรก จากนั้นเมื่อผ่านไปประมาณ 10 นาที เริ่มมีการล้าของมือและแขน สังเกตจากการสลับมือที่ใช้ในการถือสากตำ ซึ่งผู้ตำยังคงทำการตำไปเรื่อย ๆ และมองที่เปลือกหอยที่ถูกตำเริ่มมีขนาดเล็กและดูเท่า ๆ กัน จึงหยุดแล้วนำมาร่อนผ่านกระชอน ซึ่งในการทดลองนี้ผู้ตำหยุดตำและร่อนผ่านกระชอน 5 ครั้ง ได้ผลคือใช้เวลารวมทั้งสิ้น 23.10 นาที มีเศษที่สูญหายระหว่างการทดลองตำทั้งสิ้น 1.24 กรัม ทั้งนี้กระชอนร่อนที่ชุมชนใช้มีขนาดอยู่ที่ 40 mash หรือ 0.45 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

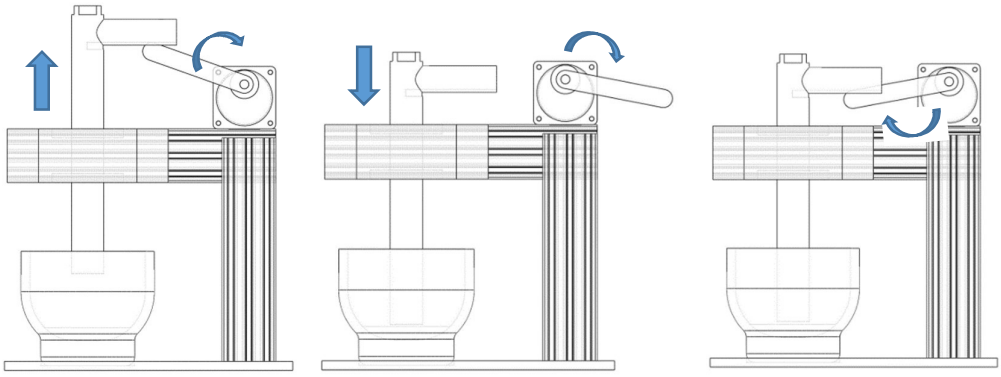
จากการทดลองเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงได้ทดลองทำการร่างแบบเครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่มา 3 แบบ 3 หลักการ ดังภาพที่ 4.1 ดังนี้



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4.1 แบบร่างเครื่องบดเปลือกหอย (ก) แบบตำครกอัตโนมัติ (ข) แบบรางบดยา และ (ค) แบบไจราทอรี่ (Gyratory crushers)

จากภาพที่ 4.1 ในรูปแบบ (ก) แบบตำครกอัตโนมัติ จะใช้รูปแบบการบดแบบดั่งเดิมคือครกแต่ใส่กลไกอัตโนมัติโดยการต่อมอเตอร์เป็นตัวช่วยเหวี่ยงแกนให้หมุนขึ้นดังภาพที่ 4.2 (Step 1) และปล่อยให้สากตกเมื่อแกนของมอเตอร์หลุดออกดังภาพที่ 4.2 (Step 2) และเมื่อมอเตอร์หมุนเข้ามาตำแหน่งเดิมก็จะเป็นการยกแกนสากให้เคลื่อนที่ขึ้นอีกครั้งดังภาพที่ 4.2 (Step 3)



(Step 1) (Step 2) (Step 3)

ภาพที่ 4.2 การทำงานที่ละ Step ของหลักการบดแบบตำครกอัตโนมัติ

เมื่อทดลองหลักการเบื้องต้นพบว่า สากที่ถูกปล่อยลงมามีความแม่นยำมากเกินไปจนทำให้เปลือกหอยแหลกในจุดเดียวซ้ำ ๆ และเมื่อพิจารณาเทียบกับการตำเปลือกหอยด้วยครกแบบดั้งเดิมที่ใช้มือจับสากแล้วตำ ผู้ตำจะตำสากไปมาจากขอบข้างครกบ้าง ตรงกลางครกบ้าง เพื่อให้โดนเปลือกหอยอย่างทั่วถึงและบางครั้งที่ได้จากการสังเกต ผู้ตำมีการถูสากไปกับครกระหว่างตำด้วย ดังนั้นเมื่อพิจารณาการตำด้วยครกอัตโนมัติที่มีการต่อมอเตอร์เข้าไป จึงยังไม่น่าสนใจในการนำมาออกแบบสร้างเครื่องบดเปลือกหอยที่เหมาะสมกับชุมชน

ในภาพที่ 4.1 รูปแบบ (ข) หลักการของรางบดยา เนื่องจากพิจารณาไปที่ออกแบบเครื่องให้มีขนาดเล็กและมีกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับชุมชนได้ ซึ่งหลักการทำงานของรางบดยาแบบโบราณดังภาพที่ 4.3 เป็นหลักการที่อาศัยแรงกดของลูกกลิ้งในแกนแนวนอน กลิ้งกลับไปมาเพื่อทำการบดเปลือกหอยหรือวัสดุที่ต้องการ

ภาพที่ 4.3 รางบดยาและแบบร่างที่ประยุกต์ไปใช้กับเครื่องบดเปลือกหอย

จากหลักการของรางบดยาที่อาศัยแรงกดของลูกกลิ้งในแกนแนวนอน กลิ้งกลับไปมาเพื่อทำการบดเปลือกหอย ทีมผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเบื้องต้นจากการนำดัมเบลน้ำหนักขนาด 1.25 กิโลกรัม มากลิ้งทับกลับไปกลับมา ดังภาพที่ 4.4 พบว่าเปลือกหอยมีการแตก และเริ่มแหลกไปเรื่อย ๆ จากการกลิ้งทับกลับไปกลับมา ทีมผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความเป็นไปได้ในการนำหลักการนี้มาออกแบบสร้างเครื่องบดเปลือกหอย

ภาพที่ 4.4 ทดสอบหลักการบดเปลือกหอยเบื้องต้น

ในภาพที่ 4.1 รูปแบบ (ค) แบบไจราทอรี่ หรือแบบเครื่องโม่ มีหลักการทำงานโดยกำหนดขนาดตามช่องว่างตามขนาดของวัสดุ และใช้เครื่องบดกรวยแบบแกนหมุนแนวตั้งที่สามารถปรับระยะให้เคลื่อนที่ขึ้นลงได้สำหรับการบดหลัก และทำการบดอัดจากการปิดของช่องว่างระหว่างแกนหมุนแนวตั้ง กับส่วนที่อยู่คงที่ที่ติดตั้งไว้กับตัวเครื่อง ซึ่งจะทำให้วัตถุลดขนาดได้จากกลไกการบีบอัดและการขัดสี ดังภาพที่ 4.5 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบหลักการที่ถูกนำไปใช้ เช่น เครื่องโม่หิน เครื่องบดกาแฟแบบมือหมุน เป็นต้น

ภาพที่ 4.5 การบดแบบไจราทอรี่ ที่ประยุกต์เป็นเครื่องโม่หินและเครื่องบดกาแฟแบบมือหมุน
ที่มา : (Magdi Abadir , n.d. : 45)

ซึ่งผู้วิจัยได้นำเครื่องบดกาแฟมาทดลองหมุนบดเปลือก พบว่า สามารถบดให้เป็นผงได้ตามขนาดที่ต้องการ แต่การหมุนต้องออกแรงค่อนข้างมาก มีติดขัดในบางครั้ง ตลอดจนสามารถทำให้แกนหมุนงอ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องบดกาแฟแบบมือหมุน ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้กับการบดเปลือกหอย แต่หลักการของเครื่องบดกาแฟนี้ เป็นที่น่าสนใจให้ทีมผู้วิจัยนำไปออกแบบพัฒนาเป็นเครื่องบดเปลือกหอยได้

จากการหลักการเบื้องต้นทั้ง 3 แบบ ที่จะนำไปใช้ในการทดลองสร้างเครื่องบดเปลือกหอยนั้น ผู้วิจัยได้ตัดแบบครกอัตโนมัติออก เนื่องจากไม่ตอบสนองกับพฤติกรรมการตำที่ควรมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปมา ไม่ควรตำซ้ำที่จุดเดิมเรื่อย ๆ จึงทำให้เหลือ 2 แบบ 2 หลักการ สำหรับทดลองสร้างเครื่องบดเปลือกหอยต้นแบบ ทั้งนี้ในการออกแบบ ทีมผู้วิจัยได้ทำการใส่มอเตอร์เข้าไปในแบบโดยคาดหวังให้เกิดความสะดวกสบายในการทำงานของชุมชน ตลอดจนเลือกวัสดุที่สามารถหาเปลี่ยนได้ง่าย เมื่อสึกหรอหรือชำรุด และเลือกวัสดุที่มีความแข็งและทำความสะอาดได้ง่ายอย่างสแตนเลส อีกทั้งใช้อะลูมิเนียมโปรไฟล์ ที่มีรูปทรงสำเร็จดูสวยหรูมีราคามาใช้ในการผลิต

3. ผลการออกแบบเครื่องต้นแบบโดยใช้หลักการของวิศวกรรมเพื่อคำนวณขนาดที่เหมาะสมตามความต้องการของชุมชน

3.1 ศึกษาลักษณะพื้นฐานของเปลือกหอยแมลงภู่ จากขนาดพื้นฐานของเปลือกหอย โดยใช้วิธีการวัดขนาดของเปลือกหอย

โดยทำการสุ่มหยิบเปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านการฟอกแล้วมาอย่างละ 50 ฝา ดังภาพที่ 4.6 (ก) ทำการเลือกเปลือกหอยแบบเจาะจง จากวิธีการพิจารณาและสังเกตเปลือกหอยที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในแต่ละครั้งที่เลือก โดยเลือกเปลือกหอยแมลงภู่มาอย่างละ 10 ฝา แล้วทำการวัดค่า ความกว้าง ความยาว ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ดังภาพที่ 4.6 (ข) วัดค่าระยะโก่งโดยใช้แผ่นอะคริลิคหนา 3 มิลลิเมตร มาช่วยเป็นฐานลองจากนั้นวัดค่าด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ดังภาพที่ 4.6 (ค) และวัดค่าความหนาของเปลือกหอยโดยใช้ไดอัลเทสอินดิเคเตอร์ ดังภาพที่ 4.6 (ง) บันทึกเป็นหน่วยมิลลิเมตรได้ดังตารางที่ 4.2

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 4.6 การเก็บผลข้อมูลพื้นฐานเปลือกหอยแมลงภู่

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลพื้นฐานเปลือกหอยแมลงภู่ในการออกแบบเครื่องบด

จำนวนเปลือกหอยแมลงภู่	กว้าง	ยาว	(ระยะโก่งที่วัดได้ – ความหนาแผ่นอะคริลิคหนา) = ความโก่งของเปลือกหอย	ความหนาสูงสุดที่วัดค่าได้
1	81.45	33.20	16.10 – 3 = 13.10	3.7
2	81.60	31.10	16.30 – 3 = 13.30	4.0
3	85.00	31.15	13.80 – 3 = 10.80	4.1
4	94.10	35.80	16.75 – 3 = 13.75	4.6
5	86.65	34.35	14.55 – 3 = 11.55	3.9
6	83.05	31.35	14.10 – 3 = 11.10	4.3
7	88.85	34.20	15.15 – 3 = 12.15	4.0
8	82.80	32.10	14.55 – 3 = 11.55	4.0
9	88.45	33.00	15.90 – 3 = 12.90	4.2
10	84.00	33.95	14.50 – 3 = 11.50	4.3
ค่า Max	94.10	35.80	13.75	4.6

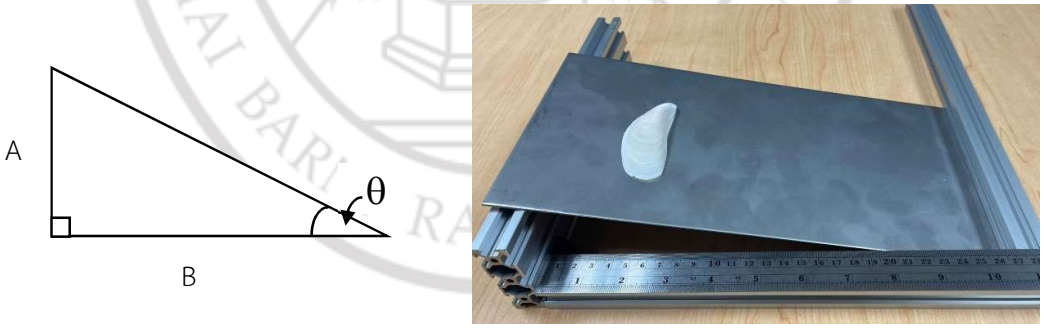
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.2 เปลือกหอยแมลงภู่มีความกว้างสูงสุดอยู่ที่ 94.10 มิลลิเมตร มีความกว้างสูงสุดอยู่ที่ 35.80 มิลลิเมตร มีความโก่งของเปลือกหอยสูงสุดอยู่ที่ 13.75 มิลลิเมตร และมีความหนาสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ 4.6 มิลลิเมตร โดยความหนาสูงสุดที่วัดจะอยู่ในช่วงบริเวณโคนฝาพับของเปลือกหอยตามระยะขีดสีแดงในภาพที่ 4.7

ภาพที่ 4.7 บริเวณความหนาสูงสุดของเปลือกหอยแมลงภู่

3.2 การหามุมการไหลของเปลือกหอย โดยใช้หลักการในการหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานและหลักตรีโกนมิติ

นำแผ่นสแตนเลสมาวางบนอะลูมิเนียมสำเร็จรูปแทนค่าเป็นจุด A ขนาดความสูง 60 มิลลิเมตร จากนั้นทำการเลื่อนระยะฐานแทนที่ค่าเป็นจุด B เลื่อนเข้า-ออกทีละ 10 มิลลิเมตร วัดระยะที่ได้เมื่อเปลือกหอยเกิดการไหล ดังภาพที่ 4.10



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

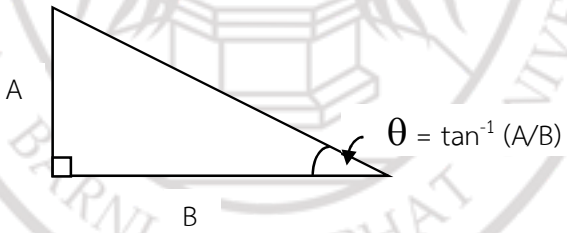
ภาพที่ 4.8 การทดสอบหามุมการไหลของเปลือกหอยแบบเต็มเปลือก

ในการทดสอบได้ใช้เปลือกหอยแมลงภู่ที่เต็มเปลือกสมบูรณ์ 10 ฝา วางบนแผ่นสแตนเลสเพื่อทดสอบการไหล โดยมีการทดสอบที่ระยะฐาน B ตามความยาวตั้งแต่ 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210 , 220 , 230 และ 240 มิลลิเมตร ซึ่งในแต่ระยะที่ทำการทดสอบใช้วิธีการหยิบเปลือกหอยวางลงบนแผ่นสแตนเลสแล้วค่อย ๆ ปล่อยมือ บันทึกค่าที่วางแล้วเกิดการไหลด้วยเครื่องหมาย ✓ ในตารางที่ 4.3 เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหามุม θ

ตารางที่ 4.3 ระยะฐานการทดสอบหามุมการไหลของเปลือกหอยแมลงภู่แบบเต็มเปลือก

ระยะฐาน	จำนวนตัวอย่าง										ร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
140	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
150	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	90
160	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	80
170	-	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	70
180	-	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	-	✓	60
190	-	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	-	✓	60
200	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	✓	40
210	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	✓	40
220	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓	30
230	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓	30
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

จากตารางที่ 4.3 ได้ทดสอบแล้วพบว่าเปลือกหอยแมลงภู่ มีค่าระยะฐานการไหลของเปลือกหอยแมลภูในกลุ่มตัวอย่างนี้อยู่ที่ 140 มิลลิเมตร โดยที่ระยะฐาน 240 มิลลิเมตร ไม่ทำเกิดการไหล ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสามารถหามุม θ ได้จาก สมการในภาพที่ 4.9



เมื่อ A = ความสูง 60 มิลลิเมตร

B = ระยะฐานการไหลของเปลือกหอยแมลงภู่ที่ 140 ตามลำดับ

มุม θ ที่ทำให้เปลือกหอยแมลงภู่ไหล $\theta = \tan^{-1}(60/140) = 23.20$ องศา

มุม θ ที่ทำให้ไม่เกิดการไหลของเปลือกหอย $\theta = \tan^{-1}(60/240) = 14.04$ องศา

ภาพที่ 4.9 การคำนวณหามุม θ ของเปลือกหอยแบบเต็มเปลือก

ดังนั้น มุมที่ป้อนให้เปลือกหอยแบบเต็มเปลือกสามารถไหลเข้าเครื่องบด ควรมากกว่า 23.20 องศา และไม่ควรใช้มุมที่ต่ำกว่า 14.04 องศา

ทั้งนี้ผู้วิจัยยังได้ทดลองนำเปลือกหอย มาเจาะตัดให้เป็นวงกลมที่ใกล้เคียงกันเพื่อทดสอบค่าการไหลและแรงกด ดังภาพที่ 4.10 ซึ่งทำการเตรียมวัสดุโดยใช้ตุ๊ดตู่ขนาด 8 มิลลิเมตร เพื่อจำลองเศษเปลือกหอยขนาดเล็ก มาทำการทดสอบการไหลบนพื้นผิวสแตนเลสอีกครั้ง โดยมีการทดสอบที่ระยะฐาน B ตามความยาวตั้งแต่ 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180 และ 190 มิลลิเมตร ซึ่งในแต่ระยะที่ทำการทดสอบใช้วิธีการหยิบเปลือกหอยวางลงบนแผ่นสแตนเลสแล้วค่อย ๆ ปล่อยมือ บันทึกค่าที่วางแล้วเกิดการไหลด้วยเครื่องหมาย ✓ ในตารางที่ 4.4 เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหามุม θ

ภาพที่ 4.10 การเตรียมเปลือกหอยแมลงภู่ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อทดสอบหามุมการไหล

ตารางที่ 4.4 ระยะฐานการทดสอบหามุมการไหลของเปลือกหอยแมลงภู่ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

ระยะฐาน	จำนวนตัวอย่าง										ร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
120	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100
130	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	90
140	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	80
150	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	50
160	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	50
170	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	20
180	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	10
190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากตารางที่ 4.4 ได้ทดสอบแล้วพบว่าเปลือกหอยแมลงภู่ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน มีค่าระยะฐานการไหลของเปลือกหอยแมลภู่ในกลุ่มตัวอย่างนี้อยู่ที่ 120 มิลลิเมตร โดยที่ระยะฐาน 180 มิลลิเมตร ไม่สามารถเกิดการไหล ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสามารถหามุม θ ได้จาก สมการในภาพที่ 4.9

การสูตรคำนวณที่ภาพ 4.9 เมื่อกำหนดให้ A = ความสูง 60 มิลลิเมตร B = ระยะฐานการไหลของเปลือกหอยแมลงภู่ที่ 120 ตามลำดับ มุม θ ที่ทำให้เปลือกหอยแมลงภู่ไหล $\theta = \tan^{-1}(60/120) = 26.57$ องศา มุม θ ที่ทำให้ไม่เกิดการไหลของเปลือกหอย $\theta = \tan^{-1}(60/190) = 17.52$ องศา พบว่ามุมที่ได้ที่ทำให้เปลือกหอยไหลควรมีค่า มากกว่า 26.57 องศา และไม่ควรใช้มุมที่ต่ำกว่า 17.52 องศา ในการออก ซึ่งจะต่างกับ มุม θ ของเปลือกหอยแบบเต็มเปลือก อยู่เพียงเล็กน้อย หากใส่ระยะเผื่อเพื่อให้การไหลได้สมบูรณ์ จะสามารถปรับไปที่ 30 องศา, 45 องศาหรือ 60 องศา ได้ตามความเหมาะสมของการออกแบบตัวเครื่อง

3.3 การหาแรงที่ทำให้เปลือกหอยแตก โดยใช้ Digital Force Gauge ในการวัดค่าแรง

นำเปลือกหอยที่มีรูปร่างและน้ำหนักใกล้เคียงกัน มาวัดค่าความหนา ระยะโก่งและ วัดค่าน้ำหนัก และบันทึกค่า จากนั้นนำเปลือกหอยวางบนพื้นแทนสีดำที่มีรูเจาะ เพื่อป้องกันไม่ให้หัวกดสัมผัสถูก จากนั้นใช้เครื่องวัดแรงกด กดจนเปลือกหอยแตก และไม่ให้หัวกดสัมผัสโดนพื้นแทนสีดำที่มีรูเจาะ จากนั้นดูค่าสูงสุดที่เครื่องวัดแรงกด แสดงค่าและบันทึกผล ดังภาพที่ 4.11 และตารางที่ 4.5

ภาพที่ 4.11 การเตรียมวัสดุและ Digital Force Gauge สำหรับทดสอบหาแรงกด

ตารางที่ 4.5 การหาแรงกดสูงสุดที่ทำให้เศษเปลือกหอยแมลงภู่แตก

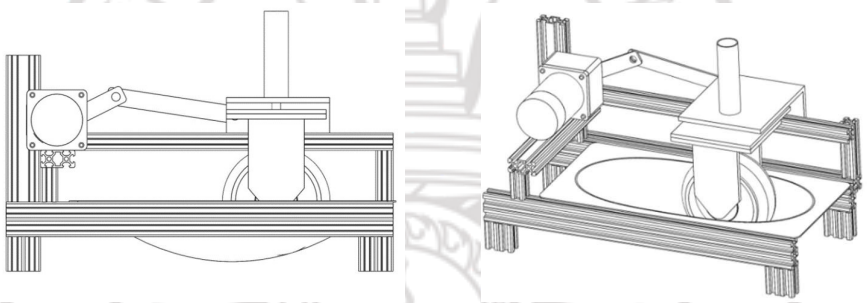
	จำนวนตัวอย่าง										ค่าเฉลี่ย	S.D.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
ความหนา (มิลลิเมตร)	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.60	0.05
ระยะโก่ง (มิลลิเมตร)	0.92	0.70	1.10	0.94	1.34	1.28	1.36	0.90	1.71	0.82	1.11	0.31
น้ำหนัก (กรัม)	0.06	0.05	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05	0.06	0.01
แรงกด (กิโลกรัม)	1.32	1.80	2.70	1.74	2.32	1.42	1.18	2.40	1.41	0.70	1.70	0.62

สถิติย้อนหลังมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากตารางที่ 4.5 พบว่าขนาดความหนาและน้ำหนักที่นำมาใช้ค่อนข้างมีขนาดใกล้เคียงกัน คือ 0.6 และ 0.06 ตามลำดับโดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าที่พบจากการทดสอบวัดแรงกดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.7 กิโลกรัม มีค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน 0.62 โดยมีค่าสูงสุดในกลุ่มตัวอย่างนี้อยู่ที่ 2.7 กิโลกรัม และน้อยสุดอยู่ที่ 0.7 กิโลกรัม

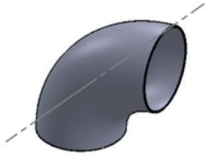
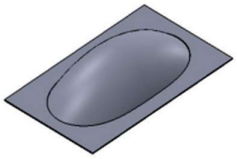
3.4 การสร้างเครื่องบดเปลือกหอย โดยใช้หลักการของวิศวกรรมในการออกแบบ

3.4.1 การออกแบบเครื่องบดเปลือกหอยโดยใช้หลักการรางบดยา ดังภาพที่ 4.12 ทีมผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้



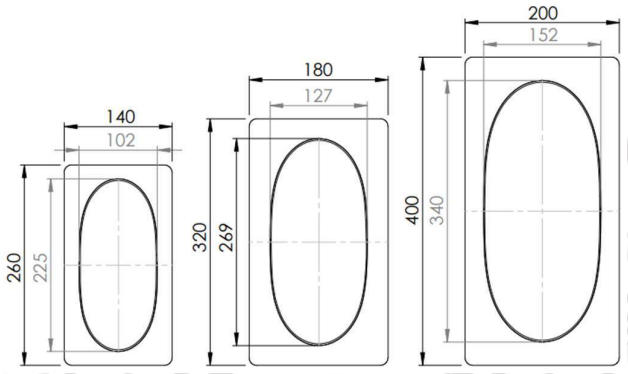
ภาพที่ 4.12 แบบร่างเครื่องบดเปลือกหอยโดยใช้หลักการรางบดยา

3.4.1.1 การสร้างฐานบด นำท่องอสแตนเลส 90 องศา มาตัดเพื่อนำผิวโค้งของท่อมาใช้ในกระบวนการผลิตฐานบด จากนั้นนำแผ่นเพลทที่ตัดพื้นที่ด้านในตามโค้งของท่องอมาประกบกันและทำการเชื่อมจนสำเร็จดังภาพที่ 4.13

ท่องอ 90 องศา	ตัดตามแบบที่วัด	เชื่อมประกบแผ่นเพลท	สำเร็จ
			

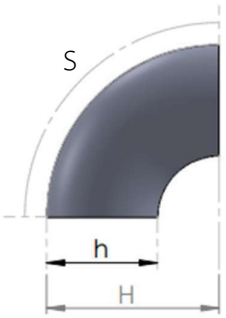
ภาพที่ 4.13 ขั้นตอนการสร้างฐานบดของเครื่องบดเปลือกหอย

จากข้อมูลพื้นฐานของเปลือกหอยแมลงภู่ พบว่าขนาดของเปลือกหอยแมลงภู่ในกลุ่มตัวอย่างมีขนาดน้อยกว่า 100 มิลลิเมตร จึงนำมาเป็นปัจจัยในการเลือกท่องอสแตนเลส 90 องศา ซึ่งท่องอสแตนเลสมีหน่วยวัดที่ผลิตเป็นนิ้ว โดยท่องอขนาด 4 นิ้ว (102 มิลลิเมตร) ,5 นิ้ว (127 มิลลิเมตร) และ 6 นิ้ว (152 มิลลิเมตร) มาใช้ในการร่างแบบดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 (ก) ขนาดฐานลองบดเมื่อใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว (102 มิลลิเมตร) ในการออกแบบ (ข) ขนาดฐานลองบดเมื่อใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว (127 มิลลิเมตร) ในการออกแบบ (ค) ขนาดฐานลองบดเมื่อใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว (152 มิลลิเมตร) ในการออกแบบ

3.4.1.2 การหาระยะทางในการบด โดยท่องอสแตนเลส 90 องศา แต่ละขนาดเมื่อวัดระยะที่ค่า h และ H แล้วนำมาคำนวณตามสูตร $S = 2\pi r/4$ จะได้โค้งผิวนอก (S) ตามภาพที่ 4.15 ดังนี้



ภาพที่ 4.15 การหาระยะโค้งผิวนอก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ค่าที่ได้จากการวัดท่องอสแตนเลส 90 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ได้ h = 102 มิลลิเมตร ระยะรัศมี H = 160 มิลลิเมตร เมื่อคิดระยะโค้งผิว S = 251.4 มิลลิเมตร ที่ท่องอสแตนเลส 90 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว ได้ h = 127 มิลลิเมตร ระยะรัศมี H = 190 มิลลิเมตร เมื่อคิดระยะโค้งผิว S = 298.5 มิลลิเมตร และ ที่ท่องอสแตนเลส 90 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ได้ h = 152 มิลลิเมตร ระยะรัศมี H = 240 มิลลิเมตร เมื่อคิดระยะโค้งผิว S = 377.1 มิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.4

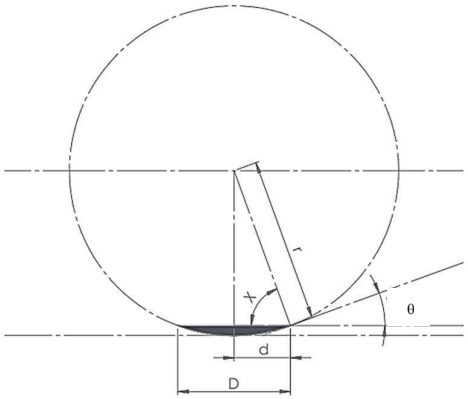
ตารางที่ 4.6 ระยะโค้งผิวด้านนอกขอท่อแต่ละขนาด

ท่องอสแตนเลส 90 องศา	ขนาดท่อ (h) (มิลลิเมตร)	ความสูง (H) (มิลลิเมตร)	ระยะโค้งผิวด้านนอก (S) (มิลลิเมตร)
4 นิ้ว	102	160	251.4
5 นิ้ว	127	190	298.5
6 นิ้ว	152	240	377.1

3.4.1.3 การหาความยาวของเครื่องบดเปลือกหอย โดยความยาวของเครื่องบดเปลือกหอย เลือกจากความยาวของแขนผู้สูงอายุเพศหญิง ที่วรรณนิศา นุชคุ้ม (วรรณนิศา, 2560 : 28-137) ได้สร้างแบบจำลองสัดส่วนร่างกายและขอบเขตการเอื้อมถึงของผู้สูงอายุ ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ทั้งชายและหญิงจำนวน 400 คน ในวัย 60-68 ปี เป็นชาย 180 คนและเป็นหญิง 220 คนพบว่า ผู้สูงอายุเพศหญิงมีค่าระยะการเอื้อมอยู่ระหว่าง 52.6-70.5 เซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวแขนท่อนบน (ปุ่มหัวไหล่-ข้อศอก) อยู่ที่ 29.53 เซนติเมตร และค่าที่ต่ำสุดอยู่ที่ 25.23 เซนติเมตร กับค่าเฉลี่ยความยาวแขนท่อนล่าง(ปุ่มหัวศอก-ข้อมือ) อยู่ที่ 20.23 เซนติเมตร และค่าที่ต่ำสุดอยู่ที่ 15.30 เซนติเมตร ผู้วิจัยจึงนำค่าของความยาวแขนท่อนบนที่ต่ำที่สุดรวมกับค่าความยาวแขนท่อนล่างที่ต่ำที่สุด ที่มีค่าเท่ากับ 40.53 เซนติเมตร มาเป็นระยะเบื้องต้นในการออกแบบความยาวของเครื่องบดเปลือกหอย และเพื่อให้ผู้ใช้ใช้งานได้สะดวกจึงมีขอบเขตของการใช้งานเครื่องเบื้องต้นไม่เกิน 40 เซนติเมตร

3.4.1.4 การหาความหนาของลูกกลิ้ง หากนำล้อลูกกลิ้งมาวิ่งในท่อ สามารถใช้มุมที่เปลือกหอยจะไหลมากองรวมกันมากกว่า 26.57 - 23.20 องศา มาออกแบบโดยกำหนดขนาดมุมที่ใช้เป็น θ = 30 องศา จะมีพื้นที่ D สำหรับนำไปหาขนาดความหนาของลูกกลิ้งที่ใช้ในการบดต่อได้ดังภาพที่ 4.16

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี



ภาพที่ 4.16 การหาขนาดความหนาของลูกกลิ้ง

มุม x = 180-90-30 = 60 องศา

จาก cos(x) = d/r

d = r.cos(60)

D = 2d

โดยเปรียบเทียบกระบวนการผลิตที่ใช้ท่องอสแตนเลส 90 องศา ทั้ง 3 ขนาดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว, 5 นิ้ว และ 6 นิ้ว ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบการผลิตโดยใช้ท่องอสแตนเลส 90 องศา ในขนาดที่ต่างกัน

ขนาด ϕ 4 นิ้ว (102 มิลลิเมตร)	ขนาด ϕ 5 นิ้ว (127 มิลลิเมตร)	ขนาด ϕ 6 นิ้ว (152 มิลลิเมตร)
d = (102/2).cos(60)	d = (127/2).cos(60)	d = (152/2).cos(60)
d = 25.5	d = 31.75	d = 38
D = 2d = 51 มิลลิเมตร	D = 2d = 63.5 มิลลิเมตร	D = 2d = 76 มิลลิเมตร

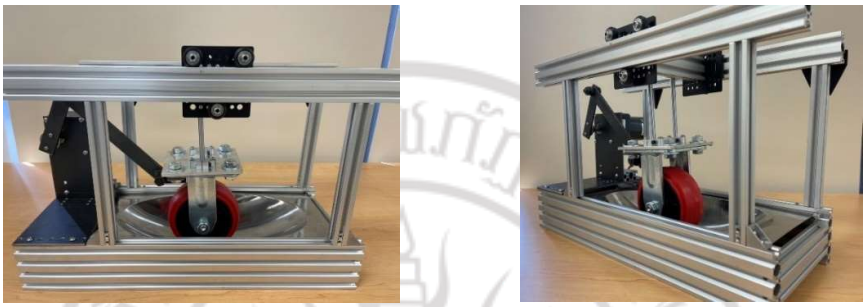
3.4.1.5 การเลือกขนาดของลูกกลิ้งบด พิจารณาให้ลูกกลิ้งมีการสึกหรอที่เท่า ๆ กัน ทำการหาระยะการเคลื่อนที่ใน 1 รอบการหมุนดังนี้

จากระยะทาง 40.53 เซนติเมตร ที่ผู้วิจัยนำค่ามาจากความยาวแขนท่อนบนที่ต่ำที่สุดรวมกับค่าความยาวแขนท่อนล่างที่ต่ำที่สุด นำมาคิดขนาดลูกกลิ้งที่วิ่งระยะทางครบ 1 รอบการหมุนจะได้

เส้นรอบวง = $2\pi r$; r = เส้นรอบวง/2π ; r = 40.53/2π = 64.5 มิลลิเมตร หรือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 128.9 มิลลิเมตร จึงเลือกใช้ล้อที่มีขนาดใกล้เคียงที่สุดคือ 5 นิ้ว (127 มิลลิเมตร)

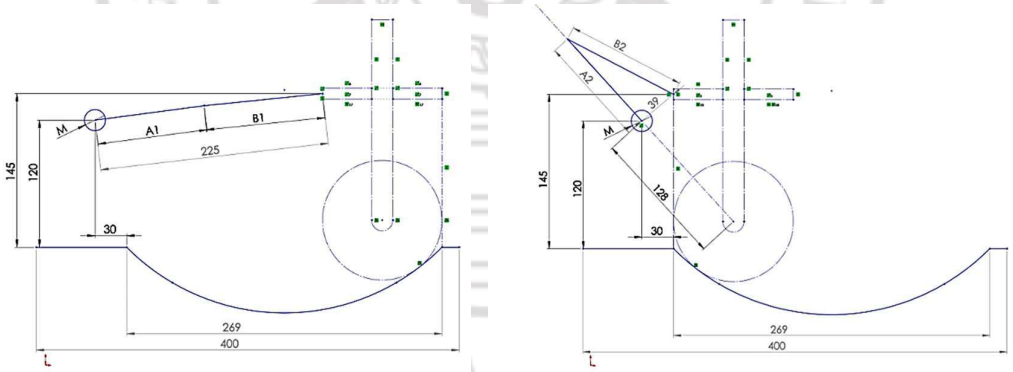
จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวม เครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่แบบรางบดยานี้ ควรมีขนาดไม่ควรเกิดระยะยืดแขนของกลุ่มผู้ใช้งานสูงอายุที่ระยะ 400 มิลลิเมตร ควรใช้ล้อลูกกลิ้งบดขนาด 5 นิ้ว

(127 มิลลิเมตร) โดยสามารถบดเปลือกหอยแมลงภู่ที่มีขนาดไม่เกิน 100 มิลลิเมตร มาทำการออกแบบและสร้างเครื่องบดเปลือกหอยที่อาศัยหลักการของรางบดยาจนสำเร็จดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 เครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่จากหลักการรางบดยาต้นแบบ

โดยการออกแบบกลไกระยะการเคลื่อนที่ของตัวเครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่จากหลักการรางบดยา มีการกำหนดจุดวางมอเตอร์ (M) สูงขึ้นไป 120 มิลลิเมตร ตามความเหมาะสมของการประกอบใช้งาน จึงวัดระยะความยาวสูงสุดที่แกนมอเตอร์กับระยะยืดจนสุดอยู่ที่ 225 มิลลิเมตร และจุดต่อมีความสูงจากฐานอยู่ที่ 145 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.18

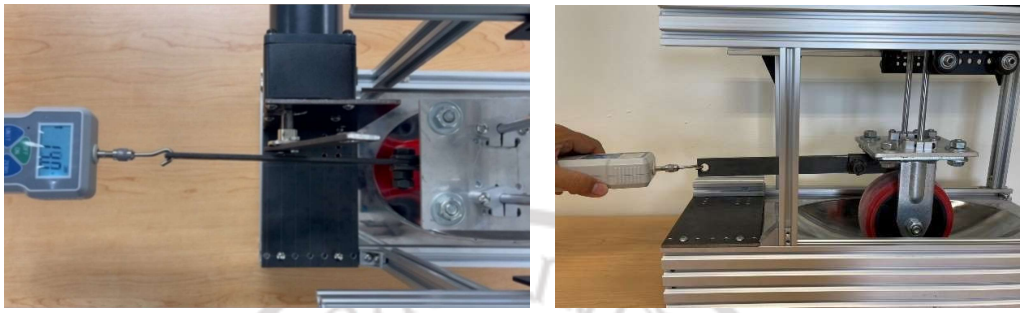


ภาพที่ 4.18 แบบจำลองระยะการเคลื่อนที่ของเครื่องบดเปลือกหอยจากหลักการรางบดยา

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

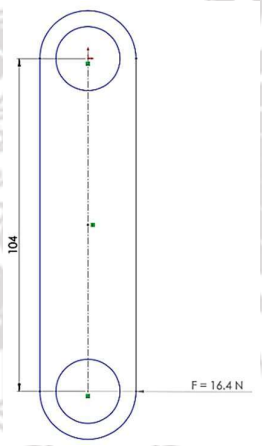
จากภาพที่ 4.18 กำหนดให้ A1 = A2 , B1 = B2 กับระยะของการยืดมอเตอร์ ทำให้พบเงื่อนไขว่า ระยะ A1 + B1 = 225 มิลลิเมตร , ระยะ A2 ต้องน้อยกว่า 120 มิลลิเมตร และระยะ B2 ต้องน้อยกว่า 145 มิลลิเมตร เมื่อทดสอบกับแบบจำลองทางวิศวกรรมพบว่าที่จุด A1 ควรมีระยะ 104 มิลลิเมตร และ จุด B1 ควรมีระยะ 121 มิลลิเมตร จะสามารถทำให้กลไกทำงานได้ต่อเนื่อง

เมื่อทดสอบแรงสูงสุดที่ดึงให้ล้อเกิดการเคลื่อนที่ พบว่า แรงสูงสุดที่ทำให้ล้อเกิดการเคลื่อนที่อยู่ที่ 16.4 นิวตัน ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 การทดสอบหาแรงสูงสุดที่ทำให้ล้อเกิดการเคลื่อนที่ในรางบดยา

จากนั้นจึงนำระยะแกนของ A1 = 104 มิลลิเมตร และแรงสูงสุดที่ใช้ในการดึง 16.4 นิวตัน มาคำนวณหาขนาดมอเตอร์ โดยใช้วิธีการคำนวนแรงจากภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์จากแรงที่เข้ามากระทำ

จะได้สมการคือ $\tau = F \times r \times \sin 90$

โดยที่ F = แรงสูงสุดที่ได้จากการทดสอบ จนเกิดการเคลื่อนที่ (นิวตัน)

r = ความยาวของแกนหมุน (เมตร)

sin 90 = ตำแหน่งแรงสูงสุดที่มากระทำ

จะได้ $\tau = F \times r \times \sin 90$

$= 16.4 \times 0.104 \times 1$

$= 1.71$ Nm

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากนั้นนำไปหากำลังทางไฟฟ้า จากสมการ P = τN/9.55

โดย P = กำลังไฟฟ้า

τ = แรงบิด

N = จำนวนรอบต่อนาที (กำหนดไว้ที่ 50 rpm)

9.55 = 60/2π

จะได้ P = 1.71 x 50 /9.55

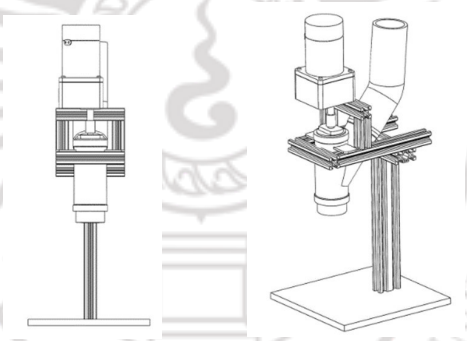
= 8.95 W

เผื่อขนาดของมอเตอร์ไว้ที่ 125% จะได้ 8.95 x 1.25

= 11.18 W

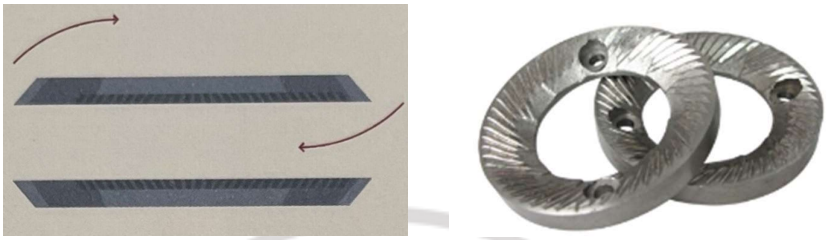
เวลาเลือกใช้จึงเลือกมอเตอร์ขนาด 12 W ขึ้นไป

3.4.2 การออกแบบเครื่องบดเปลือกหอยโดยใช้หลักการแบบไจราทอรี่ ดังภาพที่ 4.21 ทีมผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้



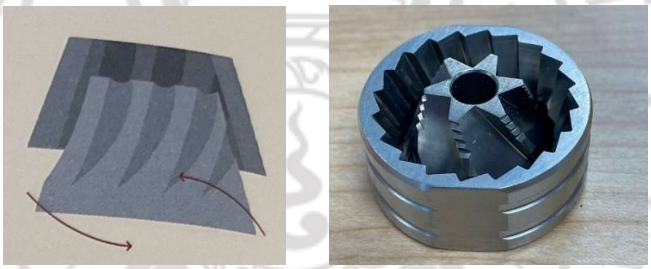
ภาพที่ 4.21 การออกแบบเครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่โดยใช้หลักการแบบไจราทอรี่

การเลือกขนาด ทีมผู้วิจัยพิจารณาไปที่อะไหล่สำเร็จรูปอย่างเฟืองบดกาแฟมาเป็นตัวเริ่มต้นสำหรับการออกแบบ ซึ่งเครื่องบดกาแฟมีเฟือง 2 แบบคือ เฟืองบดทรงแบน และเฟืองบดทรงกรวย (เซบาสเตรียน, 2567 : 30) ซึ่งทั้ง 2 แบบมีข้อดีและข้อเสียต่างกันโดยเฟืองบดทรงแบนดังภาพที่ 4.22 จะทำให้ความละเอียดสม่ำเสมอ แต่ใช้ความเร็วรอบในการหมุนสูง (1,500 รอบต่อนาที) จนทำให้เกิดความร้อนสะสม



ภาพที่ 4.22 เฟืองบดทรงแบน
ที่มาดัดแปลงจาก : (เซบาสเตียน, 2564: 30)

ส่วนเฟืองบดทรงกรวยดังภาพที่ 4.23 ให้ความละเอียดสม่ำเสมอเช่นกันแต่ใช้ความเร็วรอบในการหมุนต่ำ (น้อยกว่า 400 รอบต่อนาที) ไม่เกิดความร้อนสะสม แต่ใช้เวลาผลิตมากกว่าแบบ เฟืองบดทรงแบน



ภาพที่ 4.23 เฟืองบดทรงกรวย
ที่มาดัดแปลงจาก : (เซบาสเตียน, 2564: 30)

โดยทีมวิจัยได้พิจารณาเครื่องบดเมล็ดกาแฟแบบเฟืองบดทรงแบนออก เนื่องจากความร้อนสะสมที่อาจส่งผลกับเปลือกหอย จึงเหลือหลักการเครื่องบดแบบเฟืองบดทรงกรวย และได้นำอะไหล่ที่หาซื้อเปลี่ยนได้ง่ายเมื่อสึกหรอมาเป็นต้นแบบในการสร้างดังภาพที่ 4.24

ภาพที่ 4.24 เฟืองบดทรงกรวยที่ใช้เป็นอะไหลในการสร้างเครื่องบด

ทำการวัดขนาดกรวยบนกับขอบวงกลมด้านใน พบว่ามีระยะในการป้อนเข้าเครื่องบดอยู่ที่ 6 ถึง 10 มิลลิเมตร ขนาดวงนอกสุดของวงกลมอยู่ที่ 38 มิลลิเมตร จึงเลือกใช้ท่อที่เป็นข้อต่อสามทางตัววาย 1 นิ้วครึ่ง (38.1 มิลลิเมตร) มาเป็นตัวโครงในการสร้างเครื่องบดเปลือกหอย และได้ทำการสวมยึดเฟืองบดทรงกรวยกับข้อต่อสามทาง ทำกรวยไว้สำหรับใส่เปลือกหอยและทำโครงยึด ดังภาพที่ 4.25

ภาพที่ 4.25 ทำโครงยึดข้อต่อสามทางกับกรวยและมอเตอร์

ทั้งนี้ได้ทำการเลือกขนาดของมอเตอร์จากการหากำลังในการลดขนาด ตามสมการของบอนด์ที่บดของแห้ง (Magdi Abadir , n.d : 40)

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

โดยใช้การเปรียบเทียบค่าวัสดุเป็น lime stone และเลือกใช้ค่า m = 12.74 ตามตารางในสูตร โดยค่า m มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อวินาที ($kg.s^{-1}$) และ D_{b2} , D_{b1} มีค่าเป็น เมตร

ดังนั้นเมื่อผู้วิจัยต้องการลดขนาดเปลือกหอยจากขนาด 10 มิลลิเมตร ให้เหลือขนาด 0.45 มิลลิเมตร ภายในระยะเวลา 150 กรัมต่อชั่วโมง

$$P = \frac{4}{3} 36 \frac{0.15}{3600}.12.74 \left(\frac{1}{\sqrt{0.00045}} - \frac{1}{\sqrt{0.01}}\right) = 0.9463 \text{ วัตต์ (Watt)}$$

คิดค่าความเผื่อในการไว้ที่ 20 เท่า จะได้ 0.9463 x 20 = 18.927 วัตต์ และเลือกใช้ มอเตอร์เผื่อไว้อีก 1.25 % จะได้ 18.927 x 1.25 = 23.67 วัตต์ เวลาเลือกใช้จึงเลือกมอเตอร์ขนาด 24 วัตต์หรือมากกว่าในการสร้างเครื่องบดเปลือกหอย จนได้เครื่องแล้วเสร็จดังภาพที่ 4.26

ภาพที่ 4.26 เครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่จากหลักการบดแบบไจราทอรี่

ซึ่งภายในเครื่องบดเปลือกหอยได้ทำที่บิดไว้สำหรับบิดเพื่อปรับระดับขึ้นลงของระยะห่างของช่องออก โดยในการทดสอบเบื้องต้นพบว่าการตั้งระยะไว้ที่ 20 คลิก จะช่วยให้สามารถบดเปลือกหอยที่มีขนาดเล็กกว่า 40 Mash หรือ น้อยกว่า 0.45 มิลลิเมตรได้ แต่เครื่องที่ออกแบบนี้ยังไม่สามารถใส่เปลือกหอยแมลงภู่แบบเต็มแผ่นได้ จำเป็นต้องมีการตำพอแหลกก่อนเบื้องต้น ตลอดจนได้ออกแบบความยาวของเครื่องบดเปลือกหอย จากความยาวของแขนผู้สูงอายุเพศหญิงที่วรรณนิศา นุชคุ้ม (วรรณนิศา, 2560 : 28-137) ได้สร้างแบบจำลองสัดส่วนร่างกายและขอบเขตการเอื้อมถึงของผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป โดบใช้ค่าเฉลี่ยความยาวแขนท่อนบน(ปุ่มหัวไหล่-ข้อศอก) ที่มีค่าที่ต่ำสุดอยู่ที่ 25.23 เซนติเมตร กับค่าเฉลี่ยความยาวแขนท่อนล่าง(ปุ่มหัวศอก-ข้อมือ) ที่มีค่าที่ต่ำสุดอยู่ที่ 15.30 เซนติเมตร นำมาคิดค่ารวมกันระหว่างความยาวแขนท่อนบนที่ต่ำที่สุดกับค่าความยาวแขนท่อนล่างที่ต่ำที่สุด ที่มีค่าเท่ากับ 40.53 เซนติเมตร มาเป็นระยะเบื้องต้นในการออกแบบความยาวของเครื่องบดเปลือกหอย และเพื่อให้ผู้ใช้ ใช้งานได้สะดวกจึงมีขอบเขตของการใช้ออกแบบเครื่องบดเปลือกหอยไม่เกิน 40 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบ จากการทดสอบจับเวลาที่ใช้ในการผลิต

นำเครื่องต้นแบบทดสอบหาค่าประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยทดลองจับเวลาการตำเปลือกหอยด้วยครกเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องบดเปลือกหอยต้นแบบ โดยมีวิธีการและการบันทึกผลดังนี้

4.1 การบดเปลือกหอยด้วยวิธีการตำด้วยครก

1. เตรียมเปลือกหอยประมาณ 50 กรัม
2. ให้ผู้ทดลองทำการตำและร่อนผ่านกระชอน 40 Mash (0.45 มิลลิเมตร)

3. บันทึกผลน้ำหนักที่ร่อนผ่าน ร่อนไม่ผ่าน สูญหาย และเวลาตลอดการตำและร่อนจนเสร็จ หรือมีการร่อนไม่ผ่านน้อยกว่า 2 กรัม

4. ทำการทดลองซ้ำขั้นตอนที่ 1-3 รวม 5 ครั้ง

โดยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบสามารถบันทึกผลได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักของเปลือกหอยแมลงภู่ที่ได้จากการจับเวลาในการตำด้วยครก

รายการ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักเปลือกหอยก่อนเริ่มตำ (กรัม)	49.98	50.12	50.03	50.09	50.11	50.07
ร่อนผ่านกระชอน (กรัม)	47.33	46.55	46.3	45.74	46	46.38
ร่อนไม่ผ่านกระชอน (กรัม)	1.3	1.16	1.45	0.83	1.92	1.33
สูญหายระหว่างการทดลอง (กรัม)	1.35	2.41	2.28	3.52	2.19	2.35
เวลารวมการตำและร่อน (นาที)	28.42	32.23	30.18	24.58	31.22	29.33

จากตารางที่ 4.6 การตำด้วยครกใช้เวลารวมเฉลี่ยในการตำอยู่ที่ 29.33 นาที มีค่าเวลาสูงสุดอยู่ที่ 32.23 นาทีและน้อยสุดอยู่ที่ 24.58 นาที โดยการสังเกตเบื้องต้นผู้ตำจะสามารถตำได้ 2 ครกติดต่อกันและเริ่มขอพัก ทั้งนี้มีเปลือกที่สูญหายไปเฉลี่ย 2.35 กรัม ซึ่งการสูญหายอาจมาจากเศษเปลือกหอยที่ติดอยู่ที่ครก กระชอนร่อน ถ้วยตวงชั่ง แปรงปัด เป็นต้น ทั้งนี้มีเปลือกหอยที่สูญหายสูงสุดอยู่ที่ 3.52 กรัม และน้อยสุดอยู่ที่ 1.35 กรัม

4.2 การบดเปลือกหอยแมลงภู่ด้วยเครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา

1. เตรียมเปลือกหอยประมาณ 50 กรัม

2. นำเปลือกหอยเข้าเครื่องบด และทำการบด

3. สังเกตขนาดเปลือกหอยที่ถูกบดเริ่มมีขนาดเท่า ๆ กันจึงนำออกมาร่อนผ่านกระชอน 40 Mash (0.45มิลลิเมตร)

4. บันทึกผลน้ำหนักที่ร่อนผ่าน ร่อนไม่ผ่าน สูญหาย และเวลาตลอดการตำและร่อนจนเสร็จ หรือมีการร่อนไม่ผ่านน้อยกว่า 5 กรัม

5. ทำการทดลองซ้ำขั้นตอนที่ 1-3 รวม 5 ครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักของเปลือกหอยแมลงภู่ที่ได้จากการจับเวลาในการใช้เครื่องบดแบบรางบดยา

รายการ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักเปลือกหอยก่อนเริ่มตำ (กรัม)	50.10	50.02	50.09	49.97	50.10	50.06
ร่อนผ่านกระชอน (กรัม)	42.43	42.48	42.32	45.14	41.09	42.69
ร่อนไม่ผ่านกระชอน (กรัม)	4.32	3.28	3.65	2.59	4.46	3.66
สูญหายระหว่าการทดลอง (กรัม)	3.35	4.26	4.12	2.24	4.55	3.70
เวลาบดรวม (นาที)	40.25	68.46	58.18	54.58	46.22	53.53

จากตารางที่ 4.7 ในการบดเปลือกหอยแมลงภู่ด้วยเครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา ใช้เวลารวมเฉลี่ยในการบดอยู่ที่ 53.53 นาที มีค่าเวลาสูงสุดอยู่ที่ 68.46 นาที หรือ 1ชั่วโมง 8 นาที และใช้เวลาในการบดน้อยสุดอยู่ที่ 40.25 นาที ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบเครื่องยังไม่เหมาะกับการนำเปลือกที่ผ่านการบดออกมาร่อนได้โดยง่าย เนื่องจากเศษเปลือกหอยจะไหลไปกองกันตรงกลางเครื่องทำให้การกวาดมาเพื่อนำไปชั่งค่อนข้างยุ่งยาก ตลอดจนการบดในช่วงแรกมีเศษเปลือกหอยที่แตกออกและกระเด็น ทำให้เกิดการสูญหายค่อนข้างมากคิดเป็นเปลือกหอยที่สูญหายไปเฉลี่ย 3.70 กรัม ซึ่งการสูญหายอาจมาจากเศษเปลือกหอยที่แตกและกระเด็นในช่วงแรก เศษที่ติดอยู่ที่ล้อ กระชอนร่อน ถ้วยตวงชั่ง แปรงปัด เป็นต้น ทั้งนี้มีเปลือกหอยที่สูญหายสูงสุดอยู่ที่ 4.55 กรัม และน้อยสุดอยู่ที่ 2.25 กรัม

4.3 การบดเปลือกหอยแมลงภู่ด้วยเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่

1. เตรียมเปลือกหอยประมาณ 50 กรัม
2. ทำการตำเปลือกหอยให้มีขนาดเหมาะสมสำหรับเครื่องบดพร้อมทั้งจับเวลา
3. นำเปลือกหอยที่ผ่านการตำเข้าเครื่องบด บันทึกผลน้ำหนักที่ได้การสูญหายและเวลา
4. ทำการทดลองซ้ำขั้นตอนที่ 1-3 รวม 5 ครั้ง

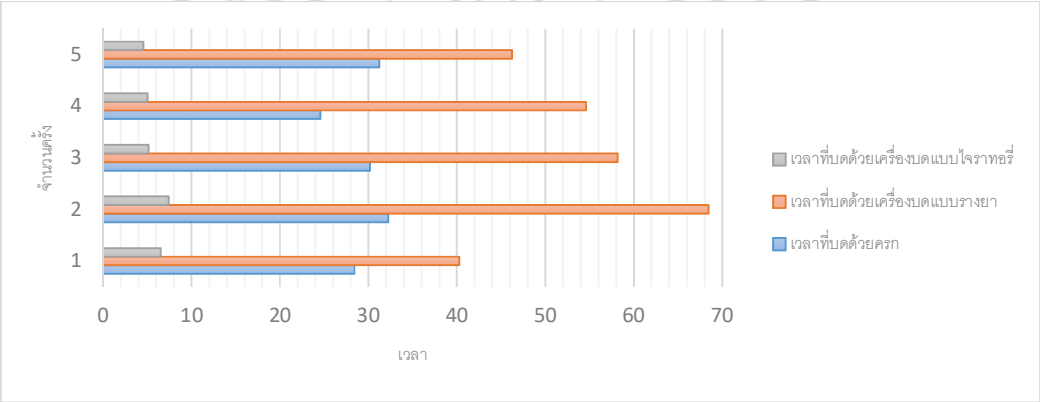
ตารางที่ 4.10 ผลน้ำหนักที่ได้จากการจับเวลาในการใช้เครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่

รายการ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักเปลือกหอยก่อนเริ่มตำ	50.18	50.00	50.01	49.97	50.06	50.04
เวลาตำเปลือกหอยให้มีขนาดเหมาะสม (นาที)	0.16	0.18	0.18	0.16	0.19	0.17
น้ำหนักเปลือกหอยหลังตำ	49.86	49.63	49.58	49.54	49.82	49.69
เวลาที่ผ่านเครื่องบด (นาที)	6.36	7.23	4.56	4.48	4.38	5.40
น้ำหนักหลังผ่านเครื่องบด	48.12	48.31	46.72	47.83	48.39	47.87
สูญหายระหว่างการทดลอง	2.06	1.69	3.29	2.14	1.67	2.17
เวลาทดสอบรวม (นาที)	6.52	7.41	5.14	5.04	4.57	5.57

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากตารางที่ 4.8 ในการบดเปลือกหอยแมลงภู่ด้วยเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่ ใช้เวลารวมเฉลี่ยในการบดอยู่ที่ 5.57 นาที โดยมีระยะเวลาสูงสุดอยู่ที่ 7.41 นาที และใช้เวลาในการบดน้อยสุดอยู่ที่ 4.57 นาที ซึ่งค่อนข้างไวมาก เพราะไม่ต้องเสียเวลาในการนำไปผ่านกระชอนร่อน ซึ่งในการทดลองมีการสูญหายจากการที่มีเศษติดอยู่ที่ตัวเครื่อง จึงมีการสูญหายเฉลี่ย 2.17 กรัม ตลอดจนอาจติดที่ ถ้วยตวงชั่ง แปรงปัด เป็นต้น ทั้งนี้มีเปลือกหอยที่สูญหายสูงสุดอยู่ที่ 3.29 กรัม และน้อยสุดอยู่ที่ 1.67 กรัม

จากการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบเป็นกราฟแท่งสามารถวิเคราะห์เวลาเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแครื่องบดได้ ดังนี้



ภาพที่ 4.27 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเวลาของการบดทั้ง 3 รูปแบบ

จากกราฟในภาพที่ 4.27 พบว่า ช่วงเวลาที่เร็วที่สุดในการบดนั้นมาจาก เครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่แบบไจราทอรี่ เพราะไม่ต้องเสียเวลาในการร่อน โดยใช้เวลาในการบดอยู่ในช่วง 4.57 ถึง 7.41 นาที เมื่อเปรียบเทียบการตำครกที่มีระยะเวลาอยู่ในช่วง 24.58 ถึง 32.23 นาที ซึ่งมีระยะเวลาที่ต่างกัน 4 ถึง 6 เท่า แต่ตัวเครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่แบบไจราทอรี่ ยังมีข้อเสียที่ต้องตำเปลือกหอยพอแหลกก่อนเข้าเครื่อง ทำให้ไม่สามารถทำงานสำเร็จที่ตัวเครื่องในคราวเดียวได้ ส่วนเครื่องบดที่ออกแบบด้วยหลักการรางบดยา ยังมีการออกแบบที่ค่อนข้างนำเปลือกหอยที่บดแล้วออกมาร่อนค่อนข้างยากอยู่ ซึ่งการบดแล้วนำออกมาร่อนเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเสียเวลามากที่สุดในการทำงานของเครื่องแบบรางบดยา

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

4.4 ผลการคำนวณต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

ผลการคำนวณต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economics Cost) (Thaifranchisecenter. (ม.ป.ป.)) เป็นต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการบดเปลือกหอย ประกอบด้วยต้นทุนชัดแจ้ง(Explicit Cost) ค่าใช้จ่าย ได้แก่ ค่าไฟ ค่าแรงงาน ค่าผลิตเครื่องบดเปลือกหอย และต้นทุนไม่ชัดแจ้ง(Implicit Cost) รวมต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ได้แก่ ค่าจ้างตัวเอง โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมในแต่ละเครื่องมือ ดังนี้

การบดด้วยการตำด้วยครกเมื่อคิดที่ปริมาณ 1 กิโลกรัม ใช้คน 2 คน จะใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง 46 นาที โดยมีค่าใช้จ่ายค่าเครื่องมือเริ่มต้นเช่น ครก ประมาณ 500 บาท

เครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา เมื่อคิดที่ปริมาณ 1 กิโลกรัม ใช้คน 1 คน ตัวเครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา ใช้มอเตอร์ขนาด 12 วัตต์ ใช้เวลาประมาณ 17 ชั่วโมง 51 นาที คิดเป็นยูนิตไฟฟ้า จาก (กำลังไฟฟ้า / 1000) x จำนวนชั่วโมงที่ใช้ = จำนวนหน่วย (ยูนิต) จะได้ (12/1000) x 17.51 = 0.21 ยูนิต หากคิดค่าไฟที่ ยูนิตละ 3.2484 บาท การใช้งานเครื่องบดในการบดเปลือกหอย 1 กิโลกรัมจะมีค่าไฟ 0.68 บาท

เครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่ เมื่อคิดที่ปริมาณ 1 กิโลกรัม ใช้คน 1 คน ตัวเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่ ใช้มอเตอร์ขนาด 24 วัตต์ ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 51 นาที คิดเป็นยูนิตไฟฟ้า จาก (กำลังไฟฟ้า (วัตต์) / 1000) x จำนวนชั่วโมงที่ใช้ = จำนวนหน่วย (ยูนิต) จะได้ (24/1000) x 1.51 = 0.036 ยูนิต หากคิดค่าไฟที่ ยูนิตละ 3.2484 บาท การใช้งานเครื่องบดในการบดเปลือกหอย 1 กิโลกรัมจะมีค่าไฟ 0.12 บาท

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถแสดงเป็นรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การคำนวณต้นทุนผันแปรที่เกิดขึ้นจากการบดเปลือกหอย แบบตำด้วยครก แบบใช้เครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา และแบบเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่

วิธีการ	เวลาบดเปลือกหอย 1 กิโลกรัม	ค่าแรงงาน (1 คน)	ต้นทุนค่าไฟฟ้าของเครื่องบดเปลือกหอย	ค่าจ้างตัวเอง	ต้นทุนผันแปรรวม (บาท/กิโลกรัม)
ตำด้วยครก	9.46 ชั่วโมง	600 บาท	-	600 บาท x 1 วัน	1,200 บาท
เครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา	17.51 ชั่วโมง	-	0.68 บาท	600 บาท x 2 วัน	1,200.68 บาท
เครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่	1.51 ชั่วโมง	-	0.12 บาท	600 บาท x 1 วัน	600.12 บาท

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.12 การคำนวณจุดคุ้มทุนเปรียบเทียบการบดเปลือกหอย แบบตำด้วยครก แบบใช้เครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา และแบบเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่

วิธีการ	ต้นทุนเครื่องบด/อุปกรณ์บด	ต้นทุนผันแปร (บาท/กิโลกรัม)	ราคาจุดคุ้มทุน เมื่อบดเปลือกหอย 8 กิโลกรัม
ตำด้วยครก	500 บาท	1,200 บาท	(1,200 x 8) + 500 = 10,100 บาท
เครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา	3,700 บาท	1,200.68 บาท	(1,200.68 x 8) + 3,700 = 13,305.44 บาท
เครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่	5,200 บาท	600.12 บาท	(600.12 x 8) + 5,200 = 10,000.96 บาท

จากตารางที่ 4.12 เมื่อคำนวณจุดคุ้มทุนเปรียบเทียบการบดเปลือกหอย แบบตำด้วยครก แบบใช้เครื่องบดเปลือกหอยแบบรางบดยา และแบบเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่ พบว่าหากนำเครื่องบดเปลือกหอยแบบไจราทอรี่มาบดเปลือกหอยมากกว่า 8 กิโลกรัมขึ้นไป จะเริ่มคุ้มทุนเมื่อเทียบกับการตำด้วยครกแบบเดิม หรือหากคิดที่กระบวนการในการบดเปลือกหอย ในการผลิตต่อครั้ง 1 สูตร คือ 100 กรัม ใช้เปลือกหอยแมลงภู่บดประมาณ 40 กรัม หากผลิต 200 สูตร หรือ 200 ครั้ง จึงจะสามารถคุ้มทุนได้

ทั้งจากการทดลองและพิจารณาจุดคุ้มทุนต่าง ๆ แล้ว ทางทีมผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าเครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่แบบไจราทอรี่ มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปมอบให้ชุมชนและถ่ายทอดความรู้การใช้งานเครื่องฯ ดังภาพที่ 4.28

ภาพที่ 4.28 การมอบเครื่องบดให้ชุมชน ถ่ายทอดความรู้และวิธีการบำรุงรักษาเครื่อง

5. ผลการถ่ายทอดผลงานการวิจัยไปสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน

โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ซึ่งมีประเด็นคำถามดังนี้

1. ท่านมีความพึงพอใจต่อปริมาณในการผลิตเปลือกหอยที่ได้จากเครื่องบดในการผลิตแต่ละครั้งเพียงใด

2. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับขนาดของเปลือกหอยบดหลังการใช้เครื่องบดเปลือกหอย

3. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับระยะเวลาที่ใช้ในการบดเปลือกหอยหลังใช้เครื่องบดเปลือกหอย

4. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับลักษณะการใช้งานหรือการทำงานของเครื่องบดเปลือกหอย

5. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับรูปลักษณ์และขนาดของเครื่องบดเปลือกหอย

6. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรกับน้ำหนักของเครื่องบดเปลือกหอยในการเคลื่อนที่โยกย้าย

7. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรในการทำความสะอาดและดูแลรักษาเครื่องบดเปลือกหอย

8. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ทางประธานกลุ่มชุมชนและน้องแอนฟิลที่เป็นผู้รับผิดชอบฐานกิจกรรมทำเครื่องประดับจากเปลือกหอยแมลงภู่ มีความชื่นชอบในรูปลักษณ์และขนาดของเครื่องบดเปลือกหอยแมลงภู่แบบไจราทอรี่มาก เนื่องจากตัวเครื่องมีน้ำหนักเบา และมีหลักการทำงานที่ง่ายเพียงแค่ใส่เปลือกหอยที่ผ่านการตำหยาบมาแล้วเทใส่เข้าเครื่องบดฯ และดีใจมากที่เห็นตัวเครื่องบดนี้สามาถบดเปลือกหอยให้มีลักษณะคล้ายแป้งได้

ปริมาณการบดที่ใส่เปลือกหอยไปเรื่อย ๆ ทำให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจ ส่วนในเรื่องของการถอดชิ้นส่วนมาดูแลรักษา ยังคงรู้สึกยากเล็กน้อยสำหรับชุมชนเนื่องจากทางผู้ใช้งานไม่ได้ทำงานทางด้านช่าง จึงยังสับสนในการหมุน ปรับระดับของเครื่องฯ ว่าต้องหมุนซ้ายหรือหมุนขวาในการปรับระดับ ทีมผู้วิจัยจึงทำการปรับระดับไว้ให้เพื่อให้ชุมชนใช้งาน และพร้อมเข้าช่วยเสมอหากมีปัญหาในการใช้งาน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี