การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง

DESIGN AND FABRICATION OF SHREDDER FOR DURIAN PEEL AND COMPRESSION MOLDING MACHINE

นายจีรเดช มานะจิตต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง

นายจีรเดช มานะจิตต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง Design and Fabrication of Shredder for Durian Peel and Compression Molding Machine
ชื่อ – นามสกุล	นายจีรเดช มานะจิตต์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2565

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ประชา บุณยวานิชกุล, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดลหทัย ชูเมฆา, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภวสุปรีย์, Ph.D.)
วันที่ 21 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2566

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง

ชื่อ-นามสกุล นายจีรเดช มานะจิตต์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและอัดขึ้นรูปกระถางและวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องต้นแบบ ประโยชน์ของเครื่องต้นแบบช่วยทดแทนวัสดุปลูกจากพลาสติก เป็นปุ๋ยจากวัสดุธรรมชาติ ปราศจากสารพิษ ทำให้พืชเจริญเติบโตเร็ว และลดปริมาณขยะที่เกิดจากเปลือกทุเรียน

เครื่องย่อยและอัดขึ้นรูปจากเปลือกทุเรียนประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 5 ส่วนได้แก่ 1) โครงเครื่อง 2) ชุดย่อยและผสม 3) แม่พิมพ์กระถาง 4) มอเตอร์ และ 5) ชุดปั๊มไฮดรอลิก ศึกษาความดันสำหรับการอัดขึ้นรูป ที่ 10, 40 และ 70 บาร์ โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการย่อยเปลือกทุเรียนและขึ้นรูปกระถาง เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง จุดคุ้มทุน และระยะเวลาในการคืนทุน ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ อัตราส่วนผสมของวัสดุที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถาง โดยมีขุยมะพร้าว กาวแป้งเปียก และเปลือกทุเรียน เป็นส่วนประกอบ

ผลการทดสอบเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางพบว่า มีความสามารถในการย่อยเปลือกทุเรียนที่ 24 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถอัดขึ้นรูปกระถางได้ดีที่สุดที่อัตราส่วน 1:2:3 ที่ความดัน 70 บาร์ ความสามารถในการอัดกระถางเท่ากับ 25 กระถางต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง 96 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 12 บาทต่อกระถาง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 126 ชั่วโมงต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 600 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 0.94 ปี

คำสำคัญ : เครื่องย่อยและอัดขึ้นรูป กระถางปลูก เปลือกทุเรียน

Thesis Title	Design and Fabrication of Shredder for Durian Peel and Compression Molding Machine
Name-Surname	Mr. Jiradet Manajit
Program	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Roongruang Kalsirisilp, D.Eng.
Academic Year	2022

ABSTRACT

This research aimed to: 1) fabricate and test the prototype of shredder for durian peel and compression molding machine and 2) analyze the feasibility of the prototype in terms of engineering economy. The benefits of the prototype were to replace plastic plant material with fertilizer from natural material with no toxic substances, causing plants to grow faster and reduce the amount of waste caused by durian peels.

The shredder and compression molding machine from durian peel consists of five main parts: 1) steel frame, 2) shredding and mixing unit, 3) compression molding unit, 4) hydraulic motor unit and 5) hydraulic pump unit. The hydraulic system pressure levels were set to 10, 40, and 70 bar, respectively. The indicators in the study were shredding and compression molding capacity, percentage of compression molding completion, break-even point and payback period. The variables used in the test were mixing ratio of materials with coconut coir, starch glue and durian peel.

The performance test of the of shredder for durian peel and compression molding machine showed that the shredding capacity was 24 kilograms per hour, and the best mixing ratio was 1:2:3 at a pressure of 70 bar. The compression molding capacity was 25 units of planting pot per hour. The machine had a pot completion percentage of 96 percent. The further economic analysis revealed that the operation cost of the machine was 12 baht per unit of planting pot with the break-even point at 108 hours per year. When considering the working hours of 600 hours per year, the payback period of the machine was 0.75 year.

Keywords: shredder and compression molding machine, planting pot, durian peel

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดีขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประชา บุณยวานิกุล ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ดลหทัย ชูเมฆา ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัย ตลอดจนพี่ๆน้องๆ ร่วมชั้นในระดับปริญญาโท ที่ร่วมเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบและวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณเกษตรกรชาวสวนทุเรียนสำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย จนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกๆคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดเวลาการทำวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป ส่วนข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

จีรเดช มานะจิตต์

สารบัญ

บทคัดย่อ 3

กิตติกรรมประกาศ 6

สารบัญ 7

สารบัญตาราง 9

สารบัญรูป 10

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 13

บทที่ 1 บทนำ 14

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 14

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 15

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 15

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 16

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 16

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

2.1 ปั๊มไฮดรอลิก 17

2.2 การออกแบบเพลา 23

2.3 ทฤษฎีใบมีด 25

2.4 ทฤษฎีการ ตัด ย่อย ผสม 27

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 35

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องย่อยผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน 35

3.2 วิธีการดำเนินงาน 35

3.3 ออกแบบและสร้างเครื่อง 36

3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเลือกทุเรียน 39

3.5 วิธีการทดสอบเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุการปลูก 42

สารบัญ (ต่อ)

3.6 ค่าชี้ผลการศึกษา 43

3.7 วิธีการทดสอบเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน 43

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ 50

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ 50

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน 52

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยกับขนาดของเปลือกทุเรียนที่แตกต่างกัน 54

4.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเครื่องย่อยและผสม 58

4.5 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับทุเรียน ระบบไฮดรอลิกและการอัดขึ้นรูป 60

4.6 ออกแบบเครื่องและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน 61

4.7 ผลการทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่าง เปลือกทุเรียน ขุยมะพร้าว และกาวแป้งเปียก สำหรับอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด 67

4.8 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน 69

4.9 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง 77

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 80

5.1 สรุปผล 80

5.2 ข้อเสนอแนะ 81

บรรณานุกรม 82

ภาคผนวก 85

ภาคผนวก ก 85

ภาคผนวก ข การเขียนแบบทางวิศวกรรม 108

ภาคผนวก ค การเผยแพร่ 124

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ 143

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R 775-1969 24
ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาการศึกษาปัญหา ลักษณะทางกายภาพ และการตัดเฉือนของเปลือกทุเรียน..... 51
ตารางที่ 4.2 ผลการออกแบบเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน..... 52
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองย่อยเปลือกทุเรียนขนาด 10×30 มิลลิเมตร 55
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองย่อยเปลือกทุเรียนขนาด 20×40 มิลลิเมตร 55
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองย่อยเปลือกทุเรียนขนาด 30×50 มิลลิเมตร 55
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการย่อยขนาดของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 ขนาด 57
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องย่อยและผสมวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน..... 59
ตารางที่ 4.8 อัตราส่วนผสมกระถาง 67
ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร 68
ตารางที่ 4.10 การเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวที่ปลูกในกระถางจากเปลือกทุเรียนและกระถางพลาสติก..... 71
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน..... 78
ตารางภาคผนวกที่ ก.1 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2:3..... 86
ตารางภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร
ส่วนผสม 1:2:3..... 87
ตารางภาคผนวกที่ ก.2 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร
ส่วนผสม 1:2.5:4.3..... 93
ตารางภาคผนวกที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร
ส่วนผสม 1:2.5:4.3..... 94
ตารางภาคผนวกที่ ก.3 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร
ส่วนผสม 1:5:15..... 101
ตารางภาคผนวกที่ ก.3 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม
1:5:15..... 102
ตารางภาคผนวกที่ ก.4 เปรียบเทียบค่าของความดันที่ใช้ในการในการอัดกระถาง ที่ 10 40
และ 70 บาร์ และสมรรถนะการอัดกระถาง (กระถางต่อชั่วโมง)
และเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง (%)..... 102

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 16
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของปั๊มแบบใบพัด (Vane Pump) 17
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการทำงานของปั๊มแบบใบพัด (Vane Pump) 18
รูปที่ 2.3 รูปส่วนประกอบของปั๊มแบบลูกสูบ (Piston Pump) 18
รูปที่ 2.4 วาล์วควบคุมทิศทางแบบมือโยก 20
รูปที่ 2.5 วาล์วควบคุมทิศทางแบบกลไก 20
รูปที่ 2.6 กฎของปาสคาล 22
รูปที่ 2.7 กฎของชาร์ล 23
รูปที่ 2.8 ลักษณะของปลายมีดมาตรฐาน มีดไดคัท 26
รูปที่ 2.9 เครื่องอัดกระถางผักตบชวาระบบนิวเมติก 32
รูปที่ 2.10 เครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า 33
รูปที่ 2.11 เครื่องย่อยย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย 34
รูปที่ 3.1 เครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน 1)โครงสร้างเครื่อง 2)ชุดย่อย 3)ชุดผสม 4)ระบบส่งกำลัง 36
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของเครื่อง 37
รูปที่ 3.3 ชุดย่อย 37
รูปที่ 3.4 ชุดผสม 38
รูปที่ 3.5 ระบบส่งกำลังและถ่ายทอดกำลัง 38
รูปที่ 3.6 โครงสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน 39
รูปที่ 3.7 โครงสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน 40
รูปที่ 3.8 แม่พิมพ์กระถาง 40
รูปที่ 3.9 กระบอกไฮดรอลิก 41
รูปที่ 3.10 ชุดปั๊มไอดรอลิก 41
รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบแรงดึง TM 115A UNIVERSAL TESTING MACHINE, 50 kN 44
รูปที่ 3.12 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ 45
รูปที่ 3.13 การยึดชิ้นงานกับเครื่องทดสอบ 45
รูปที่ 3.14 จอแสดงค่าแรงดึง 46
รูปที่ 3.15 ไดอัลเกจ 46
รูปที่ 3.16 โยกไฮดรอลิก 47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.1 ขนาดเปลือกทุเรียน 51
รูปที่ 4.2 โครงสร้างเครื่อง 52
รูปที่ 4.3 ชุดย่อย 53
รูปที่ 4.4 ชุดผสม 53
รูปที่ 4.5 เครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน 54
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อย (%) ของเปลือกทุเรียน 56
รูปที่ 4.7 เปลือกทุเรียนขนาด 10x30 ก่อนย่อย 57
รูปที่ 4.8 เปลือกทุเรียนขนาด 10x30 หลังย่อย 57
รูปที่ 4.9 เปลือกทุเรียนขนาด 20x40 ก่อนย่อย 57
รูปที่ 4.10 เปลือกทุเรียนขนาด 20x40 หลังย่อย 57
รูปที่ 4.11 เปลือกทุเรียนขนาด 30x50 ก่อนย่อย 57
รูปที่ 4.12 เปลือกทุเรียนขนาด 30x50 หลังย่อย 57
รูปที่ 4.13 กระบวนการขึ้นรูปโดยการอัดขึ้นรูป 61
รูปที่ 4.14 โครงสร้าง 62
รูปที่ 4.15 แม่พิมพ์กระถางตัวผู้ 62
รูปที่ 4.16 แม่พิมพ์กระถางตัวเมีย 63
รูปที่ 4.17 กระบอกไฮดรอลิก 63
รูปที่ 4.18 ชุดปั๊มไฮดรอลิก 64
รูปที่ 4.19 เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน 65
รูปที่ 4.20 แบบแม่พิมพ์ 65
รูปที่ 4.21 แบบประกอบแม่พิมพ์ 66
รูปที่ 4.22 กระถางที่อัดได้จริง 66
รูปที่ 4.23 กระถางที่อัตราส่วน 1:2:3 67
รูปที่ 4.24 กระถางที่อัตราส่วน 1:2.5:4.3 68
รูปที่ 4.25 กระถางที่อัตราส่วน 1:5:1.5 68
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันที่ใช้ในการอัดและสมรรถนะการอัดกระถาง 69
รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบความดันในการอัดกระถางกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง 70
รูปที่ 4.28 ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 1 71
รูปที่ 4.29 ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 2 71
รูปที่ 4.30 ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 3 71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 4.31 ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 4 72
รูปที่ 4.32 ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 5 72
รูปที่ 4.33 ถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง (ก)ความสูงของต้นประมาณ 14.5 เซนติเมตร 73
รูปที่ 4.34 ถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง (ข)ความสูงของต้นประมาณ 14 เซนติเมตร 73
รูปที่ 4.35 ถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง (ค)ความสูงของต้นประมาณ 14.5 เซนติเมตร 74
รูปที่ 4.36 ถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง (ง)ความสูงของต้นประมาณ 15 เซนติเมตร 74
รูปที่ 4.37 สภาพกระถางหลังทดลองปลูกต้นถั่วเขียว (ก) สภาพกระถางหลังทดลอง
ปลูกต้นถั่วเขียวได้ 5 วัน 75
รูปที่ 4.38 สภาพกระถางหลังทดลองปลูกต้นถั่วเขียว (ข) 75
รูปที่ 4.39 สภาพกระถางหลังทดลองปลูกต้นถั่วเขียว (ค) 76

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

F = แรงที่ใช้ในการกดแม่พิมพ์ (N)

P = ความดัน (N/m^2)

A = พื้นที่หน้าตัดของแม่พิมพ์ (m^2)

W = อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)

i = กระแสไฟ (A)

v = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

t = เวลาที่เครื่องทำงาน (hr)

BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมง/ปี)

B = ค่าจ้างในการทำกระถาง (บาท/ชั่วโมง)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/ชั่วโมง)

P = ราคาเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน (บาท)

R = กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)

P คือ ราคาซื้อของเครื่องจักร (บาท)

S คือ ราคาขายหรือมูลค่าคงเหลือเมื่อเครื่องจักรหมดอายุ (บาท)

L คือ อายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

I คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์)

ก = กระถางอัตราส่วน 1:2:3

ข = กระถางอัตราส่วน 1:2.5:4.3

ค = กระถางอัตราส่วน 1:5:15

ง = กระถางพลาสติก

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ทุเรียนมีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แหล่งผลิตสำคัญ ได้แก่ ประเทศไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย และฟิลิปปินส์ ในปี 2563 (ปีเพาะปลูก 2562/63) ทุเรียนมีเนื้อที่ให้ผลผลิต รวมทั้งประเทศ 755,000 ไร่ ผลผลิต 1,133,000 ตัน และผลผลิต ต่อไร่ 1,500 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2562 ที่มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 726,475 ไร่ ผลผลิต 1,013,741 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 1,395 กิโลกรัม [1] ทุเรียนเป็นผลไม้ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ ผลทุเรียนมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก อาจมีขนาดยาวถึง 30 ซม. และอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 15 ซม. โดยทั่วไปมีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม ผลมีรูปรีถึงกลม เปลือกมีสีเขียวถึงน้ำตาล เนื้อในมีสีเหลืองซีดถึงแดง แตกต่างกันไปตามสายพันธ์ ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งเป็นส่วนผสมของสารระเหยที่ประกอบไปด้วยเอสเทอร์คีโตน และสารประกอบกำมะถัน ทำให้มีการห้ามนำทุเรียนเข้ามาในโรงแรมและการขนส่งสาธารณะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลสูง ทั้งยังอุดมไปด้วยกำมะถันและไขมัน จึงไม่เหมาะสำหรับผู้ป่วยเป็นเบาหวาน ทุเรียน เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของไทย โดยเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในและต่างประเทศ ไทยเป็นผู้ส่งออกทุเรียนสดอันดับ 1 ของโลก การส่งออกเฉพาะเดือนพฤษภาคม 2564 มูลค่าราย เดือนสูงที่สุดเป็นประวัติการณ์ที่ 934.9 ล้านดอลลาร์ฯ ขยายตัวร้อยละ 95.3 โดยการส่งออกไปจีนที่เป็น ตลาดหลักเติบโตสูงถึงร้อยละ 130.9 ปริมาณผลผลิตทุเรียนที่ออกสู่ ตลาดในปี2564 มีเพิ่มขึ้น ประกอบกับกระแสความต้องการทุเรียนจากตลาดจีนยิ่งหนุนราคาส่งออกทำให้ การส่งออกทุเรียนสดของไทยในภาพรวมในปี 2564 เพิ่มขึ้นร้อยละ 35-40 มีมูลค่า 2,800- 2,900 ล้านดอลลาร์ฯ นับเป็นยอดส่งออกสูงสุดครั้งใหม่จากที่เคยทำ ไว้ในปีก่อนหน้า จนกลายเป็น สินค้าเกษตรเศรษฐกิจตัวใหม่รองจากยางพารา แซงหน้าการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง [2] ส่วนตลาดในประเทศก็เป็นที่นิยมรับประทานกันมากของคนทั่วไป เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรสามารพัฒนาให้สามารถออกผลผลิตได้เกือบตลอดปี เปลือกทุเรียนซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจำนวนมากเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้ง เปลือกทุเรียนมีส่วนประกอบที่เป็นเส้นใยค่อนข้างมาก เหมาะแก่การนำมาทำเป็นภาชนะหรือใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นๆ ประเทศไทยมีการนำเปลือกทุเรียนไปใช้ประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกทุเรียน เช่น การใช้เส้นใยจากเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมในมอตาร์น้ำหนักเบา [3] เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน [4] และการผลิตกระดาษจากเปลือกทุเรียนเป็นต้น [5]

จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยผสมและเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนขึ้น เพื่อนำเปลือกทุเรียนที่เป็นของเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำเปลือกทุเรียนผ่านกระบวนการบดและผสมมาอัดเป็นกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยข้อดีคือสามารถปลูก

ได้ทั้งกระถางเมื่อสลายตัวจะให้ธาตุอาหารที่เป็นปุ๋ยสำหรับการเจริญเติบโตของพืชได้ และช่วยลดมลภาวะ ที่เกิดจากการใช้กระถาง หรือถุงเพาะชำพลาสติกซึ่งใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ในการกำจัดขยะจากพลาสติก เป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากในการกำจัด ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้วิธีการเผาขยะจากพลาสติก ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซพิษจำนวนมาก ซึ่งเป็นมลพิษให้กับโลกทางดิน น้ำ และอากาศ อันนำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม ในที่สุด [6] ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาเรื่องการอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน และอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับวัสดุปลูก ดังนั้นจึงดำเนินโครงงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องย่อยผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน ศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเปลือกทุเรียน และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง

1.2.2 ศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

1.2.3 ทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง

1.2.4 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องย่อยเปลือกทุเรียนและเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ออกแบบและสร้างย่อยผสมและเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนสำหรับอัดขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้าง ชุดย่อยและผสม แม่พิมพ์กระถาง ระบบไฮดรอลิกและมอเตอร์เป็นต้นกำลัง

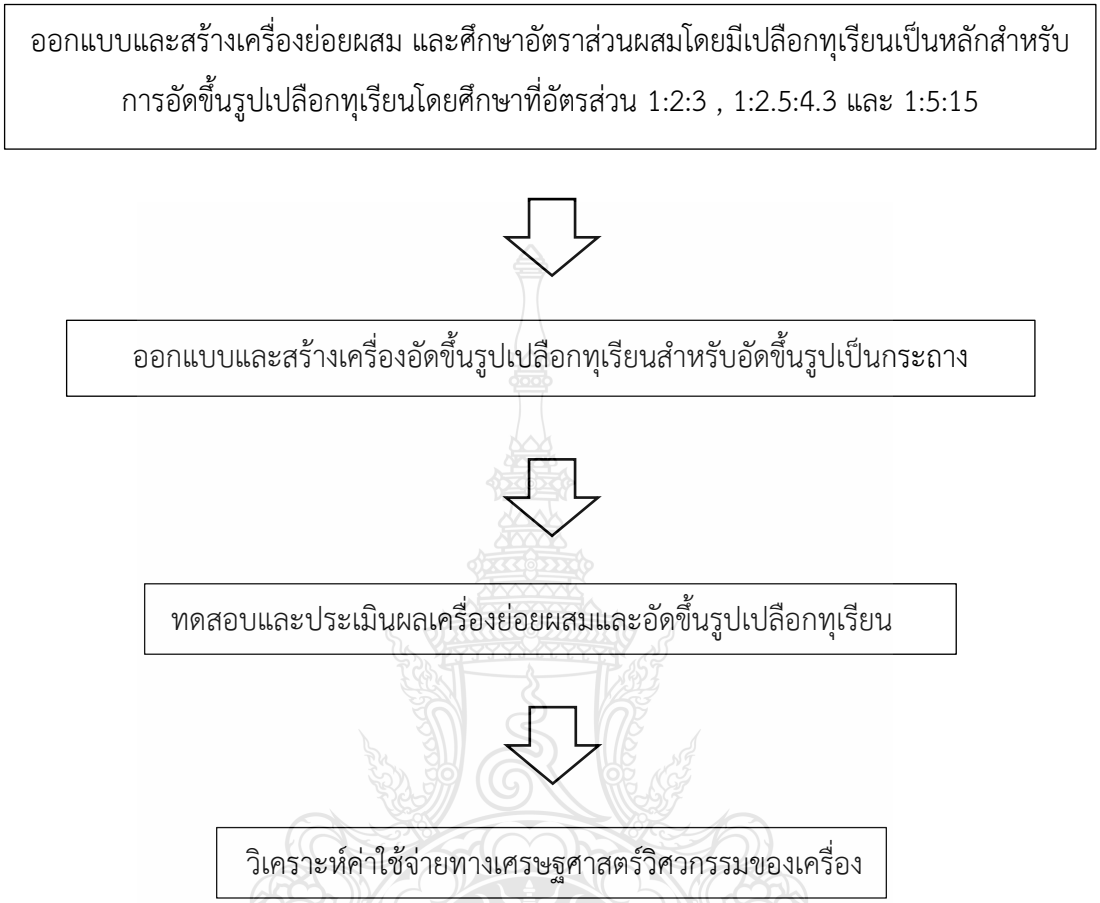
1.3.2 ขนาดเปลือกทุเรียนที่ศึกษาได้แก่ 10x30 มิลลิเมตร 20x40 มิลลิเมตร 30x50 มิลลิเมตร

1.3.3 ศึกษาหาอัตราส่วนผสมโดยมีเปลือกทุเรียนเป็นวัตถุดิบหลัก ให้กระถางมีความแข็งแรงทนทานโดยศึกษาที่อัตราส่วน 1:2:3 , 1:2.5:3 และ 1:5:15

1.3.4 ทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อย ผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนโดยมีค่าชี้ผลในการศึกษาได้แก่ ความสามารถในการทำงานจริงและอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า

1.3.5 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องย่อยผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน ได้แก่ ค่าใช่จ่ายในการอัดขึ้นรูป จุดคุ้มทุนในการทำงานและระยะเวลาในการคืนทุน

1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้เครื่องต้นแบบ เครื่องย่อย ผสม และอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนที่สามารถใช้งานได้จริง

1.5.2 ได้ส่วนผสมที่เหมาะสม สำหรับอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.5.3 ได้ข้อมูลความสามารถในการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

1.5.4 ได้ข้อมูลความเหมาะสมในการทำงานเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องย่อยผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

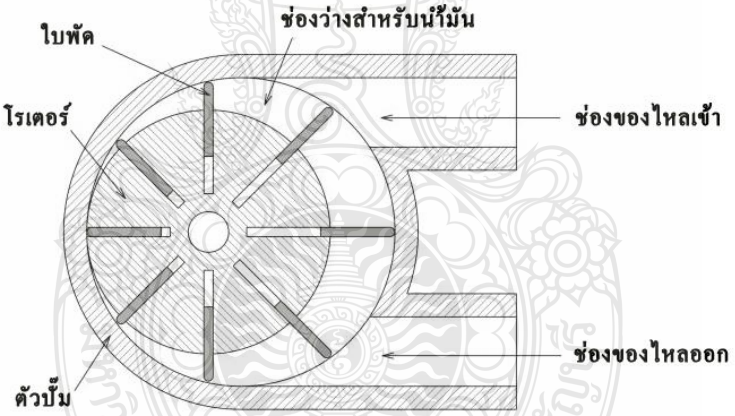
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยเนื้อหาในส่วนของหัวข้อนี้จะเป็นองค์ความรู้และองค์ประกอบที่ทำการศึกษามาเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยมีเนื้อหาและรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ปั๊มไฮดรอลิก

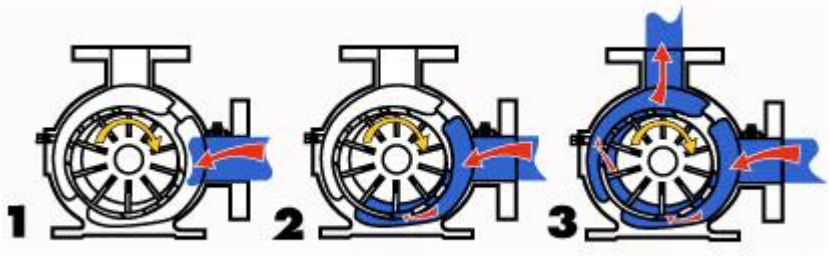
1. ปั๊มไฮดรอลิก แบบใบพัด (Vane pumps)

ปั๊มแบบใบพัด เป็นปั๊มที่มีความเร็วรอบสูงมากซึ่งเหมาะกับงานที่ต้องใช้ความเร็วรอบสูงมากแต่ต้องการให้มีความดันต่ำ ตัวมี 2 แบบซึ่งก็คือ ปั๊มที่สามารถปรับใบพัดได้และปรับไม่ได้ ซึ่งปั๊มที่สามารถปรับใบพัดได้จะมีการตั้งจุดศูนย์กลางของใบพัด



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของปั๊มแบบใบพัด (Vane Pump) [5]

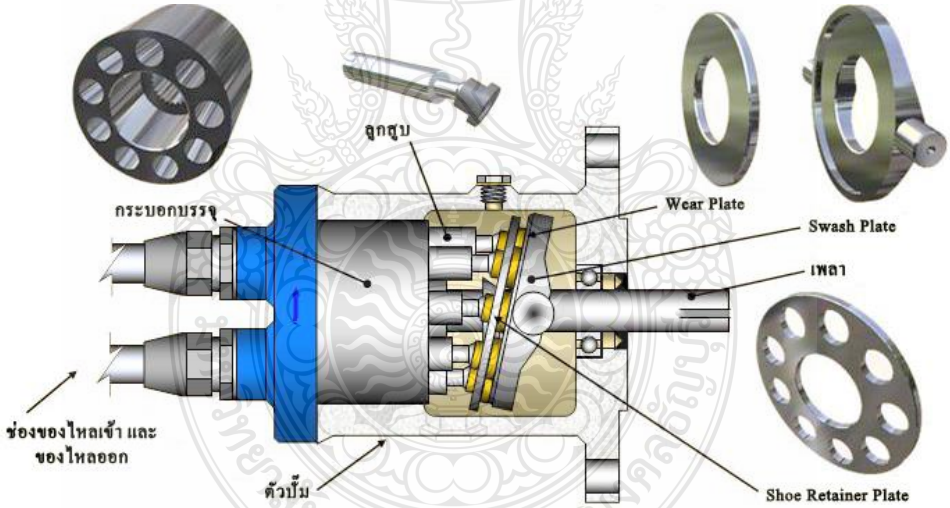
หลักการทำงานของปั๊ม คือ จะมีน้ำมันเข้ามาทางช่องทางเข้าปั๊ม แล้วเข้ามาเติมในส่วนช่องว่าง เมื่อปั๊มเริ่มทำงาน ใบพัดก็จะดูดสลัดออกมาสัมผัสกับตัวเรือน โดยแกนของใบพัดจะติดอยู่เยื้องกับจุดศูนย์กลางของตัวเรือน จากการที่แกนใบพัดติดอยู่เยื้องกับจุดศูนย์กลาง ทำให้ช่องว่างระหว่างใบพัดแต่ละช่วงไม่เท่ากัน โดยในช่วงจังหวะดูด ช่องว่างระหว่างใบพัดจะถูกขยายออกจนมีช่องว่างมากที่สุด หลังจากนั้น ช่องว่างระหว่างปั๊มและใบพัดจะเริ่มลดลงเป็นจังหวะการอัด การทำงานของตัวปั๊มจึงเงียบ ไม่มีเสียงดังรบกวน



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการทำงานของปั๊มแบบใบพัด (Vane Pump) [5]

2. ปั๊มไฮดรอลิก แบบลูกสูบ (Piston pumps)

ปั๊มแบบลูกสูบ แบบปรับค่าอัตราการไหลได้ ปั๊มแบบลูกสูบสามารถปรับจำนวนน้ำมันที่อยู่ในปั๊มได้ โดยการหมุนชาร์ฟที่มีแผ่นเพลท ติดอยู่ด้วยทำให้เปลี่ยนมุมของแผ่นเพลท ไปดันลูกสูบ ปั๊มแบบลูกสูบใช้กันมากในระบบไฮดรอลิกเนื่องจากเมื่อต้องการให้น้ำมันน้อยลง สามารถปรับเปลี่ยนความเอียงของแผ่นเพลท และมีผลในทันที และเมื่อไม่มีการทำงานปั๊มสามารถหยุดการจ่ายน้ำมันได้ในทันที



รูปที่ 2.3 รูปส่วนประกอบของปั๊มแบบลูกสูบ (Piston Pump) [5]

หลักการทำงานของปั๊มแบบลูกสูบ คือ แผ่นเพลท ที่ติดกับตัวเพลา ของปั๊ม จะหมุนตามตัว เพลา ไปรอบๆ ที่แผ่นเพลท จะมีสกรูให้สามารถขันปรับค่าความเอียงของแผ่นเพลท ได้ จึงทำให้สามารถปรับค่าอัตราการไหลได้ เมื่อเพลท เริ่มหมุน ส่วนที่สูงของแผ่น Swash plate ไปสัมผัสกับด้านล่างของลูกสูบก็จะดันลูกสูบเข้า กลายเป็นจังหวะอัดของลูกสูบ เมื่อแผ่น Swash plate หมุนต่อไป

จนถึงส่วนที่ต่ำของแผ่นเพลท สัมผัสกับด้านล่างของลูกสูบ ทำให้ลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่ออกกลายเป็นจังหวะดูดของลูกสูบ การทำงานจะสลับอย่างนี้เรื่อยไป เพื่ออัดฉีดน้ำมันไฮดรอลิกออกจากตัวปั๊มไปยังระบบไฮดรอลิกให้ทำงาน

3. วาลว์คุมทิศทาง (Directional control valves)

วาลว์ควบคุมทิศทางจัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมทิศทางของกระบอกหรือไฮดรอลิกให้หยุดหรือเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ โดยวาล์วควบคุมทิศทางสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะตามการควบคุม วาล์วไฮดรอลิกซึ่งควบคุมทิศทางด้วยไฟฟ้าแบบตรงหรือ โซลีนอยด์วาล์ว

วาล์วไฮดรอลิกควบคุมทิศทางหรือโซลีนอยด์วาล์วที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO 4401, CETOP, DIN 2430, NEPA ใช้สำหรับควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมัน ให้ไหลไปในทิศทางที่ต้องการ โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าในการดึงก้านวาล์วให้เคลื่อนที่เพื่อเปลี่ยนทิศทางของน้ำมัน มีขนาดให้เลือกตั้งแต่ 02, 03, 04, 06, 10 โดยการเลือกขนาดของวาล์วควบคุมทิศทางจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของปั๊มเป็นหลัก โดยวาล์วไฮดรอลิกควบคุมทิศทางหรือโซลีนอยด์วาล์วชนิดนี้เหมาะสำหรับการใช้งานกับระบบที่มีแรงดันและอัตราการไหลที่สูง

3.1 วาล์วควบคุมทิศทางแบบทางกล

วาล์วไฮดรอลิกควบคุมทิศทางแบบมือโยกใช้ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมัน ให้ไหลไปในทิศทางที่ต้องการ โดยใช้การโยกมือโยกเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของก้านวาล์วเพื่อกำหนกทิศทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก โดย Hydraulic valve ควบคุมทิศทางแบบมือโยกจะมีทั้งแบบล๊อคตำแหน่ง และ แบบดันกลับด้วยสปริง (Spring return) โดนวาล์วลักษณะนี้มักจะพบในระบบที่เคลื่อนที่ เช่น ในรถ หรือเรือ เนื่องจากมีโครงสร้างไม่ซับซ้อน และสะดวกในการควบคุมการทำงาน

3.2 วาล์วไฮดรอลิกควบคุมทิศทางแบบกลไก

วาล์วไฮดรอลิกควบคุมทิศทางแบบกลไกที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO 4401, CETOP, DIN 24340, NFPA แบบกลไกใช้ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมัน ให้ไหลไปในทิศทางที่ต้องการ โดยใช้กลไกภายในเพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำมัน โดยจะมีทั้งแบบปกติเปิด (NO) และปกติปิด (NC)

รูปที่ 2.4 วาล์วควบคุมทิศทางแบบมือโยก [6]

รูปที่ 2.5 วาล์วควบคุมทิศทางแบบกลไก [6]

4. หลักการคำนวณต่างๆ ในระบบ

ไฮดรอลิกของไหล คือ สารที่มีความสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้อย่างต่อเนื่องกันไปภายใต้การกระทำใดๆก็ตาม แบ่งเป็นสองชนิดคือ แก๊ส และ ของไหล ระบบของ ของไหล: สามารถแบ่งเป็นสองระบบคือ

4.1 ระบบขนถ่ายของไหล

เป็นระบบที่มีการส่งของไหลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเพื่อประโยชน์ใช้งานด้านต่างๆเช่นระบบประปาระบบส่งก๊าซและระบบผสมสารเคมี

4.2 ระบบกำลังของไหล

ได้แก่ระบบที่ถูกออกแบบให้ทำงานโดยใช้ของไหลที่มีความดันสูงกระทำผ่านอุปกรณ์ทำงานเพื่อให้แรงออกมาทำงานที่ต้องการโดยต้องมีอุปกรณ์ควบคุมเพื่อที่จะทำให้ได้ง่ายที่มีความราบรื่นแม่นยำมีประสิทธิภาพและต้องปลอดภัย

4.3 สูตรการคำนวณต่างๆ ทางของไหล

4.3.1 แรง หมายถึงการกระทำของวัตถุอื่นกับวัตถุอื่น หรือสาเหตุใดๆก็ตามที่กระทำกับวัตถุแล้วพยายามผลักให้วัตถุมีการเคลื่อนที่

F = m.a

F คือ แรงกระทำ, N

m คือ มวลของสาร, kg

a คือ ความเร่งเนื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ m/sec2

Pressure คือ ความดัน

4.3.2 ความดันคือ ค่าของแรงที่กระทำกับของไหล ต่อพื้นที่ที่ถูกกระทำ

P = F/A

F ได้แก่แรงที่กระทำ, N

A ได้แก่พื้นที่หน้าตัดของภาชนะที่ถูกแรงกระทำ, m2

P ได้แก่ความดันของของไหล, Pa

4.3.3 กฎของปาสคาล (Pascal's Law)

แสดงสมการการคำนวณดังนี้

$$\frac{W1}{A1} = P$$

$$W_2 = \frac{W1 \times A2}{A1}$$

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

$$d_1 = d_2 \frac{F2}{F1} = d_2 \times \frac{A2}{A1}$$

เมื่อ F_1 คือ แรงที่กระทำที่กระบอกสูบที่ 1

F_1 คือ แรงที่กระทำที่กระบอกสูบที่ 2

W_1 คือ น้ำหนักกระบอกสูบที่ 1

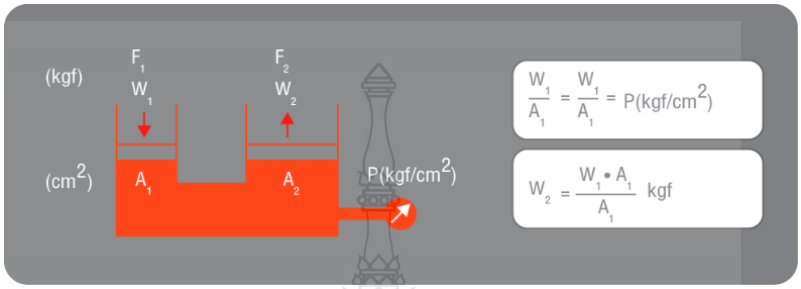
W_2 คือ น้ำหนักกระบอกสูบที่ 2

A_1 คือ พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบที่ 1

A_2 คือ พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบที่ 2

d_1 คือ ระยะทางเคลื่อนที่ของกระบอกสูบที่ 1

d_2 คือ ระยะทางเคลื่อนที่ของกระบอกสูบที่ 2



รูปที่ 2.6 กฎของปาสคาล [7]

ถ้าเพิ่มแรงดัน(ความดัน)ให้กับของไหล ที่บรรจุในภาชนะปิด ณ จุดใดๆ ความดัน นั้น จะส่งกระจายกันต่อไป ทำให้ทุกๆส่วนของของไหลได้รับความดันที่เพิ่มขึ้นเท่ากันหมด

(Charles's Law) กฎของชาร์ล

แสดงสมการการคำนวณดังนี้

$$\frac{V1}{T1} = \frac{V2}{T2}$$

$$\frac{V}{T} = K$$

$$V1 = \frac{V2 \; x \; T1}{T2}$$

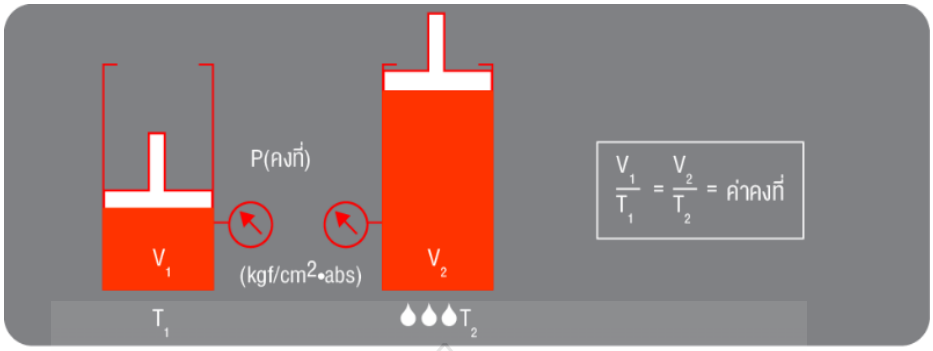
เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรสภาวะที่ 1

V_2 คือ ปริมาตรสภาวะที่ 2

T_1 คือ อุณหภูมิของของเหลวสภาวะที่ 1

T_2 คือ อุณหภูมิของของเหลวสภาวะที่ 2

K คือ ค่าคงที่



รูปที่ 2.7 กฎของชาร์ล [7]

ค่าความดันอากาศคงที่ค่าหนึ่ง ปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่งจะแปรผันเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศ

2.2 การออกแบบเพลา

2.2.1 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลา ซึ่งระบุขนาด ใน ISO/R75 – 1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วย ขนาดระบุของเพลาดูได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R 775-1969

ขนาดระบุของเพลามาตรฐานของเพลาใน ISO/R 775-1969					
รายการ	ขนาดระบุ (มม.)	ลำดับที่	ขนาด (มม.)	ลำดับที่	ขนาด(มม.)
1	6	16	55	31	160
2	7	17	60	32	170
3	8	18	65	33	180
4	9	19	70	34	190
5	10	20	75	35	200
6	12	21	80	36	220
7	14	22	85	37	20
8	18	23	90	38	260
9	20	24	95	39	280
10	25	25	100	40	300
11	30	26	110	41	320
12	35	27	120	42	340
13	40	28	130	43	360
14	45	29	140	44	380
15	50	30	150	45	400

2.2.5 การคำนวณหาโมเมนต์บิด

$$p = \frac{Mt \times 2\pi \times n}{60} \quad (2.1)$$

$$M_t = \frac{P \times 100 \times 30}{\pi \times n} \quad (2.2)$$

$$M_B = M_t \times C_B \quad (2.3)$$

เมื่อ P = กำลังงานระบุในเพลา (kW)

N = ความเร็วรอบของเพลา (rpm/min)

M_t = โมเมนต์บิด (N.m)

M_B = โมเมนต์บิดขณะขับภาระ (N.m)

C_B = แฟกเตอร์งาน

2.3 ทฤษฎีใบมีด

ทฤษฎีใบมีด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการตัด เพราะการตัดชิ้นเนื้อวัสดุบริเวณใกล้คมมีด ความแข็งแรง ความทนการสึกหรอและขีดความสามารถอื่นๆ ของใบมีดจะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของการตัด

ลักษณะของใบมีดตัด วัสดุใบมีดตัด (Cutting Tool Material) การค้นคว้าหาวัสดุใหม่ๆ ที่มีคุณสมบัติดีกว่าวัสดุเดิมที่เคยใช้ เป็นงานที่มีพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งนี้เพราะวัสดุชิ้นงานใหม่ๆที่ได้จะมีสมบัติแตกต่างไปจากวัสดุเดิมขึ้นตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องมีการค้นคว้าวัสดุใบมีดตัดใหม่ๆมาใช้ เพื่อให้สามารถตัดวัสดุชิ้นงานใหม่และใช้กับเครื่องจักรกลใหม่ๆให้เต็มขีดความสามารถสมบัติของวัสดุใบมีดตัดเป็นสิ่งที่จาเป็นจะต้องมีการค้นคว้าและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

สมรรถนะของใบมีดตัด (Cutting Tool Performance) เช่น ความแข็งแรง ความทนทานต่อการสึกหรอ ค่าความเร็วสูงสุดที่สามารถรับได้

2.3.1 คุณสมบัติของวัสดุใบมีด

หลักการขั้นพื้นฐานของการตัดวัสดุโดยใช้ใบมีดตัด “วัสดุที่แข็งกว่าย่อมขูดวัสดุที่อ่อนกว่าให้เป็นรอยได้” ดังนั้นใบมีดตัดจะต้องทาจากวัสดุที่ความแข็งสูงกว่าชิ้นงานเสมอ วัสดุที่เหมาะในการนามาทาใบมีดตัด ควรจะมีสมบัติดังนี้

1. มีความแข็งสูง คือ ความแข็งของวัสดุที่ทาใบมีดต้องมีความแข็งมากกว่าชิ้นงาน จึงสามารถหั่นชิ้นงานออกเป็นสองส่วนได้ โดยทั่วไปการวัดค่าความแข็งของใบมีดตัดและชิ้นงานการตัดโลหะ นิยมระบุเป็นค่าความแข็งในระบบ รอคเวลล์สเกลบี และสเกลซี

2. มีคุณสมบัติคงความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง คือ ขณะที่ใบมีกาลังทาหน้าที่ตัดชิ้นงานอยู่นั้น ชิ้นงานและใบมีดตัดจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปสารทุก ๆ ชนิดจะอ่อนตัวลงคือความแข็งลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ใบมีดก็จะสึกหรออย่างรวดเร็ว

3. มีคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอได้ดี ที่ผิวหน้ามีดจะมีการเสียดสีระหว่างใบมีดตัดกับชิ้นงาน และผิวหลังมีดใกล้บริเวณคมตัดจะมีการเสียดสีระหว่างมีดกับชิ้นงานที่พึ่งถูกตัด จะทาให้ใบมีดเกิดการสึกหรอเร็ว

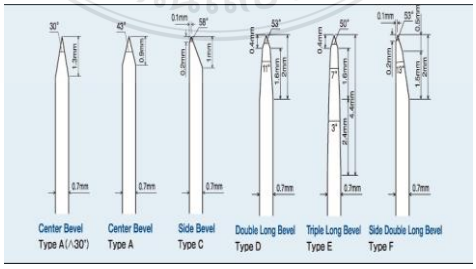
4. มีความแข็งแรงสูง (High Strength) ควรจะมีการต้านแรงดึงสูงและมีความแข็งสูงมักเปราะ

5. ไม่เปราะ กะเทาะหรือร้าวง่ายเมื่อถูกกระทบกระแทบทั้งนี้เพราะสารที่มีความแข็งสูงมักจะเปราะ

6. มีคุณสมบัติไม่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี ไม่ทาปฏิกิริยาเคมีกับสารชิ้นงาน ซึ่งจะทาให้การสึกหรออย่างรวดเร็ว ไม่ทาปฏิกิริยาเคมีกับอากาศจนเป็นสนิมได้ง่าย ไม่ทาปฏิกิริยาเคมีกับสารหล่อเย็นอย่างรวดเร็วจนอาจจะทาให้เกิดการสึกกร่อยอย่างรวดเร็ว

7. มีราคาถูก เพื่อให้สามารถนามาผลิตเป็นใบมีดและจำหน่ายให้ได้รับความนิยม

8. สามารถหาซื้อได้ง่าย เพื่อความสะดวกในการจัดซื้อมาใช้ ไม่มีการขาดแคลน การรู้จักเลือกใช้ใบมีดให้เหมาะสมกับงานและสภาวะการตัดจะช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาได้



รูปที่ 2.8 ลักษณะของปลายมีดมาตรฐาน มีดไดคัท [5]

2.3.2 วัสดุที่สำหรับการทำใบมีดแยกส่วน โดยการเลือกวัสดุที่ถูกต้องสำหรับการใช้งาน เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของงานตัดที่มีคุณภาพและเพิ่มอายุการใช้งานของใบมีดให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นทำให้ช่วยลดต้นทุนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

1. ลักษณะของคมใบมีดตัด โดยการเลือกวัสดุที่นำมาใช้ทำใบมีดจะส่งผลต่ออายุการใช้งาน ดังนั้นลักษณะฟันของใบมีดที่ใช้จึงควรมีลักษณะที่เหมาะสมกับชิ้นงาน เพื่อช่วยให้รอยตัดมีความเรียบเนียนและสวยงาม และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องตัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2. การใช้งานใบมีดตัดแยกส่วนในอุตสาหกรรม ใบมีดตัดแยกส่วนเหมาะสำหรับการใช้งานกับวัสดุในอุตสาหกรรมทุกประเภท

2.3.3 วัสดุที่ใช้ทำใบมีดตรง ส่วนประกอบวัสดุที่ใช้ทำใบมีดที่แตกต่างกันช่วยป้องกันปฏิกิริยาหรือการเสื่อมสภาพของใบมีดและผลิตภัณฑ์ที่ถูกตัด

1. ลักษณะคมของใบมีดตรง คมของใบมีดตรงแต่ละประเภทของ YSK สามารถปรับได้ตามการใช้งาน เพื่อรอยตัดที่เรียบเนียนและมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. การใช้งานใบมีดตรงในอุตสาหกรรม

2.3.4 ใบมีด Silky เป็นใบมีดที่รองรับการติดหนืบของวัสดุที่ตัดซึ่งเคลือบด้วยซิลิกอน SILKY เป็นมีดที่ผลิตในประเทศญี่ปุ่น มีชื่อเสียงในด้านความคมและความแข็งแรงของใบมีดที่เป็นเหล็กสแตนเลส ซึ่งแข็งแกร่งทนทาน และไม่เป็นสนิม 100%

2.4 ทฤษฎีการ ตัด ย่อย ผสม

กระบวนการลดขนาด (size reduction) คือกระบวนการที่ทำให้วัตถุดิบชิ้นใหญ่แตกย่อยจนมีขนาดเล็กลงและอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อกระบวนการแปรรูป

2.4.1 แรงที่ใช้ในการลดขนาด

1. แรงบิดหรืออัด (compressive force) มีลักษณะเป็นแรงที่ใช้บีบอัดวัสดุให้แตกออกคล้าย ๆ การใช้คีมกะเทาะเปลือกแข็งของผลไม้ (nutcracker) บีบวัสดุให้แตก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษะค่อนข้างหยาบ นิยมใช้กับวัสดุที่แข็ง

2. แรงกระแทกหรือแรงทุบ (impact force) เป็นแรงที่ใช้กระแทกให้วัสดุแตกออกเป็นหลัก คล้ายคลึงกับการทุบวัสดุให้แตกออกโดยใช้ค้อน อนุภาคของวัสดุที่ได้จะมีหลาย ๆ ขนาดปนกันอยู่ทั้งหยาบ ปานกลางและละเอียด

3. แรงเฉือน (shear force) หรือแรงเสียดสี (attrition force) เป็นการลดขนาดโดยใช้การขัดสีเพื่อลดขนาดวัสดุ วัสดุที่ถูกย่อยออกมาจะมีลักษณะที่กลมมน ขนาดละเอียดมากและไม่มีเหลี่ยมมุมคมนิยมใช้กับวัสดุที่มีความอ่อนไม่แข็งมาก

2.4.2 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการลดขนาด

กระบวนการลดขนาดของวัสดุนั้นผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มักมีมีการกำหนดขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเอาไว้ด้วยและผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนมากแล้วต้องมีขนาดที่สม่ำเสมอ โดยมักจะใช้ตะแกรงร่อนมาช่วยในการคัดเลือกขนาด ส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้ขนาด จะถูกส่งไปผ่านกระบวนการอีกครั้งจนได้ขนาดที่ต้องการ

2.4.3 เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการลดขนาด

เครื่องมือที่ใช้ในงานของการลดขนาดในอุตสาหกรรมมีมากมายหลายชนิด โดยมีขนาดที่ต่างๆ กันตามการใช้งาน ในที่นี้จะกล่าวถึงประเภทที่สำคัญที่นิยมใช้งานกันในอุตสาหกรรมอาหาร โดยแยกประเภทออกโดยพอสังเขป ดังนี้

1. เครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (crushing roll) เครื่องบดจะประกอบด้วยลูกกลิ้งโลหะทรงกระบกสองอันหรืออาจมากกว่านั้นกระบวนการลดขนาดของวัสดุอาหารโดยการป้อนวัตถุดิบลงไปในบริเวณด้านบนระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองตัวลูกกลิ้งโลหะจะหมุนเข้าหากันเพื่อดึงวัสดุที่ต้องการบดเข้าไปในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งแล้วเกิดการบดวัสดุให้เกิดการแตกหักความเร็วรอบที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 30-50 รอบต่อนาที

2. (impact) เป็นหลักในการลดขนาดวัสดุ เครื่องจะประกอบด้วยจานที่หมุนได้และยึดที่ปลายไว้ด้วยค้อนหรือสิ่งที่มีรูปร่างคล้ายกันติดตั้งอยู่ในตัวโครงปิดล้อมรอบ ขณะทำงานมอเตอร์จะขับจานให้หมุนและเหวี่ยงปลายค้อนไปกระแทกกับวัสดุจนแตกกระจายเป็นชิ้น ในบางกรณีจะมีการดัดแปลงนำใบมีดมาติดแทนหัวค้อนเพื่อใช้ในการตัดวัสดุที่แตกยาก

2.4.4 การกวนและการผสม

เป็นหน่วยปฏิบัติการที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม ซึ่งมีทั้งการผสมในรูปแบบของของเหลว ก๊าซ และ ของแข็ง จุดประสงค์ของการผสมสามารถให้นิยามได้ 2 ลักษณะ คือการทำให้สาร 2 ชนิดหรือมากกว่ามีการกระจายตัวเข้าไปอยู่ในสารอีกชนิดหนึ่งได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันการทำให้สารชนิดใดชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคุณสมบัติไม่สม่ำเสมอให้มีความสม่ำเสมอกัน เช่น สี อุณหภูมิ และส่วนประกอบ

1. เครื่องกวน รูปแบบของเครื่องกวน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ แบบภาชนะและแกนใบพัดยึดติดอยู่กับที่ ใบพัดจะหมุนบนแกน แบบนี้นิยมใช้กวนของเหลวที่มีความหนืดต่ำ หรือ ผสมของแข็งในของเหลว กวนไล่ก๊าซออกจากของเหลว

1.1 แบบภาชนะยึดติดกับที่และใบพัดมีการเคลื่อนที่พร้อมกับแกนใบพัด เครื่องกวนผสมแบบนี้นิยมใช้กับของเหลวที่มีความต้านทานหรือความหนืดค่อนข้างสูง

1.2 แบบภาชนะมีการหมุนและแกนใบพัดยึดกับที่ สามารถใช้กับการกวนผสมสารที่มีความหนืดสูงมากๆ เช่น พวกโด หรือ สารที่มีลักษณะเป็นพลาสติกมีความหนืดสูง และยังนิยมใช้กับการผสมวัสดุที่เป็นผงแห้งอีกด้วย

2. เครื่องผสมที่ใช้กับวัตถุดิบที่มีความหนืดสูงหรือวัสดุกึ่งแข็ง (Plastic solid) เครื่องมือที่ใช้ผสมสารที่มีคุณสมบัติเหล่านี้จะต้องมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติพิเศษของสารแต่ละชนิดในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติด้านกายภาพของสารเป็นสำคัญ

2.1 เครื่องกวนผสมแบบถังผสม (Pan mixer) เครื่องกวนแบบนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดใหญ่ ๆ ตามลักษณะการทำงานคือ แบบเครื่องผสมชนิดถังผสมอยู่นิ่งกับที่ (Stationary pan mixers) และเครื่องผสมชนิดถังผสมหมุน (Rotation pan mixer)

ก. เครื่องผสมชนิดถังผสมอยู่นิ่งกับที่ (Stationary pan mixers) เป็นเครื่องกวนผสมที่ตัวถังผสมไม่มีการหมุนหรือเคลื่อนไหวแต่ชุดใบพัดที่ใช้กวนจะเคลื่อนที่ไปได้ทั่วภาชนะ ใบกวนที่ใช้มักถูกออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างผนังและก้นภาชนะกับใบกวนน้อยมาก เพื่อให้สามารถกวนได้อย่างทั่วถึง ใบกวนอาจใช้แบบใบเดียวหรือแบบสองใบ

ข. เครื่องผสมชนิดถังผสมหมุน (Rotation pan mixer) เป็นเครื่องกวนผสมที่ตัวภาชนะมีการหมุนขณะทำการผสม แต่ใบพัดขณะถูกยึดติดให้หมุนอยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนที่ขณะทำงาน โดยตัวภาชนะเองที่จะหมุนนำเอาสารต่างๆ เข้ามารับการกวนจากใบพัดอย่างทั่วถึง

2.4.5 สมการการการคำนวณอัตรการการป้อน

$$R = K_1 + K_2 f + K_3 s$$

เมื่อ R คือ เป็นค่าความขรุขระ

K_1, K_2, K_3 คือ ค่าคงที่ในการกลึง

f คือ เป็นอัตราป้อน

s คือ ความเร็วในการตัด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว

สุจินและธีรเวท [11] ได้สร้างและออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสามขั้นตอนด้วยกันคือ

1. ออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว ควบคุมการทำงานและส่งผ่านแรงด้วยระบบไฮดรอลิก

2. ทดสอบและวิเคราะห์เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว

3. วิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของกระถางจากขุยและใยมะพร้าวที่ได้จากการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าวที่สร้างขึ้น ผลการศึกษาพบว่า เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางที่สร้างขึ้นนี้สามารถอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าวได้ 120 ใบต่อชั่วโมง และสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงต่อหนึ่งวัน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปากกระถางกว้าง 4 นิ้ว และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของก้นกระถางกว้าง 2 นิ้ว) ส่วนผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของกระถางเมื่อนำไปใช้งาน พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่าวัสดุที่ใช้ทำกระถางมีความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมาคือการรักษาความชื้นของกระถาง และรูปทรงของกระถางตามลำดับ ส่วนรายการประเมินที่ได้ระดับคะแนนน้อยที่สุดตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคือ ขนาดของกระถาง ความแข็งแรงของกระถาง และอายุการใช้งานของกระถางจากขุยและใยมะพร้าว ตามลำดับ

2.5.2 การศึกษาการอัดขึ้นรูปซังข้าวโพดด้วยระบบไฮดรอลิก

สุทธิพันธ์ [12] ได้ออกแบบชุดแม่พิมพ์อัดซังข้าวโพดขึ้น ซึ่งชุดแม่พิมพ์ที่ออกแบบไปประกอบเข้ากับเครื่องอัดไฮดรอลิก ชุดแม่พิมพ์อัดซังข้าวโพดแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ หัวกดแม่พิมพ์ และแท่นรองแม่พิมพ์ จากการศึกษาซังข้าวโพดสามารถบีบอัดขึ้นรูปได้โดยหลังจากอัดขึ้นรูปก้อนซังข้าวโพดมี ความกว้างเฉลี่ย 32 ซม. ความยาวเฉลี่ย 32 ซม.และความหนาเฉลี่ย 11 ซม. ตามลำดับ ซึ่งจากการทดสอบ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัด และความหนาแน่น ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัด และการสูญเสียน้ำหนัก หลังจากตกกระแทก พบว่าแรงอัดที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปซังข้าวโพดคือ 60 ตัน ในด้านการลดพื้นที่จัดเก็บการอัดขึ้นรูปซังข้าวโพดสามารถลดพื้นที่จัดเก็บได้ เนื่องจากการบีบอัดขึ้นรูปเป็นผลให้ช่องว่างระหว่างชิ้นซังข้าวโพดลดลงในด้านการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงก้อนซังข้าวโพดเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์โดยใช้เวลาเฉลี่ย 16.58 นาที และมีอัตราการป้อนเข้าเตาเผา คือ 2 ก้อน / ครั้งและเติมเชื้อเพลิงทุก ๆ 15 นาที การทดสอบการคลายตัวพบว่าก้อนซังข้าวโพดมีการคลายตัวสูงในช่วง7 วัน หลังจากนั้นการคลายตัวอยู่ในสภาวะคงที่การทดสอบน้ำหนักที่สูญเสียหลังจากตกกระแทก พบว่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากตกกระแทกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาจัดเก็บ ความชื้นที่สูงขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่น และความสามารถในการอัดขึ้นรูปซังข้าวโพดลดลงการอัดขึ้นรูปซังข้าวโพดมีต้นทุนการผลิตทั้งสิ้น 10.05 บาท /ก้อน หรือคิดเป็น 2.51 บาท / กิโลกรัม

2.5.3 แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปถาดเกษตร

สยุมภูและชาญวิทย์ [10] ได้ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปถาดเกษตร โดยศึกษาเทคนิคการออกแบบการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ทำแม่พิมพ์ และนำวัสดุผักตบชวากับวัสดุพอลิเมอร์และขุยมะพร้าวกับวัสดุพอลิเมอร์ มาขึ้นรูป เพื่อกำจัดผักตบชวากับขุยมะพร้าวแปรรูปเป็นถาดเกษตรเพาะต้นกล้า ผลการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปถาดเกษตร ได้ผลครั้งนี้คือ แม่พิมพ์ดังกล่าว มีขนาดความกว้างของเครื่องเท่ากับ 800 มิลลิเมตร ความยาว 380 มิลลิเมตร ความสูง 650 มิลลิเมตร ซึ่งในการทดสอบแม่พิมพ์ แม่พิมพ์สามารถขึ้นรูปวัสดุผักตบชวากับวัสดุพอลิเมอร์และขุยมะพร้าวกับวัสดุพอลิเมอร์ ได้หนาสุดที่ความหนา 9 มิลลิเมตร บางสุดที่ขนาด 3 มิลลิเมตรและมีความกว้างกับความยาว 320x250 มิลลิเมตร เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการขึ้นรูปแต่ละชิ้นงานอยู่ที่ประมาณ 4 นาที

2.5.4 เครื่องอัดกระถางผักตบชวาระบบนิวเมติก

[14] เครื่องอัดกระถางผักตบชวาระบบนิวเมติกสำหรับอัดกระถางผักตบชวาขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกระถาง 6.5 เซนติเมตร ซึ่งได้พัฒนาขึ้นใหม่โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. โครงของเครื่องอัดกระถางผักตบชวาระบบนิวเมติก มีลักษณะเป็นรูปตัวยูคว่ำ มีขาสี่ขาทา จากเหล็ก รางรูปตัวยู ขนาด 2 นิ้ว (50 mm.) หนา 0.75 มิลลิเมตร ขาด้านล่างยึดกับฐานเหล็กแบนขนาด 10.5x40 เซนติเมตร (กว้างxยาว) ระยะห่างระหว่างขาทางด้านหน้า 40 เซนติเมตร ทางด้านข้าง 13 เซนติเมตร บริเวณด้านล่างของขาทั้งสี่ข้างมีเหล็กรางรูปตัวยูขนาดเดียวกันเชื่อมยึดเพื่อความ แข็งแรงของโครงสร้างห่างจากพื้น 15 เซนติเมตร ตรงกลางโครงเครื่องอัดกระถางเป็นคานเหล็กราง รูปตัวยูคว่ำ ขนาด 2 นิ้ว 2 อัน ขนานกันห่างจากพื้น 58 เซนติเมตร เพื่อใช้ยึดแบบกระถางด้วยสลักเกลียว คานด้านบนเป็นรางรูปตัวหูงายขนาด 3 นิ้ว หนา 0.61 มิลลิเมตร ยึดอยู่กับเหล็กรางรูปตัวยูขนาด 2 นิ้ว ที่อยู่ทางด้านข้างระยะห่างจากพื้น 81 เซนติเมตร และเป็นที่ยึดกระบอกนิวเมติก

ข. ระบบนิวเมติก ประกอบด้วยกระบอกนิวเมติกแบบสองทาง ระยะชัก 15 เซนติเมตร เส้นผ่าน ศูนย์กลางแกนกระบอก 1.4 เซนติเมตร วาล์วควบคุมแบบมือโยก และมาตรวัดความดัน

ค. แบบกระถางเป็นเหล็กทรงกระบอกกลวงก้นปิดทึบ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในกระถาง 9.5 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร แบบกระถางยึดอยู่บนคานสำหรับวางแบบกระถางด้วยสลักเกลียว

ง. แกนอัดมีมิติสอดคล้องกับแบบกระถาง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร โคนแกนอัดขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.25 เซนติเมตร ปลายแกนอัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.85

เซนติเมตร แกนอัดยึด ติดกับกระบอกนิวเมติกด้วยสลักเกลียว ระยะห่างในแนวดิ่งระหว่างแกนอัดและแบบกระถาง 7 เซนติเมตร

รูปที่ 2.9 เครื่องอัดกระถางผักตบชวาระบบนิวเมติก [14]

2.5.5 การพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า

โกศล การวิจัยเรื่องการพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งที่สร้างขึ้นโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญและการทดลอง ซึ่งเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งอาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 3 แรงม้า ส่งกำลังโดยสายพานและมู่เล่ในการขับเคลื่อนเพลา มีชุดใบตีเปลือกมะพร้าวเป็นลักษณะยึดติดกับแกนเพลาและใช้ตะแกรงร่อนเพื่อทำหน้าที่แยกใยและขุยมะพร้าวออกจากกัน การดำเนินการทดลอง ผู้ศึกษาทำการประเมินคุณภาพของเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพ พบว่าโดยภาพรวมเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งมีคุณภาพอยู่ในระดับดีนั้นมีค่า(= 4.33, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณาเป็นด้านพบว่า ส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในระดับดีเช่นกัน โดยมีด้านผลิตอยู่ในระดับดีมาก (= 4.61, S.D. = 0.52) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยมีความเหมาะสมของขนาดและรูปร่าง ความสะดวกในการป้อนเปลือกมะพร้าว ปริมาณของขุยมะพร้าวที่ได้อยู่ระหว่าง 1.2 – 1.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมงพร้อมการแยกใยและขุยมะพร้าวออกจากกันได้ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ พบว่าเครื่อง

ย่อยเปลือกมะพร้าวสามารถย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งได้ปริมาณขุยมะพร้าวเฉลี่ย 1.62 กิโลกรัม และใยมะพร้าวเฉลี่ย 1.13 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งจากผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งมีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน และขอบเขตของการศึกษา

รูปที่ 2.10 เครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า [10]

2.5.6 การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย

บุรณ์พิภพและธาวิน การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อยได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานช่วยประหยัดเวลาและแรงงานในการย่อยและอัดรวมทั้งสามารถพัฒนาให้ใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคต ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่มุมองศาของใบมีดสำหรับย่อยหญ้า โดยศึกษามุมองศาใบมีด 3 ระดับที่ 0,5 และ 10 องศา เพื่อหามุมองศาที่ดีดที่สุดในการทดสอบ โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบพบว่า มุมองศาใบมีดที่เหมาะสมเท่ากับ 10 องศา และเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 127.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีจุดคุมทุนในการทำงานที่ 374 ชั่วโมงต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงาน 600 ชั่วโมงต่อปีจะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.63 ปี ซึ่งเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น

รูปที่ 2.11 เครื่องย่อยย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย [12]

2.5.7 การออกแบบและสร้างเครื่องอัดฟางข้าวแบบก้อน

ณัฐพลและคณะ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดฟางข้าวแบบก้อนขนาดเล็กเพื่อใช้อัดฟางข้าวในชุมชนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดฟางข้าวที่สร้างและเปรียบเทียบกับแบบใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลัง จากเครื่องยนต์ดีเซลพบว่าปริมาตรต่อความหนาแน่นใน 1 กิโลกรัม ต้นกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซลอัดได้ 10,554.65 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกิโลกรัม ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถอัดได้ 5,294.21 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกิโลกรัม เครื่องยนต์ดีเซลมีความหนาแน่น 1.60 กิโลกรัมต่อแรงม้า จากข้อมูลพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำการอัดฟางข้าวได้แน่นกว่าเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อเปรียบเทียบที่ 1 แรงม้าเท่ากัน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ผ่านมาได้นำทฤษฎีต่างๆมาประยุกต์ใช้ในออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดขึ้นรูปจากเปลือกทุเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องย่อยผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

3.1.1 วัสดุ

1. ขุยมะพร้าว
2. กาวแป้งเปียก
3. เปลือกทุเรียน

3.1.2 อุปกร์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ตัวจับเวลา
2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องวัดความแข็งแรงของกระถาง

3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกทุเรียน

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกทุเรียนที่ใช้ในการสับย่อย ได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความหนา และน้ำหนัก ในการสับย่อยเปลือกทุเรียน

3.2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน

3.2.3 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับทุเรียน ระบบไฮดรอลิกและการอัดขึ้นรูป

ศึกษาหาข้อมูลลักษณะและคุณสมบัติของเปลือกทุเรียน ศึกษาการทำงานของระบบไฮดรอลิกที่เหมาะสมกับงานอัดขึ้นรูปจากอินเตอร์เน็ต เครื่องอัดขึ้นรูปถาดเกษตรและอื่นๆ

3.2.4 ออกแบบเครื่องและสร้างเครื่องย่อยผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

ในการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน ได้ศึกษาหาแบบโครงสร้างที่มีความแข็งแรง จากนั้นได้ทำการออกแบบโดยเขียนแบบในโปรแกรม solidworks มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้าง, แม่พิมพ์กระถาง, กระบอกไฮดรอลิก, ชุดปั๊มไฮดรอลิก, ดังรูปที่ 3.1

3.2.5 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

เตรียมวัสดุในอัตราส่วนที่ต้องการใส่ลงไปในแม่พิมพ์กระถางตัวเมีย จากนั้นทำการเปิดเครื่องและกดคันโยกชุดคอนโทรลวาล์วทำให้ กระบอกไฮดรอลิกนำชุดแม่พิมพ์ตัวผู้ลงมากดส่วนผสมที่เราได้ทำการใส่ไว้ พร้อมทำการจับเวลาตั้งแต่ใส่วัสดุผสมลงในแม่พิมพ์ จนถึงขั้นตอนการแกะผลิตภัณฑ์ออก ทำซ้ำจนครบ 3 ครั้ง ในแต่ละอัตราส่วนและความดัน แล้วบันทึกค่าความดัน, กระแสไฟฟ้า และเวลา

3.3.6 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรม

ประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมซึ่งสมมุติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนมาเพื่อเสริมสร้างรายได้ให้แก่ครอบครัว มีค่าใช้จ่ายรวมที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันเพื่อนำมาวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

3.3 ออกแบบและสร้างเครื่อง

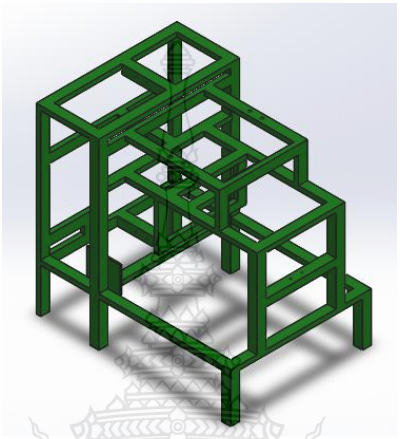
3.3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเปลือกทุเรียน และจากการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้าจึงนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน โดยส่วนประกอบหลักๆของเครื่องมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ โครงเครื่อง ชุดย่อย ชุดผสม และระบบส่งกำลัง

รูปที่ 3.1 เครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน 1)โครงสร้างเครื่อง 2)ชุดย่อย 3)ชุดผสม 4)ระบบส่งกำลัง

1) โครงสร้างเครื่อง

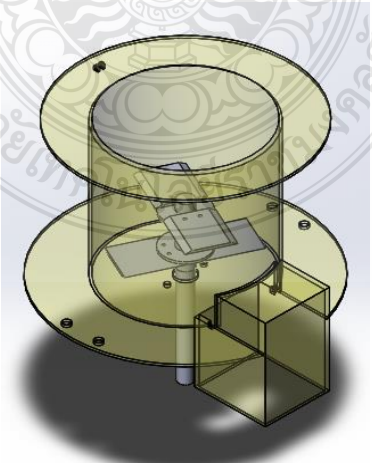
นำเหล็กขนาด 50mm x 50mm x 5 mm มาตัดประกอบเชื่อมเป็นโครงตามรูปที่ 3.2 เพื่อทำหน้าที่ทำหน้าที่ในการรองรับชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่อง และเป็นที่ติดตั้ง ชุดตัด ชุดย่อย ชุดผสม และชุดส่งกำลัง



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของเครื่อง

2) ชุดย่อย

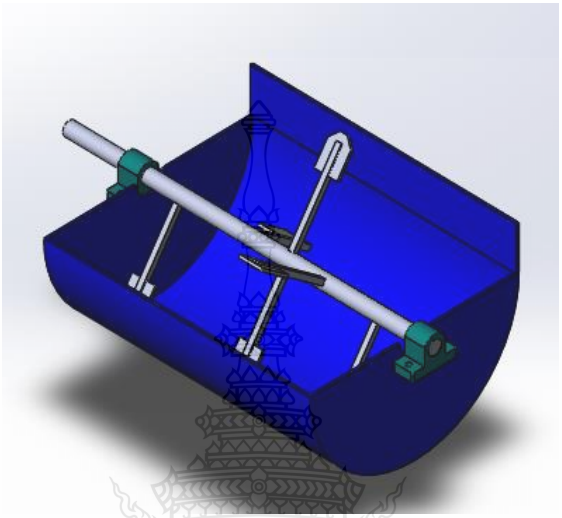
นำใบมีดมาประกอบเชื่อมกับตัวเพลาเป็นจำนวนใบมีดทั้งหมด 4 ใบ เพื่อเป็นชุดย่อยและนำไปประกอบกับตังถังเพื่อนทำหน้าที่ย่อยเปลือกทุเรียน



รูปที่ 3.3 ชุดย่อย

3) ชุดผสม

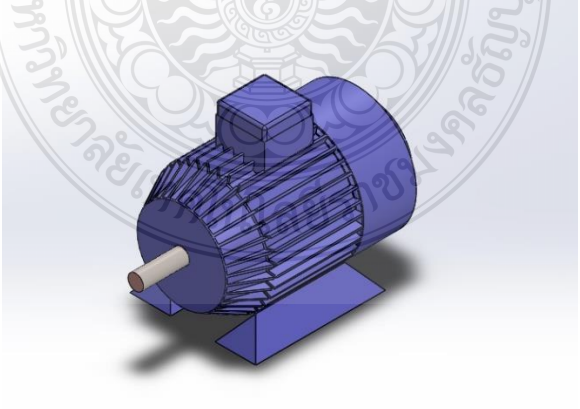
นำตัวเพลาติดตั้งกับแบริ่งและใช้ใบกวนจำนวน 4 ใบมาที่เชื่อมประกอบกับตัวเพลามาติดกับตัวถังเพื่อทำการผสมดินกับเปลือกทุเรียนที่ผ่านการย่อย



รูปที่ 3.4 ชุดผสม

4) ระบบส่งกำลัง

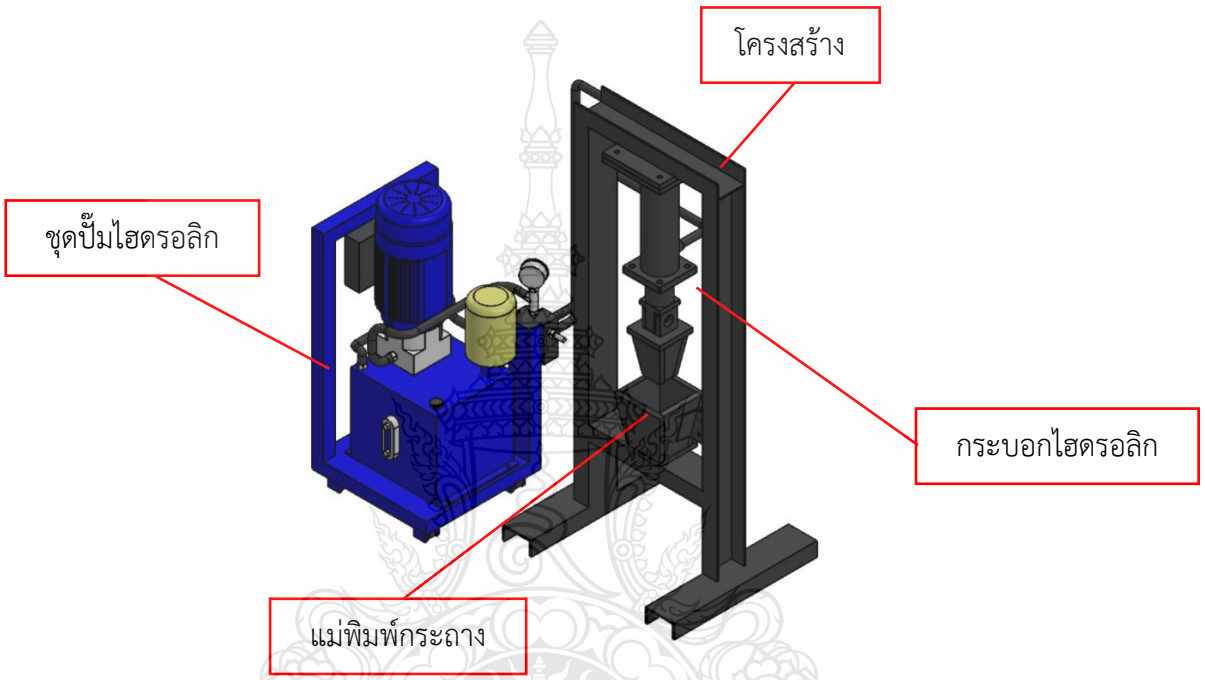
ใช้มอเตอร์ขนาด 1 HP รุ่น M151-0080



รูปที่ 3.5 ระบบส่งกำลังและถ่ายทอดกำลัง

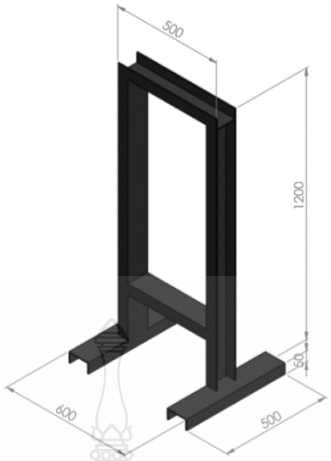
3.4 ออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

จากการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องอัดกระถางผักตบชวาระบบนิวเมติกจึงได้นำมาออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากเปลือกทุเรียน รายละเอียดในการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนสำหรับอัดขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้าง แม่พิมพ์กระถาง กระบอกไฮดรอลิก และชุดปั๊มไฮดรอลิก



รูป 3.6 โครงสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

1) โครงสร้าง ใช้เป็นเหล็กตัวซี ขนาด 50*100 หนา 5 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ยึดกระบอกไฮดรอลิก แม่พิมพ์กระถาง และรับแรงกดจะกระบอกไฮดรอลิก

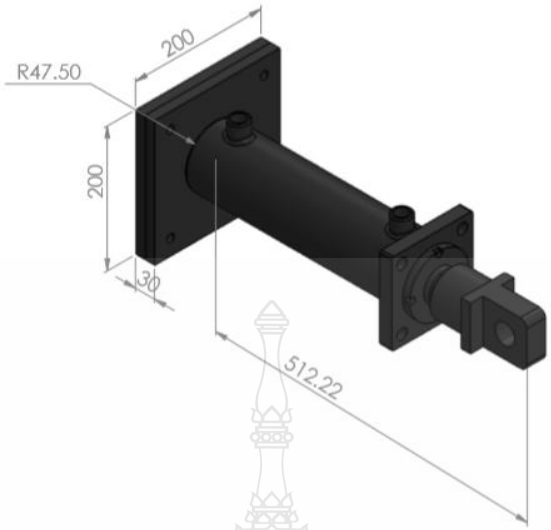


รูปที่ 3.7 โครงสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

2) แม่พิมพ์กระถาง ใช้เป็นเหล็กแผ่นหนา 15 มิลลิเมตร เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ทำหน้าที่รองรับวัสดุและกดอัดเพื่อขึ้นรูปกระถาง โดยออกแบบขนาดให้เหมาะสมกับการปลูกพันธุ์ไม้ผล สามารถปลูกลงดิน โดยไม่ต้องนำออกจากกระถาง

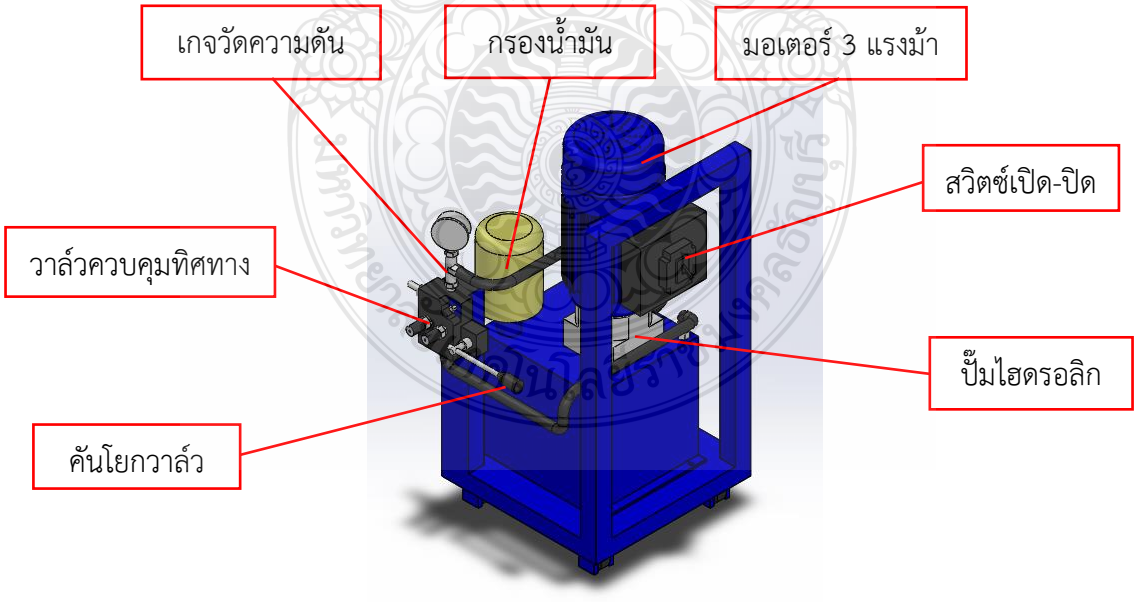
รูปที่ 3.8 แม่พิมพ์กระถาง

3) กระบอกไฮดรอลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 95 มิลลิเมตร สามารถรับแรงดันได้สูงสามารถเลือกใช้ความดันได้หลากหลาย ยาวทั้งตัวรวมหัวยึด 512.22 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ให้แม่พิมพ์ตัวผู้เคลื่อนที่ขึ้นลง



รูปที่ 3.9 กระบอกไฮดรอลิก

4) ชุดปั๊มไฮดรอลิก ทำหน้าที่ส่งน้ำมันที่มีความดันสูงไปที่กระบอกไฮดรอลิก เพื่อทำการอัดขึ้นรูปปั๊มมีขนาดความดัน 250 bar อัตราไหล 1 – 7.8 cc/rev ความเร็ว 600 – 4500 rpm มอเตอร์ 3 แรงสามารถทำความดันได้สูง เพื่อสะดวกต่อการทดสอบการอัดกระถางที่ความดันแตกต่างกัน



รูปที่ 3.10 ชุดปั๊มไอดรอลิก

3.4.1 การเตรียมวัสดุในการอัดขึ้นรูป

โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการผสมทำกระถางนี้ มีส่วนประกอบด้วยกัน 3 อย่าง คือ กาว แป้งเปียก,เปลือกทุเรียนบด,ขุยมะพร้าว แล้วนำมาผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีวิธีการทำดังนี้

1. เตรียมเปลือกทุเรียนที่ย่อยแล้ว จะเป็นชิ้นๆและใยผสมกัน โดยมีขนาดเฉลี่ยอยู่ที่ 1-5 มิลลิเมตร

2. เตรียมขุยมะพร้าวแบบละเอียด

3. เตรียมแป้งมันสำปะหรัง 240 กรัม กับ น้ำ 600 มิลลิลิตร มาผสมและต้มในน้ำร้อน คนจนกาวเหนียวและข้น

4. นำทั้ง 3 อย่าง มาผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน พร้อมขึ้นรูปกระถาง

3.5 วิธีการทดสอบเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุการปลูก

การทดสอบเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียนมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง เปอร์เซ็นต์การย่อย ความสามารถในการทำงานจริง เวลาเท่าไหลที่ทำให้ทุเรียนเล็กพอที่จะเข้าเครื่องผสม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน

1. วัดขนาดของเปลือกทุเรียน
2. ดำเนินการทดสอบที่ 30 45 และ 60 วินาทีตามลำดับ
3. บันทึกเวลา ในการตัดย่อยซึ่งทำให้เปลือกทุเรียนมีขนาดเล็กลง พร้อมบันทึกขนาดของทุเรียนที่ทำการตัดย่อย
4. บันทึกขนาดของวัสดุที่ย่อยได้และคำนวณหาสมรรถนะการตัดย่อยเปลือกทุเรียน และประสิทธิภาพการทำงาน

3.6 ค่าชี้ผลการศึกษา

1. ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักที่ได้จากการย่อยทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด}} \quad (3.1)$$

2. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

$$W = \frac{ivt}{1000} \quad (3.2)$$

เมื่อ W = อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)

I = กระแสไฟ (A)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

T = เวลาที่เครื่องทำงาน (hr)

3. ประสิทธิภาพการย่อย (%)

$$\text{ประสิทธิภาพการย่อย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ได้จากการย่อยทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักของเปลือกทุเรียนที่ใช้ทั้งหมด}} x\ 100 \quad (3.3)$$

3.7 วิธีการทดสอบเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

การทดสอบเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่อง ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

ปัจจัยในการทดสอบแบ่งเป็น 2 อย่าง

1) อัตราส่วนผสม อัตราส่วนผสมที่ต่างกัน ทำให้ได้กระถางที่ต่างกัน จึงต้องทดสอบหาส่วนผสมที่ทำให้กระถางมีความสมบูรณ์ และ มีสมรรถนะการทำงานดีที่สุด

2) ความดันที่ใช้ในการอัด เพื่อทดสอบว่าความดันมีผลกับการอัดหรือไม่ เช่น ความเร็วในการอัด ความสมบูรณ์ของกระถาง

3.7.1 การทดสอบเครื่องต้นแบบ

1. เตรียมส่วนผสม 3 อัตราส่วน
2. จับเวลาเมื่อเริ่มทำงาน
3. บันทึกผลความสามารถในการทำงาน (กระถาง/ชั่วโมง)
4. บันทึกผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
5. ปรับความดันที่ 10,40 และ 70 บาร์ อย่างละ 1 ครั้ง
6. ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง
7. ทำซ้ำข้อ 1-6 อีก 2 ครั้ง

3.7.2 การทดสอบคุณภาพหลังการอัด

การทดสอบแรงดึง (tension test หรือ tensile test) คือ วิธีการทดสอบเนื้อสัมผัส (texture analysis) โดยใช้แรงดึง (tesile force) ดึงวัสดุอย่างช้าๆ ทำให้วัสดุจะยืดยาวขึ้น อาจให้แรงดึง เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด แล้วบันทึกความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นดึง (tensile stress) กับความเครียดตามแนวดึง (tesile strain) แสดงความสัมพันธ์เป็นกราฟ เรียกว่า กราฟความเค้นกับ ความเครียด (stress-strain curve) หรือ แรงดึงกับระยะการเปลี่ยนรูป (deformation) ซึ่งเป็นระยะที่วัสดุยืดตัวออกจากระยะเดิม

การทดสอบเนื้อสัมผัส แบบการทดสอบแรงดึง (tensile test) และการทดสอบแรงอัด (compression test) ที่ใช้แรงประเภทเดียวกัน คือเป็นแรงตรง (direct load) กระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วง ของหน้าตัดต่างกันที่การทดสอบแรงดึงใช้หาการค่าการยืดตัวการทดสอบแรงกดหาค่าการหดตัว

รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบแรงดึง TM 115A UNIVERSAL TESTING MACHINE, 50 kN.

3.7.2.1 วิธีการทดสอบ

1) เตรียมกระถางที่จะทดสอบ โดยตัดกระถางเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 50*100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.12 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

2) เจาะรูชิ้นงานแล้วนำไปยึดกับเครื่องทดสอบดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.13 การยึดชิ้นงานกับเครื่องทดสอบ

3) ตั้งค่าไดอัลเกจและจอแสดงค่า FORCE ไว้ที่ศูนย์

รูปที่ 3.14 จอแสดงค่าแรงดึง

รูปที่ 3.15 ไดอัลเกจ

4) ทำการโยกคันโยกไฮดรอลิกจนชิ้นงานขาด บันทึกผล

รูปที่ 3.16 โยกไฮดรอลิก

3.7.3 ค่าชี้ผลการศึกษา

1) เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง(%)

$$\frac{\text{ปริมาตรภายนอกกระถางทั่วไป}(cm^3)}{\text{ปริมาตรภายนอกกระถางที่สมบูรณ์}(cm^3)} \text{ X100} \qquad (3.4)$$

เนื่องจากกระถางมีการหดตัว จึงเลือกกระถางที่สภาพดีที่สุดมาเป็นต้นแบบเปรียบเทียบกับกระถางอื่นๆ

ปริมาตรภายนอกกระถางทั่วไป = ปริมาตรของกระถางถั่วไปที่ไม่ได้สมบูรณ์ที่สุด

ปริมาตรภายนอกกระถางที่สมบูรณ์ = ปริมาตรกระถางที่สมบูรณ์ (ต้นแบบ)

2. สมรรถนะในการทำงานจริงของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน (กระถาง/ชั่วโมง) นับกระถางทั้งหมดที่อัด ในอัตราส่วนเดียวกัน

$$\text{สมรรถนะในการทำงานจริง (กระถาง/ชั่วโมง)} = \frac{\text{จำนวนกระถางที่อัดได้(กระถาง)}}{\text{เวลา (ชั่วโมง)}} \quad (3.5)$$

3. คำนวณหาแรงที่ใช้กดแม่พิมพ์

$$F = P \times A \quad (3.6)$$

เมื่อ F = แรงที่ใช้ในการกดแม่พิมพ์ (N)

P = ความดัน (N/m^2)

A = พื้นที่หน้าตัดของแม่พิมพ์ (m^2)

4. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

$$W = \frac{ivt}{1,000} \quad (3.7)$$

เมื่อ W = อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)

I = กระแสไฟ (A)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

T = เวลาที่เครื่องทำงาน (hr)

3.7.4 การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

3.7.4.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องจะคิดได้จากการสมมติว่าชาวเกษตรกรซื้อเครื่องย่อยบดผสมและอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนแทนวิธีการใช้แรงงานเกษตรกร ค่าใช้จ่ายรวมจะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายคงที่และต้นทุนผันแปร โดยค่าใช้จ่ายคงที่ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนได้ 5 ปี) โดยค่าอัตราดอกเบี้ยคิดที่ 10% ต่อปี ค่าใช้จ่ายผันแปรจะประกอบไปด้วย ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา ค่าแรงงานในการควบคุมเครื่องจักร

3.7.4.2 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการทำกระถาง โดยใช้แรงงานคนกับเครื่องต้นแบบแสดงดังสมการที่ 3.5

$$BEP = \frac{FC}{B-VC} \quad (3.8)$$

เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน (ชั่วโมง/ปี)

B = ค่าจ้างในการทำกระถาง (บาท/ชั่วโมง)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/ชั่วโมง)

3.7.4.3 การคำนวณระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)

วิธีการคำนวณหาระยะเวลาในการคืนทุนจะพิจารณาโดย เมื่อลงทุนเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนไปแล้วจะได้รับผลตอบแทนกับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปีคำนวณจากสมการที่ 3.6

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (3.9)$$

เมื่อ P = ราคาเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน (บาท)

R = กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี (บาท/ปี)

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จากวิธีการดำเนินการวิจัยที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน จึงแยกการเสนอผลการวิจัยและวิจารณ์ผลออกเป็น 9 หัวข้อ โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัยดังนี้

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ออกแบบเครื่องย่อยและผสม

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อย

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องย่อยและผสม

4.5 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับทุเรียน ระบบไฮดรอลิกและการอัดขึ้นรูป

4.6 ออกแบบเครื่องและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

4.7 ผลการทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

4.8 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

4.9 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรม

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

4.1.1 ผลการศึกษาการศึกษาปัญหา ลักษณะทางกายภาพ และการตัดเฉือนของเปลือกทุเรียน การศึกษาปัญหาในการกำจัดเปลือกทุเรียน และลักษณะทางกายภาพของเปลือกทุเรียนแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาการศึกษาปัญหา ลักษณะทางกายภาพ และการตัดเฉือนของเปลือกทุเรียน

ชื่อเรื่อง	ผลของการศึกษา
1. ปัญหาและการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของเปลือกทุเรียน	เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบปริมาณมากในฤดูกาลเก็บเกี่ยว โดยที่องค์ประกอบของเปลือก ทุเรียนพบว่ามีปริมาณเส้นใยสูง ดังนั้นจึงมีแนวโน้มของความเป็นไปได้ในการนำมาย่อยและอัดขึ้นรูปสำหรับวัสดุปลูกได้เป็นอย่างดี ซึ่งการพัฒนากระถางสำหรับวัสดุปลูกนี้ นอกจากจะช่วยเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากเปลือกทุเรียนให้กลับมาใช้เป็นประโยชน์แล้ว ยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดขยะและลดการใช้ภาชนะพลาสติก โดยสามารถนำไปพัฒนาให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ต่างๆรวมทั้งสามารถพัฒนางานนี้ไปสู่ระดับอุตสาหกรรมได้ต่อไป พลาสติกที่ใช้กันทั่วไปเป็นพลาสติกที่สังเคราะห์จากปิโตรเคมี ไม่สามารถย่อยสลายได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว อาจใช้เวลา 100-200 ปี จึงจะย่อยสลายได้ พลาสติกสังเคราะห์มีจากเหตุผลดังกล่าวคณะผู้จัดทำจึงนำเปลือกทุเรียนมาย่อยและนำไปใช้ประโยชน์โดยการนำมาย่อยและอัดเป็นกระถางต้นไม้ ทำให้ลดปัญหาขยะจากเปลือกทุเรียน
2. ศึกษาลักษณะกายภาพของเปลือกทุเรียน	การที่จะทำการย่อยเปลือกทุเรียนต้องศึกษาเปลือกทุเรียนก่อนว่าเปลือกทุเรียนมีความหนาเท่าไหร่ โดยสุ่มเลือกมา 3 ลูก จากทุเรียนพันธุ์หมอนทอง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความหนาของเปลือกทุเรียน ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีค่าเฉลี่ยความหนาเท่ากับ 1.4 เซนติเมตร โดยวัดขนาดจากเปลือกทุเรียน 3 ลูก

รูปที่ 4.1 ขนาดเปลือกทุเรียน

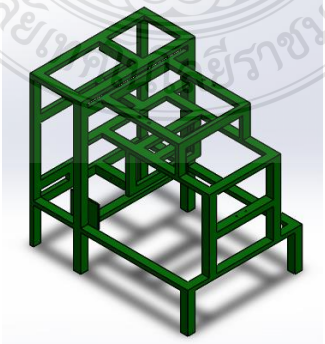
ชื่อเรื่อง	ผลของการศึกษา
3. ลักษณะการตัดเฉือนลำต้น	
1) คมมีด	ใช้ใบมีดตัดโคนอ้อย เพราะมีความคมและแข็งแรงเหมาะสำหรับการย่อยเปลือกทุเรียนที่มีความแข็ง
2) แรงตัดเฉือน	แรงใช้ที่ในการตัดเฉือนมาจากแรงเหวี่ยงของเพลาชุดสับหรือแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เมื่อเพลาหมุนจะทำให้เกิดแรงส่งไปที่ใบมีด เพื่อทำการตัดย่อยเปลือกทุเรียนให้มีขนาดเล็กลง เหมาะสมสำหรับทำการอัดขึ้นรูปเป็นกระถาง

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน

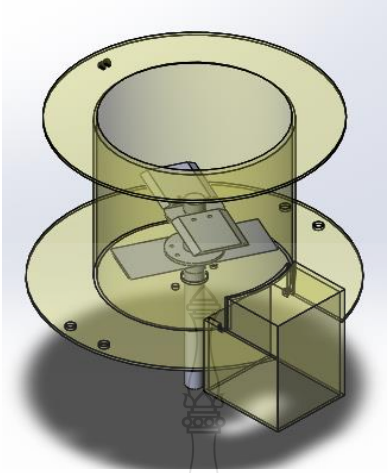
โดยที่องค์ประกอบของเปลือกทุเรียนพบว่ามีปริมาณเส้นใยสูงมีความเหนียว และถ้าแห้งจะมีความเหนียวมากยิ่งขึ้น

ปัญหาที่พบคือเปลือกทุเรียนที่ผ่านการย่อยแล้วนั้นมีขนาดใหญ่ซึ่งจะไม่สำมารถนำมาขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ได้ ดังนั้นการตัดจะต้องใช้ใบมีดที่มีความคม และใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสม ต้นกำลังที่สามารถรับโหลดได้มากก็จะสามารถทำให้เปลือกทุเรียนละเอียดมากขึ้น ซึ่งเครื่องเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน มีส่วนประกอบหลักทั้งหมด 3 ส่วน คือ โครงสร้าง ชุดย่อยและชุดผสม ซึ่งมีผลการออกแบบดังต่อไปนี้

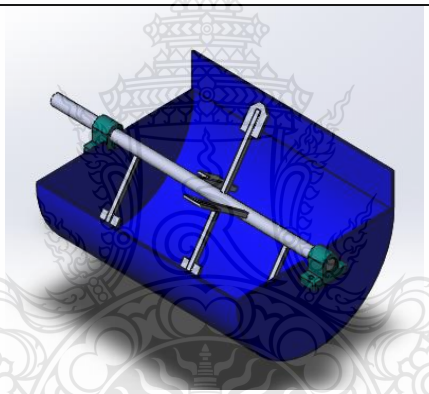
ตารางที่ 4.2 ผลการออกแบบเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน

ลำดับที่	ชื่อแบบ	รูปภาพ	รายละเอียด
1	โครงสร้างเครื่อง		โครงสร้างมีขนาด 800 x 1100 x 1040 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้สร้างคือ เหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้ว หนา 2 มิลิเมตร ทำหน้าที่ในการรองรับชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่อง และเป็นที่ติดตั้ง ชุดตัด ชุดย่อย ชุดผสม และชุดส่งกำลัง

รูปที่ 4.2 โครงสร้างเครื่อง

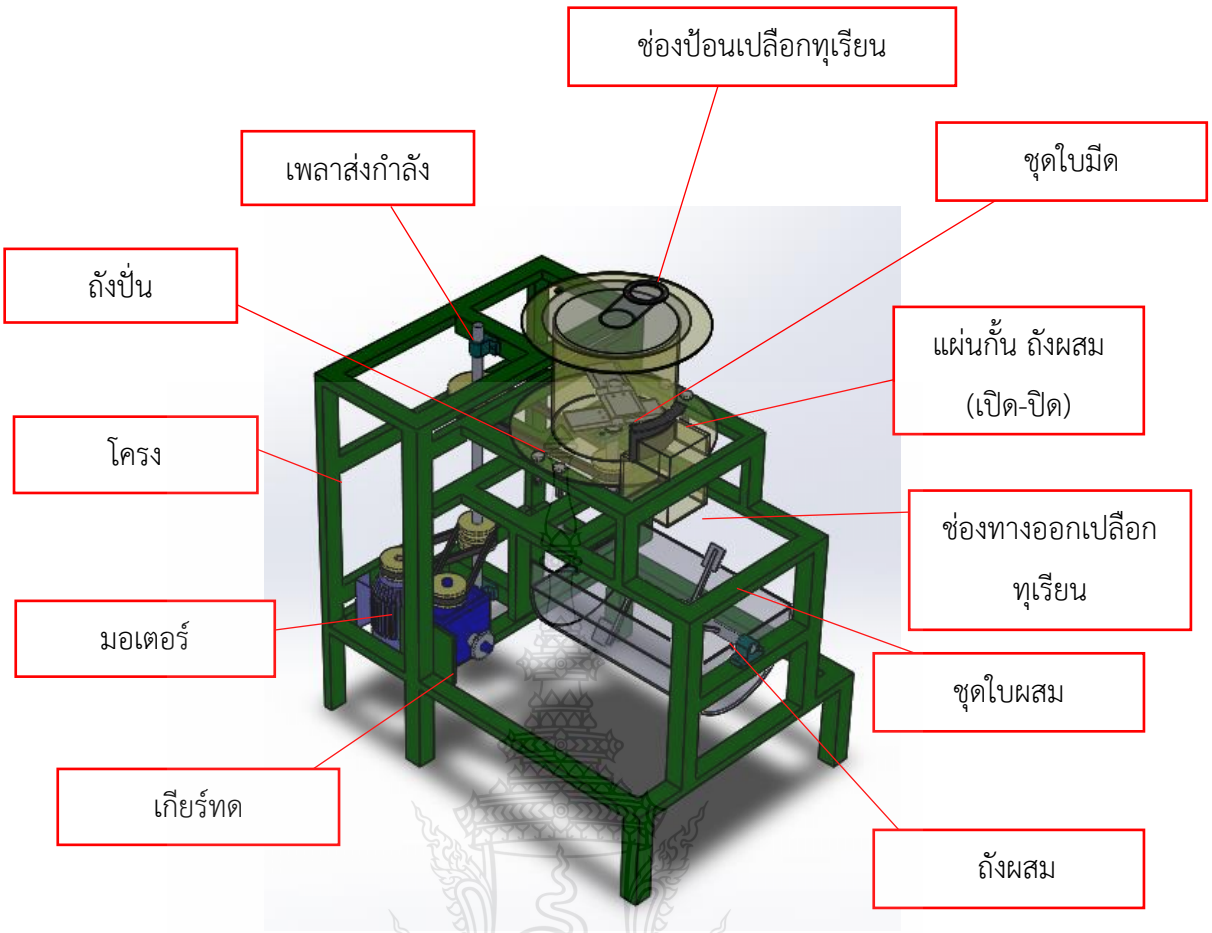
ลำดับที่	ชื่อแบบ	รูปภาพ	รายละเอียด
2	ชุดย่อย		ชุดตัดมีขนาด 500 x 300 x 300 มิลลิเมตร ประกอบไปด้วยใบมีดตัด จำนวน 4 ใบ และมีแผ่นเหล็กปิดที่ทางออก เมื่อย่อยได้ขนาดแล้วจึงนำแผ่นเหล็กออก เพื่อให้เปลือกทุเรียนออกมา

รูปที่ 4.3 ชุดย่อย

3	ชุดผสม		ชุดผสมมีขนาด 400 x530 x200 มิลลิเมตร ประกอบไปด้วยถังผสม ใบกวนและชุดส่งกำลัง ชุดผสมทำหน้าที่ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน

รูปที่ 4.4 ชุดผสม

หลังจากได้คำนวณและออกแบบขนาดต่างๆ ของเครื่องเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียนแล้ว จึงได้ทำการเขียนแบบทางวิศวกรรม เมื่อดำเนินการเขียนแบบเสร็จสิ้น จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียนตามแบบที่เขียนไว้ ได้ผลการสร้างเครื่องต้นแบบดังรูป



รูปที่ 4.5 เครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยกับขนาดของเปลือกทุเรียนที่แตกต่างกัน

4.3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยกับขนาดของเปลือกทุเรียนที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.3 ทดสอบได้ขนาดของเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมที่สุดโดยทดสอบที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที ทดสอบกับเปลือกทุเรียน พบว่าขนาดของเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมที่สุดกับการตัดย่อยเปลือกทุเรียนอยู่ที่ 20x40 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองย่อยเปลือกทุเรียนขนาด 10×30 มิลลิเมตร

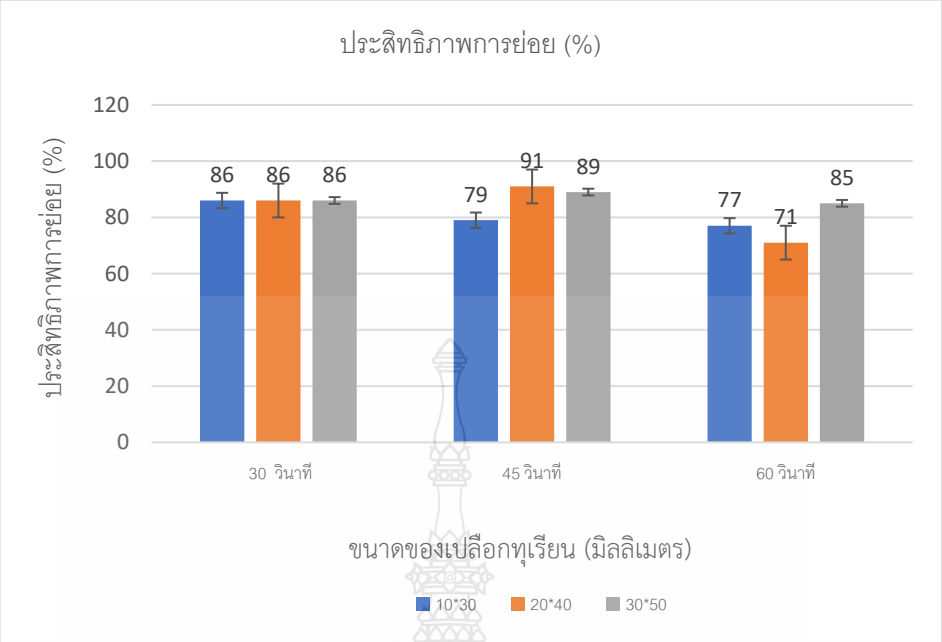
เปลือกทุเรียนขนาด 10×30 มิลลิเมตร	เวลาในการย่อยเปลือกทุเรียน (วินาที)		
	30 วินาที	45 วินาที	60 วินาที
ความสามารถในการทำงาน (กก/ชม)	36	24	18
อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)	0.66	0.66	0.66
น้ำหนักที่ที่ไม่สามารถใช้ได้ (กรัม) จากเปลือกทุเรียน 300 กรัม	58.63	45.63	34.33
ประสิทธิภาพการย่อย (%)	86.44	79.11	76.55

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองย่อยเปลือกทุเรียนขนาด 20×40 มิลลิเมตร

เปลือกทุเรียนขนาด 20×40 มิลลิเมตร	เวลาในการย่อยเปลือกทุเรียน (วินาที)		
	30 วินาที	45 วินาที	60 วินาที
ความสามารถในการทำงาน (กก/ชม)	36	24	18
อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)	0.69	0.69	0.69
น้ำหนักที่ที่ไม่สามารถใช้ได้ (กรัม) จากเปลือกทุเรียน 300 กรัม	84.63	54.33	37.63
ประสิทธิภาพการย่อย (%)	86.11	91.22	71

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองย่อยเปลือกทุเรียนขนาด 30×50 มิลลิเมตร

เปลือกทุเรียนขนาด 30×50 มิลลิเมตร	เวลาในการย่อยเปลือกทุเรียน (วินาที)		
	30 วินาที	45 วินาที	60 วินาที
ความสามารถในการทำงาน (กก/ชม)	36	24	18
อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)	0.70	0.70	0.70
น้ำหนักที่ที่ไม่สามารถใช้ได้ (กรัม) จากเปลือกทุเรียน 300 กรัม	105.67	65.67	40.37
ประสิทธิภาพการย่อย (%)	85.89	89.22	84.78



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อย (%) ของเปลือกทุเรียน

[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.3 ถึง 4.5 พบว่า ความสามารถในการย่อยมีค่าอยู่ระหว่าง 18 ถึง 36 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.66 ถึง 0.70 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเปลือกทุเรียนขนาดกลางที่เวลาในการย่อย 45 วินาทีมีประสิทธิภาพดีที่สุดเพราะมีขนาดที่เหมาะกับเครื่องเวลาย่อยพอดีเลยทำให้ออกมาดีที่สุด สำหรับในกรณีที่เปลือกทุเรียนมีขนาดเล็กเกินไปจนทำให้เมื่อย่อยแล้วมีขนาดเล็กและจะติดภายในถังปั่นทำให้เปลือกทุเรียนที่ทำการย่อยออกมาน้อยกว่าขนาดกลาง และเปลือกทุเรียนขนาดใหญ่ มีขนาดที่ใหญ่เกินไปทำให้เมื่อย่อยแล้วมีเปลือกทุเรียนที่ยังเป็นชิ้นอยู่ทำให้ไม่สามารถทำไปใช้งานได้

4.3.2 ผลการทดสอบการย่อยเปลือกทุเรียน

ผลการทดสอบการย่อยขนาดของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 ขนาดแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการย่อยขนาดของเปลือกทุเรียนทั้ง 3 ขนาด

	รูปก่อนย่อยเปลือกทุเรียน	รูปหลังย่อยเปลือกทุเรียน	คำอธิบาย
เปลือกทุเรียน ขนาด 10×30 มิลลิเมตร ย่อยเวลา 45 วินาที			ย่อยได้ละเอียดแต่ยังมีค้างอยู่ในถังย่อยอยู่มาก
	รูปที่ 4.7 เปลือกทุเรียน ขนาด 10x30 ก่อนย่อย	**รูปที่ 4.8** เปลือกทุเรียน ขนาด 10x30 หลังย่อย	
เปลือกทุเรียน ขนาด 20×40 มิลลิเมตร ย่อยเวลา 45 วินาที			ย่อยได้ละเอียดเปลือกทุเรียนออกจากถังย่อยได้ดีกว่าขนาด10×30 มิลลิเมตร
	รูปที่ 4.9 เปลือกทุเรียน ขนาด 20x40 ก่อนย่อย	**รูปที่ 4.10** เปลือกทุเรียน ขนาด 20x40 หลังย่อย	
เปลือกทุเรียน ขนาด 30×50 มิลลิเมตร ย่อยเวลา 45 วินาที			ย่อยได้ไม่ละเอียดมีเปลือกทุเรียนเป็นก้อนขนาดใหญ่อยู่เล็กน้อย
	รูปที่ 4.11 เปลือกทุเรียน ขนาด 30x50 ก่อนย่อย	**รูปที่ 4.12** เปลือกทุเรียน ขนาด 30x50 หลังย่อย	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าขนาด 20×40 มิลลิเมตร ย่อยด้วยเวลา 45 วินาที จะได้เปลือกทุเรียนที่มีปริมาณและขนาดที่ดีที่สุด

4.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเครื่องย่อยและผสม

จากผลการทดสอบเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียนที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.69 kW-h สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะเวลาการคืนทุนและจุดคุ้มทุนของเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน ได้ดังนี้

4.5.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานคำนวณได้จาก ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายคงที่

วิธีการคำนวณหาค่าเสื่อมราคาเครื่องย่อยผสม (DP)

$$DP = \frac{(P-S)}{L} \quad (4.1)$$

เมื่อ P คือ ราคาเครื่องย่อยผสม

S คือ ราคาขายเครื่องย่อยผสม (บาท)

L คือ อายุการใช้งานของเครื่องย่อยผสม (ปี)

ราคาของเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน จากตารางที่ 4.6 เท่ากับ 9,500 บาท ให้มูลค่าซากของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน เมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง

ดังนั้น ราคาซาก (S) = (10/100)(9,500) = 950

2) ค่าเสื่อมราคาของเครื่องย่อย (DP) = (P-S)/L = (9,500-950)/5 = 1,710 บาท

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียหายโอกาสในการลงทุน

คิดค่าเสียโอกาสในการลงทุนที่ดอกเบี้ย 10% (I) = ((P+S)/2)(I/100)

I คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์)

กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับ 10 %

ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี = ((9,500+950)/2)(10/100)) = 522.5 บาทต่อปี

รวมราคาต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost) = 1,710+522.5 = 2,232.5 บาท/ปีหรือคิดเป็น 2,232.5/600 = 3.72บาท/ชั่วโมง

3) ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

1. ค่าบำรุงรักษา (Repair and maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 50 บาท ทำงาน 100 วัน ค่าบำรุงรักษา = 50 × 100 = 5,000 บาท/ปี

2. ค่าพลังงาน จากการทดลองการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.69 kW-h หรือคิดเป็นราคา 4.83 บาท/ชั่วโมง เท่ากับ 2,898 บาท/ปี (พิจารณาชั่วโมงการทำงานที่ 600 ช.ม/ปี)

3. ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 100 วัน คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน = (300)(100)(1) = 30,000 บาท/ปี

รวมต้นทุนผันแปร 5,000+2,898+30,000 = 37,898 บาท/ปี หรือ เท่ากับ 63.16 บาท/ชั่วโมง

รวมต้นทุนทั้งหมด = 3.72+63.16 = 66.88 บาท/ชั่วโมง อัตราการทำงานเครื่องเฉลี่ย 24 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังนั้น ต้นทุนการทำงานเครื่องเท่ากับ 66.88/24 = 2.78 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องย่อยและผสมวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน

รายการ	จำนวนเงิน
1.มอเตอร์ 1 แรงม้า	3,200
2.เกียร์ทด	1,800
3.ค่าวัสดุ	
-เหล็กกล่อง	400
-เหล็กฉาก	800
-อื่นๆ เช่น สี น็อต	300
-ค่าแรงในการประกอบเครื่อง	3,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่อง	9,500

4.5.2 การใช้งานที่จุดคุ้มทุน

การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่/(อัตราค่าจ้าง-ค่าใช้จ่ายผันแปรในการทำงาน)

ค่าใช้จ่ายคงที่ = 2,232.5 บาท/ปี,ราคาขาย 5 บาท/กิโลกรัม หรือ 120 บาท/ชม. (พิจารณาที่ 1 ชม. ผลิตได้ 24 กิโลกรัม)

ดังนั้น การใช้งานที่จุดคุ้มทุน = 2,232.5 /(120-63.16) = 39.27 ชม./ปี

ระยะเวลาคืนทุน

ผลประโยชน์สุทธิ (5 บาท/กิโลกรัม × 600 ชม./ปี × 24 กิโลกรัม/ชม.) – ต้นทุนแปรผัน – ต้นทุนคงที่ (ไม่รวมค่าเสื่อมราคา) = 72,000 บาท/ปี – 37,896 บาท/ปี – 522.5 บาท/ปี = 33,581.5 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน คือ ราคาเครื่อง/ผลประโยชน์สุทธิ=(9,500/33,581.5) = 0.28 ปี หรือประมาณ 4 เดือน ดังนั้นถ้า 1 ปี เกษตรกรทำงาน 600 ชม. ระยะเวลาคืนทุนจะเท่ากับ 4 เดือน แต่ถ้าเกษตรกรใช้งานมากกว่า 600 ชม./ปี จะทำให้ระยะเวลาในการคืนทุน น้อยกว่า 4 เดือนได้

4.5 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับทุเรียน ระบบไฮดรอลิกและการอัดขึ้นรูป

ทุเรียน เป็นผลไม้ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ ผลทุเรียนมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก อาจมีขนาดยาวถึง 300 มิลลิเมตร และอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 150 มิลลิเมตร โดยทั่วไปมีน้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม ผลมีรูปรีถึงกลม เปลือกมีสีเขียวถึงน้ำตาล เนื้อในมีสีเหลืองซีดถึงแดง แตกต่างกันไปตามสายพันธ์ต่างๆของทุเรียนที่มีการปลูกในประเทศไทย

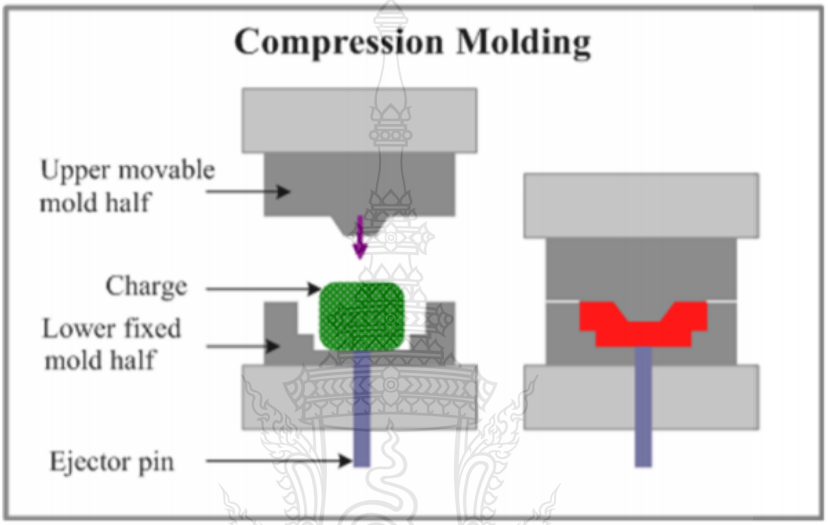
เปลือกทุเรียนซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจำนวนมากและเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้ง โดยเปลือกทุเรียนมีส่วนประกอบที่เป็นเส้นใยค่อนข้างมาก เหมาะแก่การนำมาทำเป็นภาชนะหรือใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นๆ จึงได้มีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนขึ้น เพื่อนำเปลือกทุเรียนที่เป็นของเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำเปลือกทุเรียนผ่านกระบวนการบดและผสมมาอัดเป็นกระถางต้นไม้ โดยข้อดีคือสามารถปลูกได้ทั้งกระถางเมื่อสลายตัวจะเป็นปุ๋ยสำหรับการเจริญเติบโตได้ และช่วยลดมลภาวะ ที่เกิดจากการใช้กระถาง หรือถุงเพาะชำพลาสติก

ระบบไฮดรอลิก (HYDRAULIC SYSTEM)คือ ระบบการสร้างควบคุมและถ่ายทอดพลังงานกำลังงาน โดยอัดน้ำมันไฮดรอลิกให้มีความสูงเพื่อให้แรงมาก ไปให้อุปกรณ์เปลี่ยนความดันของน้ำมันไฮดรอลิก(Hydraulic Oil) เป็นพลังงานกล (Actuator) หรือ (Hydraulic Cylinder) ไปชุดงาน โดยระบบต้องอาศัยอุปกรณ์หลักๆ ดังนี้

1. Hydraulic pump อุปกรณ์สร้างความดันน้ำมันให้สูงขึ้น
2. Hydraulic valve อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน , อุปกรณ์ควบคุมการไหล ,อุปกรณ์ควบคุมทิศทาง
3. Hydraulic cylinder
4. Hydraulic pipe สำหรับส่งผ่านน้ำมันไฮดรอลิกไปยังอุปกรณ์ไฮดรอลิกต่างๆ
5. Hydraulic oil เป็นของเหลวที่ส่งผ่านความดันให้เป็นพลังงานกล
6. Oil tank

กระบวนการขึ้นรูปโดยการอัดขึ้นรูป (compression molding)

การขึ้นรูปโดยการอัดขึ้นรูป จะใช้ในการผลิตชิ้นงานที่ไม่มีความระเอียดหรือความซับซ้อนมาก โดยหลักการทำงานคือการนำเนื้อวัสดุที่ต้องการนำไปใส่ไว้ในตัวแม่พิมพ์และอัดขึ้นรูปโดยการใช้แรงกดอย่างมากในการขึ้นรูปอีกทั้งยังใช้ความร้อนเพื่อให้ตัววัสดุนั้นมีความยืดหยุ่นได้สูงเพื่อง่ายต่อการขึ้นรูปของวัสดุหรือเนื้องานให้เป็นไปตามแบบแม่พิมพ์ที่ของานนั้นๆ

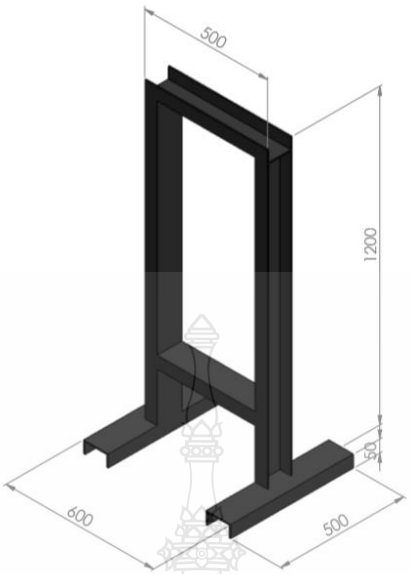


รูปที่ 4.13 กระบวนการขึ้นรูปโดยการอัดขึ้นรูป [8]

4.6 ออกแบบเครื่องและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

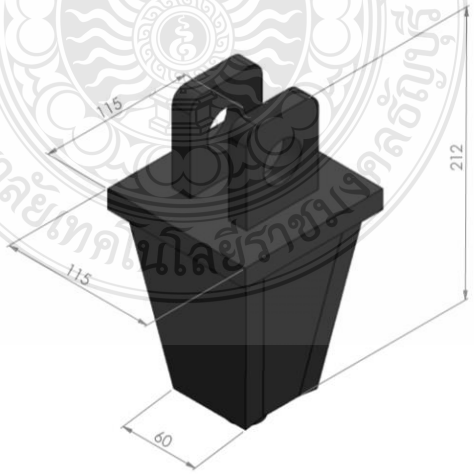
รายละเอียดในการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนสำหรับอัดขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้าง แม่พิมพ์กระถาง กระบอกไฮดรอลิก และชุดปั๊มไฮดรอลิก

โดยโครงสร้างทำจากเหล็กตัวซีขนาด 100*50 หนา 5 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมติดกันมีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงเท่ากับ 600*500*1250 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำหน้าที่ยึดกระบอกไฮดรอลิกและแม่พิมพ์กระถาง แสดงดังรูปที่ 4.1



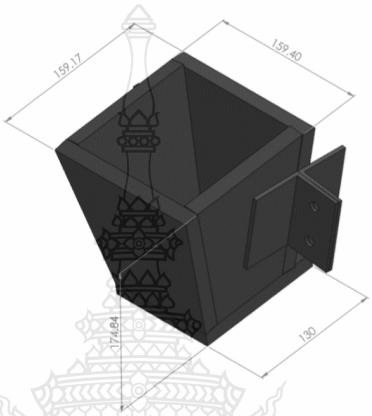
รูปที่ 4.14 โครงสร้าง

แม่พิมพ์กระถางตัวผู้ทำจากเหล็กแผ่น หนา 15 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมติดกันมีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงเท่ากับ 115*115*232 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นส่วนที่จะติดอยู่กับกระบอกไฮดรอลิก ทำหน้าที่กดอัดขึ้นรูปกระถาง แสดงดังรูปที่ 4.2



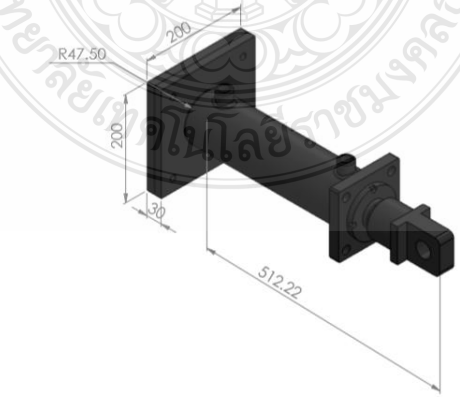
รูปที่ 4.15 แม่พิมพ์กระถางตัวผู้

แม่พิมพ์กระถางตัวเมียมีขนาดที่พอดีสำหรับปลูกพันธุ์ไม้ผล ทำจากเหล็กแผ่นหนา 15 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมติดกันมีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงเท่ากับ 159.17*130*174.84 มิลลิเมตร และตัวปิดเปิดแม่พิมพ์ทำจาก เหล็กฉาก 2 นิ้ว หนา 4 มิลลิเมตร ยาวชิ้นละ 80 มิลลิเมตร 4 ชิ้น เจาะรู 10 มิลลิเมตร ชิ้นละ 2 รู เพื่อยึดน็อต เป็นส่วนที่จะติดอยู่กับโครงสร้าง ทำหน้าที่รองรับวัสดุที่ทำการอัดขึ้นรูป



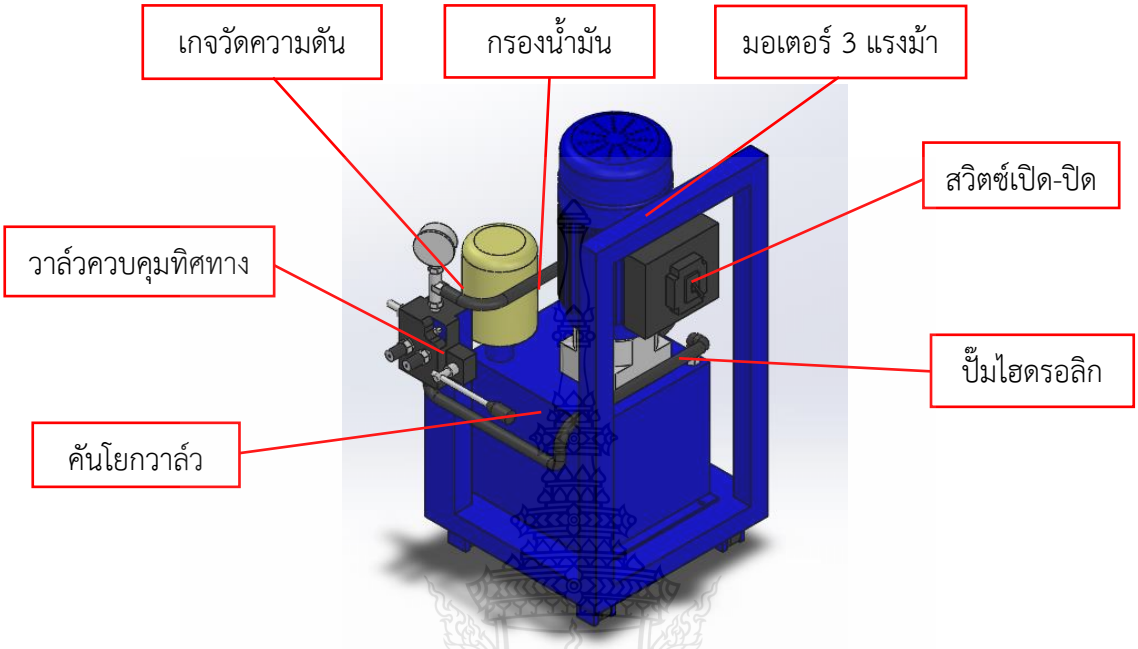
รูปที่ 4.16 แม่พิมพ์กระถางตัวเมีย

กระบอกไฮดรอลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 95 มิลลิเมตร ยาวทั้งตัวรวมหัวยึด 512.22 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับแผ่นเหล็กขนาด 200*200 มิลลิเมตร หนา 15 มิลลิเมตร 2 แผ่นประกบติดกันเพื่อยึดกระบอกไฮดรอลิกเข้ากับโครง



รูปที่ 4.17 กระบอกไฮดรอลิก

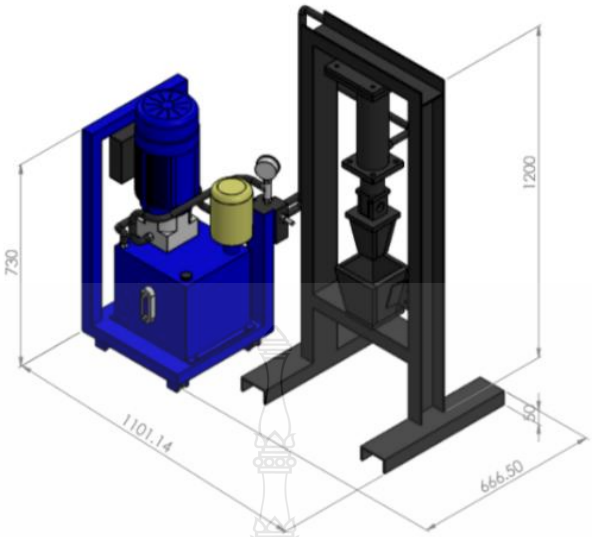
ชุดปั๊มไฮดรอลิกประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 4.5 ชุดปั๊มไฮดรอลิก



รูปที่ 4.18 ชุดปั๊มไฮดรอลิก

หลักการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

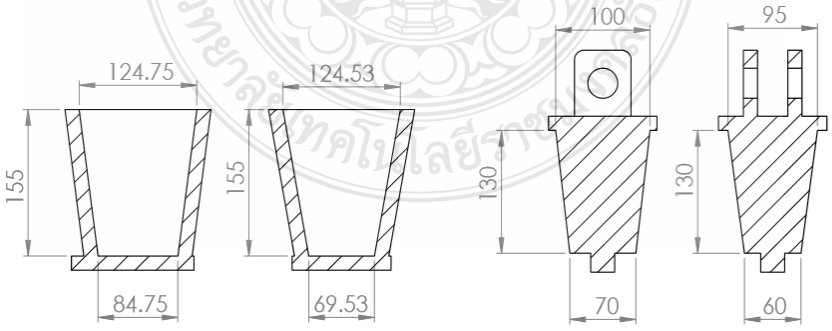
เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนที่สร้างขึ้นนี้จะทำงานโดยอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ ส่งไปยังปั๊มไฮดรอลิก จากนั้นปั๊มไฮดรอลิกก็จะทำงานโดยการดูดน้ำมันจากถังน้ำมันไฮดรอลิกและส่งไปยังวาล์วควบคุม ถ้าโยกวาล์วควบคุมเปิดน้ำมันไฮดรอลิกจะถูกส่งมาตามสาย ไปยังกระบอกไฮดรอลิก ทำให้กระบอกไฮดรอลิก สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ และทำการอัดขึ้นรูปต่อไป



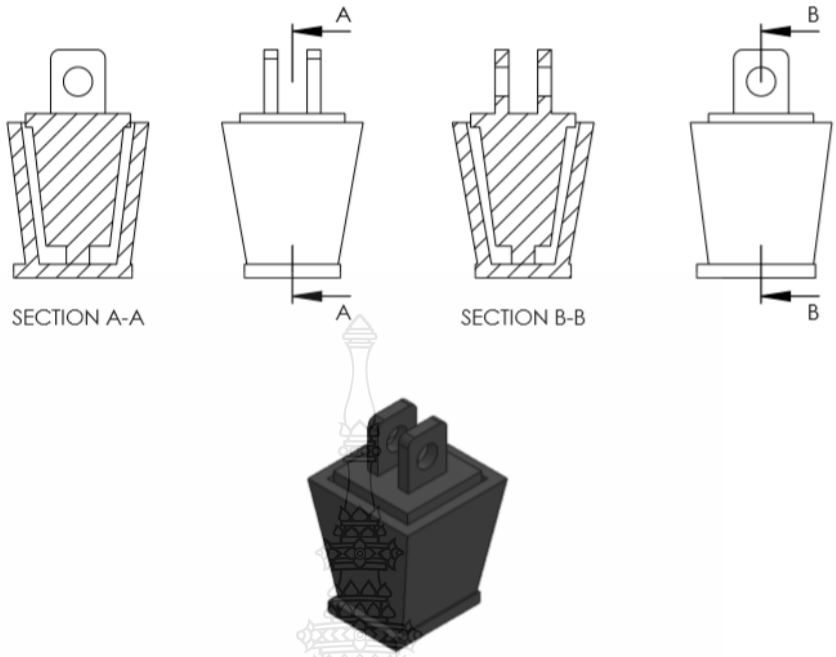
รูปที่ 4.19 เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

4.2.1 การออกแบบแม่พิมพ์กระถาง

กระถางที่ออกแบบ ออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้เพาะเมล็ดพันธ์ เช่น เมล็ดกระ เพรา พริก มะเขือ โหระพา มะเขือเทศ ต้นถั่วเขียวเป็นต้น โดยที่กระถางที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ มีข้อดีกว่ากระถางที่ทำจากพลาสติก คือ สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และรากของพืชมีความแข็งแรง สามารถนำลงปลูกในดินได้เลย โดยไม่ต้องนำพืชผักออกจากกระถาง ขนาดของแม่พิมพ์ที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 4.8-4.10



รูปที่ 4.20 แบบแม่พิมพ์



รูปที่ 4.21 แบบประกอบแม่พิมพ์

รูปที่ 4.22 กระถางที่อัดได้จริง

4.7 ผลการทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่าง เปลือกทุเรียน ขุยมะพร้าว และกาวแป้งเปียก สำหรับอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของน้ำหนัก ขุยมะพร้าว กาวแป้งเปียก และเปลือกทุเรียน โดยพิจารณาจากความแข็งแรงและความสมบูรณ์ของกระถาง โดยศึกษาที่อัตราส่วนผสม 1:2:3, 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ ปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักของวัสดุทั้งสามและลักษณะของกระถางที่ขึ้นรูปได้แสดงในตารางที่ 4.8

ในการคิดเริ่มหาอัตราส่วนนั้น ได้ทำการผสมอัตราส่วนแบบสุ่มมา 1 อัตราส่วน และทำการอัดขึ้นรูป จากนั้นสังเกต วิเคราะห์ และบันทึกผล หากกาวเยอะไปกระถางจะไม่อยู่ทรง จะบิดงอ นำออกจากแม่พิมพ์ยาก หากขุยมะพร้าวเยอะไปเมื่อกระถางแห้ง กระถางจะกรอบและแตกง่าย หากเปลือกทุเรียนมากไปผิวกระถางจะไม่เรียบ เป็นหลุมขรุขระ เมื่อกระถางแห้งจะมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวมาก และนำออกจากแม่พิมพ์ได้ยาก เนื่องจากเปลือกทุเรียนที่นำมาอัดเป็นเปลือกทุเรียนสดทำให้มีความชื้นค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.8 อัตราส่วนผสมกระถาง

อัตราส่วน ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก และ:เปลือกทุเรียน (กรัม)		น้ำหนัก ขุยมะพร้าว	น้ำหนัก กาวแป้งเปียก	น้ำหนัก เปลือกทุเรียน	กระถางที่ขึ้นรูป
อัตราส่วน ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก และ:เปลือกทุเรียน (กรัม)	2:3	100	200	300	**รูปที่ 4.23** กระถางที่อัตราส่วน 1:2:3

อัตราส่วน ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก และ:เปลือกทุเรียน (กรัม)		น้ำหนัก ขุย มะพร้าว	น้ำหนัก กาวแป้ง เปียก	น้ำหนัก เปลือก ทุเรียน	กระถางที่ขึ้นรูป
อัตราส่วน ขุย มะพร้าว:กาวแป้ง เปียก และ:เปลือก ทุเรียน (กรัม)	1:2.5:4.3	80	200	350	**รูปที่ 4.24** กระถางที่อัตราส่วน 1:2.5:4.3
อัตราส่วน ขุย มะพร้าว:กาวแป้ง เปียก และ:เปลือก ทุเรียน (กรัม)	1:5:15	30	150	450	**รูปที่ 4.25** กระถางที่อัตราส่วน 1:5:1.5

จากตารางที่ 4.1 ส่วนผสม 1:2:3 เป็นอัตราส่วนที่ทำให้ชิ้นงานที่ได้มีค่าความสมบูรณ์ที่ดีที่สุด และถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ง่ายที่สุด รองลงมาคือ 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ

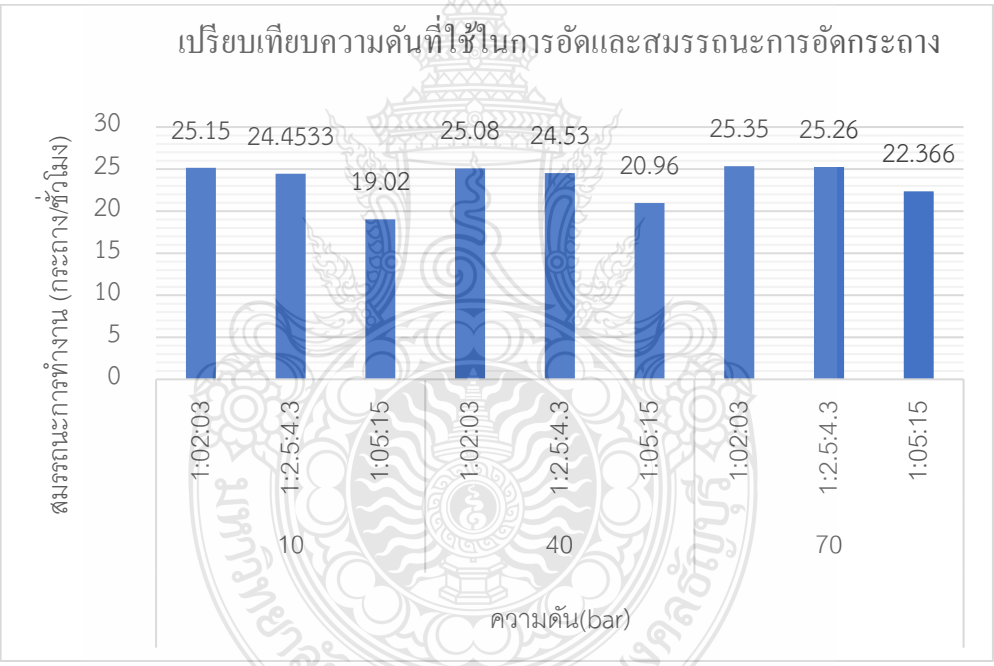
ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร

		แรงดึง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	ความเครียด (%)
อัตราส่วน ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก:เปลือกทุเรียน	1:2:3	0.03	0.597	7.143
	1:2.5:4.3	0.03	0.597	7.171
	1:5:15	0.02	0.398	7.143

จากตารางที่ 4.9 จะพบว่า ส่วนผสม 1:5:15 ค่า แรงดึง และ ความเค้น น้อยที่สุด ส่วนผสม 1:2:3 และ 1:2.5:4.3 มีค่า แรงดึง และ ความเค้น เท่ากัน และส่วนผสม 1:2.5:4.3 มีค่า ความเครียดน้อยที่สุด จึงสรุปได้ว่าความแข็งแรงของกระถางทั้ง 3 อัตราส่วนนั้น มีความแข็งแรงที่ไกล้เคียงกัน แต่ที่ดีที่สุด คือส่วนผสม 1:2:3

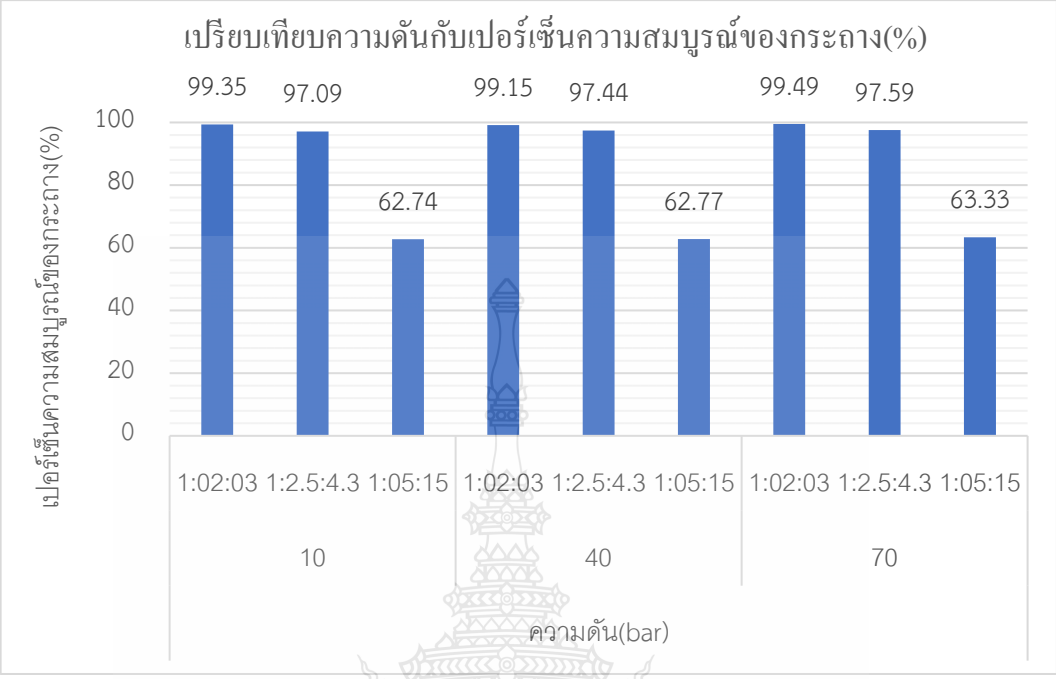
4.8 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

จากการทดลองเปรียบเทียบค่าของความดันที่ใช้ในการในการอัดกระถาง ที่ 10 40 และ 70 บาร์ และสมรรถนะในการอัดกระถาง (กระถางต่อชั่วโมง) และเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง แสดงดังรูปที่ 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันที่ใช้ในการอัดและสมรรถนะการอัดกระถาง
[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากรูปที่ 4.14 จะพบว่าความดันที่ต่างกันนั้น มีค่าสมรรถนะการทำงานที่ไกล้เคียงกัน โดยที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัดคือ ส่วนผสม 1:2:3 ที่ความดัน 70 บาร์ มีค่าสมรรถนะการทำงานดีที่สุด เพราะสามารถถอดออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและขึ้นรูปได้ง่ายที่สุด รองลงมาคือที่อัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ



รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบความดันในการอัดกระถางกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง
[abc]อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากรูปที่ 4.15 เมื่อเทียบความดันในการอัดกระถาง ที่ส่วนผสมเดียวกัน จะได้เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง ที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ความดัน โดยเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถางจะต่างกันที่ส่วนผสม โดยส่วนผสม 1:2:3 ที่ความดัน 70 บาร์ มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์มากที่สุด และ ที่อัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3, 1:5:15 มีความสมบูรณ์รองลงมาตามลำดับ

ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

จากการทดลองได้วัดกระแสไฟฟ้าขณะที่เครื่องกำลังทำงาน ได้เท่ากับ 0.05 แอมป์ ทั้ง 3 ความดัน นำค่าที่ได้ไปคำนวณในสมการที่ 3.4 จะได้

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า = 1.1 kW-h

4.4.1. ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในกระถางจากวัสดุธรรมชาติ ได้เลือกปลูกต้นถั่วเขียว ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว เมื่อเทียบกับการปลูกพืชชนิดอื่น โดยการวัดความสูงของต้นถั่วเขียว และบันทึกผลการทดลอง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.10

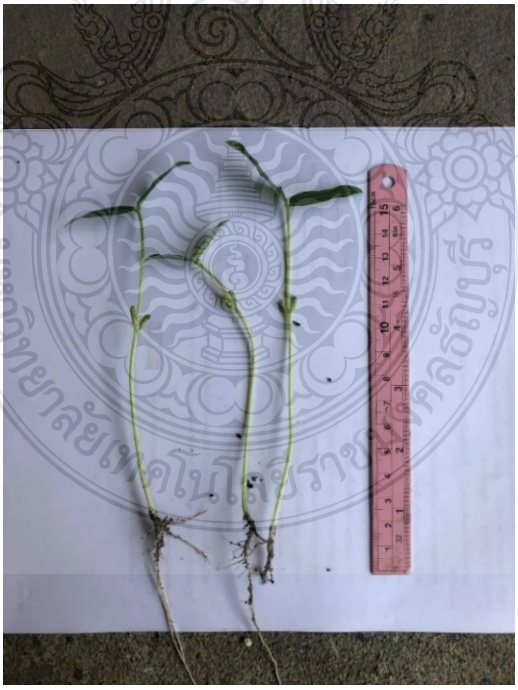
ตารางที่ 4.10 การเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวที่ปลูกในกระถางจากเปลือกทุเรียนและกระถางพลาสติก

วันที่	รูปภาพ	คำอธิบาย
1	**รูปที่ 4.28** ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 1	วันที่ 1 เตรียมกระถางทั้ง 3 อัตราส่วน และกระถางพลาสติก ใส่ดินลงกระถาง โรยเมล็ดถั่วเขียวลงกระถาง ละ 15-20 เมล็ด
2	**รูปที่ 4.29** ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 2	วันที่ 2 รากเริ่มงอกออกจากเมล็ด
3	**รูปที่ 4.30** ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 3	วันที่ 3 รากปักลงดิน ลำต้นเริ่มเจริญเติบโต

วันที่	รูปภาพ	คำอธิบาย
4	**รูปที่ 4.31** ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 4	วันที่ 4 ลำต้นเริ่มโตขึ้น เริ่มแตกใบอ่อน ความสูงของต้นประมาณ 3-5 เซนติเมตร
5	**รูปที่ 4.32** ผลการทดสอบปลูกต้นถั่วเขียว วันที่ 5	วันที่ 5 ต้นถั่วเขียวโตเต็มที่

ความยาวของลำต้นถั่วเขียวเมื่อปลูกมาได้ 5 วัน โดยลำต้นที่ปลูกในกระถางแต่ละอัตราส่วนจะได้ ความยาวดังนี้ อัตราส่วน ก=1:2:3, ข=1:2.5:4.3, ค=1:5:15 และ ง=กระถางพลาสติก

รูปที่ 4.33 ถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง (ก)ความสูงของต้นประมาณ 14.5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.34 ถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง (ข) ความสูงของต้นประมาณ 14 เซนติเมตร

รูปที่ 4.35 ถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง (ค) ความสูงของต้นประมาณ 14.5 เซนติเมตร

รูปที่ 4.36 ถั่วเขียวที่ปลูกในกระถาง (ง) ความสูงของต้นประมาณ 15 เซนติเมตร

รูปที่ 4.37 สภาพกระถางหลังทดลองปลูกต้นถั่วเขียว (ก) สภาพกระถางหลังทดลองปลูกต้นถั่วเขียวได้ 5 วัน

รูปที่ 4.38 สภาพกระถางหลังทดลองปลูกต้นถั่วเขียว (ข)

รูปที่ 4.39 สภาพกระถางหลังทดลองปลูกต้นถั่วเขียว (ค)

จากการทดลองปลูกต้นถั่วเขียวในระยะเวลา 5 วัน พบว่าการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวนั้นไกล้เคียงกันทั้ง 4 กระถาง โดยความยาวของลำต้นถั่วเขียวจะมีความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 15 เซนติเมตร ดังนั้นกระถางที่มีส่วนผสมของเปลือกทุเรียนสามารถปลูกพืชได้จริง

สภาพกระถางหลังการทดลองปลูกต้นถั่วเขียวในระยะเวลา 5 วัน พบว่า ที่ก้นของกระถาง ค นั้นเปื่อย เนื่องจากโดนน้ำ ส่วนกระถาง ก และ ข มีสภาพสมบูรณ์

อายุการใช้งานของกระถาง เมื่อนำลงดินแล้วจะย่อยสลาย 6 เดือนถึง 1 ปี แต่ถ้าไม่ลงดินก็จะอยู่ได้ตามปกติ ถ้ามีการรดน้ำก็จะเสื่อมไปตามอายุการใช้งาน และถ้าอยู่ในที่อากาศถ่ายเทกระถางจะไม่มีเชื้อราแต่อาจจะมีมดแมลงมาอาศัยอยู่

เนื่องจากการเพาะเมล็ดกะเพา พริก มะเขือ โหระพา มะเขือเทศนั้น ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตนาน จึงทำให้ต้องเลือกพืชที่ไกล้เคียงและเจริญเติบโตเร็ว ซึ่งกับเมล็ดที่เขียนไว้สามารถเจริญเติบโตได้แน่นอน เพราะได้ทดสอบกับต้นถั่วเขียวแล้วพบว่าเจริญเติบโตได้ตามปกติ

4.9 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง

จากผลการทดสอบเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.1 kW-h สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะเวลานการคืนทุนและจุดคุ้มทุนของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน ได้ดังนี้

4.9.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานคำนวณได้จาก ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation,DP) คิดค่าเสื่อมราคา (DP)แบบ Straight-line method

$$DP = \frac{(P-S)}{L} \tag{4.2}$$

เมื่อตัวแปร P คือ ราคาซื้อของเครื่องอัดขึ้นรูป(บาท)

S คือ มูลค่าคงเหลือเมื่อเครื่องอัดขึ้นรูป(บาท)

L คือ อายุการใช้งานของเครื่องอัดขึ้นรูป (ปี)

ราคาของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน จากตารางที่ 4.4 เท่ากับ 23,600 บาท ให้มูลค่าซากของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน เมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง

ดังนั้น ราคาซาก (S) = (10/100)(23,600) = 2360

2. คำนวณค่าเสื่อมราคา (23,600-2,360)/5 = 4,248 บาท

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียหายโอกาส

กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับ 10 %

ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี = ((23,600+2,360)/2)(10/100) = 1,298 บาทต่อปี

รวมราคาต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost) = 4,248+1,298 = 5,546 บาท/ปีหรือคิดเป็น 9.24บาท/ชั่วโมง (พิจารณาชั่วโมงการทำงานที่ 600 ช.ม/ปี)

3. ต้นทุนผันแปร

3.1 ค่าบำรุงรักษาโดยพิจารณาการทำงาน 100 วันต่อปี = 50 × 100 = 5,000 บาท/ปี

3.2 ค่าพลังงาน จากการทดลองการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.1 kW-h หรือคิดเป็นราคา 7.7 บาท/ชั่วโมง เท่ากับ 4620 บาท/ปี (พิจารณาชั่วโมงการทำงานที่ 600 ช.ม/ปี)

3.3 การคิดค่าแรงงานพิจารณาดังนี้ อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 100 วัน คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน = (300)(100)(1) = 30,000 บาท/ปี

3.4 ค่าส่วนผสมในการทำกระถางต่อ1ถาด ใช้กาวแป้งเปียก 200 กรัม = 2.8 บาท/ชิ้น, ขุยมะพร้าว 100 กรัม = 2.8 บาท/ชิ้น หรือเท่ากับ 140 บาท/ชม.(1 ชม.ได้ 25 ชิ้น)หรือ 84,000 บาท/ปี

รวมต้นทุนผันแปร 5,000+4620+30,000+84,000 = 123,620 บาท/ปี หรือเท่ากับ 206 บาท/ชั่วโมง

รวมต้นทุนทั้งหมด = 9.24+206 = 215.24 บาท/ชั่วโมง อัตราการทำงานเครื่องเฉลี่ย 25 กระถาง/ชั่วโมง ดังนั้น ต้นทุนการทำงานเครื่องเท่ากับ 215.24/25 = 8.6 บาท/กระถาง

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

รายการ	จำนวนเงิน
1.ค่าชุดปั๊มไฮดรอลิก	12000
2.ค่ากระบอกไฮดรอลิก	6000
3.ค่าวัสดุ เหล็กแผ่น	800
-เหล็กตัวซี	1400
-เหล็กฉาก	100
-อื่นๆ เช่น สี น็อต	300
4.ค่าแรงในการสร้างและประกอบเครื่อง	3000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่อง	23600

4.9.2 การใช้งานที่จุดคุ้มทุน

การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่/(อัตราค่าจ้าง-ค่าใช้จ่ายผันแปรในการทำงาน)

ค่าใช้จ่ายคงที่ = 5,546 บาท/ปี,ราคาขายกระถาง 10 บาท/ชิ้น หรือ 250 บาท/ชม. (พิจารณาที่ 1 ชม. ผลิตได้ 25 ชิ้น)

ดังนั้น การใช้งานที่จุดคุ้มทุน = 5,546/(250-206) = 126 ชม./ปี

ระยะเวลาคืนทุน

รายได้ของเกษตรกรต่อปี (10 บาท/ชิ้น ×600 ชม./ปี × 25 ชิ้น/ชม.= 150,000 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน คือ ราคาเครื่อง/ผลประโยชน์สุทธิ=(23,600/25,102) = 0.94 ปี หรือประมาณ 11 เดือน ดังนั้นถ้า 1 ปี เกษตรกรทำงาน 600 ชม. ระยะเวลาคืนทุนจะเท่ากับ 11 เดือน แต่ถ้าเกษตรกรใช้งานมากกว่า 600 ชม./ปี จะทำให้ระยะเวลาในการคืนทุน น้อยกว่า 11 เดือนได้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

เครื่องต้นแบบเครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน มีขนาด 800 x 1100 x 1050 มิลลิเมตร โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ 1 HP ในการย่อยเปลือกทุเรียน ส่วนประกอบหลักได้แก่ ชุดโครงสร้าง ชุดย่อยและชุดผสม ผลการทดสอบพบว่า เครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน สามารถทำการตัดย่อยเปลือกทุเรียนได้ในระดับหนึ่งขนาดและเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการย่อยเปลือกทุเรียน ได้แก่เปลือกทุเรียนขนาด 20×40 มิลลิเมตรและเวลาในการย่อยเท่ากับ 45 วินาที มีอัตราการย่อยเปลือกทุเรียน 24 kg/hr เปอร์เซ็นต์ในการตัดย่อย 91 % อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.69 kW-h ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องมีค่าใช้จ่ายในการทำงานเท่ากับ 2.78 บาท/กิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงานเท่ากับ 39.27 ชม./ปี และมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4 เดือน

เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากเปลือกทุเรียน มีขนาดความกว้าง×ความยาว×ความสูง เท่ากับ 1100×666×1200 มิลลิเมตร ส่วนประกอบหลักได้แก่ ชุดโครงสร้างเครื่อง ชุดกระบอกไฮดรอลิค ชุดปั๊มไฮดรอลิค และชุดแม่พิมพ์ ผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะแก่การอัดขึ้นรูปเท่ากับ 1:2:3 (ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก:เปลือกทุเรียน) เป็นอัตราส่วนที่ทำให้ชิ้นงานที่ได้มีค่าความสมบูรณ์ที่ดีที่สุด รองลงมาคือที่อัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ ผลการทดสอบแรงดึง สรุปได้ว่าความแข็งแรงของกระถางทั้ง 3 อัตราส่วนนั้น มีความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่อัตราส่วนผสม 1:2:3 มีความแข็งแรงดีที่สุด ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าความดันกับค่าสมรรถนะการทำงาน (กระถางต่อชั่วโมง) พบว่า ที่อัตราส่วนผสม 1:2:3 ความดัน 70 บาร์ มีค่าสมรรถนะการทำงานดีที่สุด เพราะสามารถถอดออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและขึ้นรูปได้ง่ายที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าความดันกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง พบว่าส่วนผสม 1:2:3 ที่ความดัน 70 บาร์ มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์มากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ จากการทดลองปลูกต้นถั่วเขียวในระยะเวลา 5 วัน พบว่าการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวนั้นไกล้เคียงกันทั้ง 4 กระถาง โดยความยาวของลำต้นถั่วเขียวจะมีความยาวเฉลี่ยอยู่ที่ 15 เซนติเมตร ดังนั้นกระถางที่มีส่วนผสมของเปลือกทุเรียนสามารถปลูกพืชได้จริง และยังสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ เมื่อรากของพืชมีความแข็งแรง สามารถนำลงปลูกในดินได้เลย โดยไม่ต้องนำพืชผักออกจากกระถาง ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีค่าใช้จ่ายต่อกระถางเท่ากับ 9 บาทต่อกระถาง จุดคุ้มทุนของเครื่องมีค่าเท่ากับ 126 ชม./ปี ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 11 เดือน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นเองจากเหล็ก มีค่าความคลาดเคลื่อนทำให้แม่พิมพ์ไม่ตรงศูนย์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ขาดความสมบูรณ์ ควรจ้างผู้ที่ชำนาญในการทำแม่พิมพ์

5.2.2 ศึกษาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกระถาง

5.2.3 เกิดกลิ่นเหม็น ควรหาสารเติมแต่งเพื่อยับยั้งกลิ่น

5.2.4 พัฒนาอัตราส่วนให้มีความแข็งแรง โดยการผสมผงพลาสติกในอัตราส่วนที่ย่อย สลายได้

5.2.5 ส่วนผสมไม่สามารถระบายออกจากถังย่อยได้ ข้อเสนอแนะ ควรทำทางออกของส่วนผสมอยู่ด้านใต้ของถังย่อย

5.2.6 ถังผสมไม่มีทางออกของส่วนผสม ข้อเสนอแนะ ควรทำทางออกของส่วนผสม

5.2.7 มีเสียงที่ดังจนเกินไป ข้อเสนอแนะ ลดการสั่นของเครื่องให้มีเสียงที่เบาลง

5.2.8 ควรใช้มอเตอร์ขนาด 3 Hp เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยดีขึ้น

บรรณานุกรม

[1] **ประวัติความเป็นมาของทุเรียนในประเทศไทย**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.arda.or.th (5 กุมภาพันธ์ 2562).

[2] **ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ทุเรียน**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.arda.or.th/ (5 กุมภาพันธ์ 2562).

[3] **มอเตอร์ไฟฟ้า**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :http://www.psptech.co.th/A3-19171.page (10 กุมภาพันธ์ 2562).

[4] **แม่พิมพ์อัดขึ้นรูป**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://e-training.tpqi.go.th/training/734/chapter/247/content (10 กุมภาพันธ์ 2562).

[5] **ไฮดรอลิก (HYDRAULIC)**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.pneuhyd.co.th/1.html (10 กุมภาพันธ์ 2562).

[6] **วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional control valves),** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://www.xn--12c1b5bi3bd0cyh.net/.html (11 กุมภาพันธ์ 2562).

[7] **หลักการคำนวณต่างๆในระบบไฮดรอลิค**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.globalseal.co.th/index.php/work-experience-02/knowledge02/2016-07-07-11-07-16/209.html (19 กุมภาพันธ์ 2562).

[8] **กระบวนการขึ้นรูปโดยการอัดขึ้นรูป,** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://packaging.oie.go.th/new/admin_control/file_technology/0243516798.pdf (19 กุมภาพันธ์ 2562).

[9] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, **การทดสอบแรงดึง**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2541/tensile-test (2 มีนาคม 2563).

[10] สยุมภู พาหาสิงห์ และ ชาญวิทย์ ภัทรชาญกุล, **แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปถาดเกษตร,** ปริญญานิพนธ์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (2559).

[11] สุจิน สุนีย์ และ ธีรเวท ฐิติกุล, **เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว**, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.rtir.rmutt.ac.th/handle/123456789/393 (23 มีนาคม 2562).

[12] สุทธิพันธ์ กีฬาแปง, **การศึกษาการอัดขึ้นรูปชังข้าวโพดด้วยระบบไฮดรอลิกส์,** [ออนไลน์]

เข้าถึงได้จาก : http://hrd.rmutl.ac.th/qa/docUpload/pj/3500100458769/150 720093812fullpp.p df (23 มีนาคม 2562).

[13] ชาคริต ศรีทอง, **การพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ผลิตจากกากกาแฟแบบกึ่งอัตโนมัติ,** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :http://www.journal.engineer.rmutt.ac.th › enjournal › article › download (23 มีนาคม 2562).

[14] ภคิณี และสรชัช, **เครื่องอัดกระถางผักตบชวาระบบนิวเมติก,** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc264_IdPro649.pdf (24 มีนาคม 2562).

[15] **ต้นทุเรียน** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.liekr.com/post_151680.html (12 มีนาคม 2562).

[16] **8 สายพันธุ์ทุเรียนอร่อย ราชาแห่งผลไม้สยาม** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.bangkokbiznews.com/news/detail/801170 (12 มีนาคม 2562).

[17] **เครื่องลดขนาด** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/ (12 มีนาคม 2562).

[18] Brennan และคณะ (1990) “**การกวนและผสม**” (12 มีนาคม 2562).

[19] มนต์ชัย กนกภัยพิพัฒน์ และคณะ (2553) “**โครงงานชุดบดย่อย**”. โครงงานประกาศนียบัตรวิชาชีพ

สาขาวิชาเครื่องมือกล โรงเรียนอัสสัมชัญเทคนิค นครพนม (12 มีนาคม 2562).

[20] บริษัท ไอ.ที.ซี. อินเตอร์คัทส์ จากัด. 2554. “**ใบมีดและใบเลื่อยมาตรฐานสากล**” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.bangkokbiznews.com/ (12 มีนาคม 2562).

[21] **สายพานวี** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.hth-bando.com/ (12 มีนาคม 2562).

[22] **เครื่องสับย่อย** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.lib.buu.ac.th/st/53550428.pdf (12 มีนาคม 2562).

[23] **เครื่องย่อยกิ่งไม้ใบไม้** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.pspmart.com (12 มีนาคม 2562).

[24] **เฟืองดอกจอก** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ ttp://www.kgs.co.th (18 มีนาคม 2562)

[25] **ระบบย่อยอาหารสัตว์** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://nok101fc.wordpress.com

(12 มีนาคม 2562).

[26] **มอเตอร์ 1PH** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :https://ktwgroup.blogspot.com/2016/02/
(12 มีนาคม 2562).

[27] **ตลับลูกปืนและชุดตลับลูกปืน** [ออนไลน์]. เข้าได้จากhttp://www.psbbearings.com/
(12 มีนาคม 2562).

[28] **สายพานวี** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.hth-bando.com/bando-transmission-
(12 มีนาคม 2562)

ภาคผนวก ก
ตารางการทดล

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2:3

DATA SHEET			
UNIVERSAL TESTING MACHINE			
		Tested by : Date : 13/3/2563 Time : 16:53	
Tensile test			
Elongation	Force	Stress	Strain
mm	kN	N/mm2	%
0.03	0.01	0.199	0.043
0.05	0.01	0.199	0.071
0.06	0.01	0.199	0.086
0.07	0.01	0.199	0.1
0.08	0.02	0.398	0.114
0.12	0.02	0.398	0.171
0.15	0.02	0.398	0.214
0.17	0.02	0.398	0.243
0.21	0.02	0.398	0.3
0.23	0.02	0.398	0.329
0.26	0.02	0.398	0.371
0.28	0.02	0.398	0.4
0.31	0.02	0.398	0.443
0.34	0.02	0.398	0.486
0.37	0.02	0.398	0.529
0.39	0.02	0.398	0.557
0.41	0.02	0.398	0.586
0.42	0.02	0.398	0.6
0.44	0.02	0.398	0.629
0.46	0.02	0.398	0.657
0.48	0.02	0.398	0.686
0.49	0.02	0.398	0.7
0.51	0.02	0.398	0.729
0.53	0.02	0.398	0.757
0.54	0.02	0.398	0.771
0.55	0.02	0.398	0.786
0.57	0.02	0.398	0.814
0.58	0.02	0.398	0.829
0.6	0.02	0.398	0.857
0.62	0.02	0.398	0.886
0.63	0.02	0.398	0.9

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2:3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
0.65	0.02	0.398	0.929
0.66	0.02	0.398	0.943
0.68	0.02	0.398	0.971
0.69	0.02	0.398	0.986
0.7	0.02	0.398	1
0.72	0.02	0.398	1.029
0.74	0.02	0.398	1.057
0.75	0.02	0.398	1.071
0.77	0.02	0.398	1.1
0.78	0.02	0.398	1.114
0.8	0.02	0.398	1.143
0.83	0.02	0.398	1.186
0.87	0.02	0.398	1.243
0.9	0.02	0.398	1.286
0.94	0.02	0.398	1.343
0.98	0.02	0.398	1.4
1	0.02	0.398	1.429
1.01	0.02	0.398	1.443
1.03	0.02	0.398	1.471
1.05	0.02	0.398	1.5
1.06	0.02	0.398	1.514
1.08	0.02	0.398	1.543
1.1	0.02	0.398	1.571
1.12	0.02	0.398	1.6
1.14	0.02	0.398	1.629
1.15	0.02	0.398	1.643
1.16	0.02	0.398	1.657
1.17	0.02	0.398	1.671
1.19	0.02	0.398	1.7
1.2	0.02	0.398	1.714
1.23	0.02	0.398	1.757
1.24	0.02	0.398	1.771
1.26	0.02	0.398	1.8
1.29	0.02	0.398	1.843
1.3	0.02	0.398	1.857
1.35	0.02	0.398	1.929

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2:3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
1.43	0.02	0.398	2.043
1.44	0.02	0.398	2.057
1.45	0.02	0.398	2.071
1.47	0.02	0.398	2.1
1.48	0.02	0.398	2.114
1.49	0.02	0.398	2.129
1.5	0.02	0.398	2.143
1.52	0.02	0.398	2.171
1.53	0.02	0.398	2.186
1.55	0.02	0.398	2.214
1.57	0.02	0.398	2.243
1.58	0.02	0.398	2.257
1.59	0.02	0.398	2.271
1.6	0.02	0.398	2.286
1.61	0.02	0.398	2.3
1.62	0.02	0.398	2.314
1.63	0.02	0.398	2.329
1.64	0.02	0.398	2.343
1.65	0.02	0.398	2.357
1.66	0.02	0.398	2.371
1.67	0.02	0.398	2.386
1.68	0.03	0.597	2.4
1.69	0.03	0.597	2.414
1.71	0.03	0.597	2.443
1.72	0.03	0.597	2.457
1.73	0.03	0.597	2.471
1.75	0.03	0.597	2.5
1.77	0.03	0.597	2.529
1.78	0.03	0.597	2.543
1.8	0.03	0.597	2.571
1.81	0.02	0.398	2.586
1.84	0.03	0.597	2.629
1.87	0.02	0.398	2.671
1.89	0.02	0.398	2.7
1.91	0.03	0.597	2.729
1.94	0.02	0.398	2.771

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2:3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
2.02	0.02	0.398	2.886
2.05	0.02	0.398	2.929
2.06	0.02	0.398	2.943
2.08	0.02	0.398	2.971
2.12	0.02	0.398	3.029
2.15	0.02	0.398	3.071
2.17	0.02	0.398	3.1
2.21	0.02	0.398	3.157
2.25	0.02	0.398	3.214
2.3	0.02	0.398	3.286
2.33	0.02	0.398	3.329
2.35	0.02	0.398	3.357
2.37	0.02	0.398	3.386
2.41	0.02	0.398	3.443
2.42	0.02	0.398	3.457
2.44	0.02	0.398	3.486
2.47	0.02	0.398	3.529
2.52	0.02	0.398	3.6
2.55	0.02	0.398	3.643
2.58	0.02	0.398	3.686
2.61	0.02	0.398	3.729
2.65	0.02	0.398	3.786
2.71	0.02	0.398	3.871
2.75	0.02	0.398	3.929
2.79	0.02	0.398	3.986
2.81	0.02	0.398	4.014
2.83	0.02	0.398	4.043
2.85	0.02	0.398	4.071
2.86	0.02	0.398	4.086
2.89	0.02	0.398	4.129
2.92	0.02	0.398	4.171
2.94	0.02	0.398	4.2
2.95	0.02	0.398	4.214
2.98	0.02	0.398	4.257
3	0.02	0.398	4.286
3.02	0.02	0.398	4.314

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2:3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
3.06	0.02	0.398	4.371
3.07	0.02	0.398	4.386
3.09	0.02	0.398	4.414
3.11	0.02	0.398	4.443
3.12	0.02	0.398	4.457
3.13	0.02	0.398	4.471
3.15	0.02	0.398	4.5
3.16	0.02	0.398	4.514
3.17	0.02	0.398	4.529
3.19	0.02	0.398	4.557
3.21	0.02	0.398	4.586
3.22	0.02	0.398	4.6
3.24	0.02	0.398	4.629
3.25	0.02	0.398	4.643
3.27	0.02	0.398	4.671
3.3	0.02	0.398	4.714
3.32	0.02	0.398	4.743
3.34	0.02	0.398	4.771
3.36	0.02	0.398	4.8
3.38	0.02	0.398	4.829
3.4	0.02	0.398	4.857
3.43	0.02	0.398	4.9
3.46	0.02	0.398	4.943
3.48	0.02	0.398	4.971
3.49	0.02	0.398	4.986
3.5	0.02	0.398	5
3.52	0.02	0.398	5.029
3.54	0.02	0.398	5.057
3.56	0.02	0.398	5.086
3.58	0.02	0.398	5.114
3.6	0.02	0.398	5.143
3.62	0.02	0.398	5.171
3.63	0.02	0.398	5.186
3.64	0.02	0.398	5.2
3.65	0.02	0.398	5.214
3.67	0.02	0.398	5.243

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2:3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
3.73	0.02	0.398	5.329
3.74	0.02	0.398	5.343
3.75	0.02	0.398	5.357
3.77	0.02	0.398	5.386
3.79	0.03	0.597	5.414
3.81	0.03	0.597	5.443
3.83	0.03	0.597	5.471
3.84	0.03	0.597	5.486
3.86	0.03	0.597	5.514
3.87	0.03	0.597	5.529
3.88	0.03	0.597	5.543
3.89	0.03	0.597	5.557
3.9	0.03	0.597	5.571
3.91	0.03	0.597	5.586
3.92	0.02	0.398	5.6
3.93	0.02	0.398	5.614
3.94	0.02	0.398	5.629
3.96	0.02	0.398	5.657
3.98	0.02	0.398	5.686
4.01	0.02	0.398	5.729
4.02	0.02	0.398	5.743
4.03	0.02	0.398	5.757
4.06	0.02	0.398	5.8
4.09	0.02	0.398	5.843
4.12	0.02	0.398	5.886
4.13	0.02	0.398	5.9
4.18	0.03	0.597	5.971
4.2	0.03	0.597	6
4.22	0.03	0.597	6.029
4.25	0.03	0.597	6.071
4.27	0.03	0.597	6.1
4.29	0.02	0.398	6.129
4.31	0.03	0.597	6.157
4.38	0.03	0.597	6.257
4.4	0.02	0.398	6.286
4.44	0.02	0.398	6.343

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2:3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
4.49	0.02	0.398	6.414
4.5	0.02	0.398	6.429
4.52	0.02	0.398	6.457
4.53	0.02	0.398	6.471
4.54	0.02	0.398	6.486
4.56	0.02	0.398	6.514
4.58	0.02	0.398	6.543
4.6	0.02	0.398	6.571
4.61	0.02	0.398	6.586
4.62	0.02	0.398	6.6
4.63	0.02	0.398	6.614
4.65	0.02	0.398	6.643
4.66	0.02	0.398	6.657
4.68	0.02	0.398	6.686
4.69	0.02	0.398	6.7
4.7	0.02	0.398	6.714
4.71	0.02	0.398	6.729
4.73	0.02	0.398	6.757
4.75	0.03	0.597	6.786
4.77	0.03	0.597	6.814
4.78	0.02	0.398	6.829
4.8	0.02	0.398	6.857
4.82	0.02	0.398	6.886
4.83	0.03	0.597	6.9
4.84	0.03	0.597	6.914
4.87	0.03	0.597	6.957
4.88	0.02	0.398	6.971
4.92	0.03	0.597	7.029
4.94	0.03	0.597	7.057
4.97	0.03	0.597	7.1
4.98	0.03	0.597	7.114
4.99	0.03	0.597	7.129
5	0.03	0.597	7.143

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2.5:4.3

DATA SHEET			
UNIVERSAL TESTING MACHINE			
		Tested by : Date : 13/3/2563 Time : 16:16	
Tensile test			
Elongation	Force	Stress	Strain
mm	kN	N/mm2	%
0.02	0.01	0.199	0.029
0.05	0.01	0.199	0.071
0.06	0.01	0.199	0.086
0.09	0.02	0.398	0.129
0.1	0.02	0.398	0.143
0.12	0.02	0.398	0.171
0.13	0.02	0.398	0.186
0.15	0.02	0.398	0.214
0.17	0.02	0.398	0.243
0.2	0.02	0.398	0.286
0.25	0.02	0.398	0.357
0.27	0.02	0.398	0.386
0.32	0.02	0.398	0.457
0.38	0.02	0.398	0.543
0.42	0.02	0.398	0.6
0.44	0.02	0.398	0.629
0.47	0.02	0.398	0.671
0.49	0.02	0.398	0.7
0.52	0.02	0.398	0.743
0.54	0.02	0.398	0.771
0.57	0.02	0.398	0.814
0.58	0.02	0.398	0.829
0.61	0.02	0.398	0.871
0.63	0.02	0.398	0.9
0.67	0.02	0.398	0.957
0.73	0.02	0.398	1.043
0.79	0.02	0.398	1.129
0.81	0.02	0.398	1.157
0.83	0.02	0.398	1.186
0.87	0.02	0.398	1.243
0.88	0.02	0.398	1.257

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2.5:4.3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
0.95	0.02	0.398	1.357
0.97	0.02	0.398	1.386
0.98	0.02	0.398	1.4
0.99	0.02	0.398	1.414
1.01	0.02	0.398	1.443
1.02	0.02	0.398	1.457
1.03	0.02	0.398	1.471
1.04	0.02	0.398	1.486
1.05	0.02	0.398	1.5
1.06	0.02	0.398	1.514
1.07	0.02	0.398	1.529
1.08	0.02	0.398	1.543
1.09	0.02	0.398	1.557
1.1	0.02	0.398	1.571
1.11	0.02	0.398	1.586
1.12	0.02	0.398	1.6
1.14	0.02	0.398	1.629
1.17	0.02	0.398	1.671
1.18	0.02	0.398	1.686
1.19	0.02	0.398	1.7
1.21	0.02	0.398	1.729
1.22	0.02	0.398	1.743
1.24	0.02	0.398	1.771
1.25	0.02	0.398	1.786
1.26	0.02	0.398	1.8
1.28	0.02	0.398	1.829
1.3	0.02	0.398	1.857
1.32	0.02	0.398	1.886
1.33	0.02	0.398	1.9
1.34	0.02	0.398	1.914
1.36	0.02	0.398	1.943
1.37	0.02	0.398	1.957
1.38	0.02	0.398	1.971
1.39	0.02	0.398	1.986

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2.5:4.3

Elongation	Force	Stress	Strain
mm	kN	N/mm2	%
1.42	0.02	0.398	2.029
1.43	0.02	0.398	2.043
1.44	0.02	0.398	2.057
1.45	0.02	0.398	2.071
1.47	0.02	0.398	2.1
1.48	0.02	0.398	2.114
1.49	0.02	0.398	2.129
1.5	0.02	0.398	2.143
1.51	0.02	0.398	2.157
1.52	0.02	0.398	2.171
1.54	0.02	0.398	2.2
1.56	0.02	0.398	2.229
1.57	0.02	0.398	2.243
1.59	0.02	0.398	2.271
1.6	0.02	0.398	2.286
1.61	0.02	0.398	2.3
1.64	0.02	0.398	2.343
1.65	0.02	0.398	2.357
1.69	0.02	0.398	2.414
1.72	0.02	0.398	2.457
1.73	0.02	0.398	2.471
1.74	0.02	0.398	2.486
1.75	0.02	0.398	2.5
1.76	0.02	0.398	2.514
1.78	0.02	0.398	2.543
1.83	0.02	0.398	2.614
1.84	0.02	0.398	2.629
1.87	0.02	0.398	2.671
1.89	0.02	0.398	2.7
1.91	0.02	0.398	2.729
1.93	0.02	0.398	2.757
1.95	0.02	0.398	2.786
1.96	0.02	0.398	2.8
1.97	0.02	0.398	2.814

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2.5:4.3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
2.05	0.02	0.398	2.929
2.08	0.02	0.398	2.971
2.1	0.02	0.398	3
2.12	0.02	0.398	3.029
2.15	0.02	0.398	3.071
2.17	0.02	0.398	3.1
2.18	0.02	0.398	3.114
2.2	0.02	0.398	3.143
2.22	0.02	0.398	3.171
2.23	0.02	0.398	3.186
2.24	0.02	0.398	3.2
2.26	0.02	0.398	3.229
2.27	0.02	0.398	3.243
2.29	0.02	0.398	3.271
2.32	0.02	0.398	3.314
2.34	0.02	0.398	3.343
2.36	0.02	0.398	3.371
2.4	0.02	0.398	3.429
2.46	0.02	0.398	3.514
2.48	0.02	0.398	3.543
2.49	0.02	0.398	3.557
2.53	0.02	0.398	3.614
2.56	0.02	0.398	3.657
2.62	0.02	0.398	3.743
2.64	0.02	0.398	3.771
2.65	0.02	0.398	3.786
2.66	0.02	0.398	3.8
2.67	0.02	0.398	3.814
2.68	0.02	0.398	3.829
2.71	0.02	0.398	3.871
2.73	0.02	0.398	3.9
2.74	0.02	0.398	3.914
2.76	0.02	0.398	3.943
2.77	0.02	0.398	3.957

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2.5:4.3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
2.85	0.02	0.398	4.071
2.86	0.02	0.398	4.086
2.87	0.02	0.398	4.1
2.89	0.02	0.398	4.129
2.9	0.02	0.398	4.143
2.92	0.02	0.398	4.171
2.94	0.02	0.398	4.2
2.95	0.02	0.398	4.214
2.98	0.02	0.398	4.257
2.99	0.02	0.398	4.271
3	0.02	0.398	4.286
3.01	0.02	0.398	4.3
3.02	0.02	0.398	4.314
3.03	0.02	0.398	4.329
3.06	0.02	0.398	4.371
3.07	0.02	0.398	4.386
3.08	0.02	0.398	4.4
3.1	0.02	0.398	4.429
3.14	0.02	0.398	4.486
3.17	0.02	0.398	4.529
3.18	0.02	0.398	4.543
3.2	0.02	0.398	4.571
3.21	0.02	0.398	4.586
3.22	0.02	0.398	4.6
3.23	0.02	0.398	4.614
3.25	0.02	0.398	4.643
3.26	0.02	0.398	4.657
3.28	0.02	0.398	4.686
3.29	0.02	0.398	4.7
3.3	0.02	0.398	4.714
3.31	0.02	0.398	4.729
3.34	0.02	0.398	4.771
3.35	0.02	0.398	4.786
3.36	0.02	0.398	4.8

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2.5:4.3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
3.39	0.02	0.398	4.843
3.4	0.02	0.398	4.857
3.41	0.02	0.398	4.871
3.42	0.02	0.398	4.886
3.43	0.02	0.398	4.9
3.44	0.02	0.398	4.914
3.45	0.02	0.398	4.929
3.46	0.02	0.398	4.943
3.47	0.02	0.398	4.957
3.48	0.02	0.398	4.971
3.49	0.02	0.398	4.986
3.5	0.02	0.398	5
3.52	0.02	0.398	5.029
3.53	0.02	0.398	5.043
3.54	0.02	0.398	5.057
3.56	0.02	0.398	5.086
3.58	0.02	0.398	5.114
3.59	0.02	0.398	5.129
3.6	0.02	0.398	5.143
3.61	0.02	0.398	5.157
3.62	0.02	0.398	5.171
3.65	0.02	0.398	5.214
3.66	0.02	0.398	5.229
3.67	0.02	0.398	5.243
3.69	0.02	0.398	5.271
3.7	0.02	0.398	5.286
3.71	0.02	0.398	5.3
3.72	0.02	0.398	5.314
3.75	0.02	0.398	5.357
3.77	0.02	0.398	5.386
3.78	0.02	0.398	5.4
3.79	0.02	0.398	5.414
3.8	0.02	0.398	5.429
3.81	0.02	0.398	5.443

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2.5:4.3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
3.84	0.03	0.597	5.486
3.85	0.03	0.597	5.5
3.86	0.02	0.398	5.514
3.88	0.03	0.597	5.543
3.9	0.03	0.597	5.571
3.93	0.03	0.597	5.614
3.94	0.03	0.597	5.629
3.95	0.02	0.398	5.643
3.97	0.02	0.398	5.671
3.99	0.03	0.597	5.7
4.01	0.03	0.597	5.729
4.02	0.03	0.597	5.743
4.04	0.03	0.597	5.771
4.06	0.03	0.597	5.8
4.07	0.03	0.597	5.814
4.08	0.03	0.597	5.829
4.09	0.02	0.398	5.843
4.11	0.03	0.597	5.871
4.13	0.03	0.597	5.9
4.15	0.03	0.597	5.929
4.17	0.03	0.597	5.957
4.19	0.03	0.597	5.986
4.2	0.03	0.597	6
4.21	0.03	0.597	6.014
4.23	0.03	0.597	6.043
4.25	0.03	0.597	6.071
4.28	0.03	0.597	6.114
4.29	0.03	0.597	6.129
4.32	0.03	0.597	6.171
4.35	0.03	0.597	6.214
4.38	0.03	0.597	6.257
4.41	0.03	0.597	6.3
4.44	0.03	0.597	6.343
4.47	0.03	0.597	6.386

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:2.5:4.3

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
4.57	0.03	0.597	6.529
4.58	0.03	0.597	6.543
4.6	0.03	0.597	6.571
4.62	0.03	0.597	6.6
4.64	0.03	0.597	6.629
4.65	0.03	0.597	6.643
4.67	0.03	0.597	6.671
4.69	0.03	0.597	6.7
4.71	0.03	0.597	6.729
4.73	0.03	0.597	6.757
4.75	0.03	0.597	6.786
4.78	0.03	0.597	6.829
4.79	0.03	0.597	6.843
4.81	0.03	0.597	6.871
4.82	0.03	0.597	6.886
4.83	0.03	0.597	6.9
4.84	0.03	0.597	6.914
4.86	0.03	0.597	6.943
4.88	0.03	0.597	6.971
4.9	0.03	0.597	7
4.91	0.03	0.597	7.014
4.92	0.03	0.597	7.029
4.94	0.03	0.597	7.057
4.95	0.03	0.597	7.071
4.96	0.03	0.597	7.086
4.98	0.03	0.597	7.114
4.99	0.02	0.398	7.129
5.02	0.02	0.398	7.171

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:5:15

DATA SHEET			
UNIVERSAL TESTING MACHINE			
		Tested by : Date : 13/3/2563 Time : 16:35	
Tensile test			
Elongation	Force	Stress	Strain
mm	kN	N/mm2	%
0.08	0	0	0.114
0.15	0.01	0.199	0.214
0.2	0.01	0.199	0.286
0.24	0.01	0.199	0.343
0.26	0.01	0.199	0.371
0.28	0.02	0.398	0.4
0.3	0.02	0.398	0.429
0.32	0.02	0.398	0.457
0.36	0.02	0.398	0.514
0.38	0.02	0.398	0.543
0.41	0.02	0.398	0.586
0.43	0.02	0.398	0.614
0.46	0.02	0.398	0.657
0.48	0.02	0.398	0.686
0.49	0.02	0.398	0.7
0.5	0.02	0.398	0.714
0.53	0.01	0.199	0.757
0.56	0.02	0.398	0.8
0.59	0.02	0.398	0.843
0.61	0.02	0.398	0.871
0.62	0.02	0.398	0.886
0.64	0.02	0.398	0.914
0.65	0.02	0.398	0.929
0.84	0.02	0.398	1.2
0.85	0.02	0.398	1.214
0.87	0.02	0.398	1.243
0.88	0.02	0.398	1.257
0.89	0.02	0.398	1.271
0.9	0.02	0.398	1.286
0.91	0.02	0.398	1.3
0.92	0.02	0.398	1.314

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:5:15

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
0.97	0.02	0.398	1.386
0.99	0.02	0.398	1.414
1.01	0.02	0.398	1.443
1.03	0.02	0.398	1.471
1.05	0.02	0.398	1.5
1.08	0.02	0.398	1.543
1.09	0.02	0.398	1.557
1.1	0.02	0.398	1.571
1.12	0.02	0.398	1.6
1.14	0.02	0.398	1.629
1.16	0.02	0.398	1.657
1.18	0.02	0.398	1.686
1.22	0.02	0.398	1.743
1.23	0.02	0.398	1.757
1.24	0.02	0.398	1.771
1.26	0.02	0.398	1.8
1.27	0.02	0.398	1.814
1.29	0.02	0.398	1.843
1.31	0.02	0.398	1.871
1.33	0.02	0.398	1.9
1.35	0.02	0.398	1.929
1.37	0.02	0.398	1.957
1.39	0.02	0.398	1.986
1.42	0.02	0.398	2.029
1.44	0.02	0.398	2.057
1.45	0.02	0.398	2.071
1.48	0.02	0.398	2.114
1.52	0.02	0.398	2.171
1.55	0.02	0.398	2.214
1.59	0.02	0.398	2.271
1.64	0.02	0.398	2.343
1.69	0.02	0.398	2.414
1.74	0.02	0.398	2.486
1.79	0.02	0.398	2.557

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:5:15

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
1.85	0.02	0.398	2.643
1.88	0.02	0.398	2.686
1.91	0.02	0.398	2.729
1.95	0.02	0.398	2.786
1.97	0.02	0.398	2.814
1.99	0.02	0.398	2.843
2	0.02	0.398	2.857
2.03	0.02	0.398	2.9
2.06	0.02	0.398	2.943
2.08	0.02	0.398	2.971
2.11	0.02	0.398	3.014
2.14	0.02	0.398	3.057
2.17	0.02	0.398	3.1
2.2	0.02	0.398	3.143
2.22	0.02	0.398	3.171
2.24	0.02	0.398	3.2
2.26	0.02	0.398	3.229
2.27	0.02	0.398	3.243
2.29	0.02	0.398	3.271
2.31	0.02	0.398	3.3
2.33	0.02	0.398	3.329
2.35	0.02	0.398	3.357
2.37	0.02	0.398	3.386
2.39	0.02	0.398	3.414
2.41	0.02	0.398	3.443
2.43	0.02	0.398	3.471
2.45	0.02	0.398	3.5
2.47	0.02	0.398	3.529
2.49	0.02	0.398	3.557
2.5	0.02	0.398	3.571
2.52	0.02	0.398	3.6
2.55	0.02	0.398	3.643
2.57	0.02	0.398	3.671
2.58	0.02	0.398	3.686

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:5:15

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
2.63	0.02	0.398	3.757
2.66	0.02	0.398	3.8
2.67	0.02	0.398	3.814
2.69	0.02	0.398	3.843
2.7	0.02	0.398	3.857
2.71	0.02	0.398	3.871
2.74	0.02	0.398	3.914
2.78	0.02	0.398	3.971
2.8	0.02	0.398	4
2.81	0.02	0.398	4.014
2.83	0.02	0.398	4.043
2.84	0.02	0.398	4.057
2.87	0.02	0.398	4.1
2.89	0.02	0.398	4.129
2.91	0.02	0.398	4.157
2.93	0.02	0.398	4.186
2.95	0.02	0.398	4.214
2.97	0.02	0.398	4.243
2.99	0.02	0.398	4.271
3.02	0.02	0.398	4.314
3.04	0.02	0.398	4.343
3.06	0.02	0.398	4.371
3.08	0.02	0.398	4.4
3.11	0.02	0.398	4.443
3.13	0.02	0.398	4.471
3.15	0.02	0.398	4.5
3.18	0.02	0.398	4.543
3.2	0.02	0.398	4.571
3.22	0.02	0.398	4.6
3.26	0.02	0.398	4.657
3.27	0.02	0.398	4.671
3.3	0.02	0.398	4.714
3.34	0.02	0.398	4.771
3.37	0.02	0.398	4.814

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:5:15

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
3.47	0.02	0.398	4.957
3.5	0.02	0.398	5
3.53	0.02	0.398	5.043
3.56	0.02	0.398	5.086
3.58	0.02	0.398	5.114
3.6	0.02	0.398	5.143
3.64	0.02	0.398	5.2
3.67	0.02	0.398	5.243
3.7	0.02	0.398	5.286
3.72	0.02	0.398	5.314
3.74	0.02	0.398	5.343
3.77	0.02	0.398	5.386
3.8	0.02	0.398	5.429
3.82	0.02	0.398	5.457
3.83	0.02	0.398	5.471
3.84	0.02	0.398	5.486
3.86	0.02	0.398	5.514
3.88	0.02	0.398	5.543
3.9	0.02	0.398	5.571
3.91	0.02	0.398	5.586
3.93	0.02	0.398	5.614
3.95	0.02	0.398	5.643
3.98	0.02	0.398	5.686
4	0.02	0.398	5.714
4.02	0.02	0.398	5.743
4.03	0.02	0.398	5.757
4.05	0.02	0.398	5.786
4.07	0.02	0.398	5.814
4.1	0.02	0.398	5.857
4.11	0.02	0.398	5.871
4.12	0.02	0.398	5.886
4.14	0.02	0.398	5.914
4.16	0.02	0.398	5.943
4.18	0.02	0.398	5.971

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:5:15

Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
4.22	0.02	0.398	6.029
4.24	0.02	0.398	6.057
4.26	0.02	0.398	6.086
4.28	0.02	0.398	6.114
4.3	0.02	0.398	6.143
4.32	0.02	0.398	6.171
4.34	0.02	0.398	6.2
4.37	0.02	0.398	6.243
4.39	0.02	0.398	6.271
4.41	0.02	0.398	6.3
4.44	0.02	0.398	6.343
4.47	0.02	0.398	6.386
4.5	0.02	0.398	6.429
4.53	0.02	0.398	6.471
4.56	0.02	0.398	6.514
4.58	0.02	0.398	6.543
4.61	0.02	0.398	6.586
4.65	0.02	0.398	6.643
4.66	0.02	0.398	6.657
4.68	0.02	0.398	6.686
4.7	0.02	0.398	6.714
4.72	0.02	0.398	6.743
4.75	0.02	0.398	6.786
4.77	0.02	0.398	6.814
4.79	0.02	0.398	6.843
4.81	0.02	0.398	6.871
4.82	0.02	0.398	6.886
4.84	0.02	0.398	6.914
4.87	0.02	0.398	6.957
4.88	0.02	0.398	6.971
4.9	0.02	0.398	7
4.91	0.02	0.398	7.014
4.92	0.02	0.398	7.029
4.94	0.02	0.398	7.057

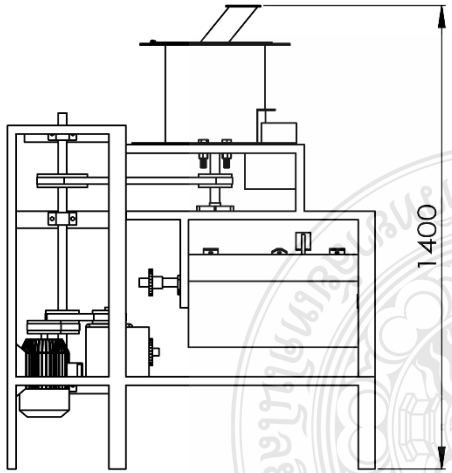
ตารางภาคผนวกที่ ก.3 (ต่อ) ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร ส่วนผสม 1:5:15

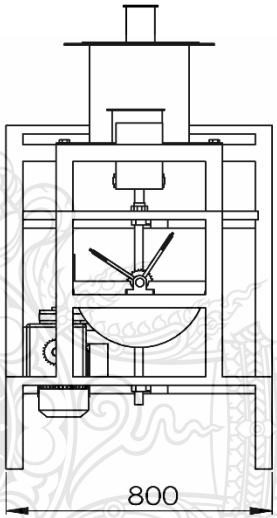
Elongation mm	Force kN	Stress N/mm2	Strain %
4.96	0.02	0.398	7.086
4.98	0.02	0.398	7.114
4.99	0.02	0.398	7.129
5	0.02	0.398	7.143

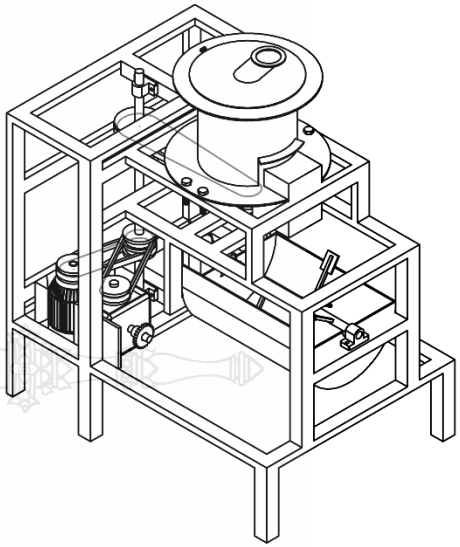
ตารางภาคผนวกที่ ก.4 เปรียบเทียบค่าของความดันที่ใช้ในการในการอัดกระถาง ที่ 10 40 และ 70 บาร์ และสมรรถนะการอัดกระถาง (กระถางต่อชั่วโมง) และเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง (%)

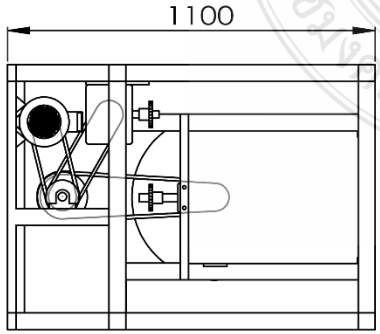
อัตราส่วน	ความดัน(bar)								
	10			40			70		
อัตราส่วน ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก: เปลือกทุเรียน	1:02:03	1:2.5:4.3	1:05:15	1:02:03	1:2.5:4.3	1:05:15	1:02:03	1:2.5:4.3	1:05:15
สมรรถนะการอัดกระถาง (กระถาง/ชั่วโมง)	24.39	23.21	18.25	24.25	25.21	22.65	25.1	29.26	19.86
	25.54	24.55	19.97	25.22	23.55	20.36	26.78	27.77	23.34
	25.52	25.6	18.84	25.78	24.85	19.87	24.19	18.75	23.9
เฉลี่ย	25.15	24.45333	19.02	25.08333	24.53667	20.96	25.35667	25.26	22.3667
เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง(%)	99.55	95.25	61.65	99.5	98.59	60.51	100	97.15	61.91
	98.7	97.48	60.22	99.41	99.1	64.48	99.7	98.12	60.25
	99.8	98.54	66.36	98.56	94.63	63.32	98.78	97.51	67.85
เฉลี่ย	99.35	97.09	62.74333	99.15667	97.44	62.77	99.49333	97.59333	63.3367

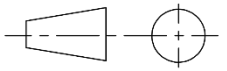
ภาคผนวก ข
การเขียนแบบทางวิศวกรรม

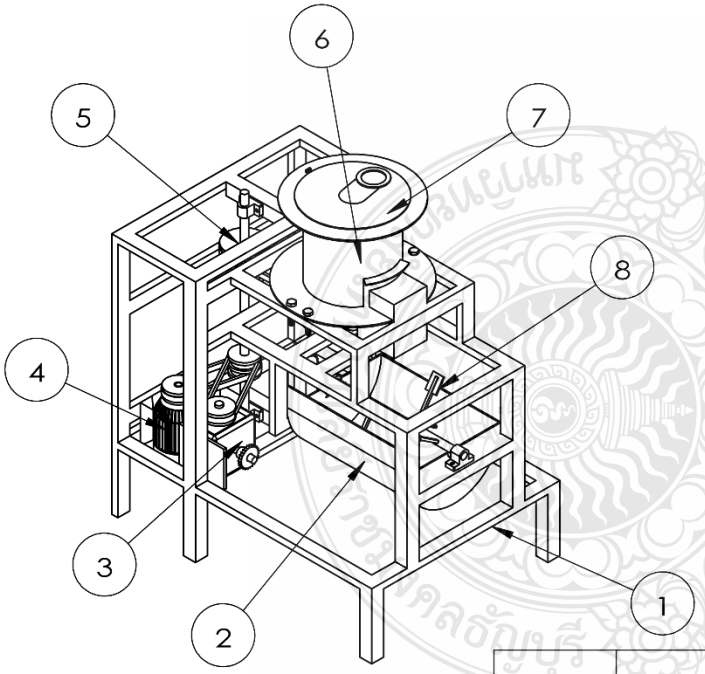






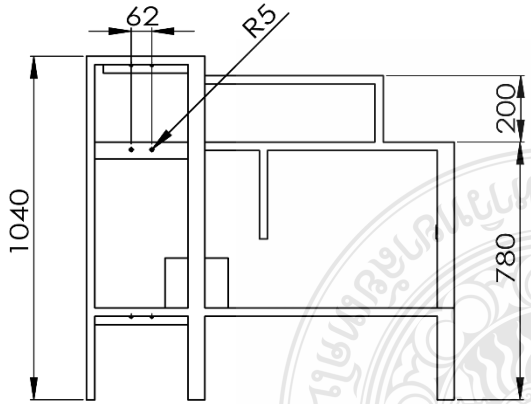


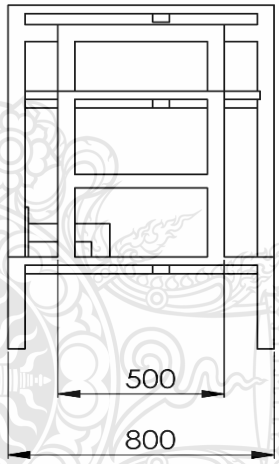
		1400*800*1100	มาตรฐาน	AME59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายชวน หาลากรณ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายปรเมศร์ พามณี				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:20	ชื่อชิ้นงาน เครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน				

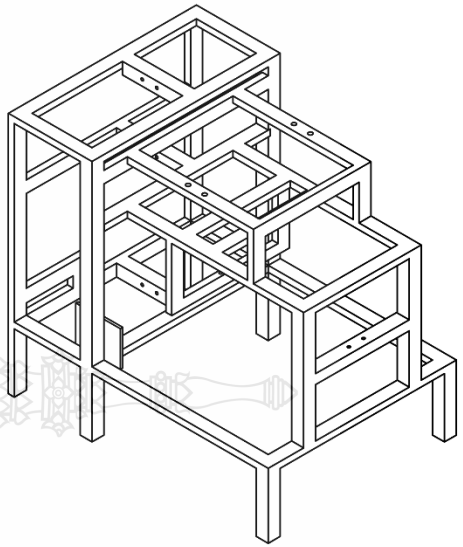


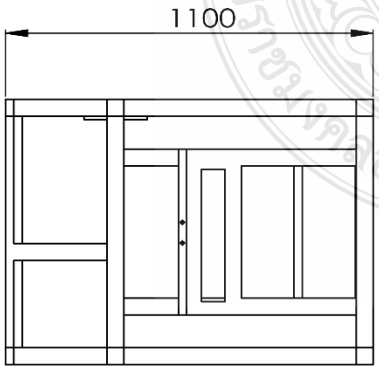
หมายเลข	ชื่อชิ้นงาน	ขนาด	วัสดุ
1	โครง	1040*800*1100	ss-400
2	ถังผสม	400*530*200	ss-400
3	ตัวทดเกียร์	1:50	-
4	มอเตอร์	1 HP	-
5	มูเลย์	6 INCH	grey cast iron
6	ชุดใบมีด	100x90	high carbon steel
7	ถังย่อย	500*300*300	ss-400
8	ชุดเพลาผสม	1 INCH	carbon steel

			มาตรฐาน	AME59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายชวน หาลากรณ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายปรเมศร์ พามณี				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:20	ชื่อชิ้นงาน เครื่องย่อยและผสมสำหรับวัสดุปลูกจากเปลือกทุเรียน				

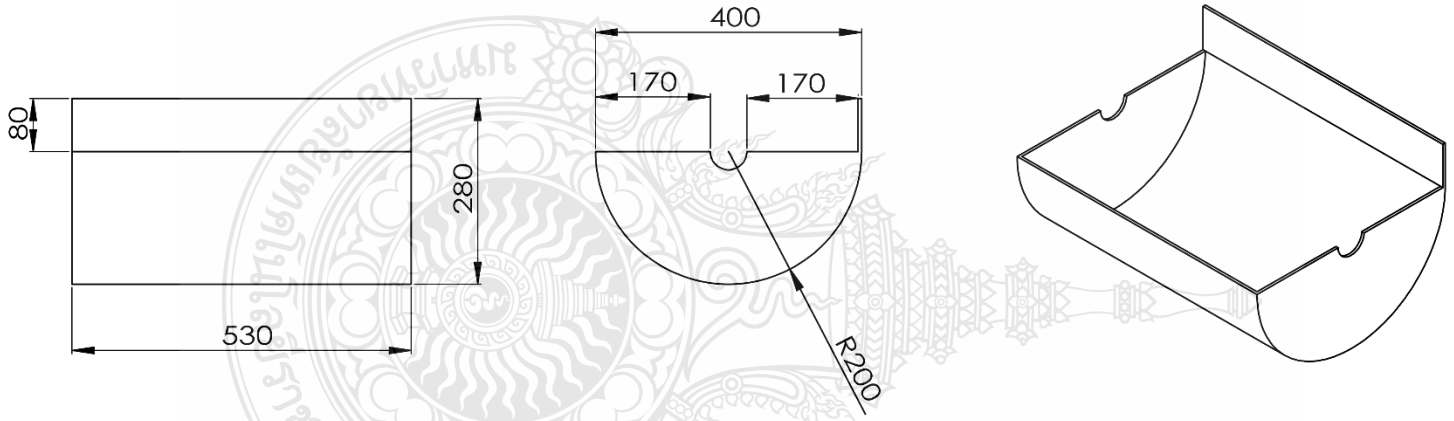




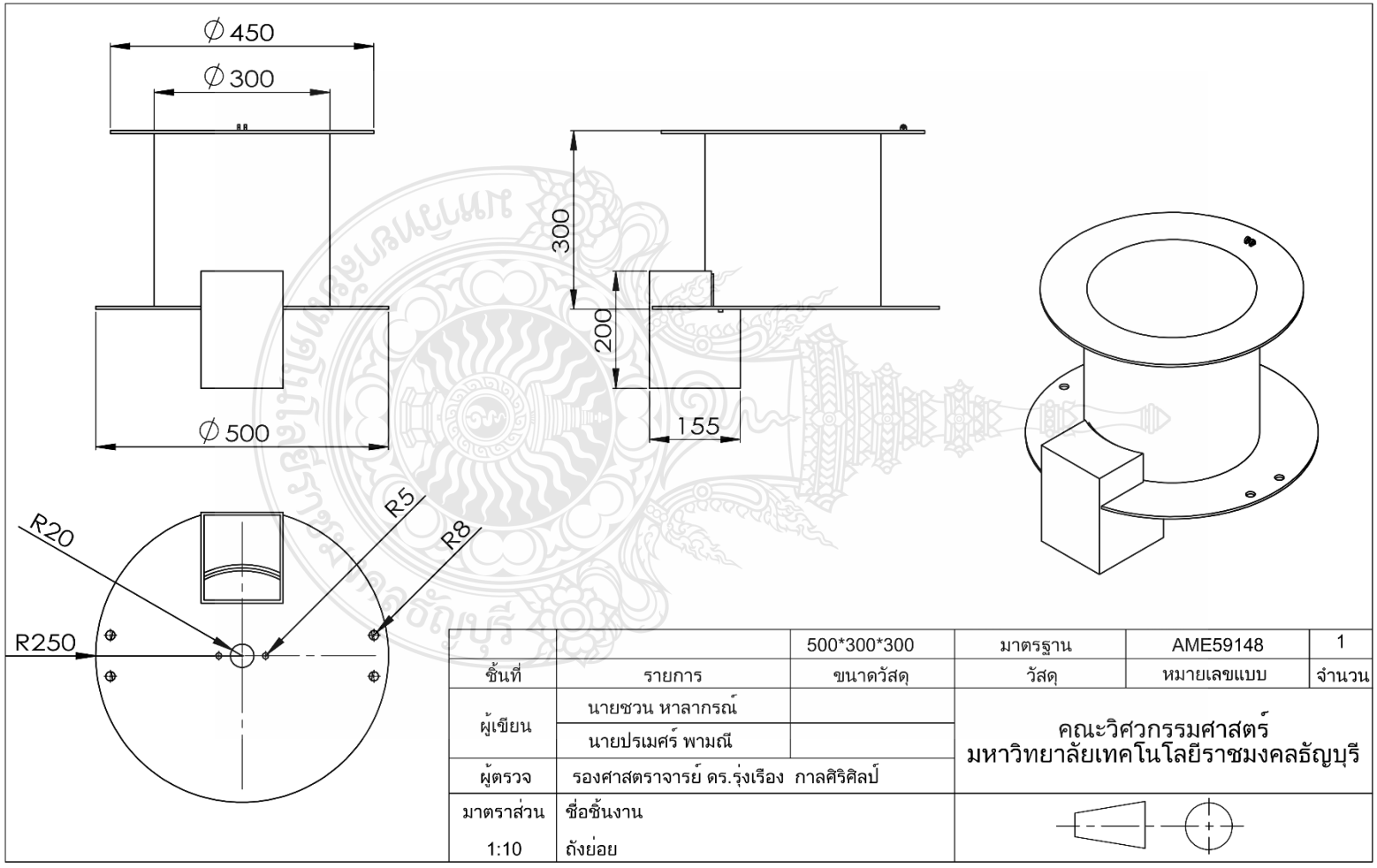




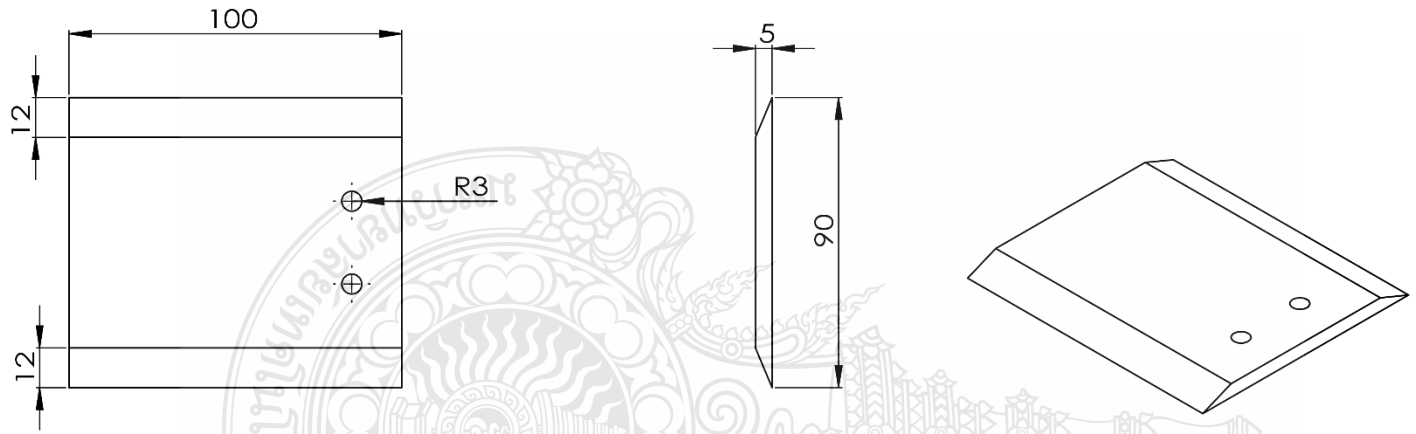
		1040*800*1100	มาตรฐาน	AME59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายชวน หาลากรณ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายปรเมศร์ พามณี				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				
1:20	โครงสร้าง				



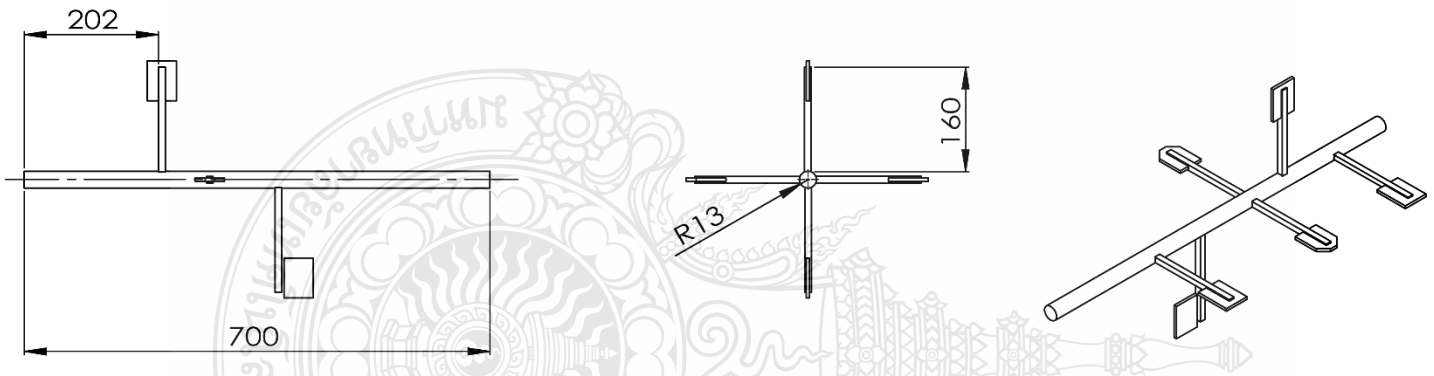
		400*530*200	มาตรฐาน	AME59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายชวน หาลากรณ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายปรเมศร์ พามณี				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน ถังผสม				

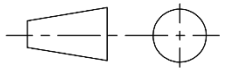


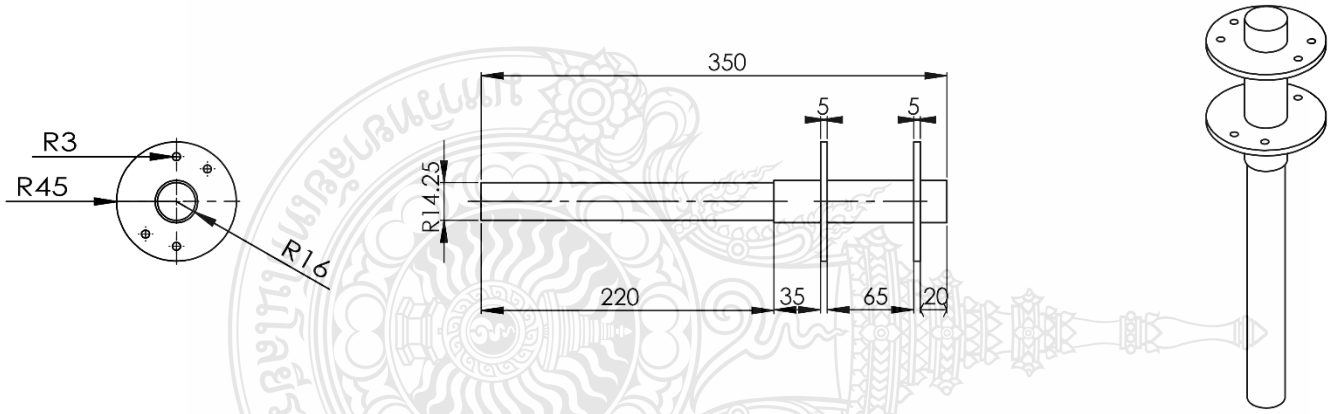
		500*300*300	มาตรฐาน	AME59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายชวน หาลากรณ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายปรเมศร์ พามณี				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				
1:10	ถังย่อย				



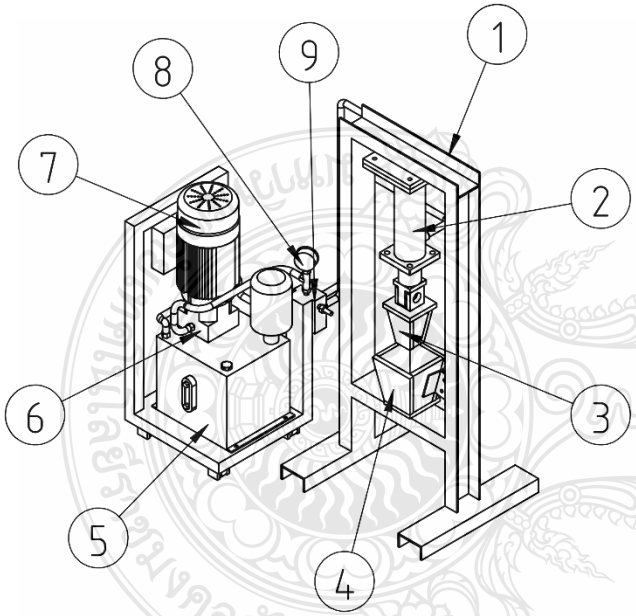
		90*100*5	มาตรฐาน	AME59148	4
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายชวน หาลากรณ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายปรเมศร์ พามณี				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:2	ชื่อชิ้นงาน ใบมีด				



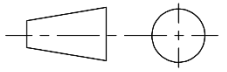
		32*320*700	มาตรฐาน	AME59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายชวน หาลากรณ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายปรเมศร์ พามณี				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน เพลาถังผสม				

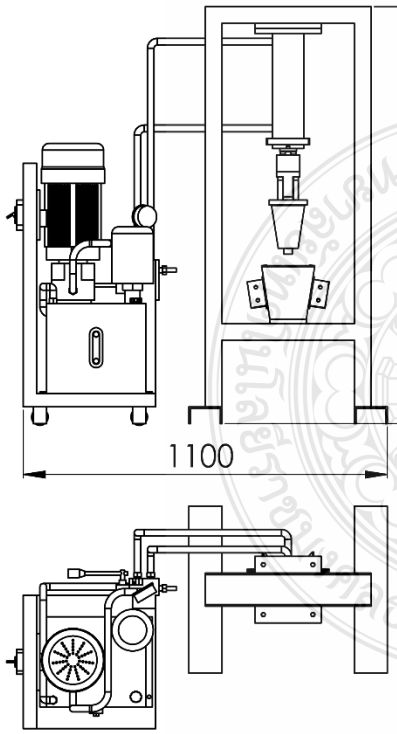


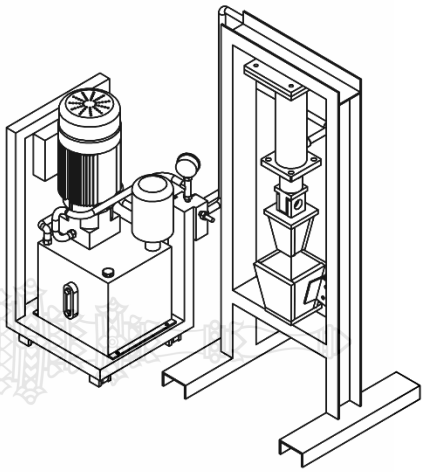
		32*32*350	มาตรฐาน	AME59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายชวน หาลากรณ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายปรเมศร์ พามณี				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน เพลาถ้งย่อย				

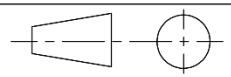


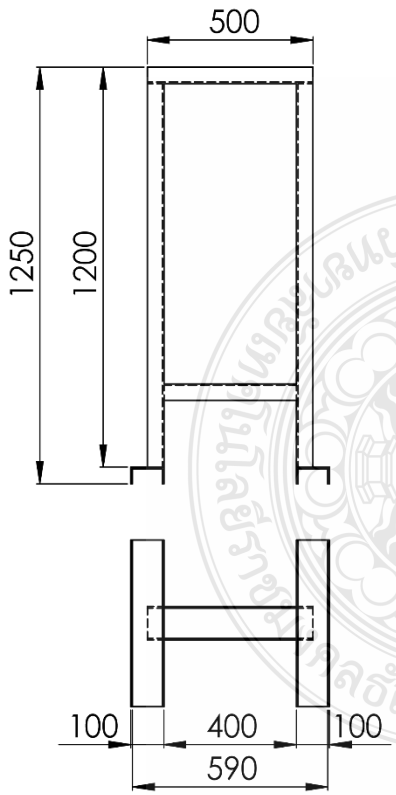
หมายเลข	ชื่อชิ้นงาน	ขนาดวัสดุ	วัสดุ
1	โครง	590*1250*500	เหล็กตัวซี
2	กระบอกไฮดรอลิก	200*200*545	เหล็ก
3	แม่พิมพ์ตัวผู้	115*115*232	เหล็กแผ่น
4	แม่พิมพ์ตัวเมีย	155*130*170	เหล็กแผ่น
5	ถังน้ำมัน	300*270*270	มาตรฐาน
6	ปั๊มไฮดรอลิก	ความดัน 250 bar อัตราไหล 1 – 7.8 cc/rev ความเร็ว 600 – 4500 rpm	มาตรฐาน
7	มอเตอร์	3 HP	มาตรฐาน
8	เกจวัดแรงดัน	0-200 PSI	มาตรฐาน
9	วาล์วควบคุมทิศทาง	(1แกน) อัตราการไหล 45 L/min	มาตรฐาน

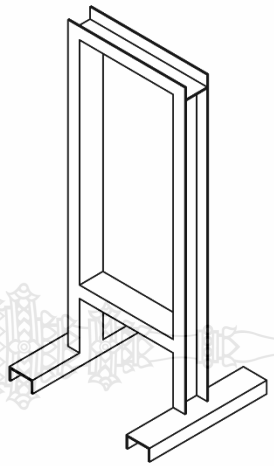
				AME 59148	
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายเดโชพล วุฒโธ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายณัฐพล พลายแก้ว				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:20	ชื่อชิ้นงาน เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน				

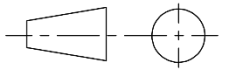


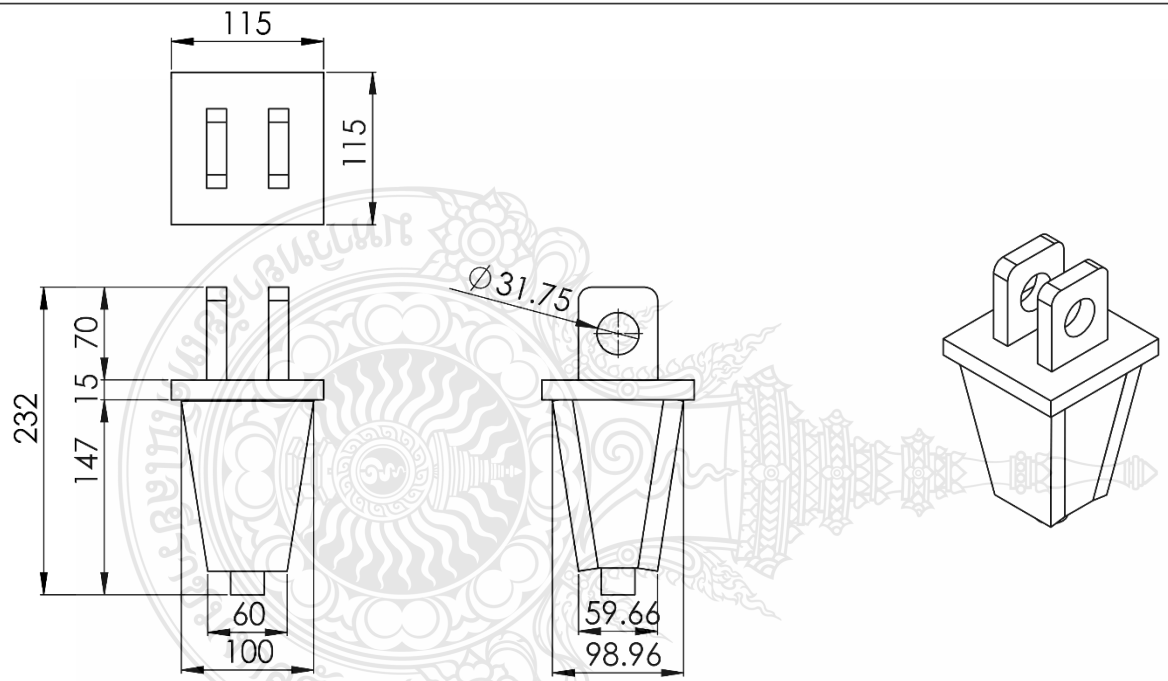


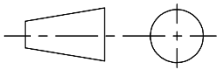
	เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน	1100*666.5*1250	มาตรฐาน	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายเดโชพล วุฒโธ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายณัฐพล พลายแก้ว				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:20	ชื่อชิ้นงาน เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน				

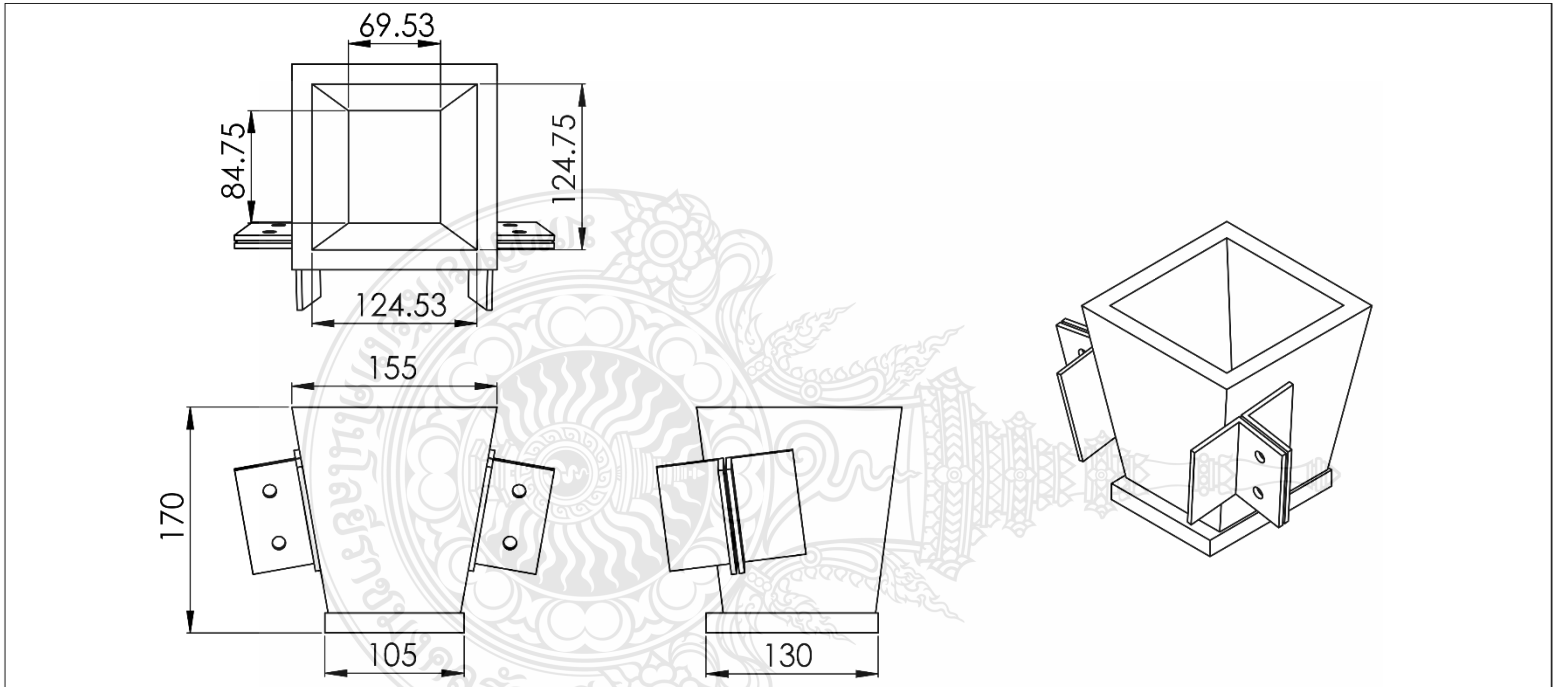




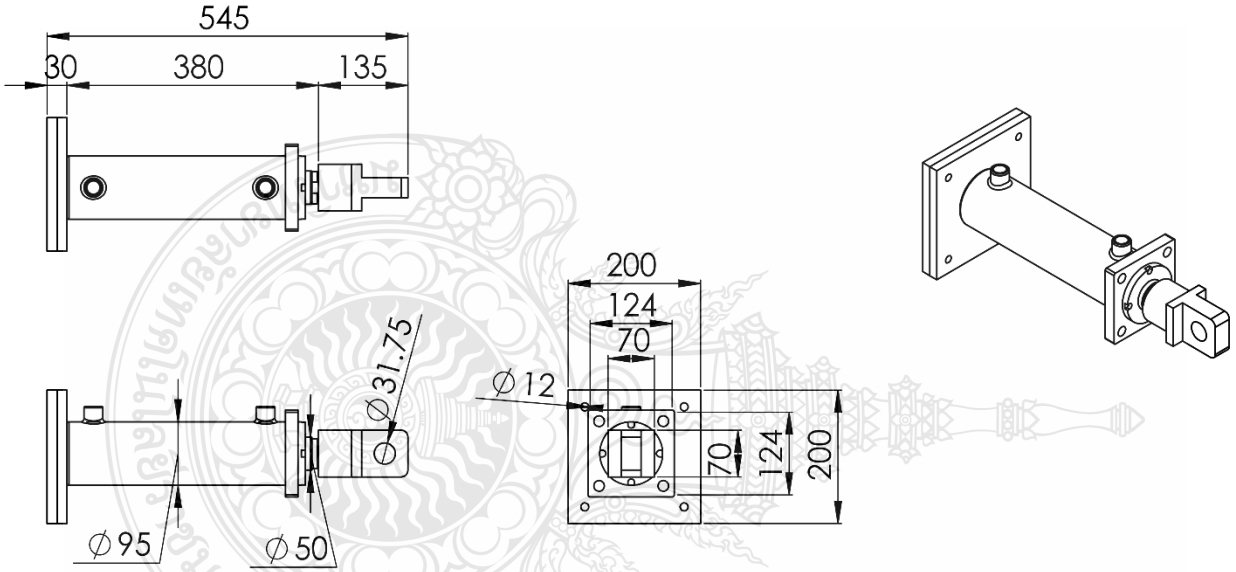
1	โครง	590*1250*500	เหล็กตัวซี	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายเดโชพล วุฒโธ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายณัฐพล พลายแก้ว				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:20	ชื่อชิ้นงาน เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน				



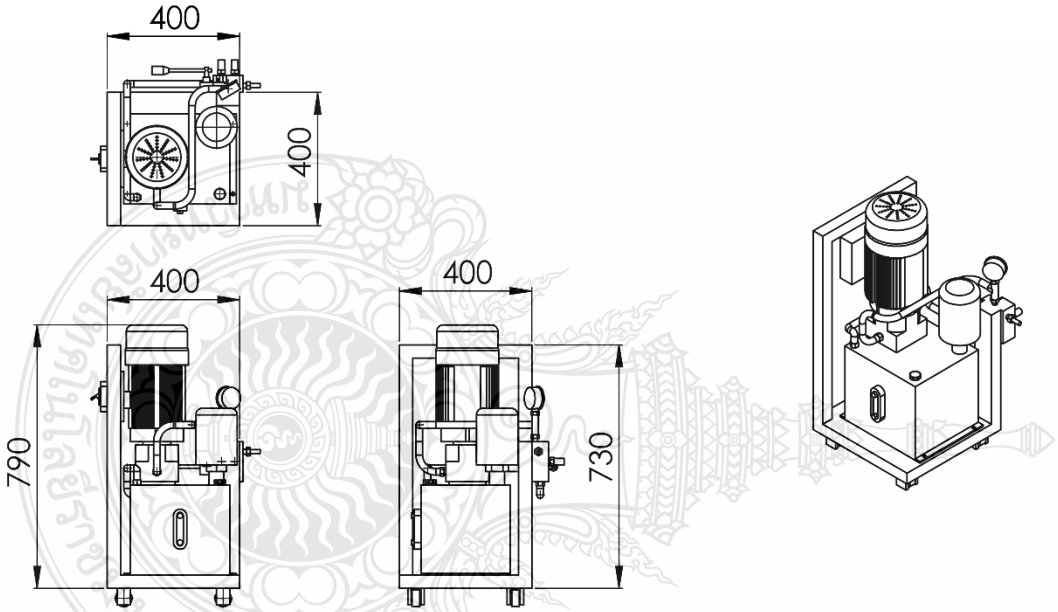
2	แม่พิมพ์ตัวผู้	115*115*232	เหล็กแผ่น	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายเดโชพล วุฒโธ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายณัฐพล พลายแก้ว				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน				



3	แม่พิมพ์ตัวเมีย	155*130*170	เหล็กแผ่น	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายเดโชพล วุฒโธ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายณัฐพล พลายแก้ว				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน				



4	กระบอกไฮดรอลิก	200*200*545	เหล็ก	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายเดโชพล วุฒโธ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายณัฐพล พลายแก้ว				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:10	ชื่อชิ้นงาน เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน				



5	ชุดปั๊มไฮดรอลิก	400*400*790	เหล็ก	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายเดโชพล วุฒโธ		คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
	นายณัฐพล พลายแก้ว				
ผู้ตรวจ	รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน 1:20	ชื่อชิ้นงาน เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน				

ภาคผนวก ค
การเผยแพร่ผลงาน

RMUTCON
18-20 พฤษภาคม พ.ศ. 2565
ณ รอยัล คลิฟ แกรนด์ โอเด็ล, พัทยา, ประเทศไทย
Session 3 : สาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6
ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
ประจำปี 2565
4 ห้องประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
11 ห้องประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
12 ห้องประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

DESIGN AND FABRICATION OF COMPRESSION MOLDING MACHINE FROM DURIAN PEEL

จิรเดช มานะจิตต์[1] รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์[1] และ จตุรงค์ ลังกาพินธ์[1]

Jiradet Manajit[1], Roongruang Kalasirisilp[1] and Jaturong Langapin[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

[1]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani 12110, THAILAND

*Corresponding Author E-mail: jiradet_m@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณขยะที่เกิดจากเปลือกทุเรียน สามารถลดเวลาและแรงงานในการทำกระถางสำหรบปลูก เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างเครื่อง แม่พิมพ์กระถาง และระบบไฮดรอลิกประกอบด้วยชุดมอเตอร์และปั๊มไฮดรอลิกที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ 10 40 และ 70 บาร์ ตามลำดับ ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ อัตราส่วนผสมของวัสดุโดยมี ขุยมะพร้าว กาวแป้ง และเปลือกทุเรียน จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน สามารถอัดขึ้นรูปกระถางได้ดีที่สุดที่อัตราส่วน 1:2:3 ที่ความดัน 70 บาร์ ความสามารถในการอดกระถางเท่ากับ 25 กระถางต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง 99 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีค่าใช้จ่ายต่อกระถางเท่ากับ 9 บาทต่อกระถาง จุดคุ้มทุนของเครื่องมีค่าเท่ากับ 108 ชั่วโมงต่อปี เมื่อพิจารณาชั่วโมงการทำงานที่ 600 ชั่วโมงต่อปี ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.75 ปี หรือประมาณ 9 เดือน

คำสำคัญ: เครื่องอัดขึ้นรูป กระถางปลูก เปลือกทุเรียน

Abstract

The goal of the research project "design and fabrication of compression molding machine from durian peel" was to reduce durian peel waste while also saving time and labor in the planting pot process. Steel frame, compression molding unit, and hydraulic system unit are the three main components of the

machine. Hydraulic motor and hydraulic pump make up the hydraulic system unit. The hydraulic system pressures were set to 10, 40, and 70 bar, respectively. The mixing ratio of coconut flakes, paste glue, and durian peel were the performance parameters investigated. At a system pressure of 70 bar, the optimum mixing ratio of coconut flakes, paste glue, and durian peel was found to be 1:2:3. The machine that made the planting pots had a capacity of 25 units per hour. A cost-benefit analysis revealed that the machine's operation cost was 9 baht per unit of planting pot, with a break-even point of 108 hours per year. The payback period of the machine was calculated to be 0.75 years based on 600 hours of work per year.

Keywords: compression molding machine, planting pot, durian peel

บทนำ

ทุเรียนมีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แหล่งผลิตสำคัญ ได้แก่ ประเทศไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย และฟิลิปปินส์ ในปี 2563 (ปีเพาะปลูก 2562/63) ทุเรียนมีเนื้อที่ให้ผลผลิต รวมทั้งประเทศ 755,000 ไร่ ผลผลิต 1,133,000 ตัน และผลผลิต ต่อไร่ 1,500 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี 2562 ที่มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 726,475 ไร่ ผลผลิต 1,013,741 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 1,395 กิโลกรัม (สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการ สถานการณ์ทุเรียน_พฤษภาคม 2563) ทุเรียน เป็นผลไม้ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ ผลทุเรียนมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก อาจมีขนาดยาวถึง 30 ซม. และอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 15 ซม. โดยทั่วไปมีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม ผลมีรูปรีถึงกลม เปลือกมีสีเขียวถึงน้ำตาล เนื้อในมีสีเหลืองซีดถึงแดง แตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งเป็นส่วนผสมของสารระเหยที่ประกอบไปด้วยเอสเทอร์คีโตน และสารประกอบกำมะถัน ทำให้มีการห้ามนำทุเรียนเข้ามาในโรงแรมและการขนส่งสาธารณะในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลสูง ทั้งยังอุดมไปด้วยกำมะถันและไขมัน จึงไม่เหมาะสำหรับผู้ป่วยเป็นเบาหวาน ทุเรียน เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของไทย โดยเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในและต่างประเทศ ไทยเป็นผู้ส่งออกทุเรียนสดอันดับ 1 ของโลก การส่งออกเฉพาะเดือนพฤษภาคม 2564 มูลค่าราย เดือนสูงที่สุดเป็นประวัติการณ์ที่ 934.9 ล้านดอลลาร์ฯ ขยายตัวร้อยละ 95.3 โดยการส่งออกไปจีนที่เป็น ตลาดหลักเติบโตสูงถึงร้อยละ 130.9 ปริมาณผลผลิตทุเรียนที่ ออกสู่ ตลาดในปีนี้มีเพิ่มขึ้น ประกอบกับกระแสความต้องการทุเรียนจากตลาดจีนยิ่งหนุนราคาส่งออกทำ ให้ การส่งออกทุเรียนสดของไทยในภาพรวมในปี 2564 เพิ่มขึ้นร้อยละ 35-40 มีมูลค่า 2,800- 2,900 ล้านดอลลาร์ฯ นับเป็นยอดส่งออกสูงสุดครั้งใหม่จากที่เคยทำ ไว้ในปีก่อนหน้า จนกลายเป็น สินค้าเกษตรเศรษฐกิจตัวใหม่รองจากยางพารา แซง

หน้าการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย Econ Analysis ปีที่ 27 ฉบับที่ 3233; 25 มิ.ย. 64) ส่วนตลาดในประเทศก็เป็นที่นิยมรับประทานกันมากของคนทั่วไป เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรสามารพัฒนาให้สามารถออกผลผลิตได้เกือบตลอดปี เปลือกทุเรียนซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจำนวนมากเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้ง เปลือกทุเรียนมีส่วนประกอบที่เป็นเส้นใยค่อนข้างมาก เหมาะแก่การนำมาทำเป็นภาชนะหรือใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นๆ ประเทศไทยมีการนำเปลือกทุเรียนไปใช้ประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกทุเรียน เช่น การใช้เส้นใยจากเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุผสมในมอตาร์น้ำหนักเบา (ประชุม คำพุฒ และคณะ, 2552) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน (ทองทิพย์ พูลเกษม, 2542) การผลิตกระดาษจากเปลือกทุเรียน (กัญตนา หลอดทองหลาง, 2563) จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนขึ้น เพื่อนำเปลือกทุเรียนที่เป็นของเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำเปลือกทุเรียนผ่านกระบวนการบดและผสมมาอัดเป็นกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยข้อดีคือสามารถปลูกได้ทั้งกระถางเมื่อสลายตัวจะให้ธาตุอาหารที่เป็นปุ๋ยสำหรับการเจริญเติบโตของพืชได้ และช่วยลดมลภาวะ ที่เกิดจากการใช้กระถาง หรือถุงเพาะชำพลาสติกซึ่งใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ในการกำจัดขยะจากพลาสติก เป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากในการกำจัด ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้วิธีการเผาขยะจากพลาสติก ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซพิษจำนวนมาก ซึ่งเป็นมลพิษให้กับโลกทางดิน น้ำ และอากาศ อันนำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม ในที่สุด (เดือนใจ ปิยังและคณะ, 2561) ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาเรื่องการอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน และอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับวัสดุปลูก ดังนั้นจึงดำเนินโครงงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน ศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเปลือกทุเรียน และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

ออกแบบเครื่องและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

ในการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน ได้ศึกษาหาแบบโครงสร้างที่มีความแข็งแรง จากนั้นได้ทำการออกแบบโดย มีส่วนประกอบ หลัก 4 ส่วนคือ โครงสร้าง, แม่พิมพ์กระถาง, กระบอกไฮดรอลิก, ชุดปั๊มไฮดรอลิก รายละเอียดในการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนสำหรับอัดขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้าง แม่พิมพ์กระถาง กระบอกไฮดรอลิก และชุดปั๊มไฮดรอลิก 1) โครงสร้าง ใช้เป็นเหล็กตัวซี ขนาด 50x100 หนา 5 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ยึด

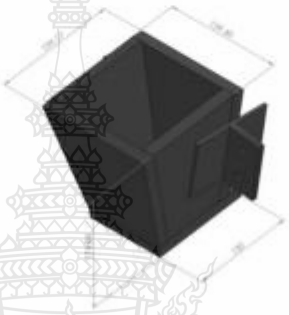
กระบอกไฮดรอลิก แม่พิมพ์กระถาง และรับแรงกดจะกระบอกไฮดรอลิก 2) แม่พิมพ์กระถาง ใช้เป็นเหล็กแผ่นหนา 15 มิลลิเมตร เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ทำหน้าที่รองรับวัสดุและกดอัดเพื่อขึ้นรูปกระถาง โดยออกแบบขนาดให้เหมาะสมกับการปลูกพันธุ์ไม้ผล สามารถปลูกลงดิน โดยไม่ต้องนำออกจากกระถาง 3) กระบอกไฮดรอลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 95 มิลลิเมตร สามารถรับแรงดันได้สูงสามารถเลือกใช้ความดันได้หลากหลาย ยาวทั้งตัวรวมหัวยึด 512.22 มิลลิเมตร ทำหน้าที่ให้แม่พิมพ์ตัวผู้เคลื่อนที่ขึ้นลง 4) ชุดปั๊มไฮดรอลิก ทำหน้าที่ส่งน้ำมันที่มีความดันสูงไปที่กระบอกไฮดรอลิก เพื่อทำการอัดขึ้นรูปปั๊มมีขนาดความดัน 250 bar อัตราไหล 1 – 7.8 cc/rev ความเร็ว 600 – 4500 rpm มอเตอร์ 3 แรง สามารถทำความดันได้สูง เพื่อสะดวกต่อการทดสอบการอัดกระถางที่ความดันแตกต่างกัน รายละเอียดในการออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนสำหรับอัดขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้าง แม่พิมพ์กระถาง กระบอกไฮดรอลิก และชุดปั๊มไฮดรอลิก โดยโครงสร้างทำจากเหล็กตัวซีขนาด 100x50 หนา 5 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมติดกันมีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงเท่ากับ 600x500x1250 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำหน้าที่ยึดกระบอกไฮดรอลิกและแม่พิมพ์กระถาง แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 โครงสร้าง

แม่พิมพ์กระถางตัวผู้ทำจากเหล็กแผ่น หนา 15 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมติดกันมีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงเท่ากับ 115x115x232 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นส่วนที่จะติดอยู่กับกระบอกไฮดรอลิก ทำหน้าที่กดอัดขึ้นรูปกระถาง แสดงดังรูปที่ 2

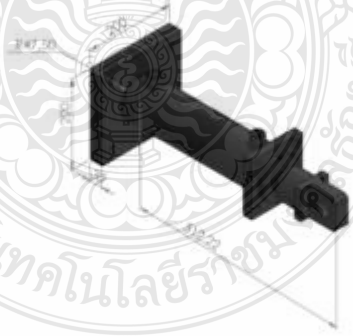
รูปที่ 2 แม่พิมพ์กระถางตัวผู้

แม่พิมพ์กระถางตัวเมียมีขนาดที่พอดีสำหรับปลูกพันธุ์ไม้ผล ทำจากเหล็กแผ่นหนา 15 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมติดกันมีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงเท่ากับ 159.17*130*174.84 มิลลิเมตร และตัวปิดเปิดแม่พิมพ์ทำจาก เหล็กฉาก 2 นิ้ว หนา 4 มิลลิเมตร ยาวชิ้นละ 80 มิลลิเมตร 4 ชิ้น เจาะรู 10 มิลลิเมตร ชิ้นละ 2 รู เพื่อยึดนือต เป็นส่วนที่จะติดอยู่กับโครงสร้าง ทำหน้าที่รองรับวัสดุที่ทำการอัดขึ้นรูป (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แม่พิมพ์กระถางตัวเมีย

กระบอกไฮดรอลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 95 มิลลิเมตร ยาวทั้งตัวรวมหัวยึด 512.22 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับแผ่นเหล็กขนาด 200*200 มิลลิเมตร หนา 15 มิลลิเมตร 2 แผ่นประกบติดกันเพื่อยึดกระบอกไฮดรอลิกเข้ากับโครง (รูปที่ 4)



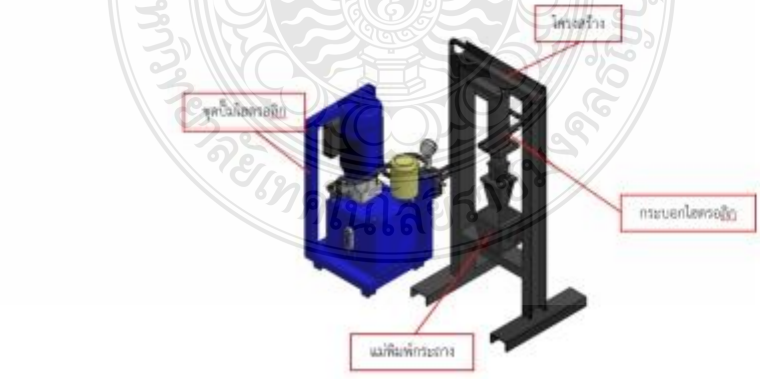
รูปที่ 4 กระบอกไฮดรอลิก

ชุดปั๊มไฮดรอลิกประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 5 ชุดปั๊มไฮดรอลิก ที่ 5 ชุดปั๊มไฮดรอลิก

รูปที่ 5 ชุดปั๊มไฮดรอลิก

หลักการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียนที่สร้างขึ้นนี้จะทำงานโดยอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ ส่งไปยังปั๊มไฮดรอลิก จากนั้นปั๊มไฮดรอลิกนี้จะทำงานโดยการดูดน้ำมันจากถังน้ำมันไฮดรอลิกและส่งไปยังวาล์วควบคุม ถ้าโยกวาล์วควบคุมเปิดน้ำมันไฮดรอลิกจะถูกส่งมาตามสาย ไปยังกระบอกไฮดรอลิก ทำให้กระบอกไฮดรอลิก สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ และทำการอัดขึ้นรูปต่อไป



รูปที่ 6 เครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

การเตรียมวัสดุในการอัดขึ้นรูป

โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการผสมทำกระถางนี้ มีส่วนประกอบด้วยกัน 3 อย่าง คือ กาวแป้งเปียก ,เปลือกทุเรียนบด,ขุยมะพร้าว แล้วนำมาผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดย เตรียมเปลือกทุเรียนที่ย่อยแล้ว จะเป็นชิ้นๆและใยผสมกัน โดยมีขนาดเฉลี่ยอยู่ที่ 1-5 มิลลิเมตร เตรียมขุยมะพร้าวแบบละเอียด เตรียมแป้งมันสำปะหลัง 240 กรัม กับ น้ำ 600 มิลลิลิตร มาผสมและต้มในน้ำร้อน คนจนกาวเหนียวและข้น นำทั้ง 3 อย่าง มาผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน พร้อมขึ้นรูปกระถาง

วิธีการทดสอบ

ทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสม สำหรับอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน อัตราส่วนผสมที่ต่างกัน ทำให้ได้กระถางที่ต่างกัน จึงต้องทดสอบหาส่วนผสมที่ทำให้กระถางมีความสมบูรณ์ และ มีสมรรถนะการทำงานดีที่สุด ความดันที่ใช้ในการอัด เพื่อทดสอบว่าความดันมีผลกับการอัดหรือไม่ เช่น ความเร็วในการอัด ความสมบูรณ์ของกระถาง เตรียมส่วนผสม 3 อัตราส่วน จับเวลาเมื่อเริ่มทำงาน บันทึกผลความสามารถในการทำงาน (กระถาง/ชั่วโมง) บันทึกผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ปรับความดันที่ 10, 40 และ 70 บาร์ อย่างละ 1 ครั้ง ซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

การทดสอบคุณภาพหลังการอัด

การทดสอบแรงดึง (tension test หรือ tensile test) คือ วิธีการทดสอบเนื้อสัมผัส (texture analysis) โดยใช้แรงดึง (tensile force) ดึงวัสดุอย่างช้าๆ ทำให้วัสดุจะยืดยาวขึ้น อาจให้แรงดึง เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด แล้วบันทึกความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นดึง (tensile stress) กับความเครียดตามแนวดึง (tensile strain) แสดงความสัมพันธ์เป็นกราฟ เรียกว่า กราฟความเค้นกับ ความเครียด (stress-strain curve) หรือ แรงดึงกับระยะการเปลี่ยนรูป (deformation) ซึ่งเป็นระยะที่วัสดุยืดตัวออกจากระยะเดิม การทดสอบเนื้อสัมผัส แบบการทดสอบแรงดึง (tensile test) และการทดสอบแรงอัด (compression test) ที่ใช้แรงประเภทเดียวกัน คือเป็นแรงตรง (direct load) กระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วง ของหน้าตัดต่างกันที่การทดสอบแรงดึงใช้หาการค่าการยืดตัวการทดสอบแรงกดหาค่าการหดตัว รูปที่ 7 แสดงเครื่องทดสอบแรงดึง TM 115A UNIVERSAL TESTING MACHINE, 50 kN 1) เตรียมกระถางที่จะทดสอบ โดยตัดกระถางเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 50*100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 8 2) เจาะรูชิ้นงานแล้วนำไปยึดกับเครื่องทดสอบดังรูปที่ 9 ตั้งค่าไดอัลเกจและจอแสดงค่า FORCE ไว้ที่ศูนย์ ทำการโยกคันโยกไฮดรอลิกจนชิ้นงานขาด บันทึกผล

รูปที่ 7 เครื่องทดสอบแรงดึง TM 115A UNIVERSAL TESTING MACHINE, 50 kN.

รูปที่ 8 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

รูปที่ 9 การยึดชิ้นงานกับเครื่องทดสอบ

ค่าชี้ผลการศึกษา

1) เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง(%)

$$\frac{\text{ปริมาตรภายนอกกระถางทั่วไป}(cm^3)}{\text{ปริมาตรภายนอกกระถางที่สมบูรณ์}(cm^3)} \text{ X100} \quad (1)$$

2) สมรรถนะในการทำงานจริงของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน (กระถาง/ชั่วโมง) นับกระถางทั้งหมดที่อัด ในอัตราส่วนเดียวกัน

$$\text{สมรรถนะในการทำงานจริง (กระถาง/ชั่วโมง)} = \frac{\text{จำนวนกระถางที่อัดได้}(\text{กระถาง})}{\text{เวลา}\ (\text{ชั่วโมง})} \quad (2)$$

3) คำนวณหาแรงที่ใช้กดแม่พิมพ์ $F = P \times A$ (3)

เมื่อ F = แรงที่ใช้ในการกดแม่พิมพ์ (N)

P = ความดัน (N/m^2)

A = พื้นที่หน้าตัดของแม่พิมพ์ (m^2)

4) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (H. W. Beaty, 1984)

$$W = \frac{ivt}{1,000} \quad (4)$$

เมื่อ W = การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-h)

v = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Volt)

i = กระแสไฟฟ้า (Ampere)

t = เวลาในการทำงาน (h)

วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์

วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุน และวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม ในการใช้งานเครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องเท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการใช้งานของเครื่องอัดขึ้นรูปปลอกทุเรียน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องอัดขึ้นรูปปลอกทุเรียน ไปทำงานตามสถานที่ ต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการทำงาน ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษาและค่าซ่อมแซม เป็นต้น

1. ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) คำนวณได้จากสมการที่ 5 (D. Humt, 2016)

$$D = \left(\frac{P-S}{L}\right) \quad (5)$$

เมื่อ

D = ค่าเสื่อมราคา (Baht/yr)

P = ราคาเครื่องจักร (Baht)

S = มูลค่าซาก (Baht)

L = อายุการใช้งาน (year)

2. ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6

$$I = \frac{(P+S)}{2} i \quad (6)$$

เมื่อ

I = ค่าดอกเบี้ย (Baht/yr)

i = อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

3. ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay Back Period, PBP)

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไรเมื่อลงทุนในเครื่องจักรไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะเวลากี่ปี คำนวณได้จากสมการที่ 7 (Chan, S. and Gunter P. Sharp , 2021)

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (7)$$

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (year)

p = ราคาเครื่องจักร (Baht)

R = กำไรสุทธิต่อปี (Baht/yr)

4. จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องคือจุดที่รายได้และรายจ่ายจากการใช้เครื่องมีค่าเท่ากัน หรือจุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลกำไร คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่กับผลต่างระหว่างอัตราการรับจ้างและค่าใช้จ่ายผันแปร ดังสมการที่ 8 (D. Humt, 2016)

$$BEP = \frac{F_C}{B-VC} \quad (8)$$

เมื่อ

BEP = จุดคุ้มทุน (hr/yr)

F_C = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)

B = อัตราการรับจ้าง (Baht/hr)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

5. ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total Cost)

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดได้แก่ผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร คำนวณได้จากสมการที่ 9 (A. W. Stonier, 1980)

$$TC = \frac{F_C}{X} + VC \quad (9)$$

เมื่อ

TC = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Baht/hr)

F_C = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)

X = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (hr)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่าง เปลือกทุเรียน ขุยมะพร้าว และกาวแป้งเปียก สำหรับอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของน้ำหนัก ขุยมะพร้าว กาวแป้งเปียก และเปลือกทุเรียน โดยพิจารณาจากความแข็งแรงและความสมบูรณ์ของกระถาง โดยศึกษาที่อัตราส่วนผสม 1:2:3, 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ ปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักของวัสดุทั้งสามและลักษณะของกระถางที่ขึ้นรูปได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กระถางที่ขึ้นรูปจากอัตราส่วนขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก และ:เปลือกทุเรียน แตกต่างกัน

อัตราส่วน ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก และ:เปลือกทุเรียน (กรัม	น้ำหนัก ขุย มะพร้าว	น้ำหนัก กาวแป้ง เปียก	น้ำหนัก เปลือก ทุเรียน	กระถางที่ขึ้นรูป
อัตราส่วน ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก และ:เปลือกทุเรียน (กรัม)	1:2:3	100	200	300
	1:2.5:4.3	80	200	350
	1:5:15	30	150	450

รูปที่ 10 กระถางที่อัตราส่วน 1:2:3

รูปที่ 11 กระถางที่อัตราส่วน 1:2.5:4.3

รูปที่ 12 กระถางที่อัตราส่วน 1:5:1.5

จากตารางที่ 1 ส่วนผสม 1:2:3 เป็นอัตราส่วนที่ทำให้ชิ้นงานที่ได้มีค่าความสมบูรณ์ที่ดีที่สุด และถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ง่ายที่สุด รองลงมาคือ 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ

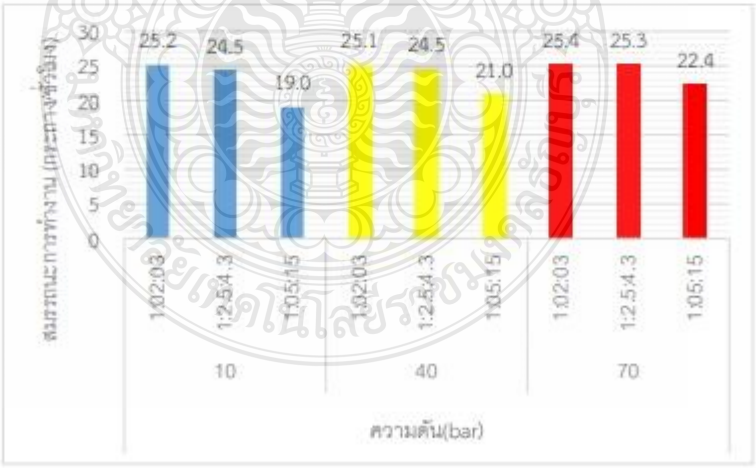
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแรงดึงของกระถางระยะดึงสูงสุด 5 มิลลิเมตร

รายการ		แรงดึง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	ความเครียด (%)
อัตราส่วน ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก:เปลือกทุเรียน	1:2:3	0.03	0.597	7.143
	1:2.5:4.3	0.03	0.597	7.171
	1:5:15	0.02	0.398	7.143

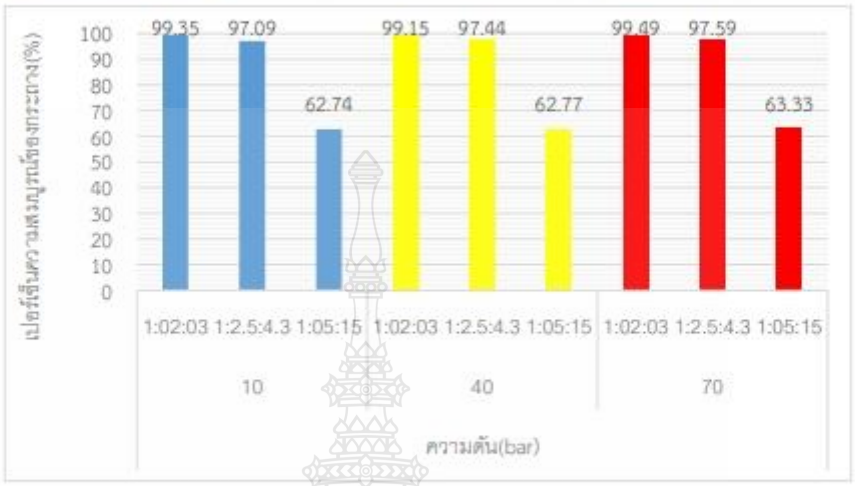
จากตารางที่ 2 พบว่า ส่วนผสม 1:5:15 ค่า แรงดึง และ ความเค้น น้อยที่สุด ส่วนผสม 1:2:3 และ 1:2.5:4.3 มีค่า แรงดึง และ ความเค้น เท่ากัน และส่วนผสม 1:2.5:4.3 มีค่า ความเครียด น้อยที่สุด จึงสรุปได้ว่าความแข็งแรงของกระถางทั้ง 3 อัตราส่วนนั้น มีความแข็งแรงที่ไกล้เคียงกัน แต่ที่ดีที่สุด คือ ส่วนผสม 1:2:3

ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปเปลือกทุเรียน

จากการทดลองเปรียบเทียบค่าของความดันที่ใช้ในการในการอัดกระถาง ที่ 10 40 และ 70 บาร์ และสมรรถนะในการอัดกระถาง (กระถางต่อชั่วโมง) และเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง แสดงดังรูปที่ 13 และ 14



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันที่ใช้ในการอัดและสมรรถนะการอัดกระถาง



รูปที่ 14 เปรียบเทียบความดันในการอัดกระถางกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง

จากรูปที่ 13 พบว่าความดันที่ต่างกันนั้น มีค่าสมรรถนะการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัดคือ ส่วนผสม 1:2:3 ที่ความดัน 70 บาร์ มีค่าสมรรถนะการทำงานดีที่สุด เพราะสามารถถอดออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและขึ้นรูปได้ง่ายที่สุด รองลงมาคือที่อัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ จากรูปที่ 14 เมื่อเทียบความดันในการอัดกระถาง ที่ส่วนผสมเดียวกัน จะได้เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง ที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ความดัน โดยเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถางจะต่างกันที่ส่วนผสม โดยส่วนผสม 1:2:3 ที่ความดัน 70 บาร์ มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์มากที่สุด และ ที่อัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3, 1:5:15 มีความสมบูรณ์รองลงมาตามลำดับ

สรุปผล

เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากเปลือกทุเรียน มีขนาดความกว้าง×ความยาว×ความสูงเท่ากับ 1100×666×1200 มิลลิเมตร ส่วนประกอบหลักได้แก่ ชุดโครงสร้างเครื่อง ชุดกระบอกไฮดรอลิค ชุดปั๊มไฮดรอลิค และชุดแม่พิมพ์ ผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะแก่การอัดขึ้นรูปเท่ากับ 1:2:3 (ขุยมะพร้าว:กาวแป้งเปียก:เปลือกทุเรียน) เป็นอัตราส่วนที่ทำให้ชิ้นงานที่ได้มีค่าความสมบูรณ์ที่ดีที่สุด รองลงมาคือที่อัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ ผลการทดสอบแรงดึง สรุปได้ว่าความแข็งแรงของกระถางทั้ง 3 อัตราส่วนนั้น มีความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่อัตราส่วนผสม 1:2:3 มีความแข็งแรงดีที่สุด ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าความดันกับค่าสมรรถนะการทำงาน (กระถางต่อชั่วโมง)

พบว่า ที่อัตราส่วนผสม 1:2:3 ความดัน 70 บาร์ มีค่าสมรรถนะการทำงานดีที่สุด เพราะสามารถฉีดออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและขึ้นรูปได้ง่ายที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าความดันกับเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกระถาง พบว่า ส่วนผสม 1:2:3 ที่ความดัน 70 บาร์ มีเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์มากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนผสม 1:2.5:4.3 และ 1:5:15 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า มีค่าใช้จ่ายต่อกระถางเท่ากับ 9 บาทต่อกระถาง จุดคุ้มทุนของเครื่องมีค่าเท่ากับ 107.50 ชม./ปี ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 9 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณในการจัดสร้าง สถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมาณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กัญตนา หลอดทองหลาง. (2563) กระดาษจากเปลือกทุเรียน งานวิจัยเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เคหการเกษตร, 44(6) 166-168

เดือนใจ ปียังวรรณ วิภาไชยชาญ และกัลตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์. (2561) การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจาก กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และวัสดุ เหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย10(3) :497-511 http://rdi.rmutsv.ac.th/rmutsvrj/download/year10/issue3-2561/download.php?file=497.pdf

ทองทิพย์ พูลเกษม. (2542) การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน เข้าถึงได้จาก http://www.thaithesis.org/detail.php?id=44120

ประชุม คำพุฒ กิตติพงษ์ สุวิโร และ สมพิศ ดีบุญใน. (2552) วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 หน้า 79-88 เข้าถึงได้จาก http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF66/CF66(B2).pdf

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย Econ Analysis ปีที่ 27 ฉบับที่ 3233; 25 มิ.ย. 2564 เข้าถึงได้จาก https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-econ/business/Pages/Durian-z3233.aspx

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร สถานการณ์ทุเรียน_พฤษภาคม 2563
https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/10

A. W. Stonier. (1980) A Text Book of Economic Theory. New York: Longman.

Chan, S. and Gunter P. Sharp , (2021). Advanced Engineering Economics. 2nd Edition. Wiley.

D. Hunt. (2016). Farm Power and Machinery Management. Waveland Press

H. W. Beaty. (1984). Hand Book of Electric Power Calculation. New York: McGraw Hill

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย จีรเดช มานะจิตต์ รหัส 116060414002-1
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 30 เมษายน 2538
ที่อยู่	113/119 ถนนสรณคมน์ ซอยสรณคมน์28 แขวงสีกัน เขตดอนเมือง จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10210
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องจักกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2560
เบอร์โทรศัพท์	080-5552953
อีเมล์	jiradet_m@mail.rmutt.ac.th