การพัฒนาและทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

DEVELOPMENT AND TESTING OF LOTUS SEED SHELL PEELING MACHINE

สันติ ศรีวิสัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาและทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

สันติ ศรีวิสัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาและทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง
Development and Testing of Lotus Seed Shell Peeling Machine

ชื่อ – นามสกุล นายสันติ ศรีวิสัย

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.

ปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

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

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

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

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาและทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง
ชื่อ-นามสกุล	นายสันติ ศรีวิสัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและพัฒนาสมรรถนะการทำงานของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงและ2) วิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องต้นแบบ เพื่อให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิต เพื่อลดระยะเวลา และแรงงานในการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงอีกทั้งยังเพิ่มผลผลิตและกำไรให้แก่เกษตรกรอีกด้วย

เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดสายพานลำเลียง ชุดใบมีด ระบบส่งกำลัง ชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ด ใช้มอเตอร์ฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ใช้ป้อนเมล็ดบัวหลวงเข้าช่องป้อนเมล็ดด้านบน จากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะวิ่งไปบนสายพานจนไปสัมผัสกับใบมีดที่ปลายสายพาน และปล่อยให้เมล็ดบัวหลวงร่วงสู่ด้านล่างของเครื่องไปยังชุดคัดแยกที่ทำการคัดแยกเปลือกและเมล็ดออกจากกัน โดยเปลือกจะร่วงลงด้านล่างผ่านรูตะแกรงและเมล็ดจะเคลื่อนตัวออกไปตามช่องทางออกของเมล็ด

จากการทดสอบที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,200 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่า เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบ 1,400 rpm มีความสามารถใน การทำงาน 4.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ในการแกะเมล็ดบัว 84.6% การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.24 กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราการคัดแยกเปลือกและเมล็ดอยู่ที่ 56% จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 1,440 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะคืนทุน 7 เดือน หรือ 210 วัน และจุดคุ้มทุน 175.5 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการแกะด้วยแรงงานคน

คำสำคัญ: เมล็ดบัวหลวง, ชุดใบมีด, เครื่องแกะเปลือก

Thesis Title	Development and Testing of Lotus Seed Shell Peeling Machine
Name-Surname	Mr. Santi Sriwisai
Program	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Jaturong Langkapin, D.Eng.
Academic	2022

ABSTRACT

The purposes of this research project were to: 1) build and develop the performance of a lotus seed shell removing machine and 2) conduct an engineering feasibility study of the prototype. Using the machine, the farmers would benefit from reducing production costs, shortening the manufacturing cycle time, decreasing labor costs in removing lotus seed shells. Moreover, it may increase productivity and profits.

The machine consisted of a machine framework, a conveyor set, a blade set, a power transmission system, a shell and seed sorting set with a 0.5 hp electric motor as a power source. The working process started from feeding the lotus seeds into the seed feeder on the top. Then, the lotus seeds were conveyed on the belt to the cutting blade set at the end of the belt. After that, the processed lotus seeds fell into the bottom of the machine, forwarding the sorting unit. The shells and seeds were sorted. The shells fell through holes into the bottom and the processed seeds were moved out through the seed outlet.

According to the prototype testing at the motor speeds of 1,200, 1,400 and 1,600 rpm, it was found that the lotus seed shell removing machine worked in an optimal condition at 1,400 rpm with the capacity of 4.9 kg/h. It could remove lotus seed shells at 84.6%. The electric power consumption rate accounted for 0.24 kWh. The shell and seed sorting rate was at 56%. Regarding engineering economics, it was found that when the lotus seed shell removing machine was used for 1,440 h/year, there would be a payback period of 7 months or 210 days and the break-even point of the machine was 175.5 h/ year compared to manual shell removing.

Keyword: Lotus seeds, Blade set, shell removing machine

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. ดลหทัย ชูเมฆา และรองศาสตราจารย์ ดร.ประชา บุณยวานิชกุล ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัย ตลอดจนพี่ๆน้องๆ ร่วมชั้นในระดับปริญญาโท ที่ร่วมเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบการทำวิจัยครั้งนี้ขอบคุณเกษตรกรสำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย และคุณฐาปกรณ์ อุประ บริษัท โรโตแมชชีนเอ็นจิเนียริ่งในการผลิตจนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกๆคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดเวลาการทำวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป ส่วนข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

สันติ ศรีวิสัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (8)
สารบัญรูป ..... (9)
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 12
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 15
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 15
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 16
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 16
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบัวหลวง 17
2.2 ลักษณทางพฤกษศาสตร์ 25
2.3 แนวทางการปฏิบัติกับดอกบัวเพื่อการส่งออก 29
2.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของบัวหลวง 29
2.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเมล็ดบัวหลวง 33
2.6 คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตทางการเกษตร 35
2.7 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 36
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 47
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ 60
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 61
3.3 วิธีการทดสอบและประเมินผล 67

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม....69

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดบัวหลวง....72

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัว....73

4.3 ผลการทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง....74

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม....80

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย....83

5.2 ข้อเสนอแนะ....84

บรรณานุกรม....85

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบ....90

ภาคผนวก ข การเขียนแบบทางวิศวกรรม....108

ภาคผนวก ค การเผยแพร่ผลงาน....140

ประวัติผู้เขียน....159

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รูปร่างวัตถุต่าง ๆ และคำอธิบาย 35
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R775-1969.....37
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง 79
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงและเกษตรกร 81

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 การแกะเมล็ดบัวของเกษตรกรโดยใช้แรงงานคน....13
รูปที่ 1.2 เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อความต้องการ....13
รูปที่ 1.3 วิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวของเกษตรกร และวิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวของเครื่อง....14
รูปที่ 2.1.ดอกบัวแหลมชมพู....17
รูปที่ 2.2 ดอกบัวแหลมขาว....18
รูปที่ 2.3 ดอกบัวฉัตรชมพู....18
รูปที่ 2.4 ดอกบัวฉัตรขาว....19
รูปที่ 2.5 ลำต้นบัว หรือไหลบัว....19
รูปที่ 2.6 ก้านใบบัวหลวง....20
รูปที่ 2.7 ใบบัวหลวง....20
รูปที่ 2.8 ก้านดอกบัวหลวง....21
รูปที่ 2.9 ดอกบัวหลวง....21
รูปที่ 2.10 กลีบดอกบัวหลวง....22
รูปที่ 2.11 เกสรดอกบัวหลวง....22
รูปที่ 2.12 ลักษณะทางกายภาพของรากบัว....22
รูปที่ 2.13 ลักษณะทางกายภาพของฝักบัวหลวง....23
รูปที่ 2.14 ฝักบัวหลวง....23
รูปที่ 2.15 เมล็ดบัวหลวง....24
รูปที่ 2.16 ดีบัวหลวง....24
รูปที่ 2.17 ดอกบัวสำหรับไหว้พระ....30
รูปที่ 2.18 ชาเกสรดอกบัว....30
รูปที่ 2.19 อาหารจากกลีบบัว....30
รูปที่ 2.20 อาหารจากรากบัว....31
รูปที่ 2.21 อาหารจากไหลบัว....31

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.22 อาหารจากสายบัว 32
รูปที่ 2.23 ผลิตภัณฑ์จากใบบัว 32
รูปที่ 2.24 ผลิตภัณฑ์จากดีบัว 33
รูปที่ 2.25 การใช้สายพานเพื่อให้อุปกรณ์ตึง 42
รูปที่ 2.26 การส่งกำลังของสายพานแบบไขว้ 43
รูปที่ 2.27 แสดงหน้าตัดของสายพานลิ่มล้อสายพาน 44
รูปที่ 2.28 แสดงแรงบนสายพานลิ่ม 44
รูปที่ 2.29 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 47
รูปที่ 2.30 การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง 48
รูปที่ 2.31 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง 49
รูปที่ 2.32 เครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง 50
รูปที่ 2.33 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 50
รูปที่ 2.34 การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว 51
รูปที่ 2.35 การออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 52
รูปที่ 2.36 ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย 52
รูปที่ 2.37 พัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมากแห้ง 53
รูปที่ 2.38 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม 54
รูปที่ 2.39 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน 55
รูปที่ 2.40 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย 55
รูปที่ 2.41 การออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดมะขามสุก 56
รูปที่ 2.42 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้ง 57
รูปที่ 2.43 การออกแบบสร้างเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบ 57
รูปที่ 2.44 การทดลองเครื่องปอกสับปะรดและหั่นแว่น 58
รูปที่ 2.45 การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกหน่อไม้ 58

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.46 เครื่องปอกเปลือกกระเทียมจีน....59
รูปที่ 3.1 การแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงด้วยแรงงานคน....61
รูปที่ 3.2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง....62
รูปที่ 3.3 การออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง....62
รูปที่ 3.4 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง....63
รูปที่ 3.5 ออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรม Solid Work....64
รูปที่ 3.6 ช่องป้อนเมล็ด....65
รูปที่ 3.7.ชุดสายพานลำเลียง....65
รูปที่ 3.8 ชุดใบมีดเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง....66
รูปที่ 3.9 ระบบส่งกำลัง....66
รูปที่ 4.1 การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง....73
รูปที่ 4.2 เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ออกแบบและสร้างเสร็จ....73
รูปที่ 4.3 ชุดคัดแยกเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ออกแบบและสร้างเสร็จ....74
รูปที่ 4.4 เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงและชุดคัดแยกที่ออกแบบและสร้างเสร็จ....74
รูปที่ 4.5 ความสามารถในการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง....75
รูปที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง....76
รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง....76
รูปที่ 4.8 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง....77
รูปที่ 4.9 อัตราการคัดแยกเปลือกและเมล็ดของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง....78
รูปที่ 4.10 แสดงผลการแกะเมล็ดของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง....79

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

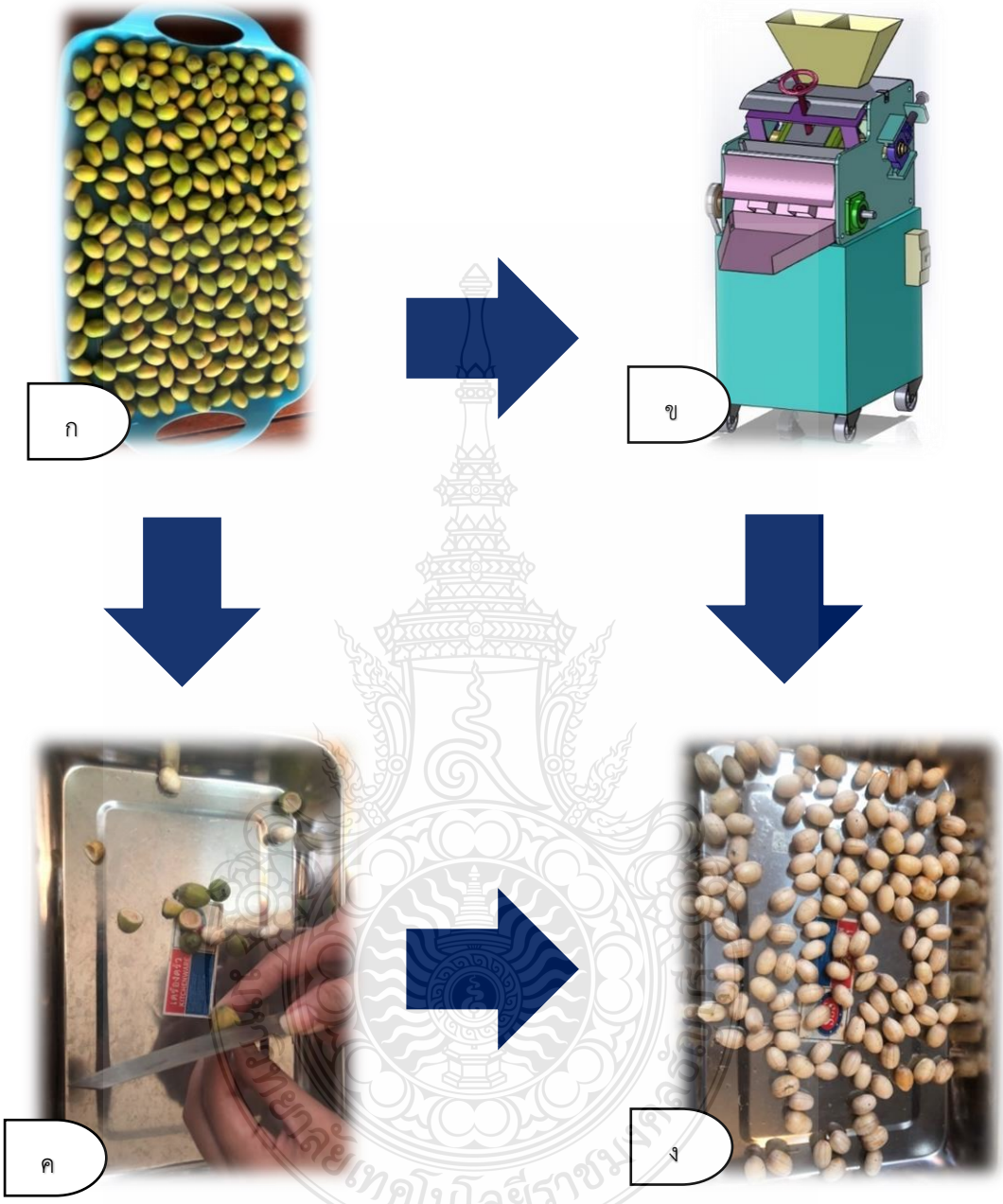
บัวหลวง เป็นพืชน้ำที่มีอายุหลายปี สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเหนียว ซึ่งบัวหลวงนั้นมีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ มีชื่อเรียก สีของดอก และขนาดที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของสายพันธุ์ นอกจากนี้ส่วนต่างๆ ของบัวหลวง ยังมีสรรพคุณที่มีประโยชน์ และส่วนต่างๆของบัวหลวงสามารถนำมาแปรรูป และมีความต้องการของตลาดเป็นอย่างยิ่ง ส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมทางการเกษตรเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็น ส่วนของราก หรือเหง้าที่นิยมนำมาเป็นอาหารคาวหวาน ไหลบัว ดอกบัว ใบบัว และเมล็ดบัว เมล็ดบัวหลวง คือส่วนที่อยู่ภายในฝัก มีคุณค่าทางอาหารที่สูงมาก เมล็ดบัวหลวงถูกจัดให้เป็นธัญพืชชนิดหนึ่ง ที่มีสารอาการประเภทกรดไขมันดี อย่างเช่น กรดไขมันโอเมก้า3 และให้โปรตีนในปริมาณที่มากว่าสารอาการประเภทไขมัน ในเมล็ดบัวยังให้พลังงานต่ำ จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ควบคุมปริมาณอาหาร หรือต้องการจะลดน้ำหนัก นอกจากนี้ในเมล็ดบัวยังมีวิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระ อีกทั้งเมล็ดบัวยังสามารถทานได้ทั้งแบบสด และนำไปเป็นวัตถุดิบในการปรุงอาหารได้อีกด้วย [1] ประโยชน์ของเมล็ดบัวหลวงนั้นมีมากมายหลายอย่าง เช่น มีไฟเบอร์สูงทำให้รู้สึกอิ่มนาน เนื่องจากมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ จึงมีส่วนช่วยในการลดริ้วรอย ดีต่อสุขภาพของหัวใจ ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต มีสารอาหารที่ช่วยให้รู้สึกผ่อนคลาย ไม่กระสับกระส่าย จึงช่วยให้หลับสบาย ช่วยลดอาการนอนหลับไม่สนิทให้ดีขึ้น [2][3] โดยพื้นที่ที่นิยมทำนาบัวได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดพิจิตร บัวหลวงที่นิยมปลูกเพื่อนเก็บเกี่ยวเมล็ดบัว คือ บัวหลวงสายพันธุ์บัวแหลมชมพู เนื่องจากบัวแหลมชมพูมีขนาดดอกที่ใหญ่ ส่งผลให้ฝักบัวมีขนาดใหญ่ จะทำให้เมล็ดบัวมีจำนวนมาก โดยเกษตรกรจะเริ่มปลูกบัวแหลมชมพูในช่วงเดือนพฤศจิกายน และสามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดบัวได้ภายหลังจากการปลูก 3-4 เดือน โดยก่อนเก็บเกี่ยวให้สังเกตฝักบัวที่สามารถเก็บเกี่ยวได้จะมีลักษณะ กลีบดอกจะร่วงออกจากฝักบัวจนหมด ฝักบัวมีสีเขียวเข้ม โดยการเก็บเกี่ยวจะใช้มีดที่มีความสะอาด และคมในการตัดก้านดอก โดยตัดก้านดอกให้มีความยาวพอประมาณ เพื่อง่ายต่อการมัดรวมฝักบัวให้เป็นกำ สำหรับการจำหน่ายเมล็ดบัวจะสามารถจำหน่ายได้ทั้งแบบที่อยู่ในฝัก และแบบเมล็ดบัวที่มีการปอกเปลือกเพื่อนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อได้ [4] สำหรับเมล็ดบัวสดนั้นเกษตรกรยังสามารถแปรรูปต่อในการลอกเนื้อเยื่อแทงดีบัว [5] เพื่อนำดีบัวไปแปรรูปต่อเป็นผลิตภัณฑ์ชาดีบัว ปัจจุบันได้มีการนำเมล็ดบัวมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยว อาหารคลีนสำหรับคนรักษาสุขภาพ เช่น บริษัท ทีแอลเทรดวินด์ จ. สุรินทร์ ได้แปรรูปเมล็ดบัวอบกรอบ ชารากบัวหลวง ชาดีบัว และชาใบบัว วางจำหน่ายทั่วประเทศ และ

ยังส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น ลาว เกาหลี ญี่ปุ่น กัมพูชา ส่งผลให้ยอดขายของบริษัททีแอลเทรดวินด์ 150 ล้านบาทต่อปี [6]

เกษตรกรในปัจจุบันมีการแปรรูปเมล็ดบัวในการแกะเปลือกของเมล็ดบัว โดนส่วนมากเกษตรกรยังใช้แรงงานคนในการแกะเมล็ดบัว ส่งผลให้เมล็ดบัวไม่เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมทางการเกษตร อีกทั้งยังต้องใช้แรงงานคนที่มีความชำนาญเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดบัว ในการแกะเปลือกเมล็ดบัวยังต้องการความปลอดภัยของแรงงานในการแกะเมล็ดบัว ทำให้มีความล่าช้าในการแกะเมล็ดบัว ดังรูปที่ 1.1 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีจุดบกพร่องต่างๆ เช่น ต้องคัดแยกขนาดเมล็ดก่อนนำเข้าเครื่อง ประสิทธิภาพในการทำงานยังไม่เพียงพอ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการแกะเมล็ดบัวสูง และเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวงต่ำ เพื่อตอบสนองความความต้องการของเกษตรกร ดังรูปที่ 1.2 จึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวในปัจจุบันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ประสิทธิภาพต่อความต้องการของเกษตรกร เพื่อนำไปใช้ในการแปรรูปผลผลิตจากเมล็ดบัวหลวง [7]

รูปที่ 1.1 การแกะเมล็ดบัวของเกษตรกรโดยใช้แรงงานคน

รูปที่ 1.2 เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อความต้องการ [7]



รูปที่ 1.3 วิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวของเกษตรกร และวิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวของเครื่อง

ก) เมล็ดบัวหลวงสด

ข) การแกะเมล็ดบัวหลวงด้วยเครื่องแกะเมล็ดบัว

ค) การใช้แรงงานคนในการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกร

ง) เมล็ดบัวหลวงที่ได้จากเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงและการใช้แรงงานในการแกะของเกษตรกร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบในการพัฒนาเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

1.2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ

1.2.3 เพื่อทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ได้พัฒนาขึ้น

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่พัฒนาขึ้นกับการแกะโดยใช้แรงงานคนและเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงเครื่องต้นแบบ

1.2.5 เพื่อทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการพัฒนาเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เช่น ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง การแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงจากการใช้มีดแกะโดยเกษตรกร และปัญหาของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงเครื่องต้นแบบ

1.3.2 ออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โครงสร้างเครื่อง ชุดสายพายลำเลียงเมล็ดบัวหลวง ชุดใบมีดสำหรับกรีดเมล็ดบัวหลวง ระบบส่งกำลัง ชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ด และใช้มอเตอร์ฟ้าขนาด 0.5 HP

1.3.3 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ได้พัฒนาขึ้น โดยทดสอบจากความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,200, 1,400 และ 1,600 rpm ตามลำดับ และประเมินสมรรถนะ จากผลผลิตที่ได้ กับการแกะเปลือกเมล็ดบัวโดยเกษตร และเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวเครื่องต้นแบบ

1.3.4 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของชุดชัดแยกเปลือกและเมล็ดโดยการใช้ตะแกรงแยกเปลือกและเมล็ด

1.3.5 เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่พัฒนาขึ้นกับการแกะโดยใช้แรงงานคนและเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงเครื่องต้นแบบ โดยเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ในการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของการแกะเมล็ดบัวหลวง และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ตามลำดับ

1.4 ขั้นตอนในการวิจัย/กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4.1 ศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการพัฒนา เช่น ลักษณะของเมล็ดบัวหลวง ปัญหาที่เกิดจากการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกร และปัญหาที่พบจากเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงรุ่นเก่า

1.4.2 ออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

1.4.3 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ

1.4.4 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนาและทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

1.5.2 ได้เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

1.5.3 ได้ประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ทดแทนแรงงานคน

1.5.4 ได้เปรียบเทียบการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวที่พัฒนาขึ้นกับการแกะโดยใช้แรงงานคนและเครื่องเก่าซึ่งได้ผลผลิตมากขึ้น และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคน

1.5.5 ลดความเหนื่อยล้าของแรงงานในการทำงานของเกษตรกร

1.5.6 ลดต้นทุนในการจ้างแรงงานของเกษตรกร

บทที่ 2
เอกสารและวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของข้อมูลทั่วไปของบัวหลวง เมล็ดบัวหลวง และอุปกรณ์ในการที่จะทำวิทยานิพนธ์นั้นจำเป็นต้องทราบข้อมูลเอกสารหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในแต่ละเรื่องก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ และทดสอบเพื่อพัฒนาเพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด และเพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบัวหลวง

สายพันธุ์ของบัวหลวง

บัวหลวง (Sacred Lotus) หรือ ปทุมชาติ มีถิ่นกำเนิดแถบเอเชีย ทั้ง จีน อินเดีย ไทย เป็นไม้น้ำล้มลุก ในประเทศไทยนั้นนับบัวหลวงเป็นพืชพื้นถิ่นของไทย บัวหลวงจัดเป็นพืชน้ำขนาดใหญ่ เหง้าและไหลฝังตัวอยู่ในโคลนเลน ก้านมีรูพรุน ดอกและใบอยู่เหนือน้ำ บัวหลวงมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะของดอก ดังนี้

2.1.1 บัวหลวงพันธุ์บัวแหลมชมพู

บัวแหลมชมพู หรือ ปทุม เมื่อดอกตุมจะมีลักษณะคล้ายไข่ ปลายเรียวแหลม กลีบดอกมีขนาดใหญ่ สีชมพูนวล เรียงซ้อนตัวกันประมาณ 3 ชั้น

รูปที่ 2.1 ดอกบัวแหลมชมพู [8]

2.1.2 บัวหลวงพันธุ์บัวแหลมขาว

บัวแหลมขาว หรือ บุณฑริก ดอกมีขนาดใหญ่ รูปทรงเรียวแหลมสูงกว่าบัวแหลมชมพู กลีบดอกเรียวยาว ทรงแคบ กลีบดอกด้านนอกมีสีเขียว และด้านในสีขาว เรียงตัวซ้อนกันหลายชั้น เกสรด้านในมีสีเหลือง

รูปที่ 2.2 ดอกบัวแหลมขาว [8]

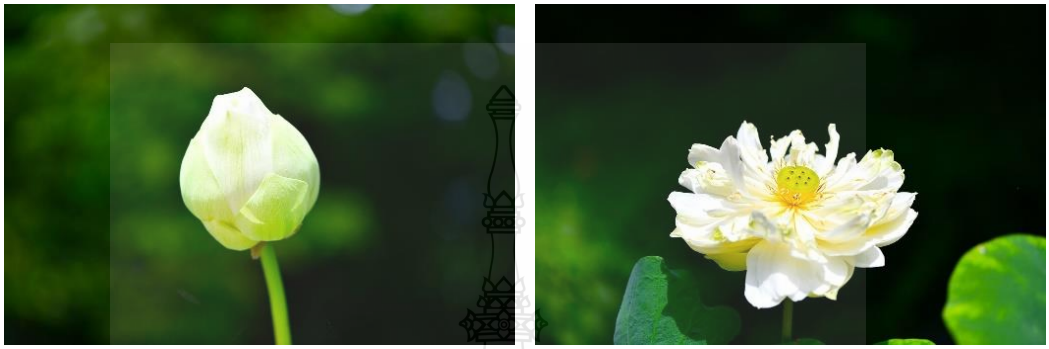
2.1.3 บัวหลวงพันธุ์ บัวฉัตรชมพู

บัวฉัตรชมพู ดอกมีขนาดใหญ่ ทรงป้อมอ้วน ลักษณะของกลีบนอกมีขนาดใหญ่ สีชมพูตลอดทั้งกลีบ และกลีบในรูปร่างเรียว เล็กสีขาว กลีบดอกซ้อนกันหลายชั้น ส่งผลให้ลักษณะของดอกมีขนาดใหญ่ และกลม

รูปที่ 2.3 ดอกบัวฉัตรชมพู [8]

2.1.4 บัวหลวงพันธุ์ บัวฉัตรขาว

บัวฉัตรขาว มีลักษณะคล้ายบัวฉัตรชมพู แต่กลีบดอกเป็นสีขาวทั้งดอก แต่กลีบนอกจะมีสีเขียวที่โคนกลีบ



รูปที่ 2.4 ดอกบัวฉัตรขาว [8]

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของบัวหลวง

บัวในวงศ์ปทุม หรือในประเทศไทยเรียก บัวหลวง มีลักษณะทางกายภาพดังนี้

2.1.2.1 ลำต้น จะเจริญเติบโตเป็นแนวตั้ง เป็นไหลอยู่เหนือดิน มีลักษณะเป็นท่อนยาวสีเหลืองอ่อนจนถึงสีเหลือง มีความแข็งเล็กน้อย ส่วนไหลจะเป็นส่วนที่เจริญเติบโตเป็นต้นใหม่

รูปที่ 2.5 ลำต้นบัว หรือไหลบัว [8]

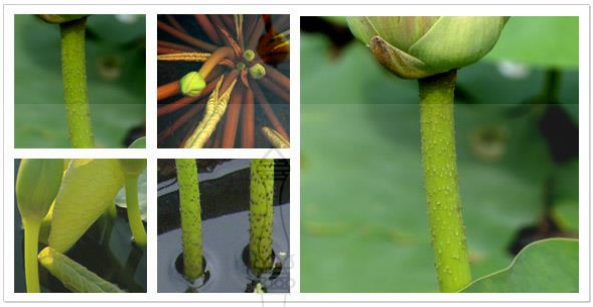
2.1.2.2 ก้านใบ (petiole) มีลักษณะเป็นท่อนยาวแข็ง มีตุ่มหนามเล็กๆ อยู่ทั่วก้านใบ มีสีเขียวเข้ม ชูใบเหนือน้ำ

รูปที่ 2.6 ก้านใบบัวหลวง [8]

2.1.2.3 ใบบัว บัวเป็นพืชใบเดี่ยว ใบแก่จะชูขึ้นเหนือนำ ลักษณะของใบเป็นทรงเกือบกลม และมีขนาดใหญ่ ใบเรียบ ผิวนวล มีสีเขียวนวลเคลือบทำให้ใบไม่เปียกน้ำ ส่วนใบอ่อนจะลอยปลิ่มน้ำ ลักษณะปลายม้วนเข้าหากัน และมีสีเทานาล

รูปที่ 2.7 ใบบัวหลวง [8]

2.1.2.4 ก้านดอก มีลักษณะคล้ายก้านใบ ทำหน้าที่ชูดอกให้ลอยเหนือนำ โดนก้านดอกจะชูดอกขึ้นเหนือนำสูงกว่าก้านใบ และมีใยสีขาวเมือหักก้าน



รูปที่ 2.8 ก้านดอกบัวหลวง [8]

2.1.2.5 ดอกบัว ออกดอกเป็นดอกเดี่ยว มีสีตามลักษณะสีของแต่ละสายพันธุ์ โดยดอกบัวจะเริ่มบานในตอนเช้า และออกผลในช่วงเดือนตุลาคมเป็นต้นไป

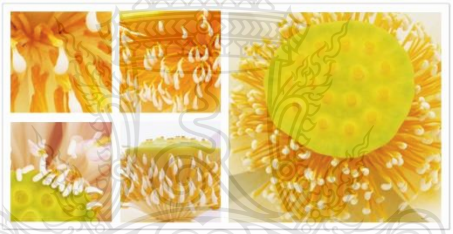
รูปที่ 2.9 ดอกบัวหลวง [8]

2.1.2.6 กลีบเลี้ยง มีขนาดเล็กกว่ากลีบดอก มีสีขาวอมเขียว หรือเป็นสีชมพูอมเทา และร่วงได้ง่าย

2.1.2.7 กลีบดอก ลักษณะของกลีบดอกเป็นรูปไข่ เรียงตัวซ้อนกันเป็นชั้นๆ กว้างประมาณ5 เซนติเมตร และยาวประมาณ 7 เซนติเมตร เมื่อดอกบานเต็มที่จะมีขนาดประมาณ 20-25 เซนติเมตร จะรูปทรงเดียวกับทรงดอก

รูปที่ 2.10 กลีบดอกบัวหลวง [8]

2.1.2.8 เกสรเพศผู้ (Stamen) จะอยู่ภายในดอกบัวเป็นจำนวนมาก มีสีเหลือง ล้อมรอบที่ฐานดอกด้านใน



รูปที่ 2.11 เกสรดอกบัวหลวง [8]

2.1.2.9 รากบัว (Lotus root) คือส่วนของลำต้นบัวหลวงที่เติบโตใต้ดิน โดยจะเจริญเติบโตเป็นแนวนอน มีหน้าที่สะสมอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างของบัวหลวง มีลักษณะเป็นปล้องๆ เนื้อรากบัวมีสีขาวอมเหลือง

รูปที่ 2.12 ลักษณะทางกายภาพของรากบัว [8]

2.1.3 ลักษณะทางกายภาพของฝักบัวหลวง

ผล คือ เมล็ดบัว ที่มีเปลือกหุ้ม เกิดอยู่ในฝักบัว ลักษณะของผลเป็นรูปกลมรี สีเขียว เมล็ดมีความกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร และมีหลายเมล็ดในฝักเดียว

รูปที่ 2.13 ลักษณะทางกายภาพของฝักบัวหลวง [9]

2.1.3.1 ฝักบัวหลวง มีลักษณะทรงกรวย อยู่ภายในดอกบัวหลวง โดนเมื่อฝักบัวโตเต็มที่ กลีบดอกจะค่อยๆร่วงออก ฝักอ่อนมีสีเขียวเหลือง เมื่อแก่จะขยายใหญ่และมีสีเทาอมเขียว

รูปที่ 2.14 ฝักบัวหลวง [9]

2.1.3.2 ผลบัวหลวง หรือ เมล็ดบัวหลวง คือส่วนที่เป็นเมล็ดอยู่ภายในฝักบัว มีลักษณะกลมรี มีรสหวาน และมีดีบัวอยู่ตรงกลางของเมล็ดบัว

รูปที่ 2.15 เมล็ดบัวหลวง [9]

2.1.3.3 ดีบัวหลวง คือ มีลักษณะเป็นสีเขียวอ่อน อยู่กลางเมล็ดบัวหลวง มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร มีรสขมฝาด และสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นของบัวหลวงได้

รูปที่ 2.16 ดีบัวหลวง [10]

2.2 ลักษณทางพฤกษศาสตร์

บัวหลวง มีเหง้าอยู่ใต้โคลนเลน ใบกลมใหญ่สีเขียวนวล ก้านดอกและก้านมีตุ่มหนามขนาดเล็กที่คล้ายคลึงกัน เมื่อหักก้านจะมีสายใยมีขาวขุ่น กลีบดอกเรียงซ้อนกันหลายชั้น ที่หลากหลายสีตามลักษณะของพันธุ์บัวหลวงที่แตกต่างกันออกไป ภายในดอกบัวหลวงจะมีผักบัวที่มีเมล็ดบัวเล็กๆอยู่เป็นจำนวนมาก

2.2.1 การขยายพันธุ์

1. แยกเหง้า คือการขยายพันธุ์บัวหลวงโดยการแยกเหง้าบัวหลวงที่มีตันอ่อนแตกหน่อ โดนต้นอ่อนมีความยาว 5-8 เซนติเมตร ไปปลูกในกระถางก่อน โดนดินที่ใช้ควรเป็นดินเหนียว เพื่อช่วยให้เหง้ายึดติดอยู่กับดินไม่ให้ลอยขึ้นมาเหนือน้ำ เมื่อหน่อเจริญเติบโตได้ที่แล้วจึงสามารถย้ายไปปลูกในที่ที่ต้องการได้

2. แยกไหล คือต้นออนของบัวหลวงที่งอกออกมาใหม่จากเหง้าของบัวหลวง โดยการขยายพันธุ์จากการแยกไหล ต้องสังเกตในการตัดไหลไปปลูก ไหลจะต้องมีขนาดความยาว 2-3 เซนติเมตร และต้องมีตาที่สามารถแตกออกเป็นก้านใบประมาณ 3 ตา โดยให้นำไหลฝั่งดิน กดดินให้แน่น ต้นอ่อนจะเจริญเติบโตจากตาสามารถเป็นต้นใหม่ได้

3. แยกต้นอ่อนที่เกิดจากใบ สามารถขยายพันธุ์วิธีนี้ได้เฉพาะบัวหลวงบางชนิดที่ออกต้นอ่อนบริเวณก้านใบ หรือบริเวณโคนของก้านใบได้เท่านั้น การขยายพันธุ์วิธีนี้ให้สังเกตุก้านใบที่มีต้นอ่อนแตกออก แล้วตัดก้านใบไปเสียบลงในภาชนะสำหรับขยายพันธุ์ โดยหาวัตถุที่มีน้ำหนักมาทับบริเวณที่เสียบก้านใบไว้ เพื่อไม่ให้ก้านใบลอยขึ้นเหนือน้ำ และปริมาณน้ำต้องท่วมยอดอ่อน ใช้เวลาในการเพาะพันธุ์ประมาณ 2 สัปดาห์ ต้นอ่อนจะสามารถแตกรากในดินได้

4. เพาะเมล็ด การขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ดนั้นไม่ค่อยนิยมมากนัก เนื่องจากมีขั้นตอนการขยายพันธุ์ที่ยุ่งยาก และเวลาในการเพาะพันธุ์ที่ค่อยข้างนาน โดยการเพาะเมล็ดจะเริ่มจากการเตรียมดินเหนียวที่ไม่มีรากพืชผสมเลย ลงในภาชนะสำหรับการเพาะปลูก นำเมล็ดที่ต้องการปลูกโรยกระจายให้ทั่ว หรือกดเมล็ดลงในดินเหนียว แล้วเติมน้ำให้สูงจากผิวดินขึ้นมาประมาณ 15 ซม. นำไปไว้ในที่ที่แดดส่องถึง แต่ไม่แรงมาก ใช้เวลในการออกต้นอ่อนประมาณ 1 เดือน เมื่อต้นอ่อนแตกใบ และเริ่มแข็งแรงจึงสามารถแยกไปปลูกในที่ที่ต้องการได้

2.2.2 การเตรียมดิน

การเตรียมพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการขยายพันธุ์บัวหลวงมีดังนี้

1. พื้นทดินราบเรียบสม่ำเสมอกัน
2. ดิน ควรเป็นดินเหนียว เพื่อให้รากสามารถยึดเกาะได้
3. มีแหล่งน้ำที่พอเพียง เนื่องจากบัวเป็นพืชน้ำ

การทำนาบัว เริ่มจากการเอาน้ำออกจากนาบัว ยกคันดินให้สูงพอสำหรับกักน้ำ และกำจัดวัชพืชออกให้หมด ปรับพื้นนาให้เรียบเสมอกัน โรยปูนขาวทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดให้ใส่ปุ๋ยและไถ่กลบอีกครั้ง ระบายนำเข้าสู่นาบัว ทิ้งไว้ประมาณ 3- 5 วัน แล้วสามาถนำต้นอ่อนของบัวหลวงมาปลูกได้ โดนเว้นระยะห่างตามความเหมาะสม

2.2.3 การปลูกบัวหลวง

วิธีการปักดำมี 2 วิธีการคือ

1. ใช้ตะเกียบหรือใช้ไม้คีบ วิธีการนี้จะใช้ไม้ไผ่เหลาให้หนากว่าตอกเล็กน้อย ยาวประมาณ 50 ซม . แล้วหักครึ่งคีบบัวที่ต้องการปลูกลงในดินที่เตรียมไว้ ต้องทำอย่างเบามือเพื่อไม่ให้บัวช้ำ โดนปักไหลบัวให้โผล่เหนือดินขึ้นมา 10 ซม.

2. ใช้ดินหมก วิธีนี้เหมาะกับนาบัวที่สามารถควบคุมระดับน้ำในนาบัวได้ โดยการปล่อยน้ำออกจากนาบัวก่อน และทำตามวิธีการเตรียมดินสำหรับปลูกบัวเรียบร้อย จึงขุดหลุมลึกประมาณ 10 ซม. เว้นระยะห่างตามความเหมาะสมของสายพันธุ์บัวหลวง และนำต้นอ่อนบัวที่เพาะไว้เรียบร้อยแล้วใส่ลงหลุมที่ขุดไว้ และนำดินกลบให้แน่น จากนั้นปล่อยน้ำเข้านาบัว หลังจากนั้น 2 สัปดาห์ให้สังเกต หากบัวไม่แตกใบอ่อน สามารถนำบัวที่เพาะไว้มาปลูกแทนได้

การให้น้ำ ในช่วงแรกระดับในนาบัวควรสูงประมาณ 30 ซม. หากสูงเกินนี้อาจทำให้ใบอ่อนที่แตกขึ้นมาใหม่ลอยพ้นน้ำได้ช้า ส่งผลให้ต้นบัวตาย เมื่อเข้าสู่ช่วงที่บัวเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ควรปล่อยน้ำเข้าสู่นาบัวเพิ่มเป็น 50 ซม. แต่ไม่ควรสูงมากเกินไป เพราะหากน้ำมีความลึกมากไปจะทำให้บัวหลวงได้รับอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมได้ ส่งผลต่อการออกดอกของบัวหลวง

การให้ปุ๋ย จะเริ่มให้ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อบัวเจริญเติบโต หรือแตกใบใหม่แล้ว โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อนาบัว 1 ไร่ โดยโรยปุ๋ยให้ทั่วนาบัว หาเป็นนาบัวที่น้ำไหลผ่านอยู่ตลอดให้ทำการปั้นก้อนดินเหนียว โดยหุ้มปุ๋ยอยู่ด้านใน แล้วตากให้แห้ง นำไปฝั่งไว้รอบๆโคลนต้นบัว หากดอกบัวมีสภาพที่โทรม สีดอกไม่สด หรือดอกมีขนาดที่เล็กกว่าปกติ เราสามารถเพิ่มปุ๋ยได้

2.2.4 ศัตรูพืชของบัวหลวง

1. เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยไฟ ไรแดง และเพลี้ยอ่อน เป็นศัตรูพืชที่จะมาแย่งน้ำเลี้ยง ทำให้ใบอ่อนหยิกงอ มักเกิดกับบัวที่ยังเป็นต้นอ่อนอยู่ การกำจัด คือการฉีดพ่นสารเคมี ชนิด มาลาไธออน สำหรับกำจัดไร พ่นทุกๆ 15 วันหรืออย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

2. หนอนชอนใบ หนอนกินใบ หนอนจะกัดกินใบบัว ทำให้รบกวนความสามารถในการสังเคราะห์แสงของใบบัว โดยศัตรูพืชจำพวกนอนจะระบาดหนักในช่วงฤดูร้อน โดยสามารถฉีดพ่นสารเคมีได้ทุกๆ 10 วัน

3. หนอนผีเสื้อ ศัตรูพืชชนิดนี้ต้องระวังอย่างมาก เนื่องจากหนอนผีเสื้อสามารถระบาดได้ทั้งปี โดยหนอนผีเสื้อจะวางไข่ในช่วงกลางคืน เมื่อครบระยะฟักเป็นตัวหนอนผีเสื้อจะกัดกินใบเช่นเดียวกับหนอนใบชา และป้องกันได้โดยใช้สารเคมีฉีด หรือหว่านในทั่วนาบัว

4. หนู จะกัดกินเมล็ด ใบและฝักบัว ส่งผลต่อผลผลิตโดยตรง วิธีการป้องกันคือ การวางกับดักหนูในบริเวณรูหนู หรือที่ที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของหนู

5. หอย เป็นศัตรูพืชที่มีทั้งข้อดีและข้อเสีย โดยข้อดีนั้น หากในนาบัวมีหอย แสดงถึงคุณภาพของน้ำในนาบัวว่ามีสภาพที่ดี หากน้ำเน่าเสียหอยจะตาย หรือลอยเหนือน้ำ และข้อเสียคือหากหอยมาเกาะที่ลำต้นของบัวหลวง หอยจะกัด และแย่งน้ำเลี้ยงจากลำต้นของบัวหลวง ส่งผลให้บัวหลวงเจริญเติบโตช้า การกำจัดหอยคือ ใช้ไม้ไผ่ปักลงในดินตั้งทิ้งไว้ และเก็บหอยออกจากนาบัวทุกๆ 2 สัปดาห์

โรค

1. โรคใบจุด เกิดจากเชื้อรา Cercospora sp . ระบาดมากในช่วงฤดูฝน ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง มักจะพบบนใบบัวแก่ อาการของโรคใบจุดคือ ใบเป็นแผล จุดกลมสีเหลือง เมื่อวงมีขนาดกว้างขึ้นใบจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาล ป้องกันโดยการตัดใบแก่ หรือใบที่เป็นโรคทิ้ง

2. โรครากเน่า เกิดปุ๋ยมูลสัตว์ที่ใส่ในขั้นตอนการเตรียมดินยังเน่าเปื่อยไม่หมด ทำให้เหง้าหรือโคนต้นเน่า ต้นโตได้ไม่เต็มที่ หากพบว่าต้นบัวมีอาการควรตัดส่วนที่เน่าทิ้ง และเก็บต้นและดินบริเวณนั้นทิ้ง[12]

2.2.5 การเก็บเกี่ยว

1. การเก็บเกี่ยวไหล เมื่อปลูกบัวหลวงได้ประมาณ 2-3 เดือน สามารถเก็บไหลบัวได้ให้สังเกตจากการที่ใบแตกขึ้นมาใหม่ หาใบบัวมีลักษณะม้วนงอเข้าหากันทั้งสองฝั่งสามารถเก็บไหลบัวได้ โดยประมาณน้ำในนาบัวก็สำคัญ หากมีน้ำปริมาณมากเกินไปก็ส่งผลต่อการจำนวนวันในการชูใบบัวให้

พ้นน้ำได้นานขึ้น และถ้าเป็นการทำนาบัวบัวเพื่อจำหน่ายไหลบัว ต้องสังเกตการณ์ออกดอกบัว หากมีการออกดอกให้หักดอกทิ้ง เนื่องจากการออกดอกส่งผลให้ไหลบัวมีปริมาณน้อย และการปลูกบัวเพื่อเก็บไหลบัว สามารถให้ผลผลิตได้ทั้งปี

2. การเก็บเหง้า (รากบัว) รากบัวควรเก็บผลผลิตเมื่อบัวมีอายุประมาณ 1 ปี หากน้อยกว่านี้ทำให้รากบัวไม่มีความสมบูรณ์ โดยการเก็บรากบัวให้สังเกตจากลำต้นของบัวเอียนจัวลง ใบแก่ การเก็บเกี่ยวสามารถปล่อยน้ำออกจากนาบัว หรือเก็บในช่วงฤดูแล้ง ปล่อยให้ดินแห้งแตกระแหง และใช้เสียบขุดตามดินที่แตกออก และนำรากบัวมาทำความสะอาด

3. การเก็บใบแห้ง เป็นการเก็บใบแก่ โดนตัดก้านใบ และใบออกจากกัน จากนั้นนำใบมาตากแดดให้แห้งตามที่ต้องการ

4. การเก็บฝักอ่อน จะเก็บฝักอ่อนหลักจากที่ดอกบัวบานได้ประมาณ 7 วัน โดยเก็บสัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง และนำฝักอ่อนไปอบแห้ง ราคาขึ้นอยู่กับขนาดของฝักบัวหลวง

5. การเก็บฝักสดเพื่อรับประทาน จะเป็นการเก็บฝักบัวที่โตเต็มวัย โดนเก็บหลังจากดอกบัวบาน และกลีบดองร่วงออกเองจนหมด

6. การเก็บเมล็ดบัวปอกเปลือกแล้วตาก การเก็บเมล็ดบัว เป็นการเก็บจากฝักบัวที่โตเต็มที่แล้ว เมล็ดบัวออกจากฝัก และสามารถนำไปแปรรูปในรูปแบบต่างได้ตามความต้องการของตลาด

7. การตัดดอก การเก็บเกี่ยวดอกบัวหลวงนั้น จะเก็บเกี่ยวหลังจากปลูกบัวแล้วประมาณ2 เดือน และจะเก็บดอกบัวในตอนเช้า ดอกที่เก็บควรเป็นดอกที่ตูม โดนตัดที่ก้านดอก มีความยาวตามความต้องการ จะเก็บได้ทุกวัน หรือวันเว้นวันแล้วแต่ระยะในการปลูกบัว ช่วงที่บัวให้ผลผลิตได้มากที่สุดคือช่วง 3-4 เดือนหลังกรปลูกบัว

2.2.6 การดูแลรักษานาบัวหลวง

หลังจากที่เก็บผลผลิตจากนาบัวแล้ว ให้ทำการปล่อยน้ำออกจากนาบัว และไถ่กลบอีกครั้ง เพื่อลดปริมาณความหนาแน่นของต้นบัว แล้วสามารถปล่อยน้ำเข้านาบัวได้อีกครั้ง เพื่อให้บัวสามารถแตกหน่อออกอีกครั้ง ทำให้เกษตรกรสามารถเริ่มเก็บผลผลิตจากบัวได้อีกครั้งตามระยะเวลาที่บัวเจริญเติบโตใหม่[13]

2.3 แนวทางการปฏิบัติกับดอกบัวเพื่อการส่งออก

2.3.1 ดอกบัว ควรเก็บในระยะที่ความเหมาะสมของดอบัวในแต่ละพันธุ์ และตัดก้านดอกให้มีความยาวพอสมควร ควรเก็บดอกตูม และเก็บบัวช่วงเวลาเช้า

2.3.2 ควรใช้มีดที่มีความคม สะอาด

2.3.3 ควรมีภาชนะที่ใส่ดอกบัว ในการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องการช้ำของดอกบัวจากการทับซ้อนและการขาดน้ำของดอกบัว

2.3.4 เมื่อนำบัวขึ้นมาถึงโรงเรือน ให้หุ้มดอกบัวด้วยตาข่าย และไม่ทับซ้อนบัวมากจนเกินไป

2.3.5 ในการจัดส่งดอกบัว ควรหุ้มก้านดอกตรงรอยตัด ละดอกบัวด้วย

2.3.6 หากมีการบรรจุลงหีบ หรือห่อ ควรรองพื้นด้วยแผ่นพลาสติก และมัดก้านดอกให้แน่นป้องกันการเคลื่อนที่ขณะขนย้าย[14]

2.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของบัวหลวง

ในประเทศไทยได้มีการนำบัวหลวงมาใช้ประโยชน์มากมาย และส่วนต่างๆของบัวหลวงยังสามารถนำมาแปรรูป หรือเรียกได้ว่าบัวมีประโยชน์ทุกส่วนไม่ว่าจะเป็น ดอกบัว ไหลบัว สายบัว รากบัว หรือเมล็ดบัว เกษตรจึงได้มีการนำส่วนต่าง ๆ ของบัวหลวงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ได้ดังนี้

2.4.1 ดอกบัว เป็นดอกไม้ที่มีความทนทาน และนิยมนำมาไหว้บูชา นอกจากนี้ยังมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในดอกบัวเพื่อนำดอกบัวมาแปรรูปเป็นเครื่องสำอางอย่างแพร่หลายให้เหมาะกับผิวพรรณของผู้คนได้อีกด้วย ดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 ดอกบัวสำหรับไหว้พระ [15]

2.4.2 เกสรบัว โดยนำส่วนของเกสรบัวสายพันธุ์ที่มีกลิ่นหอม และทดลองแปรรูปชงเป็นชาพร้อมดื่ม โดยเด็ดส่วนเกสรและกลีบดอกให้เป็นชิ้นๆ แล้วอบด้วยลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส เกสรบัว ยังคงสรรพคุณทางยาอยู่ครบถ้วน โดยอบจนเกสรดอกบัวแห้ง จึงนำไปบรรจุใส่ซองชา แล้วชงดื่ม จะได้น้ำชาสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอมของดอกบัว และมีรสชาติหวานชุ่มคอ โดยไม่ต้องปรุงแต่งรสเพิ่มเติม

รูปที่ 2.18 ชาเกสรดอกบัว [15]

2.4.3 เมล็ดบัว เมล็ดบัวสด มีรสชาติหวานมัน นอกจากเมล็ดบัวที่สามารถทานได้แบบสดแล้ว ยังสามารถนำมาทำอาหารได้ทั้งคาวหวาน เมล็ดบัวนิยมนำมาประกอบอาหารแทนลูกเดือย อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยทำให้ผ่อนคลายแก้อาการนอนไม่หลับได้อีกด้วย

2.4.4 กลีบบัว ที่มีสีสันสวยงาม มีรสฝาด สามารถนำมาประกอบอาหารประเภทเมี่ยงได้ แต่มีสรรพคุณที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น การบำรุงครรภ์ แก้เสมหะได้อีกด้วย

รูปที่ 2.19 อาหารจากกลีบบัว [15]

2.4.5 รากบัว นิยมนำมาใช้ประกอบอาหารประเภท ผัด ต้ม แกงและเชื่อมเป็นของหวาน อีกทั้งยังมีสรรพคุณในการช่วย แก้อาการอ่อนเพลียของร่างกาย แก้เสมหะ การนำรากบัวมาประกอบอาหารเช่น น้ำรากบัว

รูปที่ 2.20 อาหารจากรากบัว [15]

2.4.6 ไหลบัว คือ ส่วนยอดที่เลื้อยเพื่อแตกเป็นต้นใหม่ของบัว นิยมนำมาใช้ประกอบอาหารประเภท ผัด ต้ม แกงและเชื่อมเป็นของหวาน อาหารจากไหลบัว เช่น แกงส้มไหลบัว ยำไหลบัว

รูปที่ 2.21 อาหารจากไหลบัว [15]

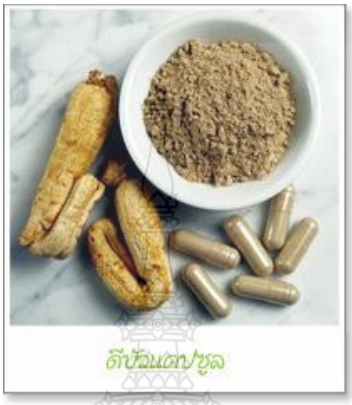
2.4.7 สายบัว เป็นส่วนที่นิยมนำมาประกอบเป็นอาหารอย่างยิ่ง และสามารถทำได้ทั้งอาหารคาว และอาหารหวานหลากหลายเมนู และยังสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบสำคัญในเมนูยำต่างได้อย่างลงตัว และยังมีประโยชน์ต่อร่างกายอีกมากมาย เช่น ช่วยลดภาวการณ์เกิดความเครียด แก้ริดสีดวง ลดอาการบีบของอวัยวะภายในช่องท้องได้อีกด้วย[15]

รูปที่ 2.22 อาหารจากสายบัว [15]

2.4.8 ใบบัว เป็นการนำใบบัวที่ตากแห้งมาแปรรูป โดนการนำมาอัดแห้ง ขึ้นรูปเป็นภาชนะ หรือผลิตเป็นกระดาษจากใบบัวตากแห้งได้อีกด้วย โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้ยังมีลวดลายที่เป็นเอกลักษณ์ เนื่องจากลายของใบบัวที่มีร่างแห่ที่ชัดเจน โดยการทำให้แห้งมี 2 วิธี คือ การตากแห้ง โดยการนำไปตากแดกให้แห้งตามความต้องการของการใช้งาน และการอบแห้ง จึงสามารถนำใบบัวแห้งไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ต่างๆ

รูปที่ 2.23 ผลิตภัณฑ์จากใบบัว [15]

2.4.9 ดีบัว เป็นยาสมุนไพรที่ได้จากดีบัว โดยมีสรรพคุณมากมายหลายอย่างเช่น แก้อาการนอนไม่หลับ ลดระดับบน้ำตาลในเลือด ทำให้ผ่อนคลาย อีกทั้งยังสามารถบำรุงสายตายได้อีกด้วย นอกจากเป็นยาสมุนไพรแล้ว ดีบัวยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นชาได้อีกด้วย



รูปที่ 2.24 ผลิตภัณฑ์จากดีบัว [15]

2.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเมล็ดบัวหลวง

2.5.1 การน้ำเมล็ดบัวมาแปรรูป

เกษตรกรไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่กลับมองข้าม โดยทุกส่วนของบัว สรรพคุณ คือสมุนไพรชั้นเลิศ หากนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปแล้ว จึงได้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีคุณประโยชน์สูง ปลูกบัว ยกตัวอย่าง เม็ดบัวอบแห้ง และ ชาดีบัว คือ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ตลาดทั้งในและต่างประเทศ มีผู้บริโภคที่มีความต้องการซื้อสูง แต่ขณะเดียวกันกลับมีผู้ผลิตและจำหน่ายที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงเป็นเรื่องน่าเสียดายอย่างยิ่งที่มีช่องทางและโอกาสของธุรกิจที่สามารถเพิ่มมูลค่าจากบัวอย่างมหาศาล เกษตรกรจึงมองว่าคุ้มค่าต่อการนำไปแปรรูป

2.5.2 กรรมวิธีการปอกเปลือกผลผลิตเกษตร

การปอกเปลือกคือกรรมวิธีที่สำคัญ ในการทำความสะอาดผิวของวัตถุดิบที่นำมาแปรรูป หรือกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการ หรือสิ่งที่ไม่สามารถบริโภคได้ออก วิธีการปอกเปลือกที่สำคัญมี 5 วิธี ดังต่อไปนี้ [16]

2.5.2.1 การปอกเปลือกโดยใช้ไอน้ำ

การปอกเปลือกโดยใช้ไอน้ำ เป็นการอาศัยการนำไฟฟ้าเพื่อส่งความร้อนให้กับวัตถุที่นำมาปอกเปลือกออก ส่งผลให้วัตถุดิบสุก แต่ยังคงสภาพเนื้อ และสีไว้ ในขณะนั้น ไอน้ำที่มีแรงดันสูง จะลดระดับความลดลง ในระดับที่โดนผิวของวัตถุ หรือเปลือกนั้นหลุดลอกออก

2.5.2.2 การปอกเปลือกโดยใช้มีด

การปอกเปลือกโดยมีด คือการนำมีดตรึงไว้กับที่ และกดลงบนผิวของผักหรือผลไม้ โดนให้ผักและผลไม้หมุนผ่านใบมีด หรือใบมีดเลื่อนผ่านผักและผลไม้ที่ถูกตรึงไว้ วิธีนี้เหมาะกับผักและ ผลไม้ที่เปลือกปอกง่าย

2.5.2.3 การปอกเปลือกโดยการขัดสี

นำวัตถุที่ต้องการปอกเปลือกส่งผ่านลูกกลิ้งคาโบรัมดัม โดนวัตถุจะกลิ้งผ่านผิวที่ขรุขระจะขัดให้เปลือกของวัตถุนั้นหลุดออกไปได้ เช่น มันฝรั่ง ข้อจำกัดของวิธีนี้ได้แก่

1) การปอกแบบนี้จะเสียเนื้อของผลไม้ออกไปกับเปลือกเป็นจำนวนมาก

2) อาจมีสารตกค้างจากลูกกลิ้งคาโบรัมดัม เนื่องจากลุกกลิ้งทำมาจากซิลิกอน และคาร์บอน

3) ประสิทธิภาพของการทำงานต่ำ การปอกเปลือกด้วยเครื่องขัดสีมีการทำงานที่เหมาะกับผลไม้ที่เปลือกบาง และหลุดออกง่าย

2.5.2.4 การปอกโดยใช้ด่าง (Caustic peeling)

ในการปอกเปลือกด้วยด่างนี้จะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่ำหรือที่เรียกว่า น้ำด่าง โดยการปอกเปลือกด้วยน้ำด่างนั้น ผลไม้จะถูกส่งเข้าไปในอ่างที่บรรจุน้ำด่าง ทำให้ผิวของผลไม้นิ่มตัวลง ละเปลือกจะหลุดออกโดนการพ่นละอองน้ำ วิธีนี้จะเหมาะกับผลไม้ประเภทหัว แต่อาจส่งผลให้ผลไม้มีเนื้อสัมผัส แต่สีที่เปลี่ยนไป การปอกโดยใช้ด่างจึงไม่ค่อยนิยมนัก

2.5.2.5 การปอกเปลือกโดยใช้เปลวไฟ

เครื่องจะมีชุดสายพานลำเลียง ผลไม้ผ่านเตาที่มีอุณหภูมิสูงอย่างรวดเร็ว ทำให้เปลือกของผลไม้นั้นไหม้ ละสามารถหลุดออกได้อย่างง่ายดายหากผ่านการพ่นละอองน้ำที่มีความดันสูง

2.6 คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตทางการเกษตร

คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตที่เกษตรต้องการได้แก่ ขนาด รูปร่าง ปริมาตร ความชื้น และคุณลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเป็นตัวแปรทางด้านวิศวกรรมที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เมื่อจะศึกษาถึงกระบวนการหรือการพัฒนาเครื่องมือมาทำงานกับเมล็ดธัญพืช เมล็ดพันธุ์ แล้วนั้น จำเป็นต้องศึกษาและคำนวณให้แม่นยำได้ถึงคุณสมบัติต่างๆ

2.6.1 รูปร่างและขนาด

ลักษณะของรูปร่าง และขนาดเป็นสิ่งที่สำคัญ และสามารถอธิบายเป็นลักษณะทางกายภาพ ในการสามรถวัดตามแกนตั้ง และฉาก หรือความสัมพันธ์ด้านอื่นๆ เพื่อให้มีมาตรฐาน สามารถจะอธิบายได้ดังในตารางที่ 2.1 [17]

ตารางที่ 2.1 รูปร่างวัตถุต่าง ๆ และคำอธิบาย [17]

รูปร่าง	**คำบรรยาย**
กลม	เข้าใกล้วัตถุกลม
แป้น	เรียวที่ขั้วหรือที่ปลาย
กรวย	เล็กเรียวลงไปหาปลาย
รูปไข่	รูปร่างเหมือนไข่และขยายออกที่ขั้ว
เบ้	แกนขั้วและแกนปลายที่ทำมุมเอียง
วงรี	เข้าใกล้วัสดุทรงรี
เหลี่ยมและมน	ปลายทั้งสองแบนหรือเป็นสี่เหลี่ยม
ไม่เท่ากัน	ครึ่งหนึ่งใหญ่กว่าอีกครึ่งหนึ่ง
ขรุขระ	ภาคตัดขวางในแนวระดับที่มีมุมไม่มากก็ น้อย
สม่ำเสมอ หรือ ปกติ	ภาคตัดขวางในแนวระดับใกล้เคียงวงกลม
ไม่สม่ำเสมอ หรือผิดปกติ	ภาคตัดขวางในแนวระดับไม่เป็นวงกลม

การเปรียบเทียบรูปร่างของวัสดุด้วยสายตาโดยใช้แผนภาพมาตรฐานเป็นเป็นการประเมินผลที่หยาบและขึ้นอยู่กับบุคคล ผู้สังเกตการณ์ต่างกันอาจจะผลที่ต่างกันออกไป

2.7 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

2.7.1 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด [18] เพลาที่ดีต้องสามารถรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงอัด การคำนวณหาขนาดต้องใช้ความเค้น และการทนต่อความล้าของเพลา เพลาต้องมีความแข็งแกร่ง พอเพื่อที่จะให้เพลาอยู่ในขีดจำกัดพอเหมาะ ระยะการโก่งตัวมีผลต่อแรงบิดของเพลา และยังส่งผลต่อชิ้นส่วนที่ส่งกำลัง ยกตัวอย่างเช่น

1) แอกเซิล เป็นส่วนที่ส่งผลให้เครื่องจักรกลอยู่กับที่ เช่นล้อหมุน ส่วนที่ส่งผลให้เครื่องจักรกลเคลื่อนที่ได้เช่น รองเพลาของแกนที่หมุนได้ แต่แอกเซิลไม่สามารถแรงบิดได้ จึงรับแจ่ภาระดัดเป็นส่วนมาก

2) เพลา เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลัง หรือขับเคลื่อนให้เกินการหมุนของเครื่องจักรกล ที่ประกอบอยู่ภายในเครื่องจักรกล โดยทั่วไปเพลาจะมีหน้าตัดเป็นวงกลม แข็งแรง ทั้งนี้เพลาจะเลือกใช้งานตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานดังนี้

เพลาข้อเหวี่ยง ทำหน้าที่เปลี่ยนการส่งกำลังจากการขึ้นลงของลูกสูบ มาเป็นการเคลื่อนที่ในทิสทางหมุนเป็นวงกลม เป็นชิ้นส่วนสำคัญของเครื่องยนต์

เพลาเกียร์ หรือเพลากลาง เพลากลางมีน้ำหนักเบา แต่แข็งแรง ทำหน้าที่เป็นสมดุลไม่ให้เครื่องยนต์แกว่ง หรือสั่นสะเทือน

แกนเพลา คือชิ้นส่วนที่ไม่หมุน และไม่รับแรงบิด ใช้สำหรับรองรับชิ้นส่วนที่หมุน

3) ข้อต่อเพลา โดยทั่วไปจะมีใช้งานตามตำแหน่งด้านที่ส่งกำลังออกไปยังด้านที่รับส่งกำลังของเพลาที่มีตำแหน่งเอียงเปลี่ยนไป เช่น แอกเซิลของรถยนต์

4) เพลาแบบดัดได้ หรือเพลาปลาไหล เพลาแบบดัดได้เหมาะสำหรับใช้งานกับการขับเคลื่อนเครื่องมือไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ มีโมเมนต์ต่ำ แต่ความเร็วรอบสูง เช่น เครื่องเจีย ตะไบแบบหมุน และสำหรับขับทักโคมิเมเตอร์เพลานี้จะประกอบด้วยลวดเหล็กกล้าหลายชั้นที่พันรอบลักษณะเหมือนเกลียวซ้าย และขวา ในการป้องกันเพลาจะให้เพลาอยู่ในท่อโลหะที่มีการหล่อลื่นอย่างถาวร

5) วัสดุการผลิตทำแกน และเพลาในภาระปกติ เช่น เกียร์กระปุกในรถยนต์ เครื่องจักรกล โดยนิยมใช้เหล็กกล้าอบชุบ เพื่อทนต่อการสึกหรอ หรือใช้เหล็กกล้าเพิ่มคาร์บอน

6) ขนาดของเพลา มีค่ามาตรฐานตาม ISO จึงสามารถเทียบกับตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969 [18]

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	40	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

7) การคำนวณแกนและเพลา

การหาโมเมนต์บิด

$$P = \frac{M_t \times 2 \times \pi \times n}{60} \quad (2.1)$$

$$Mt = \frac{P \times 1000 \times 30}{\pi \times n} \text{ (นิวตัน-เมตร)} \quad (2.2)$$

P = กำลังงานระบุในเพลา เป็น (กิโลวัตต์)

N = ความเร็วรอบของเพลา เป็น (รอบต่อนาที)

Mt = โมเมนต์บิดระบุ (นิวตัน-เมตร)

MB = Working Torque (นิวตัน-เมตร)

CB = Working – factor

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

การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลาง (ø d) ของเพลา

ในการคำนวณจะยังไม่ทราบค่าโมเมนต์ดัดที่แน่นอนเพราะระยะเพลา หรือไม่ทราบแรงที่กระทำต่อเพลา จึงต้องหาโมเมนต์บิด และจำนวนรอบเพื่อหาขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางผ่านศูนย์กลางของเพลาได้โดยประมาณ

$$ød \approx C_1 \times \sqrt[3]{M_B} \quad (2.4)$$

C1 = เป็นแฟกเตอร์ขึ้นอยู่กับโมเมนต์

C1 = 6,9 เมื่อ τall = 15 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับ St 37, St 42

C1 = 6,3 เมื่อ τall = 20 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับ St 50, St 60

C1 = 5,8 เมื่อ τall = 25 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับเหล็กกล้าที่มีความเค้นสูงกว่า

การคำนวณให้ได้ค่าที่แน่นอน

เนื่องจากโมเมนต์ที่เกิดในเพลามี 2 ลักษณะคือ โมเมนต์ดัด และโมเมนต์หมุนบิดจึงต้องเป็นค่า Comparative Moment (Mc)

$$Mc = \sqrt{(M_B^2 + 0.745\alpha_0 M_t^2)} \quad (2.5)$$

Mc = Comparative Moment หน่วย นิวตัน-เมตร

Mb = โมเมนต์ดัดสำหรับพื้นที่หน้าตัดน้อยและเป็นอันตรายหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

Mt = โมเมนต์บิดสำหรับเพลาหาได้จากสมการ (2.20) แต่หน่วยต้องเป็นนิวตัน-เมตร

α0 = อัตราส่วนการเกร็งตัว

$\alpha 0$ = 0, 7 เมื่อภาระการหมุนบิดอยู่ในลักษณะ Static (dead) load หรือUndulating Load หรือเป็น Alternating Bending Load

$\alpha 0 \approx$ เมื่อภาระการหมุนบิด และ การดัดอยู่ในกรณีรับภาระเช่นเดียวกันเช่นเป็น Alternating Load ทั้งสอง

$$\sigma ball = \frac{M_c}{W} \quad (2.6)$$

σball = ค่าความเค้นดัดอนุญาต เป็น นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

W = Section modulus เป็น นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

เพลากลวง

$$W = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32 \times D} \approx \frac{(D^4 - d^4)}{10 \times D} \quad (2.7)$$

เมื่อ

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตรเพลาตัน

$$W = \frac{\pi \times d^3}{32} \approx 0.1 \times d^3 \quad (2.8)$$

แทนใน

$$\sigma ball = \frac{M_c}{0.1 \times d^3} ; d3 = \frac{M_c}{0.1 \times \sigma_{all}} \quad (2.9)$$

$$\phi d = \sqrt[3]{M_c / 0{,}1.\sigma_{ball}} \quad (2.10)$$

ใช้ในกรณีที่มีค่าโมเมนต์หมุนดัดในเพลา

ในกรณีที่เกิดเฉพาะการหมุนบิดในเพลาอย่างเดียว จะใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\tau all = \frac{M_t}{W_p} \qquad (2.11)$$

Mt = โมเมนต์บิดดูจากสมการที่ (2.2)

τall = ความเค้นบิดอนุญาตเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

Wp = Polar Section Modulus

สำหรับเพลากลวง $Wp \approx \frac{0.2 \times (D^4 - D^4)}{D}$ (2.12)

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเพลา

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

สำหรับเพลาตัน $Wp \approx 0.2 \times d^3$ แทนในสมการ

จะได้ $\tau all = \frac{M_t}{0.2 \times d^3}$ (2.13)

$\phi d = \sqrt[3]{M_c / 0,2.\sigma_{ball}}$ หน่วยเป็นมิลลิเมตร (2.14)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

2.7.2 การหากำลังของมอเตอร์

เมื่อได้แรง F นิวต้น ที่ทำต่อเพลาโดยให้เพลามีความเร็วรอบ n เมื่อเพลาหมุนไป 1 รอบ จะสามารถคำนวนหาระยะทางที่เคลื่อนที่เมื่อเพลาหมุนครบ 1 รอบ สามารถคำนวณหาได้ดังแสดงในสมการที่ (2.15)

สมการที่ใช้คำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่

$$S = 2\pi r \tag{2.15}$$

งานในที่เพลาหมุน 1 รอบคำนวณหาได้ดังแสดงในสมการที่ (2.16) สมการที่ใช้คำนวณหางาน

$$WF = F \times 2\pi r \tag{2.16}$$

การคำนวณหางานในการที่เพลาทำต่อวินาที ขณะที่เพลาหมุน n รอบต่อนาที สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (2.17)

สมการที่ใช้ในการคำนวณหางานที่เพลากระทำต่อวินาที

$$WF = F \times 2\pi r \times n \tag{2.17}$$

การหาแรงบิดได้ ดังแสดงในสมการที่ (2.18)

$$T = F \times r \tag{2.18}$$

ดังนั้น กำลังมอเตอร์สามารถหาได้ จากแสดงในสมการที่ (2.19)

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \tag{2.19}$$

เมื่อ

P คือ กำลังที่เพลารับแรงจากมอเตอร์มีหน่วยเป็นวัตต์ (w) หรือกิโลวัตต์ (kW)

T คือ โมเมนต์แรงบิดมีหน่วยเป็นนิวตันเมตร

N คือ ความเร็วรอบของเพลามีหน่วยเป็นรอบต่อนาที rpm (1 รอบ = 2 เรเดียน)

r คือ รัศมีของเพลามีหน่วยเป็นเมตร

การคำนวณหาความเค้นเฉือน

$$\tau = \frac{16T}{\pi D^3} \tag{2.20}$$

เพราะฉะนั้น $T = \frac{\tau \pi D^2}{6}$ หรือ $= \frac{\sigma_{zul} \pi D^3}{16}$ (2.21)

จากสูตร $\sigma_{zul} = \frac{\sigma \lim}{v}$ (2.22)

เมื่อ

τ คือ ความเค้นเฉือน

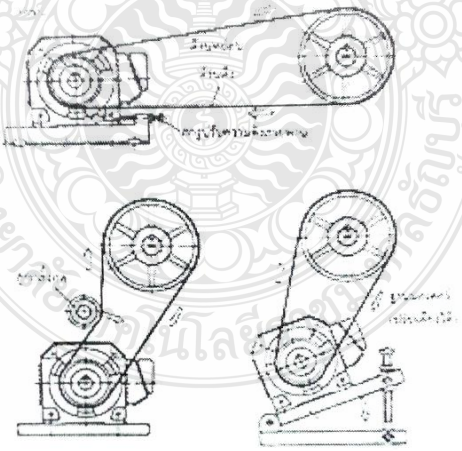
v คือ ค่าความปลอดภัยในทางเครื่องกล

σ_{zul} คือ ค่าความเค้นสูงสุด (Maximum stress) N/mm

$\sigma_{\lim}$ คือ พิกัดความเค้นขึ้นอยู่กับลักษณะการรับแรง

2.2.4 การออกแบบสายพานส่งกำลัง

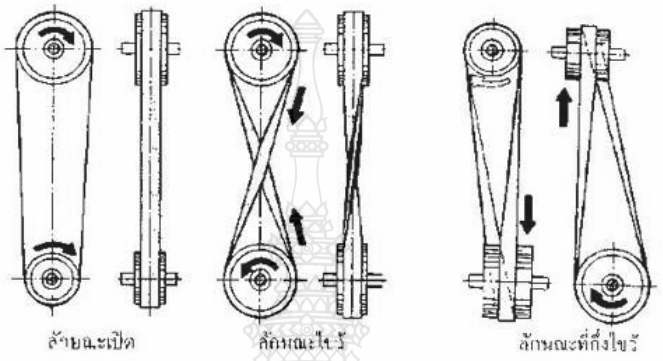
สายพานเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งของเครื่องจักรกล ที่ใช้ส่งกำลังจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่งลักษณะเดียวกันกับเฟืองหลัก โดยสายพานจะประกอบด้วย ตัวขับเคลื่อน และตัวตาม เพื่อให้มีการโอบของสายพานเพิ่มมากขึ้นดังรูปที่ 2.25 ยิ่งทำให้การส่งกำลังได้มากขึ้น [19]



รูปที่ 2.25 การใช้สายพานเพื่อให้อุปกรณ์ตึง [19]

สายพานแบ่งออกตามลักษณะที่ส่งกำลำด้วยแรงได้ดังนี้

1.) สายพานแบน มีลักษณะของสายพานคล้ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า นิยมใช้ในการส่งกำลังจากพลูเลย์ขับไปยังพลูเลย์ตาม นำไปใช้งานในลักษณะไขว้หรือกึ่งไขว้ได้ แต่การสึกหรอของสายพานในลักษณะแบบไขว้จะเกิดขึ้นได้ง่าย ดังรูปที่ 2.27



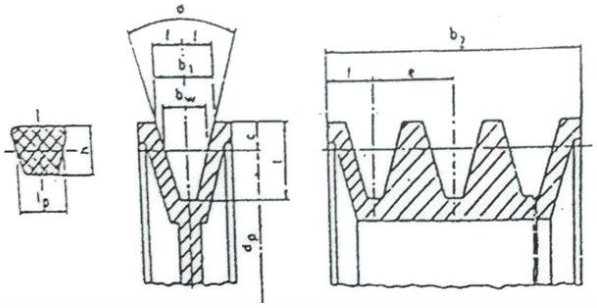
รูปที่ 2.26 การส่งกำลังของสายพานแบบไขว้ [19]

2.) สายพานลักษณะไขว้ เป็นการวางสายพานที่ทำเกิดอัตราทดเปลี่ยนไป ส่งผลให้ล้อสายพานจะหมุนในทิศทางตรงกันข้าม

3.) สายพานลักษณะกึ่งไขว้ ซึ่งจะวางในทิศทางตั้งฉากกันแต่มีทิศทางการหมุนเหมือนกัน ส่งผลให้การหมุนของสายพานบนล้อมีความมั่นคง จะกำหนดให้ความกว้างสายพานขับใหญ่กว่าประมาณ 1/4 และให้ล้อสายพานตามใหญ่กว่าประมาณ 1/3 เท่าของล้อแบบลักษณะเปิด

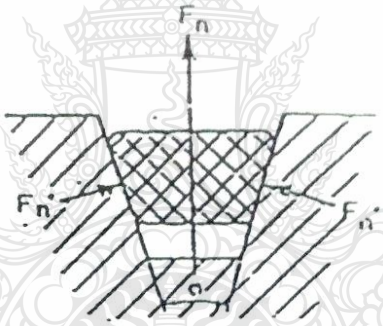
4.) สายพานสิ่งทอ จะผลิตจากเส้นใยของโพลิเอสเตอร์ ข้อดีของสายพานชนิดนี้เวลาใช้งานจะมีเสียงเบา และไม่มีการสั่นสะเทือน จึงเหมาะกับเครื่องเจีย และความเร็วสูงสำหรับล้อสายพานขนาดเล็ก

ขนาดของสายพานและล้อสายพานลักษณะจะมีหน้าต้องเป็นรูปลิ่ม การกำหนดขนาดจะกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์และความหนาสายพานใช้อักษรแทน ซึ่งสายพานลิ่มแบบธรรมดา จะมีขนาดดังนี้ คือ Y, Z, A, B, C และขนาด E



รูปที่ 2.27 แสดงหน้าตัดของสายพานลิ่มล้อสายพาน [19]

ซึ่งการขับด้วยสายพานลิ่มจะมีแรงปฏิกิริยาแนวตั้งฉากระหว่างผลสัมผัสของล้อสายพานกับร่องสายพานซึ่งจากสมการ $fF_N = dF$ ของสายพาน



รูปที่ 2.28 แสดงแรงบนสายพานลิ่ม [19]

สายพานลิ่ม

$$2fF_N = dF \tag{2.23}$$

แรงปฏิกิริยารวมของแรง F_N ทั้งสองแรงคือ

$$F_N = \frac{2F_n Sin\alpha}{2} \text{ หรือ } F_N = \frac{F_n}{2} x \frac{Sin\alpha}{2} \tag{2.24}$$

กำลังที่ส่งต่อสายพานลิ่มหาค่าได้จาก

$$W_p = Z(F_1 - F_2)V \quad (2.25)$$

โดยที่ V = ความเร็วสายพาน

Z = จำนวนสายพาน

ความยาวพิตช์ของสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57\left(D_P - d_p\right) + \frac{(D_P - d_p)}{4C} \quad (2.26)$$

เมื่อ L_p = ความยาวพิตช์

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายใหญ่

D_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานใหญ่

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก

ต้องการทราบความยาวพิตช์ โดยการหาระยะเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยใช้สมการ

$$C = P + (P^2 - q)^{\frac{1}{2}} \quad (2.27)$$

โดยที่

$$P = 0.25L_p - \left(D_P - d_p\right) \quad (2.28)$$

ซึ่งการทำให้แรงดึงในสายพานในขั้นต้น จะทำให้สายพานขับมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ได้จากสมการ

$$F = F_1 - F_2$$

$$F_w = F_1 - F_2 \quad (2.29)$$

แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักของสายพาน

$$F_c = \frac{WAV^2}{g} \tag{2.30}$$

แรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีจากศูนย์กลาง คือ

$$F_R = \frac{2ZF_c Sic\alpha}{2} \tag{2.31}$$

โดยที่ Z = จำนวนสายพาน

สมการการรวมแรงดึงในแนวแกน ขณะส่งกำลังกับแรงเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง เพื่อหาแรงดึงได้

$$F_1 = F_W - F_R \tag{2.32}$$

ในทางปฏิบัติการค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_W = \frac{K_1 F\, Sic\alpha}{2} \tag{2.33}$$

ค่า K_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงาน

ในกรณีที่ขับโดยไม่มีอุปกรณ์ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา ก็จำเป็นต้องเอาแรงศูนย์กลางมาคิด จากสมการ

$$F_R = \frac{2ZF_c Sic\alpha}{2} \tag{2.34}$$

$$\text{หรือ} \quad F = \frac{2K_2 V^2 Sic\alpha}{2} \tag{2.35}$$

ดังนั้นแรงดึงในสายพานขั้นต้นจึงเท่ากับ

$$F_1 = \frac{(K_1 F_1 \div ZK_2 V^2) Sic\alpha}{2} \tag{2.36}$$

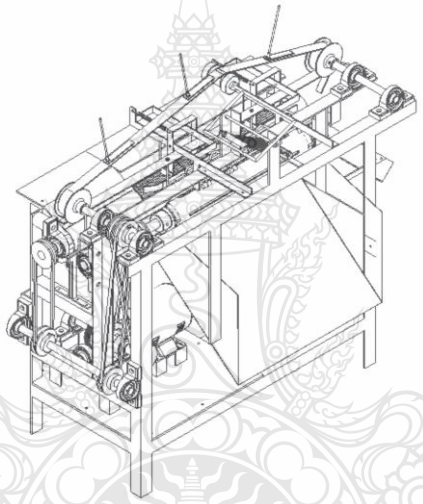
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึง งานวิจัยที่นำมาศึกษา เป็นต้นแบบในการสร้าง และพัฒนาเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง โดยได้นำทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้เพื่อทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง ส่งผลให้ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ประเสริฐ และคณะ [20] ได้พัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัว เพื่อใช้ในการแกะและคัดแยกดีบัวออกจากเมล็ดบัวได้สะดวกกว่าใช้แรงงานคน ประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง เพื่อขับชุดลูกกลิ้งในการผ่าเมล็ดบัว และชุดขนแปรงแยกดีบัวออก การทำงานของเครื่องคือ นำเมล็ดบัวใส่ลงทางช่องใส่เมล็ดบัว ลูกกลิ้งจะทำการผ่าเมล็ดบัวออกเป็น 2 ส่วน แต่ยังมีดีบัวติดอยู่ จากนั้นส่วนของเมล็ดบัวที่แกะแล้วจะไหลมาตามท่อลำเลียง และส่งต่อไปยังช่องแกะดีบัว แปรงขัดดีบัวจะทำการปั่นแยกดีบัวให้หลุดออกจากเมล็ดบัว จากนั้นดีบัวที่มีสภาพสมบูรณ์จะผ่านตะแกรงที่อยู่ด้านล่างออกมา ส่วนเมล็ดบัวที่สมบูรณ์จะถูกแยกไปอีกช่องทาง ผลจากการทดสอบของเครื่องแกะเมล็ดบัว จำนวน 1 กิโลกรัม จะได้ส่วนที่เป็นเมล็ดดี 71.66% เมล็ดที่แตกหัก 13.84% และเมล็ดที่ไม่ได้ขนาด 14.5% เครื่องสามารถคัดแยกดีบัวออกจากเมล็ดได้ 85% โดยเฉลี่ย อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของเครื่องที่ได้รับการพัฒนาแล้วเป็น 3.06 กิโลกรัม/ชั่วโมง

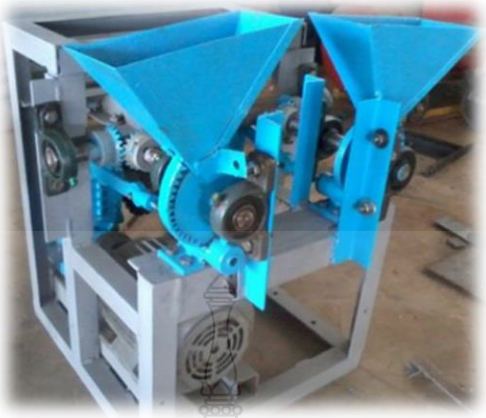
รูปที่ 2.29 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง [20]

ธวัชชัย และคณะ [21] ได้พัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง ทดสอบโดยใช้มันสำปะหลังที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 41-70 มิลลิเมตร ความยาว 120 มิลลิเมตร ความเร็วของใบมีด 4.5 เมตรต่อวินาที อัตราเร็วของลูกกลิ้งในการหมุนท่อนมัน 70 รอบต่อนาที และความเร็วเชิงเส้นของซี่ลำเลียง 0.22 เมตรต่อวินาที ได้ผลการทดสอบดังนี้ อัตราส่วนการได้เนื้อมัน 0.88 อัตราส่วนต่อการปอกเปลือกมัน0.86 จะสามารถปอกเปลือกท่อนมันได้ 224 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการปอกเปลือกท่อนมัน 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับวิธีปอกเปลือกท่อนมันสำปะหลังโดยใช้มีดปอกจากแรงงาคน พบว่าการใช้เครื่องได้สามารถปอกเปลือกท่อนมันได้มากว่าวิธีการใช้แรงงานคนประมาณ 7 เท่า



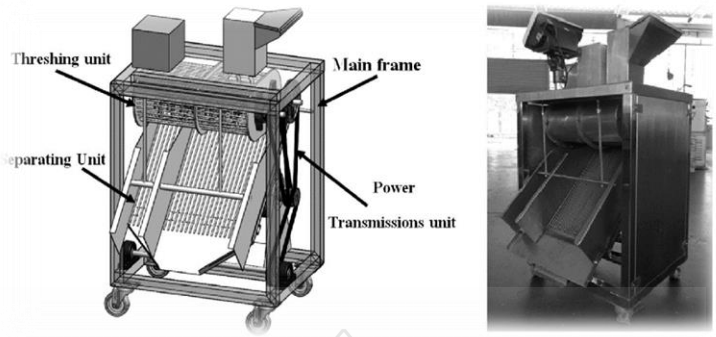
รูปที่ 2.30 การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง [21]

จตุรงค์ และคณะ [22] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด 2 ชุด ที่ติดตั้งใบมีดกะเทาะแบบทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 และ 11.5 mm ระบบส่งกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 hp เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องให้ผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดกะเทาะเมล็ดโดยจานป้อนเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ถูกกะเทาะเปลือกออกจะร่วงออกด้านหน้าของเครื่อง จากการทดสอบพบว่าเครื่องทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วการกระทุ้งของชุดกะเทาะ 13.3 mm/s มีมีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.52 kW-hr จากการวิเคราะห์พบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,200 ชม. มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 24 บาท/กก. สามารถคืนทุน 3 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 40 ชม./ปี เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน



รูปที่ 2.31 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง [22]

จตุรงค์ และคณะ [23] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงเพื่อเพิ่มผลผลิต และลดเวลาในขั้นตอนการแยกเมล็ดบัวหลวงออกจากฝัก เครื่องต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้างเครื่องชุดนวดเมล็ดบัวหลวง ชุดแยกเมล็ดบัวหลวง ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง ทำงานโดยป้อนฝักบัวลงในช่องป้อนทางด้านบนของเครื่อง ฝักบัวจะไหลเข้าสู่ชุดนวดเมล็ดบัวหลวง และถูกนวดโดยชุดลูกนวด ฝักบัวที่ผ่านการนวดจะทำให้เมล็ดบัวหลวงตกลอดผ่านตะแกรงนวดไปยังชุดแยกเมล็ดที่อยู่ด้านล่าง ส่วนของฝักบัว จะมีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงนวดจะถูกลำเลียงไปตามช่องลำเลียงของฝักบัวหลวงไปยังช่องทิ้งเปลือกทางด้านท้ายของชุดนวดเมล็ดบัวหลวง การทดสอบพบว่า เครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงสามารถทำงานได้มีความสามารถมากที่สุดในระยะห่างของฟันลูกนวด 15 มิลลิเมตร โดยที่ความเร็วรอบของชุดลูกนวด 300 รอบ/นาที ส่งผลให้เมล็ดบัวหลวงหลุดออกจากฝัก 77.7% เปอร์เซ็นต์ และมีความเสียหาย 3.7% สามารถนวดเมล็ดบัวหลวงออกจากฝักบัวได้ 10.1 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.45 กิโลวัตต์ชั่วโมง จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าใช้จ่าย 3.1 บาท/กิโลกรัม หากใช้เครื่องทำงาน 960 ชั่วโมง/ปี จะมีระยะเวลาคืนทุนในเวลา 3 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานของเกษตรกร



รูปที่ 2.32 เครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง [23]

มาสสุภา และคณะ [24] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงได้ถูกออกแบบ และสร้างขึ้นเพื่อลดเวลาและแรงงานในการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกร เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดใบมีดกรีด มีระบบส่งกำลังโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากป้อนเมล็ดบัวลงในช่องป้อนทางด้านบนของเครื่อง จากนั้นเมล็ดบัวจะถูกส่งเข้าไปแกะเปลือกในชุดมีดกรีดที่ใช้สำหรับกรีดโดยกลไก Scotch Yoke และร่วงสู่ด้านล่างของเครื่องซึ่งเป็นทางออก จากการทดสอบที่ความเร็วเฉลี่ยของชุดมีดใช้สำหรับกรีดที่ 7.5 8.5 และ 9.5 เมตรต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วเฉลี่ยของใบมีดกรีด 7.5 เมตรต่อนาที สามารถแกะเมล็ดบัวหลวงได้ 2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์ในการแกะเมล็ดบัวหลวง 79.8 เปอร์เซ็นต์ มีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และไม่พบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวงเลย เมื่อใช้เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 1,440 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะคืนทุน 11.4 เดือน และจุดคุ้มทุน 185.3 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการแกะด้วยแรงงานคน

รูปที่ 2.33 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง [24]

วิรัช และคณะ [25] ได้ออกแบบ และสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก ชุดโครงสร้าง ทำจากเหล็ก มีขนาด 56x57x85 ซม. (กว้างxยาวxสูง), ส่งกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ ส่งกำลังผ่านกำลังผ่านเกียร์ทดขนาด 60:1 โดยเฟืองโซ่เป็นตัวส่งถ่ายกำลัง และชุดเพลาปอก ขนาด Ø10 ซม. ยาว 45 ซม. ท่อเหล็กยึดติดด้วยเหล็กแหลมเพื่อเป็นตัวปลอกเปลือกมะพร้าว ในทดสอบจะแบ่งมะพร้าวเป็น 2 ขนาดคือ A และ B (A คือมะพร้าวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 20 ซม. และ B คือมะพร้าวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 20 ซม. ตามลำดับ) ในการทดสอบพบว่า มีการปอกเปลือกมะพร้าวมีค่าสูงสุด 140 และ 172 ผลต่อชั่วโมง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 97.39 และ 97.16เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน 1.68 และ1.57 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยให้เพลาปอกหมุนด้วยความเร็ว 30 และ35 รอบต่อนาที สำหรับการปลอกมะพร้าวขนาด A และB เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนทำให้เห็นว่า เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวมีความสามารถในการปอกมะพร้าวได้มากกว่าแรงงานคน ประมาณ 2.5 เท่า เมื่อเพลาปอกหมุนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที

รูปที่ 2.34 การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว [25]

เพทาย และคณะ [7] มทร.ธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ได้ออกแบบ และพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง เครื่องจะประกอบด้วย ชุดใบมีดกรีด ชุดสายพานลำเลียง ระบบส่งกำลัง และมอเตอร์ไฟฟ้า 0.25 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยเครื่องเริ่มทำงานจากการป้อนเม็ดบัวหลวงลงในช่องป้อน จากนั้นสายพานจะลำเลียงเม็ดบัวหลวงให้หมุนผ่านชุดใบมีด และร่วงสู่ช่องทางออก จากการทดลองพบว่าเครื่องแกะเม็ดบัวหลวงต้นแบบจะทำการผ่าเมล็ดบัวหลวงได้ดีในอัตราการลำเลียงของชุดสายพาน ลำเลียงที่ 4 เมตรต่อวินาที สามารถทำงานได้ 4.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในการแกะเม็ดบัว 71.4 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเม็ดบัว 3.9

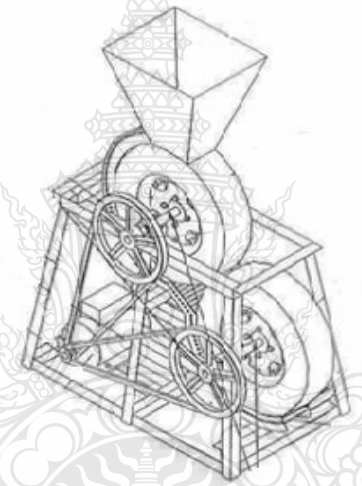
เปอร์เซ็นต์ มีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 5.8 วัตต์-ชั่วโมง จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องแกะเม็ดบัวหลวง 2,400 ชั่วโมงต่อปี และมีระยะการคืนทุนอยู่ที่ 0.11 ปี

รูปที่ 2.35 การออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง [7]

สนอง [26] ได้ทดสอบ และพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมียได้ทำการออกแบบและพัฒนาชุดกะเทาะเปลือกเขียว ประกอบด้วยชุดเกลียวกะเทาะ และชุดแผ่นกดอัดเมล็ด โดยตัวเกลียวกะเทาะมีระยะพิทช์ 68 มม. โดยมีความยาวของตัวเกลียวกะเทาะยาว 1,150 มม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม. ความเร็วรอบ 330 รอบ/นาที โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ส่วนชุดแผ่นกดอัดเมล็ดมีจำนวน 4 ชุด วางอยู่ด้านบนของชุดเกลียวกะเทาะทำจากเหล็กแบนขนาดกว้าง×ยาว×หนา เท่ากับ 36×195×6 มม. ผลการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 618.10 กก./ชม. จากการทดสอบพบว่าสามารถกะเทาะหมด 99.50% กะเทาะไม่หมด 0.5%

รูปที่ 2.36 ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย [26]

สุทธิพร [27] ได้พัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมากแห้งโดยมีการออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินผลเครื่องปอกเปลือกหมากแห้งต้นแบบ จากวิจัยพบว่า การทำงานที่เหมาะสมของเครื่องคือใช้แรงดัน 138 กิโลพาสคาล ความเร็วรอบหมุนของล้อยางที่ 440 รอบต่อนาที และช่องว่างของตะแกรงกับล้อยางมีขนาด 15 มิลลิเมตร, ผลหมากแห้งที่เหมาะสมในการปอกเปลือกจะต้องความชื้นอยู่ที่ 6.31% มาตรฐานเปียก ประสิทธิในการทำงานของเครื่อง มีความสามารถในปอกเปลือกผลหมากแห้งแบบคละขนาดได้เมล็ดหมากเต็ม 64.4% เมล็ดหมากที่แตก 15.2% และผลหมากแห้งที่ไม่สามารถปอกออก 20.5% ที่ประสิทธิภาพการผลิต 76.9%



รูปที่ 2.37 พัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมากแห้ง [27]

สาทิป และคณะ [28] ได้พัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เพื่อนำเมล็ดมะรุมที่ได้ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากเมล็ดมะรุม เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมได้รับการออกแบบให้สามารถป้อนเมล็ดมะรุมผ่านช่องป้อนได้อย่างต่อเนื่อง จากการทำงานของเครื่องโดยการปรับมุมของใบพัดในชุดกะเทาะเปลือกที่ 45 70 และ 90 องศา และความเร็วรอบจานเหวี่ยงในกะเทาะเปลือก 4,200 รอบ/นาที ในการทดสอบพบว่าการกะเทาะเปลือกด้วยใบพัดทำที่มุม 45 องศาให้ผลการกะเทาะดีที่สุดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 58% สามารถการกะเทาะเปลือกได้ 19 กก./ชม. และค่าใช้จ่ายในการกะเทาะเปลือกเป็น 2.43 บาทต่อกิโลกรัม จากการใช้เครื่องกะเทาะมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการใช้แรงคนเป็น 12.35 เท่า

รูปที่ 2.38 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม [28]

กิตติพงษ์ [29] ได้พัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน หลักการทำงานโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านล้อสายพาน ความเร็วรอบอยู่ที่ 2,100 รอบต่อนาที ไปขับเพลาที่ยึดชุดเหวี่ยงเมล็ด เมื่อป้อนเมล็ดทานตะวันใส่ในกรวยรับเมล็ด เครื่องจะทำการกะเทาะเมล็ดโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หลังจากผ่านการกะเทาะเมล็ด เมล็ดทั้งหมดจะตกผ่านรูตะแกรงคัดเมล็ด ซึ่งชุดตะแกรงคัดแยกเมล็ดประกอบด้วยตะแกรง 3 ชั้น ขนาดรูตะแกรงชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่างสุดเป็น 6, 4.8 และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากนั้นเมล็ดทานตะวันก็จะตกลงถาดรองรับตามขนาดของเมล็ดที่สามารถผ่านตะแกรงได้ จากการทดสอบพบว่าเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันมีอัตราการป้อนเมล็ดทานตะวันเฉลี่ย 136.98 กิโลกรัมแรงต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะคือ 96.50 % และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก 20.59 % โดยความเร็วรอบของชุดเหวี่ยงอยู่ที่ 2,100 รอบต่อนาที และมีความเร็วรอบในการคัดแยกเมล็ดอยู่ 300 รอบต่อนาที สามารถคัดแยกเมล็ดทานตะวันได้ 124.29 กิโลกรัมแรงต่อชั่วโมง

รูปที่ 2.39 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน [29]

สิงห์คานและคณะ [30] มทร.ล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ จากการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมียที่โดยใช้เมล็ดแมคคาเดเมีย 2 ขนาดคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 – 24 มม. และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 – 29 มม. จากการทดสอบพบว่าเมื่อใช้เครื่องที่สร้างขึ้นนี้กะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมียสามารถกะเทาะเปลือกกะลาแตกได้จริงโดยการกะเทาะเมล็ดขนาดกลางจะใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสมอยู่ที่ 3,750 รอบต่อนาที ได้เมล็ดที่มีลักษณะสมบูรณ์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ที่ 30.8 % และ มีเมล็ดที่ไม่แตก 0.16 % และกะเทาะเมล็ดขนาดใหญ่ใช้ความเร็วรอบอยู่ที่ 3,600 รอบต่อนาที ได้เมล็ดที่มีลักษณะสมบูรณ์คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ที่ 27.6 % และ มีเมล็ดที่ไม่แตก 1.2 % มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องต้นแบบราคาประมาณ 20,000 บาท (สองหมื่นบาท) ต่อเครื่องซึ่งถูกว่าการซื้อจากต่างประเทศประมาณ 5 เท่าตัว

รูปที่ 2.40 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย [30]

พัฒน์พงษ์ และคณะ [31] ได้ออกแบบ และสร้างเครื่องแกะเมล็ดมะขามสุกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยตัวเครื่องประกอบด้วยชุดลูกหนีบสองลูก มีความเร็วรอบที่แตกต่างกันเพื่อทำให้เกิดแรงเฉือนที่สามารถบีบเนื้อมะขาม และเมล็ดหลุดออกจากกันได้ ในการทดสอบเครื่องแกะมะขาม โดยจะอบมะขามให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิต่าง 60, 70 และ80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบมะขามให้แห้งที่ 1, 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ จากการทดสอบพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการอบมะขามให้แห้งคือ อุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบมะขามให้แห้งที่ 2 ชั่วโมง และใช้ความเร็วรอบของลูกหนีบเนื้อมะขามและเมล็ดให้แยกออกจากกันที่ความเร็วรอบ 772 และ 338 รอบต่อนาที โดยแยกได้เนื้อมะขามได้ 4.17 กิโลกรัม และแยกเมล็ดได้ 2.01 กิโลกรัมและมีการสูญเสีย 0.82 กิโลกรัม

รูปที่ 2.41 การออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดมะขามสุก [31]

วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ [32] ได้สร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้ง จากการเก็บข้อมูลพบว่า หากใช้เวลาในการทดสอบการกะเทาะเมล็ดบัวแห้ง 10 นาที เครื่องจะสามารถกะเมาะได้ 28 เมล็ด เมื่อเปรียบเทียบกับการกะเทาะด้วยการใช้แรงงานคน จะสามารถกะเทาะได้ 18 เมล็ด จากการกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวแห้งมีความสามรถกะเทาะได้เป็น 2 เท่า ของการระกะเทาะด้วยแรงงานคน จากการคำนวณในการลงทุนพบว่า เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวแห้งสามารถคืนทุนภายในระยะเวลา 150 วัน หากให้เครื่องทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน และเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวแห้งสามารถกะเทาะเมล็ดบัวได้เป็น 2 เท่า ของการกะเทาะเมล็ดบัวแห้งด้วยแรงงานคน

รูปที่ 2.42 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้งของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ [32]

พุธวงค์ นาทองและคณะ [33] มทร.ธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรผู้ออกแบบสร้างเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบ มีหลักการทำงานของเครื่องดังนี้ ต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ใช้ระบบส่งกำลังด้วยโซ่ ในการทำงานของชุดหัวเจาะที่กดดอกกระเจี๊ยบแดง จะกดที่ดอกกระเจี๊ยบแดง และจะกดหัวเจาะลงก็ต่อเมื่อชุดลำเลียงหมุนดอกกระเจี๊ยบให้คว่ำลง หัวเจาะจะกดเมล็ดและกลับเลี้ยงให้หลุดออก จากการทดสอบพบว่าในการทำงานที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที มีความเหมาะสมให้การทำงานเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากอัตราการทำงานอยู่ที่ 18.08 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 86.1 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.5 kW-h

รูปที่ 2.43 การออกแบบสร้างเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบ [33]

จิรายุทธ และคณะ [34] จากการศึกษา และเก็บข้อมูลการปอกสับปะรด และหั่นแว่นโดยใช้คนปอกสับปะรดทั้ง 2 แบบ สำหรับการใช้แรงงานคนปอกสับปะรดจะขึ้นอยู่การชำนาญของแต่ละบุคคล ถ้าบุคคลนั้นไม่เคยปอกสับปะรดมาก่อนเลยจะใช้เวลามากกว่า ส่งผลให้เครื่องปอกสับปะรด และหั่นแว่นจะใช้เวลาที่น้อยกว่ามาก จากการทดสอบพบว่าแต่ละบุคคลจะใช้เวลาไม่เกิน 1.30 ต่อลูก และการหั่นแว่นจะขึ้นอยู่กับการขนาด 10 มิลลิเมตร. หรือ 5 มิลลิเมตร. ถ้าหั่นขนาด 10 มิลลิเมตร. จะใช้เวลาไม่ถึง 1นาที 5 มิลลิเมตร จะใช้เวลาอยู่ประมาณ 1 นาทีถึง 1.30 นาที

รูปที่ 2.44 การทดลองเครื่องปอกสับปะรดและหั่นแว่น [34]

กิตติพงษ์ และคณะ [35] ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกหน่อไม้ ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบขนาดเล็ก โดยมีการศึกษารายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับลักษณะต่างๆของหน่อไม้ จากนั้นทำการออกแบบและสร้างเครื่องปกหน่อไม้ให้เป็นไปตามหลักการของออกแบบเครื่องจักรกลทางการเกษตร และได้มีการทดสอบเครื่องโดยนำหน่อไม้ที่มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 10-20 นิ้ว ทำการปอกด้วยเครื่องปอกหน่อไม้ ผลการทดสอบพบว่าเครื่องปอกหน่อไม้ สามารถปอกหน่อไม้โดยใช้เวลาเฉลี่ย 57.8 วินาที ซึ่งเร็วกว่าแรงงานคนปอก และมีประสิทธิภาพในการปอกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 80 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 2.45 การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกหน่อไม้ [35]

ฐนัทธ์ และคณะ [36] ได้ออกแบบ และสร้างเครื่องปอกเปลือกกระเทียมจีน โดยใช้หลักการของการเสียดสีระหว่างแผ่นยาง 2 แผ่น มาประยุกต์ใช้ร่วมกับกลไกการเคลื่อนที่ และใช้สายพานลำเลียงเป็นกลไกในการเคลื่อนที่ให้แผ่นยางทั้งสองแผ่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตรงกันข้าม จากผลการทดลองความเร็วรอบที่เหมาะสมในการปอกเปลือกกระเทียมจีนอยู่ที่ 72 รอบต่อนาที และชุดสายพานลำเลียงหมุนด้วยความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที หากเป็นการปอกเปลือกกระเทียมจีนเกรด A ระยะห่างระหว่างแผ่นยาง 2 แผ่น และชุดสายพานลำเลียงที่เหมาะสมอยู่ที่ 12 มิลลิเมตร สามารถปอกเปลือกกระเทียมจีนออกจากเปลือกได้ 75% ของปริมาณกลีบกระเทียมที่ป้อนเข้าเครื่อง ส่วนการปอกเปลือกกระเทียมจีนเกรด B ระยะห่างระหว่างแผ่นยาง 2 แผ่น และชุดสายพานลำเลียงที่เหมาะสมอยู่ที่ระยะห่าง 6 มิลลิเมตร สามารถปอกกระเทียมจีนออกจากเปลือกได้ 72 % ของปริมาณกลีบกระเทียมที่ป้อนเข้าเครื่อง

รูปที่ 2.46 เครื่องปอกเปลือกกระเทียมจีน [36]

Adetoro [37] ออกแบบ ประดิษฐ์ และทดสอบเครื่องปอกเปลือกมันเทศ เนื่องจากการปอกเปลือกมันเทศในปัจจุบันใช้เวลานาน และเกิดความสูญสียมาก ออกแบบโดยใช้แปรงในการขัดปอกเปลือก จากทดสอบสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 20 และ 50 รอบต่อนาที พบว่าความสามารถในการทำงานของเครื่องคิดเป็น 80 และ 95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของเครื่องขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ ลักษณะรูปร่างของมันเทศ และขนาดของมันเทศ ในการทดสอบพบการสูญเสียจากการปอกของเครื่อง 3.9 เปอร์เซ็นต์ อัตราการปอกเฉลี่ย 0.0108 กิโลกรัมต่อวินาที

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ผ่านมา ได้นำทฤษฎีต่างๆ มาใช้ในการออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

1) วัสดุโครงสร้าง

1. มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 0.5 แรงม้า
2. สายพาน
3. แผ่นสเตนเลส
4. เกียร์ทด 1:50
5. พูเล่ย์

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ

1. ตู้เชื่อมไฟฟ้า
2. เครื่องตัดเหล็ก
3. เครื่องกลึง
4. สว่าน

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ถาด
2. เครื่องชั่งดิจิตอล
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เมล็ดบัวหลวง
5. เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง
6. เครื่องมือวัดความเร็วรอบมอเตอร์

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. การศึกษารวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและพัฒนา
2. การออกแบบและสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง
3. การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบ
4. การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

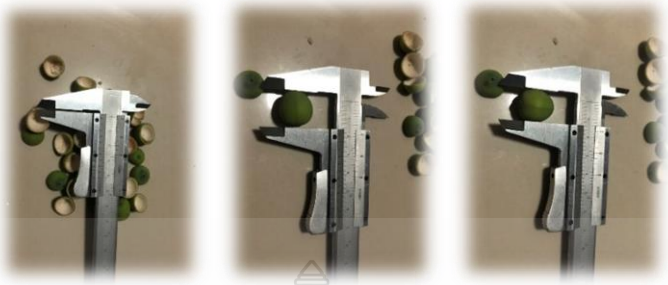
3.2.1 การศึกษารวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

1) การศึกษาปัญหาและวิธีการแกะเมล็ดบัวหลวง ของเกษตรกร เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและวิธีการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกรดังรูปที่ 3.1 รวมถึงหาข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงกับเกษตรกร และวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

2) การศึกษาลักษณะกายภาพของเมล็ดบัวหลวง เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของเมล็ดบัวหลวงดังรูปที่ 3.2 โดยการวัดเมล็ดบัวหลวงด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ของเมล็ดบัวหลวง และความหนาของเปลือกเมล็ดบัวสำหรับเป็นข้อมูลในการออกแบบ ชุดใบมีด ระบบลำเลียง และระยะในการตั้งชุดใบมีด

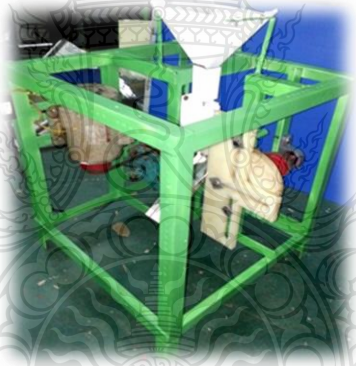
จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของเมล็ดบัวหลวงข้างต้น นำไปสู่การออกแบบการวางของใบมีดที่ใช้ในการแกะเมล็ดบัวหลวง โดยจะเลียนแบบการทำงานของเกษตรกร และนำข้อมูลทั่วไปของเมล็ดบัวมาใช้ในการออกแบบชุดใบมีดในการทำงาน

รูปที่ 3.1 การแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงด้วยแรงงานคน



รูปที่ 3.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

3) การศึกษาข้อบกพร่องของการทำงานเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงแบบเก่า



รูปที่ 3.3 การออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง [24]

จากข้อมูลข้างต้นได้ดำเนินการออกแบบเพื่อพัฒนาเครื่องใหม่[24] วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น เปอร์เซ็นต์ในการแกะมากขึ้น มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายน้อยลง เครื่องประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดใบมีดกรีด กลไก Scotch Yoke และระบบส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่องเก่าเริ่มจากป้อนเมล็ดบัวลงในช่องป้อนทางด้านบนของเครื่อง เมล็ดบัวจะถูกลำเลียงเข้าไปในชุดมีดโดยกลไก Scotch Yoke และร่วงลงสู่ช่องทางออกด้านล่างของเครื่อง ผลทดสอบที่ความเร็วเฉลี่ยของชุดมีดกรีดที่ 7.5, 8.5 และ 9.5 เมตรต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงเก่าสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วเฉลี่ย 7.5 เมตรต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ในการแกะ เมล็ดบัว 79.8

เปอร์เซ็นต์ การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และไม่มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย และได้นำหลักการของเครื่องไปออกแบบเครื่องสำหรับพัฒนาต่อไป

รูปที่ 3.4 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง [30]

ได้พัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัว เพื่อช่วยในการแกะและคัดแยกดีบัวออกจากเมล็ดบัวได้สะดวกกว่าใช้แรงงานคน ประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ในกราขับชุดลูกกลิ้งขบและชุดขนแปรงขัดดีบัว โดยป้อนเมล็ดบัวในช่องป้อนด้านบน ลูกกลิ้งแกะจะทำการแกะเมล็ดบัวให้แยกออกเป็น 2 ส่วน และยังมีดีบัวติดอยู่ เมล็ดบัวที่ผ่านการแกะแล้วจะไหลมาตามท่อลำเลียง เพื่อจะส่งต่อไปยังชุดแกะดีบัว เมื่อเมล็ดบัวเข้ามาสู่ชุดแกะดีบัว แปรงขัดดีบัวจะทำการปั่นแยกดีบัวให้หลุดออกจากเมล็ดบัว จากนั้นเมล็ดบัวและดีบัวที่แตกหรือขนาดเล็กจะรอดผ่านรูตะแกรงที่อยู่ด้านล่างชุดแกะดีบัวออกมา ส่วนเมล็ดบัวที่ต้องการจะแยกออกไปยังทางออก ผลการทดสอบของเครื่องแกะเมล็ดบัวจำนวน 1 กิโลกรัม จะได้ส่วนที่เป็นเมล็ดดี 71.66% เมล็ดที่แตกหัก 13.84% และเมล็ดที่ไม่ได้ขนาด 14.5% เครื่องสามารถคัดแยกดีบัวออกจากเมล็ดได้ 85% โดยเฉลี่ย ประสิทธิภาพของเครื่องเป็น 3.06 กิโลกรัม/ชั่วโมง

3.2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

จากการศึกษารวบรวมข้อมูลที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงขึ้น

1) หลักการในการออกแบบ

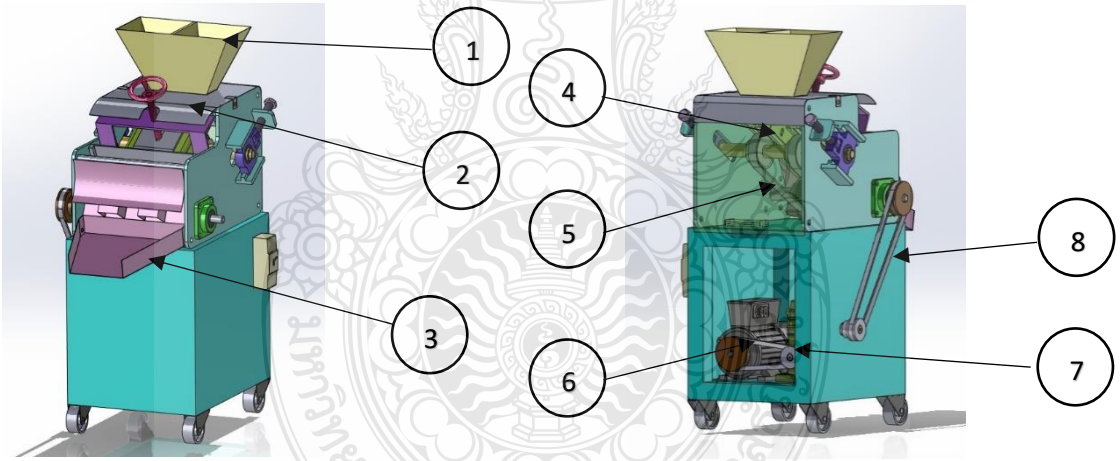
- เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง โดยการลำเลียงเมล็ดบัวจากช่องป้อนด้านบนผ่านสายพานลำเลียงเข้าสู่ชุดใบมีดทั้ง 2 ชุด ซึ่งภายในมีใบมีดติดอยู่

- การบำรุงรักษาและสามารถถอดทำความสะอาดง่าย

- ใช้แรงงาน 1 คน

2) รายละเอียดในการออกแบบ

ในการพัฒนาออกแบบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงได้ออกแบบมาให้มีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดใบมีด ชุดลำเลียงเมล็ด และระบบถ่ายทอดกำลัง



รูปที่ 3.5 ออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรม Solid Work

1) ช่องป้อนเมล็ด

2) ชุดปรับแรงกดใบมีดกรีด

3) ทางออกเมล็ด

4) ชุดใบมีดกรีด

5) ชุดสายพานลำเลียงเมล็ด

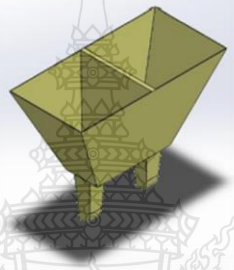
6) มอเตอร์ไฟฟ้า 0.5 แรงม้า

7) เกียร์ทดรอบ 1: 50

8) สายพานส่งกำลัง

โดยแต่ละส่วนมีการสร้างดังนี้

- ช่องใส่เมล็ดบัวทำจากสแตนเลสหนา 1 มิลลิเมตรโดยมีขนาด 14×28×22 เซนติเมตรและแบ่งออกเป็น 2 ช่อง เพื่อป้อนเมล็ดบัวได้ครั้งละมากๆ ต่อการป้อนเมล็ดบัว 1 ครั้ง ช่องป้อนเมล็ดบัวจะมีหน้าที่ป้อนเมล็ดบัวไปยังสายพานลำเลียงเพื่อเข้าสู่ชุดใบมีด

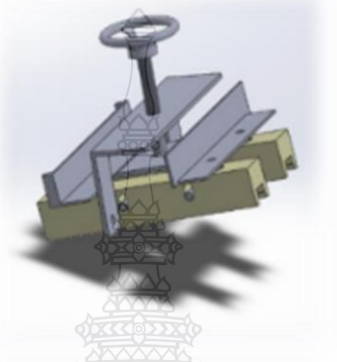


รูปที่ 3.6 ช่องป้อนเมล็ด

- ชุดสายพานลำเลียงเมล็ด ส่วนประกอบหลักคือเฟืองสายพานร่องและเฟืองสายพานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร รูเพลากลาง 18 มิลลิเมตร มีทั้งหมด2ชุด เพื่อเพิ่มปริมาณการแกะได้มากยิ่งขึ้นทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดเข้าสู่ชุดป้อมจับใบมีด

รูปที่ 3.7 ชุดสายพานลำเลียง

- ชุดป้อมใบมีดสำหรับแกะเมล็ดใช้ใบมีดคัตเตอร์ 30°ขนาด18 มิลลิเมตร ยึดติดกับพลาสติกที่นำมาทำเป็นฐานสำหรับรองรับใบมีดติดตั้งสปริงเข้าที่ส่วนบนของพลาสติก ทำให้สามารถแกะเปลือกเมล็ดบัวได้หลายขนาดและติดตั้งตัวปรับระยะห่างของใบมีดกับสายพานทำให้การลำเลียงเมล็ดผ่านป้อมใบมีดไม่มีการหลุดออกจากป้อมใบมีด



รูปที่ 3.8 ชุดใบมีดเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

- ชุดระบบส่งกำลังและถ่ายทอดกำลัง ใช้มอเตอร์ขนาด0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังถ่ายทอดกำลังไปยังเกียร์ทด1:50 เพื่อให้ได้ค่าความเร็วที่เหมาะสมในการแกะ และ ส่งกำลังไปยังมู่เล่ย์และสายพาน

รูปที่ 3.9 ระบบส่งกำลัง

3) หลักการทำงานของเครื่อง

การทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่พัฒนาขึ้นใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 Hp ส่งถ่ายกำลังมายังเกียร์ทด 1:50 รอบต่อนาทีเพื่อลดความเร็วรอบที่เหมาะสมในการใช้งานและถ่ายทอดกำลังไปยังชุดลำเลียงเมล็ด การใช้งานโดยป้อมเมล็ดบัวหลวงทางด้านบนของช่องป้อมเมล็ดเมล็ดไหลไปยังชุดลำเลียงเมล็ดผ่านชุดใบมีดกรีดแล้วไหลผ่านมายังช่องทางออกเมล็ดผ่านไปยังชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ดเพื่อทำการคัดแยกเปลือกและเมล็ดออกจากัน

4) การสร้างเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ณ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี

3.3 วิธีการทดสอบและประเมินผล

การทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ประสิทธิภาพในการทำงาน เปอร์เซ็นต์แกะเมล็ดบัวหลวง เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ตัวแปรที่นำมาใช้ในการทดสอบ คือ วัสดุของใบมีด (มีดคัตเตอร์ 30°และมีดสเตนเลส 30°) ความเร็วรอบขงมอเตอร์เฉลี่ย 1200,1400 และ 1600 รอบต่อนาที

3.3.1 การทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

ก) เตรียมเมล็ดบัวหลวงเพื่อนำมาทดสอบทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนัก เมล็ดบัวหลวง

2. เมื่อได้เมล็ดบัวหลวงที่ต้องการทดสอบแล้ว ก็นำมาแยกตามส่วนเพื่อทำการทดสอบในแต่ละตัวแปรข้างต้น

ข) การทดสอบเพื่อหาความสามารถในการทำงานของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงที่ แต่ละความเร็วรอบของมอเตอร์

1. เตรียมเมล็ดบัว 9 ถาด ถาดละ 500 กรัม

2. เปิดการทำงานเครื่องแกะเมล็ดบัว โดยปรับความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์ 1200 รอบต่อนาที

3. เริ่มป้อนเมล็ดบัวเข้าสู่เครื่องแกะเมล็ดบัว และจับเวลาตั้งแต่เริ่มป้อนจนเสร็จสิ้นการแกะเมล็ดบัวหลวง และบันทึกผล

4. ทำการแยกเมล็ดบัวหลวงที่แกะออกมาแล้วสมบูรณ์และที่แกะไม่สมบูรณ์ออกมาและเมล็ดที่ได้รับความเสียหายจากการแกะ บันทึกผล

5. บันทึกผลของกระแสไฟฟ้าและ แรงดันไฟฟ้า

6. ทำซ้ำ 3 ซ้ำ ข้อที่ 1-5

7. ทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1400 และ 1600 รอบต่อนาที ตามลำดับ

8. ทำการทดสอบซ้ำตามข้อที่ 2-6

9. ทำการทดสอบโดยใช้ใบมีดสเตนเลส โดยทำซ้ำข้อ 1-8

ค) ค่าชี้ผลการศึกษา

1) ความสามารถในการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

การหาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ได้จากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่แกะเปลือกได้ทั้งหมด(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)ต่อเวลาในการทำงานทั้งหมด

$$\text{ความสามารถในการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่แกะเปลือกได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด}} \qquad (3.1)$$

2) เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง (%)

การหาเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวงของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ได้จากการนำน้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่แกะเปลือกได้ทั้งหมดต่อน้ำหนักของเมล็ดบัวที่ชั่งทั้งหมด

$$\text{เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง} = \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่แกะเปลือกได้}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.2)$$

3) เปอร์เซ็นต์การเสียหาย (%)

การหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากผลของการแกะเมล็ดบัวหลวงของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ได้จากน้ำหนักเมล็ดบัวที่เสียหายทั้งหมด(เมล็ดที่แตกไม่เป็นลูก)ต่อน้ำหนักของเมล็ดบัวทั้งหมด

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเสียหายของเมล็ด} = \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวที่เสียหาย}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.3)$$

4) อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

คำนวณอัตรากาสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า} = \frac{IVt}{1000} \qquad (3.4)$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)

3.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ก) จากการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย ในการทำงานของเครื่อง อาศัยแนวคิดการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม เกี่ยวกับต้นทุนในการใช้ เครื่อง โดยพิจารณาจากเกษตรกรซื้อเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่ง ค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง เมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องแกะเมล็ดบัวได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของ เงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไป ตามปริมาณของการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในที่นี้จะไม่คิด ต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่า ค่าโรงเรือน ค่าภาษี ประกันภัยและค่าจ้างขนย้ายเครื่องแกะเมล็ดบัวไปทำงาน ตามสถานที่ต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตาม ปริมาณการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงออกจากฝัก ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานเพื่อทำร่วมกับเครื่อง ค่าบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า และค่าซ่อมแซม เป็นต้น

ข) การวิเคราะห์ระยะเวลาการคุ้มทุน (Pay-back period) เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนในการซื้อเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวแล้วจะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี

ค) การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break–even point) เป็นการเปรียบเทียบในการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง โดยใช้แรงงานคนกับ เครื่องต้นแบบว่าสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงได้ปริมาณเท่าไร

1. ค่าเสื่อมราคา (Depreciation)

$$D = \left(\frac{P-S}{L}\right) \tag{3.5}$$

เมื่อ

$D =$ ค่าเสื่อมราคา (Baht/yr)

P = ราคาเครื่องจักร (Baht)

s = มูลค่าซาก (Baht)

L = อายุการใช้งาน (year)

2. ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน

$$I = \frac{(P+S)}{2} i \quad (3.6)$$

เมื่อ

I = ค่าดอกเบี้ย (Baht/yr)

i = อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

3. ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay Back Period, PBP)

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไรเมื่อลงทุนในเครื่องจักรไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะเวลากี่ปี

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (3.7)$$

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (year)

p = ราคาเครื่องจักร (Baht)

R = กำไรสุทธิต่อปี (Baht/yr)

4. จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

การหาจุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องคือรายรับและรายจ่ายจากการใช้เครื่องมีค่าเท่ากัน หรือจุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลกำไร หาได้จากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่กับผลต่างระหว่างอัตราการรับจ้างและค่าใช้จ่ายผันแปร

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

เมื่อ

BEP = จุดคุ้มทุน (hr/yr)

F_C = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)

B = อัตราการรับจ้าง (Baht/hr)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

5. ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total Cost)

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องผลิตอาหารสัตว์แบบเม็ดได้แก่ผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร

$$TC = \frac{F_C}{X} + VC \tag{3.9}$$

เมื่อ

TC = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Baht/hr)

F_C = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht/yr)

X = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (hr)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht/hr)

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากวิธีการดำเนินงานวิจัย ได้ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4ขั้นตอน ประกอบด้วย

4.1. ผลการศึกษารวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนา

4.2. ผลการพัฒนาและสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

4.3. ผลการทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องพี่พัฒนาขึ้น

4.4. ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.1 ผลการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดบัว

4.1.1 ผลการรวบรวมศึกษาปัญหาและวิธีการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกร

1) แรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานใกล้เคียง หรือหมู่บ้านใกล้เคียง

2) ปริมาณการแกะเมล็ดบัวหลวงขึ้นอยู่กับความชำนาญของแรงงานในการแกะโดยทำงาน 4-8 ชั่วโมงต่อวัน

3) ปัญหาที่พบในขั้นตอนการแกะเมล็ดบัว

- มีความเหนื่อยล้า และอาจบาดเจ็บในการทำงาน เช่น อุบัติเหตุจากสิ่งมีคมบาด
- ขาดแคลนแรงงานในการทำงานในช่วงของผลผลิตมีปริมาณมาก

4) คุณลักษณะของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

- แกะเมล็ดบัวหลวงได้หลายขนาดและได้รวดเร็ว
- บำรุงรักษาง่าย
- มีความทนทานต่อการใช้งานและราคาไม่แพง
- ประหยัดเวลาการทำงาน

4.1.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัว

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัว

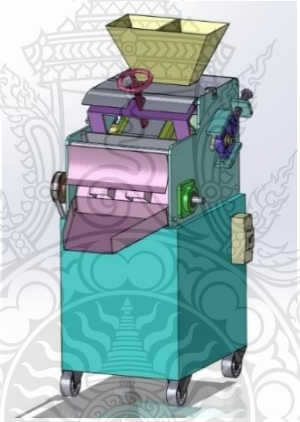
1. การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อทราบถึงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวเพื่อใช้ในการออกแบบชุดใบมีดแกะเมล็ดบัวหลวง จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัวหลวงมีค่าอยู่ที่ 14-17 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.5 มิลลิเมตร และความยาวของเมล็ดมีค่าอยู่ที่ 19-23 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 21 มิลลิเมตร

2. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัวที่ทำการวัดมาเป็นข้อมูลในการออกแบบชุดใบมีดแกะเมล็ดบัวหลวง และ ชุดสายพานลำเลียง

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัว

จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าเมล็ดบัวมีลักษณะวงรี โดยมีความยาวของเมล็ดบัวมีค่าอยู่ที่ 19-23 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัว ระหว่าง 14-17 มิลลิเมตร จากลักษณะดังกล่าวจึงออกแบบ ช่องใบมีดให้มีความกว้างกว่าเมล็ดบัว เมื่อป้อนเมล็ดบัวลงไปแล้ว เมล็ดเคลื่อนที่ไปยังชุดใบมีดกรีด ฉะนั้นการออกแบบ ตองมีชุดสปริงติดไว้ที่ชุดใบมีดกรีด เพื่อที่จะได้ให้ใบมีดกรีดเมล็ดบัวได้หลายขนาด ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ส่งกำลังไปยังเกียร์ทด 1:50 ในการทดสอบ ซึ่งเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ ชุดป้อนเมล็ด ชุดมีดกรีด ชุดสายพานลำเลียง และระบบส่งกำลัง

หลังจากได้คำนวณและออกแบบขนาดต่าง ๆ ของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแล้ว จึงได้ทำการเขียนแบบทางวิศวกรรม แสดงดังรูป 4.1 เมื่อดำเนินการเขียนแบบเสร็จสิ้น จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบตามแบบที่เขียนแบบไว้ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 เขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

รูปที่ 4.2 เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ที่ออกแบบและสร้างเสร็จ

รูปที่ 4.3 ชุดคัดแยกเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ออกแบบและสร้างเสร็จ

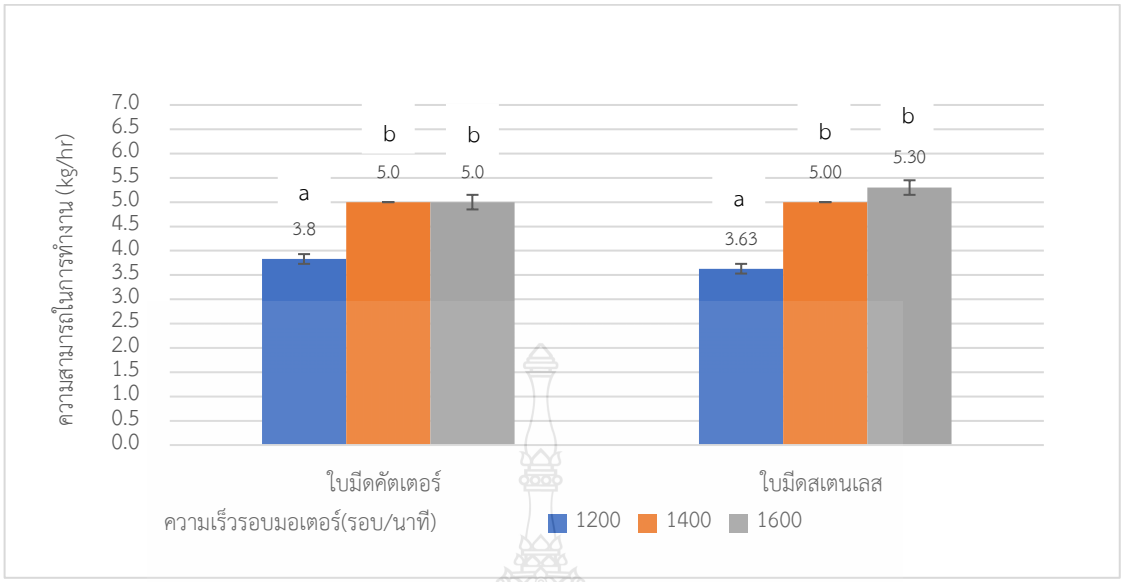
รูปที่ 4.4 เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงและชุดคัดแยกที่ออกแบบและสร้างเสร็จ

4.3 ผลการทดสอบเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

ผลการทดสอบการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ที่ความเร็วเฉลี่ยของมอเตอร์ที่ความเร็ว1,200 , 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที เพื่อหาความเร็วเฉลี่ยที่เหมาะสม นำมาค่าชี้ผลการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดได้ เปอร์เซ็นต์การเสียหาย และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและ วิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.3.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ ในช่วงความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,200 , 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที ตามลำดับ ความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงสด ทั้งการทดลองของใบมีดคัดเตอร์ และใบมีสแตนเลส พบว่ามีความสามารถในการทำงานในการทำงาน 3.8 ,4.9 และ 5.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ และการทำงานของชุดใบมีดกรีดแสตนเลส มีประสิทธิภาพในการทำงาน 3.6 ,4.9 และ 5.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังรูป 4.5

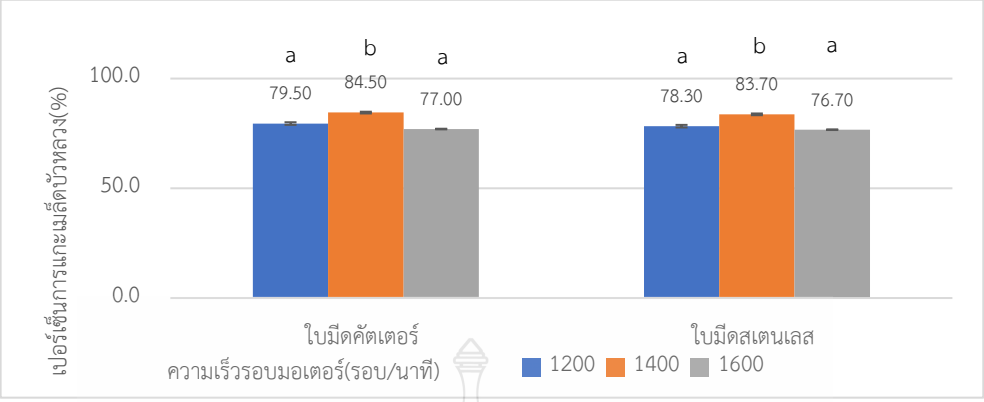


รูปที่ 4.5 ความสามารถในการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง
[abc]อักษร(a,b,c)ในแต่ละสภาวะการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการทดสอบทางสถิติจะพบว่า ใบมีดคัตเตอร์ และใบมีดสแตนเลส มีความแตกต่างทางสถิติที่ ($P<0.05$) ในความเร็วรอบ 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที

4.3.2 เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวของเครื่องแกะเมล็ดบัว

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ ในช่วงความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที พบว่าเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงสดสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,400 รอบต่อนาที โดยมีเปอร์เซ็นต์การแกะอยู่ที่ 84.6 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,200 และ 1,600 รอบต่อนาที จะมีเปอร์เซ็นต์การแกะอยู่ที่ 79.5 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.6



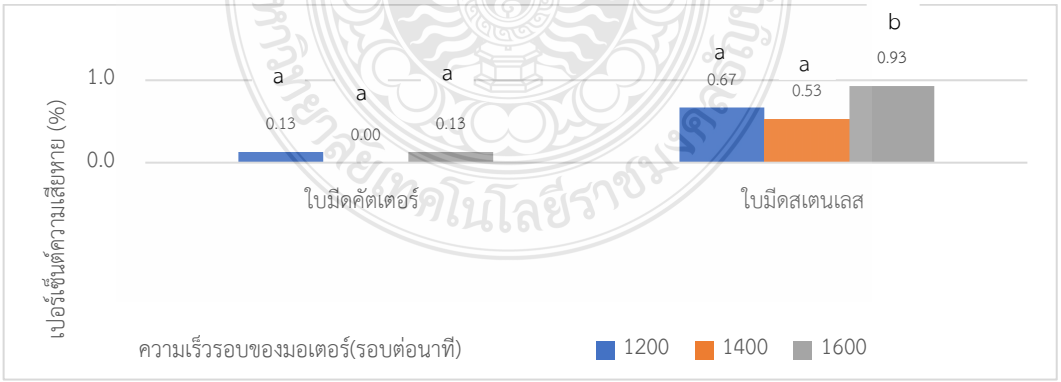
รูปที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

[abc]อักษร(a,b,c)ในแต่ละสภาวะทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการทดสอบทางสถิติจะพบว่า ใบมีดคัตเตอร์ และใบมีดสแตนเลส มีความแตกต่างทางสถิติที่ ($P<0.05$) ในความเร็วรอบ 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที

4.3.3 เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ ในช่วงความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,200 , 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที จะพบความเสียหายในการแกะเมล็ดบัวหลวงสดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของชุดใบมีดกรีดคัตเตอร์ อยู่ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ และชุดใบมีดกรีดสแตนเลส อยู่ที่ 0.5 , 0.6 และ 0.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ



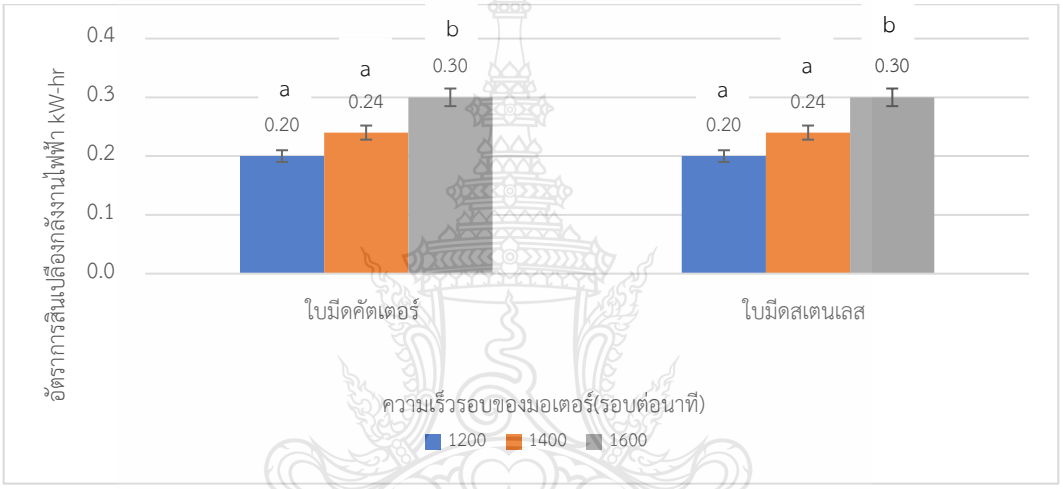
รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

[abc]อักษร(a,b,c)ในแต่ละสภาวะทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการทดสอบทางสถิติที่ความเร็วรอบ 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที ใบมีดคัตเตอร์ไม่มีความแตกทางสถิติที่ (P>0.05) แต่ใบมีดสแตนเลสมีความแตกต่างทางสถิติที่ (P<0.05)

4.3.4 อัตราสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,200 , 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานอยู่ที่ 0.20 , 0.24 และ 0.30 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งใบมีดคัตเตอร์ และใบมีดแสนตนเลสมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากัน

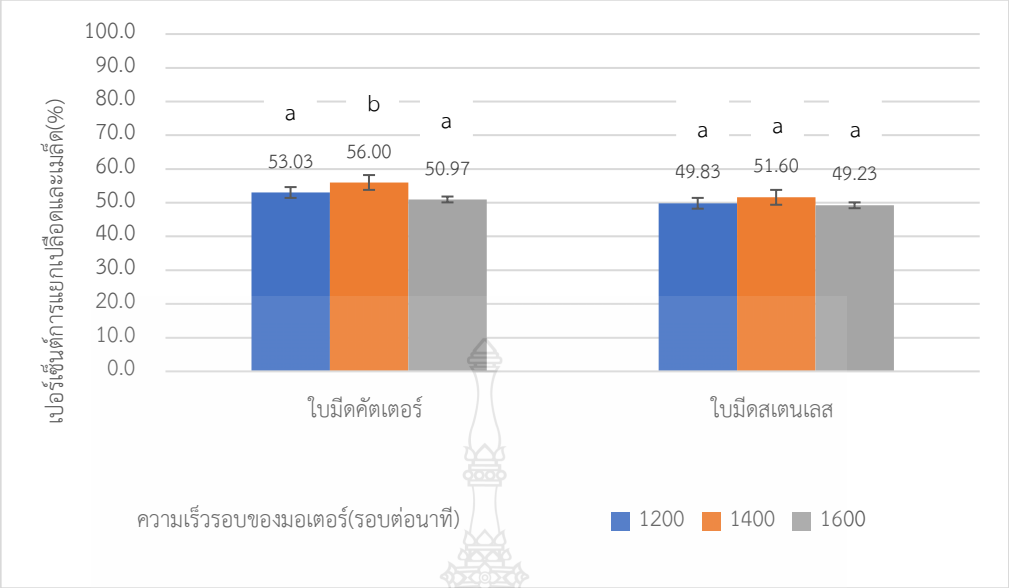


รูปที่ 4.8 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง
^{abc}อักษร(a,b,c)ในแต่ละสภาวะทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากการทดสอบทางสถิติจะพบว่า ใบมีดคัตเตอร์ และใบมีดสแตนเลส มีความแตกต่างทางสถิติที่ (P<0.05) ในความเร็วรอบ 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที

4.3.5 อัตราการคัดแยกเปลือกและเมล็ด

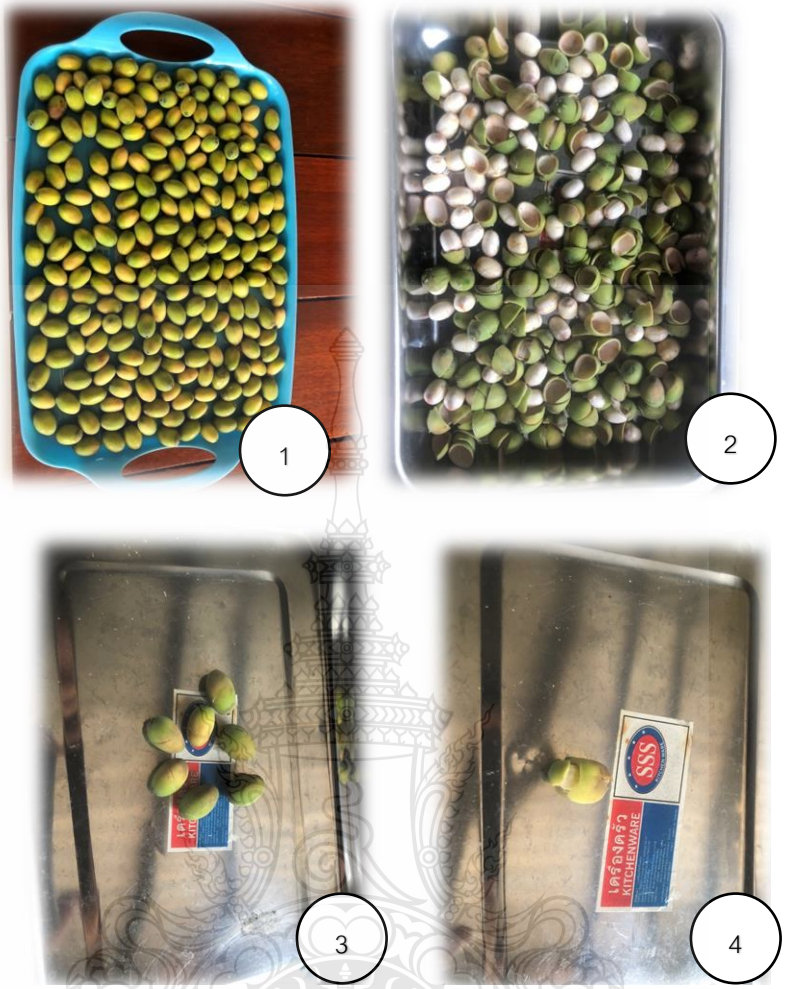
จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,200 , 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที พบว่าเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงสดสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,400 รอบต่อนาที ของชุดใบมีดคัตเตอร์ อัตราการคัดแยกเปลือก และเมล็ดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 56 เปอร์เซ็นต์ อัตราการคัดแยกเปลือก และเมล็ดจะแปรผันตามเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงสด



รูปที่ 4.9 อัตราการคัดแยกเปลือกและเมล็ดของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

[abc]อักษร(a,b,c)ในแต่ละสภาวะทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการทดสอบทางสถิติที่ความเร็วรอบ 1,200, 1,400 และ 1,600 รอบต่อนาที ใบมีดคัตเตอร์มีความแตกทางสถิติที่ ($P<0.05$) แต่ใบมีดสแตนเลสไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ ($P>0.05$)



รูปที่ 4.10 แสดงผลการแกะเมล็ดของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

1. เมล็ดบัวที่ใช้ในการทดสอบ
2. เมล็ดบัวที่ผ่านการแกะสมบูรณ์
3. เมล็ดบัวที่ผ่านการแกะไม่สมบูรณ์
4. เมล็ดบัวที่เกิดความเสียหายจากการแกะ

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.4.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานคำนวณได้จาก ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร

1.) ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคา คิดค่าเสื่อมราคา DP = (P-S)/L โดยให้ P คือราคาซื้อของเครื่องจักร (บาท) S คือราคาขายหรือมูลค่าคงเหลือเมื่อเครื่องจักรหมดอายุ (บาท) และ L คือ อายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

- ราคาของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เท่ากับ 30,000 บาท ให้มูลค่าซากของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง ดังนั้น ราคาซากเครื่อง (S) = (10 / 100)•(30,000) = 3,000บาท

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (P - S) / L = (30,000 – 3,000) / 5 = 5,400 บาท

- ดอกเบี้ย (I) = ((P+S)/2)·(i/100) โดยให้ i คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์

ดอกเบี้ยต่อปี = ((30,000 +3,000/ 2)·(10 / 100) = 1,650 บาทต่อปี

รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost) = 5,400 +1650= 7,050 บาทต่อปี

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

รายการ	**จำนวนเงิน (บาท)**
1. มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า	2,800
2. วัสดุที่ใช้สร้างตัวเครื่อง	
- โครงสร้างเครื่อง	8,000
- สายพาน พู่เลย์ และเพลา	3,000
- ลูกปืนตุ๊กตา	1,000
- ซุปเปอร์ลีน	1,300
- อื่นๆ	1,200
- เกียร์ทด	2,700
3. ค่าจ้างแรงงานสร้างและประกอบเครื่อง	10,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	30,000

2.) ต้นทุนผันแปร

- ค่าบำรุงรักษาเครื่อง เฉลี่ย 180วัน วันละ10บาท ค่าบำรุงรักษา = 180 × 10 = 1,800 บาทต่อปี

- ค่าไฟฟ้า ผลการทดลองการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0.24 กิโลวัตต์ชั่วโมง ไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาทในหนึ่งวันทำงาน 8 ชั่วโมง 1ปีทำงาน 180 วัน คิดเป็นค่าไฟฟ้า = (0.24)×(4)×(8)×(180) = 1,382 บาทต่อปี

- ค่าจ้างแรงงานคนวันละ 350 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 180 วัน คิดเป็น = (350)×(180)×(1) = 63,000 บาทต่อปี รวมต้นทุนผันแปร = 1,800 + 1,382 +63,000 = 66,182 บาทต่อปี ต้นทุนในการใช้เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ทำโดยรวมต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรเท่ากับ 7,050 + 66,182 = 73,232 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม) ของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง 1 ปี เวลาทำงาน 1,440 ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการทำงาน 4.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้เท่ากับ 73,232 /(1,440 × 4.9) = 10.3 บาทต่อกิโลกรัม

4.4.2 ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

1.) ต้นทุนผันแปร คือ รวมค่าใช้จ่ายของค่าบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน

2.) ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ยผลประโยชน์ที่ได้รับคิดจากอัตราค่าจ้างในการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงคูณชั่วโมงการทำงานต่อปี อัตราค่าแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต่อชั่วโมง โดยใช้แรงงานคนของเกษตรกร 20 บาทต่อกิโลกรัม คูณกับอัตราการทำงาน 4.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เท่ากับ 98 บาทต่อชั่วโมง

3.) ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนรวม

4.) ระยะเวลาคืนทุน คือ ผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับประโยชน์สุทธิ

เวลาในการทำงาน	1,440		ชั่วโมงต่อปี
ดอกเบี้ย	1,650		บาทต่อปี
ต้นทุนผันแปร	73,232		บาทต่อปี
ต้นทุนรวม	73,232+ 1,650	= 74,882	บาทต่อปี
ผลประโยชน์ที่ได้รับ	1,440 × 20	= 28,800	บาทต่อปี
ผลประโยชน์สุทธิ	28,800-74,882	= -46,082	บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน	(30,000/-46,082) × 12	= 7	เดือน

1 ปี ทำงาน 1,440 ชั่วโมง เวลาคืนทุนจะเท่ากับ 7 เดือน หรือ 210 วัน

4.4.3 การใช้งานคุ้มทุน

การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง – ค่าใช้จ่ายในการทำงาน) ค่าใช้จ่ายคงที่ = 7,050 บาทต่อปี

อัตราค่าจ้างการแกะเมล็ดบัวหลวงของแรงงาน = 20 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการทำงาน 4.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้อัตราค่าจ้าง (20)×(4.9) = 98 บาทต่อชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง 10.3 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน 4.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในการทำงานจะได้ (10.3)×(4.9) = 50.47 บาทต่อชั่วโมง ฉะนั้นการใช้งานที่จุดคุ้มทุน = 7,050 / (10.3-50.47) = 175.5 ชั่วโมงต่อปี

จากผลการดำเนินการวิจัย สามารถนำผลต่างๆ ที่ได้รับจากการวิจัยมาเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบและเกษตรกร

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต้นแบบและเกษตรกร

หัวข้อในการเปรียบเทียบ	**เกษตรกร**	**เครื่องแกะเมล็ดบัวรุ่นเก่า**	**เครื่องแกะเมล็ดบัวที่พัฒนา**
1. ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	2	4.7	4.9
2. เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง (เปอร์เซ็นต์)	100	71.4	84.6
3. เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (เปอร์เซ็นต์)	0	3.9	0
4. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)	20	-	10.3

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ผลการศึกษาปัญหาและวิธีในการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกร การแกะเมล็ดบัวหลวงที่ใช้แรงงานคนในการแกะนั้นจะใช้ระยะเวลาในการแกะที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่แกะได้ ทำให้เกิดความเหนื่อยล้า และอาจส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บในการทำงานได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง โดยศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดบัวและวิธิการแกะที่เหมาะสม จึงได้รูปแบบการทำงานของเครื่องที่มีส่วนประกอบดังนี้ โครงสร้างเครื่อง ชุดใบมีด ชุดลำเลียงเมล็ด ชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ด ระบบส่งกำลัง และมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ใช้งานป้อนเมล็ดบัวสดจากช่องทางด้านบน เมล็ดจะเลื่อนผ่านมายังสายพานลำเลียงเคลื่อนตัวเข้าสู่ชุดใบมีดแล้วออกมาทางช่องทางออกของเมล็ดไปยังชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ดเพื่อทำการคัดแยกระหว่างเปลือกและเมล็ดโดยการเขย่าให้เปลือกร่วงผ่านไปยังด้านล่างของช่องที่ได้ทำการเจาะรูไว้ ส่วนเมล็ดจะเคลื่อนตัวออกไปยังช่องของทางออกเมล็ดด้านหน้า ซึ่งเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงที่ได้พัฒนาขึ้นมา ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และยังสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง และยังช่วยประหยัดแรงงานในการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงอีกทั้งยังพัฒนากว่ารุ่นก่อน ๆ โดยมีความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุด อยู่ที่ 4.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่รอบมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที ไม่มีอัตราการสูญเสีย การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.24 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแกะเมล็ดบัวอยู่ที่ 84.6 เปอร์เซ็นต์ อัตราการคัดแยกเปลือกและเมล็ดอยู่ที่ 56 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์พบว่าเครื่องแกะเมล็ดบัวมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 10.3 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเครื่องทำงานที่ 1440 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 7 เดือน และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 175.5 ชั่วโมงต่อปีโดยเปรียบเทียบการทำงานด้วยแรงงานคน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเพิ่มจำนวนชุดใบมีดกรีดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

5.2.2 ชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ดควรเพิ่มตะแกรงคัดแยกหลาย ๆ ขนาด

5.2.3 การใส่เมล็ดบัวที่มีขนาดต่างกันมาก ๆ เมล็ดที่มีขนาดเล็กตามหลังเมล็ดที่ใหญ่กว่าอาจไม่โดนกรีดจึงควรคัดแยกเมล็ดให้มีขนาดไม่ต่างกันจนเกินไป

5.2.4 การใช้ใบมีดในชุดแกะ ควรสังเกตความคมของใบมีดเมื่อการแกะเมล็ดมีอาการกรีดไม่เข้าควรเปลี่ยนใบมีดใหม่ในการแกะและใช้น้ำมันพืชทาบริเวณใบมีดเพื่อป้องกันสนิม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บรรณานุกรม

[1] เม็ดบัวคุณประโยชน์เหลือล้น, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.sanook.com/men/4721/, (7 มิถุนายน 2563).

[2] Khongrit Somchai เมล็ดบัวประโยชน์ที่ ควรระวัง, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.sanook.com/health/24949/,(10 กันยายน2563).

[3] ลักษณะทั่วไปของบัว, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: plutoyogurtz.wordpress.com/about-lotus/, (10 กันยายน 2563).

[4] การทำนาบัว, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จากhttps://www.baanjomyut.com/library_5/agricultural_knowledge/flowers_ornamental/05_3.html, (10 กันยายน2563).

[5] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร และภูรินทร์ อัครกุลธร. 2557.การพัฒนาเครื่องแทงดีบัว. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยปีที่20 ฉบับที่1

[6] เส้นทางเศรษฐี, ผลิตภัณฑ์จากบัว, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.sentangsedtee.com/foodrecipes-for-job/article_1447,(12 ธันวาคม 2563).

[7] เพทาย ศรีสุดโต, ปวริส พิมพา และทิพากร อัปมาเก, 2551. “ออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง,” ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[8] สายพันธุ์ดอกบัวหลวง, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.xn--72c1bwacyau8co.com/Article/Detail/93709, (16 ธันวาคม 2563).

[9] โครงสร้างบัวสกุลปทุมชาติ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.rspg.rmutt.ac.th/?p=4031, (5 มกราคม 2564).

[10] บัว สรรพคุณและประโยชน์ของดอกบัวหลวง, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://medthai.com, (5 มกราคม 2564).

[11] ลักษณะพฤกษศาสตร์ของบัว [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.nanagarden.com/topic/3583,(7 มกราคม 2564).

[12] บัวหลวง ศัตรูพืช[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.baanjomyut.com/library_5/agriculturalknowledge/flowers ornamental/01_7.html, (8 มกราคม 2564)

บรรณานุกรม (ต่อ)

[13] บัวหลวง เก็บเกี่ยวส่วนอื่นๆจากบัว, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.baanjomyut.com/library_5/agricultural_knowledge/flowers_ornamental/01_11.html, (8 มกราคม 2564).

[14] แนวทางการปฏิบัติกับดอกบัวเพื่อการส่งออก, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.baanjomyut.com/library_5/agricultural_knowledge/flowers_ornamental/01_10.html, (10 มกราคม 2564).

[15] อาหารบัว, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.rspg.rmutt.ac.th/?p=4188, (12 มกราคม 2564).

[16] วิไล รังสาดทอง, 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[17] บัณฑิต จริโมภาส, 2545. สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เกษตร, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[18] พุธวงค์ นาทอง, และวิไลพร คำงาม, 2551. “ออกแบบสร้างเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบ,” ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[19] มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2545. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน จำกัด.

[20] ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน, สมใจ เพียรประสิทธิ์, และนนทโชติ อุดมศรี, 2557. “การพัฒนาเครื่อง แกะเมล็ดบัว,” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 น. 294-302.

[21] ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์, และและทยาวีร์ หนูบุญ, 2544. “การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[22] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร, และภูรินทร์ อัครกุลธร, 2558. การพัฒนาเครื่องกะเทาะแห้ง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 21 ฉบับที่ 1, น.38-44

บรรณานุกรม (ต่อ)

[23] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร, และภูรินทร์ อัครกุลธร, 2558. การศึกษาและทดสอบเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง. วารสารแก่นเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 43 ฉบับที่ 1, น. 161-170.

[24] มาสสุภา โพธิ์รอด, จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, ณัฐิวุฒิ โคตรพรหมศรี, และนุชนารถ ขันติวีรวัฒน์, 2559. “การพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง.” การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17, น. 376-380.

[25] วิรัช แสงสุริยฤทธิ์, จีระโรจน์ เขียวอ่อน, และเพิ่มพูน ราตรี, 2557. “การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว,” ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[26] สนอง อมฤกษ์, ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์, สมเดช ไทยแท้, และประพัฒน์ ทองจันทร์, 2552. “ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย,” การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 9

[27] สุทธิพร เนียมหอม, บัณฑิต จริโมภาส, และเอนก สุขเจริญ, 2551. “เครื่องปอกเปลือกหมากแห้ง,” วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงเสน.

[28] สาทิป รัตนภาสกร, นวภัทรา หนูนาค, และอำนาจ คูตะคุ, 2555. “การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม,” การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, น. 667-672,

[29] กิตติพงษ์ ดวงมณีรัตน์, และภานุพงศ์ หงษ์หิน, 2554. “พัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน,” สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

[30] สิงห์คาน แสนยากุล, และนิพนธ์ วงค์ทา, 2553. “เครื่องกะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมีย,” สาขาวิชาวิศวกรรมแม่พิมพ์, และช่างกลโรงงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่.

[31] พัฒน์พงษ์ บัวไพจิตร, และสุทธิพงษ์ ถาบุญเรือง, 2547. “ออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดมะขามสุก,” สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

[32] สำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา. 2552. เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้ง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://bverd.net/project_detail.php?project_id=89,(24 มกราคม 2564)

บรรณานุกรม (ต่อ)

[34] จิรายุทธ ตันทา, พันธ์คม เกิดแล้ว, และเอกพงษ์ มูลคำ, 2556. “เครื่องปอกสับปะรดและหั่นแว่น,” สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาลำปาง.

[33] พุธวงค์ นาทอง, และวิไลพร คำงาม, 2551. “ออกแบบสร้างเครื่องแกะเม็ดกระเจี๊ยบ,” ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[34] จิรายุทธ ตันทา, พันธ์คม เกิดแล้ว, และเอกพงษ์ มูลคำ, 2556. “เครื่องปอกสับปะรดและหั่นแว่น,” สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาลำปาง.

[35] กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, และศราวุฒิ มะโนหาญ, 2555. “การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกหน่อไม้,” การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9.

[36] ฐนัทธ์ ยศแก้ว, วีรชัย จันทร์จ๋าง, และศุภชัย สุวรรณกาศ, 2549. “เครื่องปอกเปลือกกระเทียมจีน,” ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนาวิทยาเขต ภาคพายัพ.

[37] Adetoro K. A. (2012). Development of a yam peeling machine. Global Advanced Research Journal of Engineering (ISSN: 2315-5124), Vol. 1(4), 085-088

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบ

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
1	22	16	1.2
2	21	16	1.3
3	21	15	1.1
4	21	14	1.2
5	22	17	1.2
6	19	15	1.3
7	22	16	1.1
8	22	17	1.2
9	22	16	1.1
10	22	16	1.1
11	22	16	1.2
12	21	16	1.3
13	20	14	1.1
14	21	15	1.2
15	22	18	1.1
16	21	16	1.1
17	22	16	1.2
18	20	17	1.2
19	21	15	1.2
20	22	16	1.1
21	23	16	1.3
22	21	16	1.1
23	22	15	1.2
24	23	16	1.1

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
25	21	16	1.2
26	22	16	1.2
27	21	17	1.3
28	21	16	1.1
29	22	17	1.1
30	21	14	1.2
31	22	16	1.3
32	21	14	1.2
33	22	16	1.1
34	23	16	1.2
35	22	16	1.2
36	22	16	1.1
37	22	16	1.1
38	20	15	1.2
39	20	15	1.2
40	21	16	1.3
41	20	16	1.2
42	21	15	1.1
43	22	16	1.3
44	21	16	1.2
45	21	17	1.1
46	20	15	1.2
47	20	16	1.3
48	20	15	1.3

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
49	20	15	1.2
50	21	16	1.2
51	22	15	1.1
52	22	17	1.2
53	21	15	1.1
54	21	14	1.2
55	21	15	1.1
56	20	15	1.2
57	21	15	1.3
58	22	16	1.3
59	22	16	1.2
60	21	16	1.2
61	20	16	1.1
62	20	15	1.2
63	22	16	1.3
64	21	16	1.2
65	21	15	1.2
66	22	15	1.2
67	21	15	1.1
68	22	17	1.2
69	21	16	1.3
70	22	15	1.2
71	22	15	1.1
72	22	16	1.1

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
73	21	17	1.1
74	21	15	1.2
75	21	16	1.2
76	20	16	1.1
77	20	17	1.2
78	21	15	1.2
79	21	15	1.2
80	22	15	1.1
81	21	16	1.1
82	21	16	1.1
83	22	16	1.2
84	22	16	1.2
85	23	16	1.2
86	20	15	1.1
87	20	16	1.2
88	21	15	1.1
89	22	15	1.1
90	21	16	1.3
91	21	16	1.2
92	22	16	1.2
93	23	17	1.1
94	21	16	1.2
95	20	16	1.2
96	21	16	1.1

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
97	20	16	1.2
98	20	16	1.1
99	23	15	1.3
100	22	16	1.2
101	22	16	1.1
102	22	16	1.2
103	22	17	1.2
104	21	15	1.1
105	20	15	1.2
106	22	16	1.1
107	21	16	1.2
108	22	17	1.2
109	22	17	1.3
110	21	16	1.2
111	22	16	1.1
112	20	15	1.2
113	20	15	1.2
114	21	16	1.1
115	20	15	1.1
116	20	15	1.1
117	21	16	1.2
118	21	16	1.2
119	20	15	1.3
120	20	15	1.2

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
121	21	16	1.1
122	21	16	1.2
123	21	16	1.2
124	20	15	1.2
125	21	16	1.1
126	22	17	1.2
127	20	15	1.3
128	21	16	1.2
129	21	16	1.1
130	22	17	1.1
131	21	16	1.2
132	20	15	1.1
133	21	16	1.1
134	20	15	1.2
135	21	16	1.3
136	22	17	1.2
137	21	16	1.3
138	20	15	1.1
139	20	15	1.1
140	21	16	1.1
141	20	15	1.2
142	21	16	1.3
143	21	16	1.1
144	20	15	1.2

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
145	21	16	1.3
146	20	15	1.2
147	21	16	1.1
148	21	16	1.2
149	21	16	1.1
150	21	16	1.3
151	20	15	1.2
152	21	16	1.2
153	21	16	1.1
154	21	15	1.1
155	20	16	1.2
156	21	16	1.1
157	21	16	1.2
158	21	16	1.2
159	20	15	1.2
160	21	16	1.3
161	20	15	1.2
162	21	16	1.3
163	20	15	1.1
164	21	16	1.1
165	20	15	1.2
166	21	16	1.1
167	20	15	1.2
168	21	16	1.1

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
169	21	15	1.2
170	20	15	1.3
171	20	15	1.1
172	21	16	1.2
173	21	16	1.2
174	20	15	1.2
175	20	15	1.1
176	21	16	1.2
177	21	16	1.2
178	20	15	1.1
179	21	16	1.1
180	21	16	1.2
181	21	16	1.2
182	22	17	1.3
183	20	15	1.2
184	22	17	1.1
185	21	16	1.2
186	20	15	1.2
187	20	15	1.2
188	21	16	1.1
189	22	17	1.1
190	20	15	1.2
191	20	15	1.1
192	21	16	1.2

ตารางผนวกที่ ก.1 รายละเอียดของเมล็ดบัวหลวงที่นำมาทำการทดสอบ

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความหนาเปลือก (mm)
193	21	16	1.1
194	20	15	1.2
195	21	15	1.1
196	22	16	1.2
197	21	16	1.2
198	20	15	1.2
199	20	15	1.2
200	21	16	1.1

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

- ขนาดความยาวของเมล็ดบัว (mm)

  ความยาวของเมล็ดบัวมากสุด = 23

  ความยาวของเมล็ดบัวน้อยสุด = 19

  ค่าเฉลี่ย = 21

- เส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัว (mm)

  เส้นผ่านศูนย์กลาง ใหญ่สุด = 17

  เส้นผ่านศูนย์กลาง เล็กสุด = 14

  ค่าเฉลี่ย = 15.5

- ขนาดความหนาเปลือกของเมล็ดบัว (mm)

  ความหนาของเมล็ดบัวใหญ่สุด = 1.3

  ความหนาของเมล็ดบัวเล็กสุด = 1.1

  ค่าเฉลี่ย = 1.2

ผลตารางผนวกที่ ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วเฉลี่ยต่าง ๆ ของมีดคัตเตอร์ 30°

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	ครั้งที่	น้ำหนัก (g)	เวลา (min)	I (A)	V (V)	อัตราการแกะ(g)		ผลการแกะ(g)	
						แกะได้	แกะไม่ได้	ไม่เสียหาย	เสียหาย
1200	1	500	6.2	0.4	220	400.5	99.5	498	2.0
	2	500	5.9	0.4	220	388.2	111.8	500	0
	3	500	6.3	0.4	220	403.5	96.5	500	0
1400	1	500	5.0	0.5	220	421.0	79.0	500	0
	2	500	5.2	0.5	220	435.5	64.5	500	0
	3	500	5.1	0.5	220	410.6	89.4	500	0
1600	1	500	4.3	0.6	220	396.2	103.8	500	0
	2	500	4.6	0.6	220	378.0	122	498	2.0
	3	500	4.5	0.6	220	381.3	118.7	500	0

ผลตารางผนวกที่ ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วเฉลี่ยต่างๆของมีดกรีดคัตเตอร์ 30°

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)	เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ด (%)	ความเสียหาย (%)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW/hr)
1200	1	3.8	80.1	0.4	0.20
	2	3.9	77.6	0	0.20
	3	3.8	80.7	0	0.20
เฉลี่ย		3.8	79.5	0	0.20
1400	1	5.1	84.2	0	0.24
	2	5.0	87.1	0	0.24
	3	4.8	82.1	0	0.24
เฉลี่ย		4.9	84.6	0	0.24
1600	1	5.5	79.2	0	0.30
	2	4.9	75.6	0.4	0.30
	3	5.0	76.2	0	0.30
เฉลี่ย		5.1	77.0	0	0.30

ตารางผนวกที่ ก.4 แสดงสมรรถณะในการแกะเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	ครั้งที่	ความสามารถในการแกะ (kg/hr)	ค่าเฉลี่ย
1200	1	3.8	3.8
	2	3.9	
	3	3.8	
1400	1	5.1	4.9
	2	5.0	
	3	4.8	
1600	1	5.5	5.1
	2	4.9	
	3	5.0	

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง(%)	
	แกะได้	แกะไม่ได้
1200	79.5	20.5
1400	84.6	15.4
1600	77.0	23.0

ตารางภาคผนวกที่ ก.6 เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	ความเสียหาย (%)
1200	0
1400	0
1600	0

ตารางภาคผนวกที่ ก.7 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW/hr)
1200	0.20
1400	0.24
1600	0.30

ผลตารางผนวกที่ ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วเฉลี่ยต่าง ๆ ของมีดแสตนเลส

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	ครั้งที่	น้ำหนัก (g)	เวลา (min)	I (A)	V (V)	อัตราการแกะ(g)		ผลการแกะ(g)	
						แกะได้	แกะไม่ได้	ไม่เสียหาย	เสียหาย
1200	1	500	6.4	0.4	220	394	106	494	6
	2	500	6.0	0.4	220	385	115	498	2
	3	500	6.3	0.4	220	400	100	498	2
1400	1	500	5.1	0.5	220	413	87	498	2
	2	500	5.2	0.5	220	418	82	496	4
	3	500	5.2	0.5	220	425	75	498	2
1600	1	500	4.4	0.6	220	390	110	496	4
	2	500	4.6	0.6	220	380	120	496	4
	3	500	4.5	0.6	220	381	119	494	6

ตารางผนวกที่ ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วเฉลี่ยต่าง ๆ ของมีดแสตนเลส 30°

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)	เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ด (%)	ความเสียหาย (%)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW/hr)
1200	1	3.6	78.8	1.2	0.20
	2	3.5	77.0	0.4	0.20
	3	3.7	80.0	0.4	0.20
เฉลี่ย		3.6	78.2	0.6	0.20
1400	1	5.0	82.6	0.4	0.24
	2	5.1	83.6	0.8	0.24
	3	4.8	85.0	0.4	0.24
เฉลี่ย		4.9	83.7	0.5	0.24
1600	1	5.4	78.0	0.8	0.30
	2	5.2	76.0	0.8	0.30
	3	5.3	76.2	1.2	0.30
เฉลี่ย		5.3	76.9	0.9	0.30

ตารางผนวกที่ ก.4 แสดงสมรรถณะในการแกะเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	ครั้งที่	ความสามารถในการแกะ (kg/hr)	ค่าเฉลี่ย
1200	1	3.6	3.6
	2	3.5	
	3	3.7	
1400	1	5.0	4.9
	2	5.1	
	3	4.8	
1600	1	5.4	5.3
	2	5.2	
	3	5.3	

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวง(%)	
	แกะได้	แกะไม่ได้
1200	78.2	21.8
1400	83.7	16.3
1600	76.9	23.1

ตารางภาคผนวกที่ ก.6 เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	ความเสียหาย (%)
1200	0.6
1400	0.5
1600	0.9

ตารางภาคผนวกที่ ก.7 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW/hr)
1200	0.20
1400	0.24
1600	0.30

ตารางผนวกที่ ก.8 แสดงสมรรถณะในการคัดแยกเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วรอบของมอดตอร์ (rpm)	ครั้งที่	จำนวนเมล็ด	ความสามารถในการคัดแยกเปลือกและเมล็ด	ค่าเฉลี่ย (เมล็ด)
1200	1	200	106	106.6
	2	200	110	
	3	200	104	
1400	1	200	112	112.6
	2	200	114	
	3	200	112	
1600	1	200	101	101.6
	2	200	102	
	3	200	102	

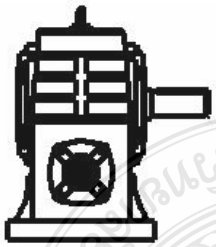
ตารางภาคผนวกที่ ก.9 เปอร์เซ็นต์การคัดแยกเปลือกและเมล็ดบัวหลวง

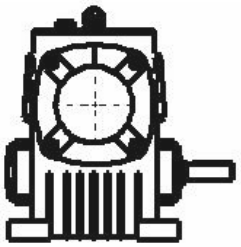
ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)	เปอร์เซ็นต์การคัดแยกเปลือกและเมล็ดบัวหลวง(%)	
	แยกได้	แยกไม่ได้
1200	53.3	46.7
1400	56	44
1600	50.97	49.03

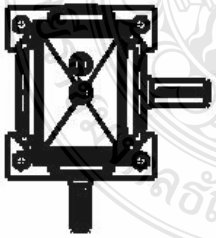
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

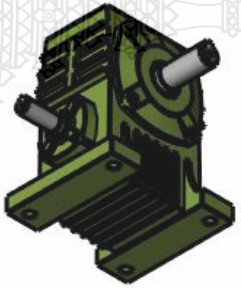
ภาคผนวก ข

การเขียนแบบทางวิศวกรรม



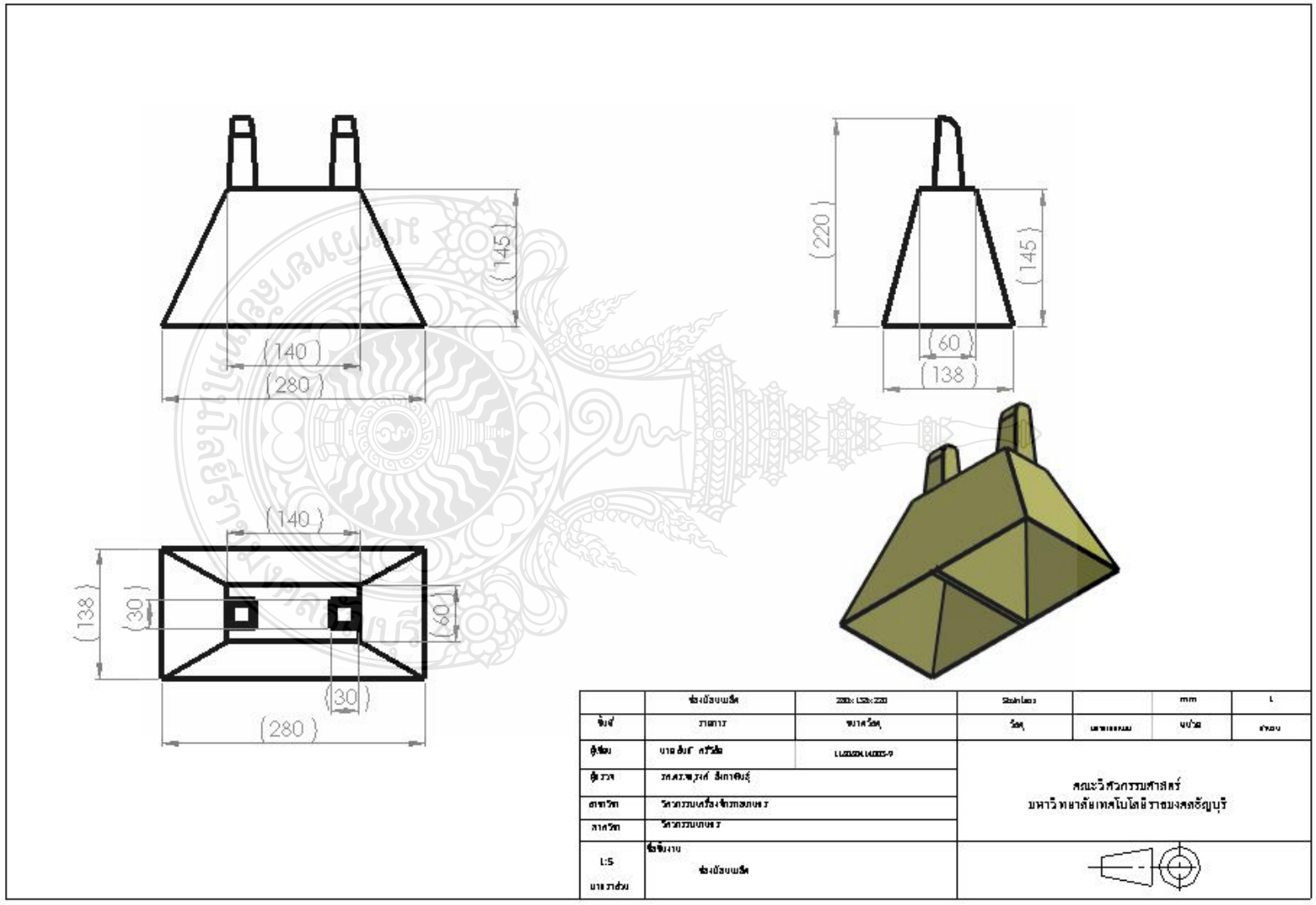






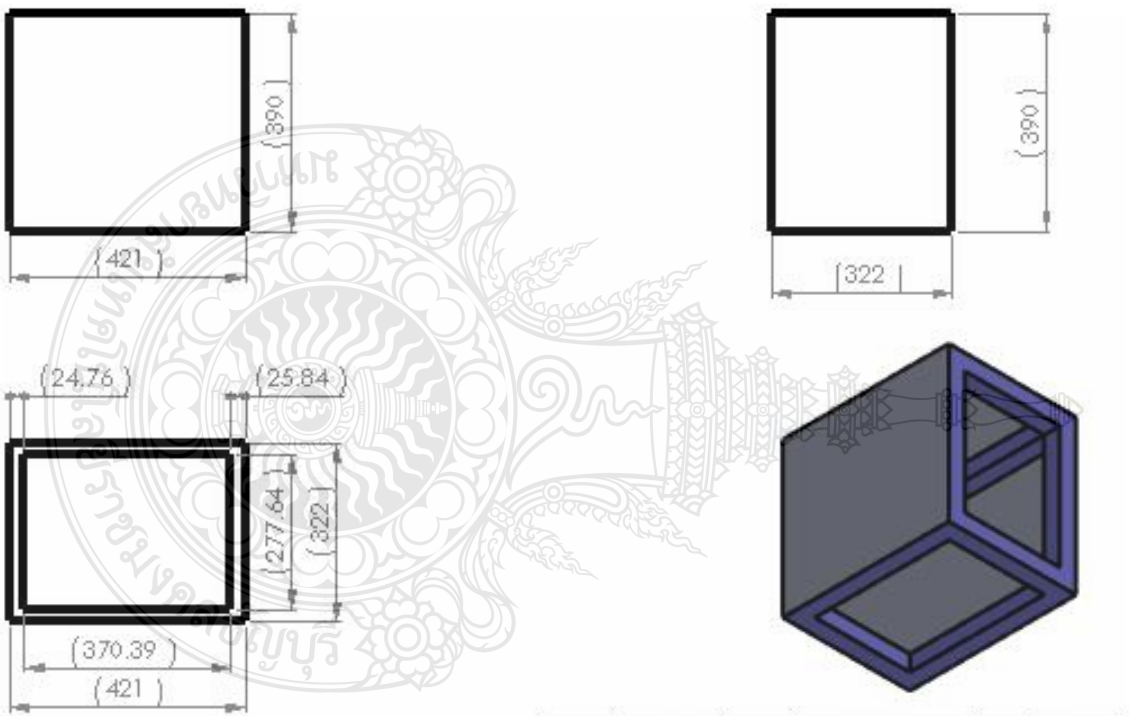
	สัดส่วน 1:50		ไร้หน่วย		mm	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเหตุแบบ	หน่วย	จำนวน
ผู้พิมพ์	นาย ต้นตี ศรีวิรัตน์	L1606041400B-0				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ชนุรงค์ ธังกาพินธุ์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร					
ภาควิชา	วิศวกรรมเกษตร					
1:5 มาตราส่วน	ชิ้นชิ้นงาน สัดส่วน 1:50					

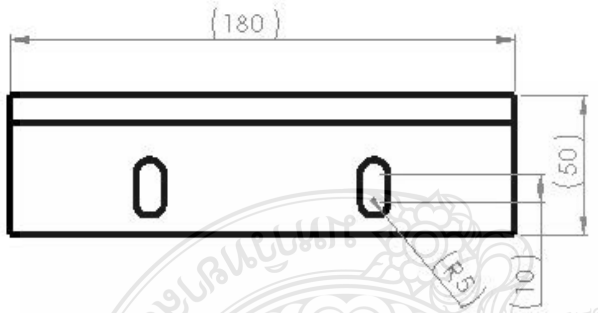
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี

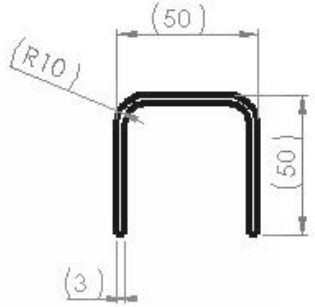


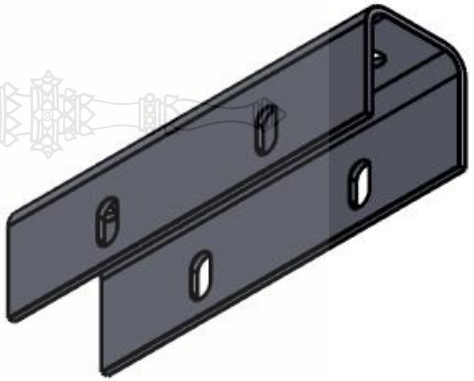
	ช่องบัดบพลิด	280x 138x 220	Stainless		mm	1
ชิ้นที่	ราคาร	ขนาดวัตถุ	วัตถุ	มาตราส่วน	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ธีรภัทร์ ศรีวิลัย	U6205K1400S-9				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.พนูรงค์ สิงกาฬินธุ์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร					
1:5	ชื่อชิ้นงาน ช่องบัดบพลิด					

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี


390
421
322
390
24.76
25.84
277.64
322
370.39
421

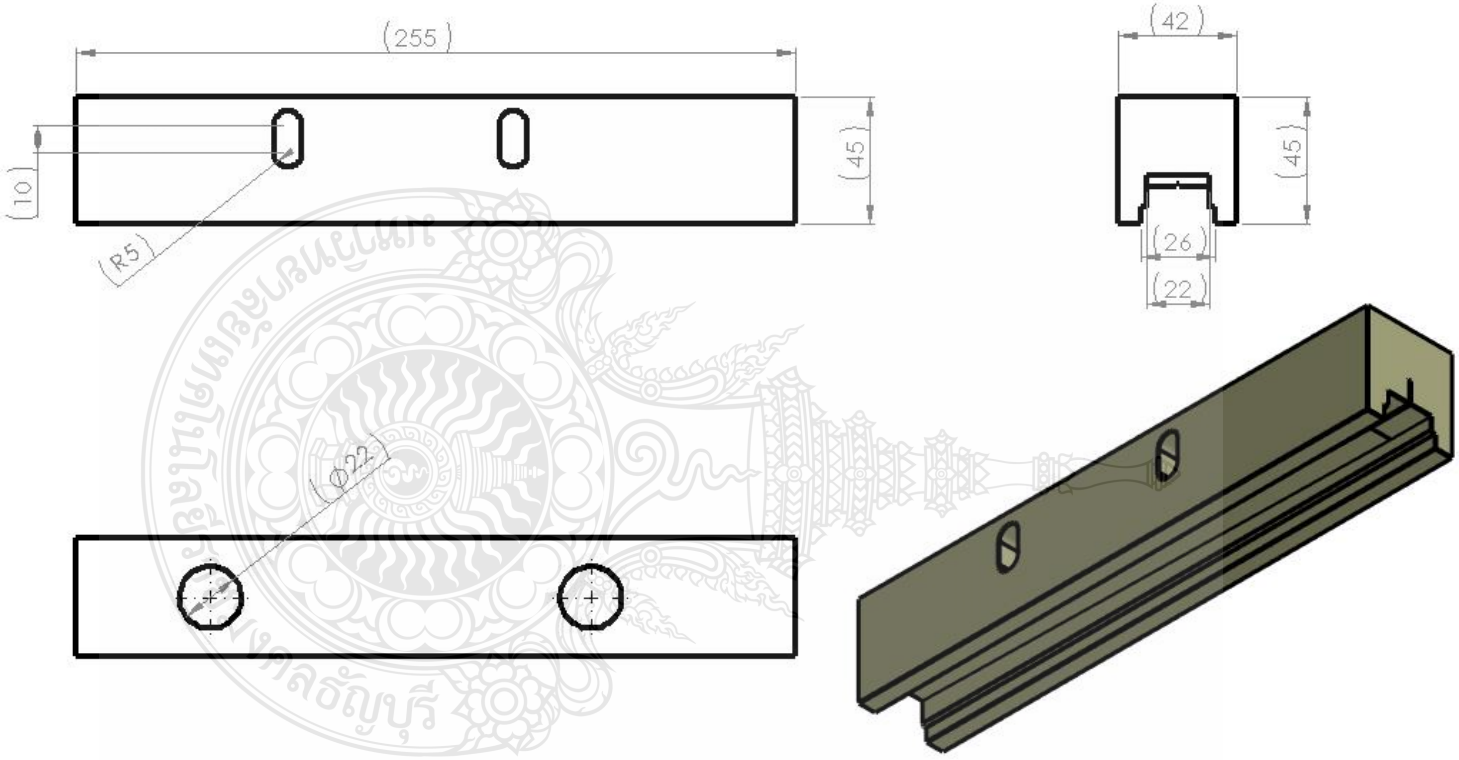






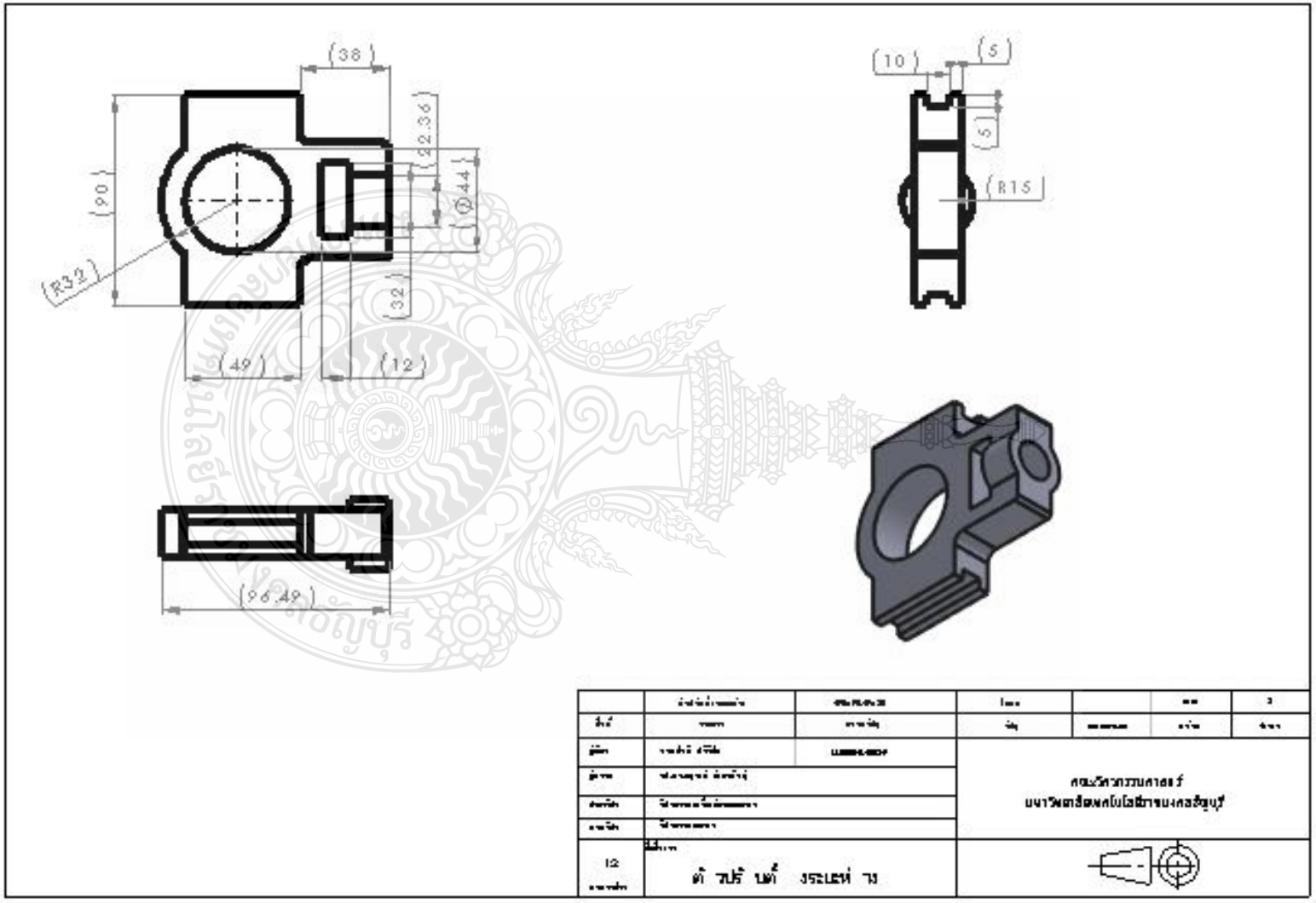
	ตัวประคองขาจับใบมีด	30x30x120	โลหะ		mm	2
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	คุณภาพผิว	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย ธันย์ ศรีวิลัย	1120301410005-9				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ธีรกาฬินทร์					
อาจารย์	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร					
1:2 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ตัวประคองขาจับใบมีด					

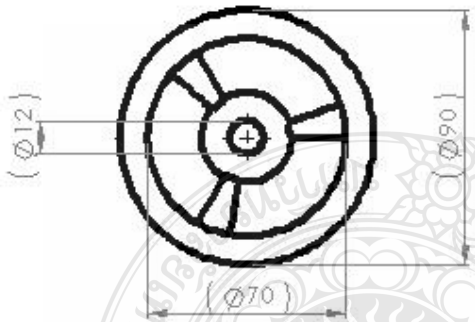
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

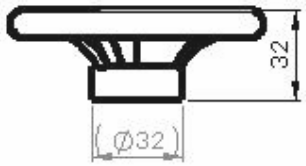


	ตัวป่วรรองฉล์คน้ว	255x62x65	พลาสติก		กกก	2
ชิ้นที่	วาเลกาว	ขนาดวัตุ	วัตุ	ขนาดเรขาขน	หน่วย	จำนวน
ผู้ตีขน	นายสันติ ศรีวิสัย	L16D6D516003-9				
ผู้ตรวจ	วศ.ดร.ชาตวงศ์ ชัยการินอุ่					
สาขาวิชา	วิศวกรวมเครื่องพิกัดกลศาสตร					
ภาควิชา	วิศวกรวมเครื่องกล					
1:2 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ตัวป่วรรองฉล์คน้ว					

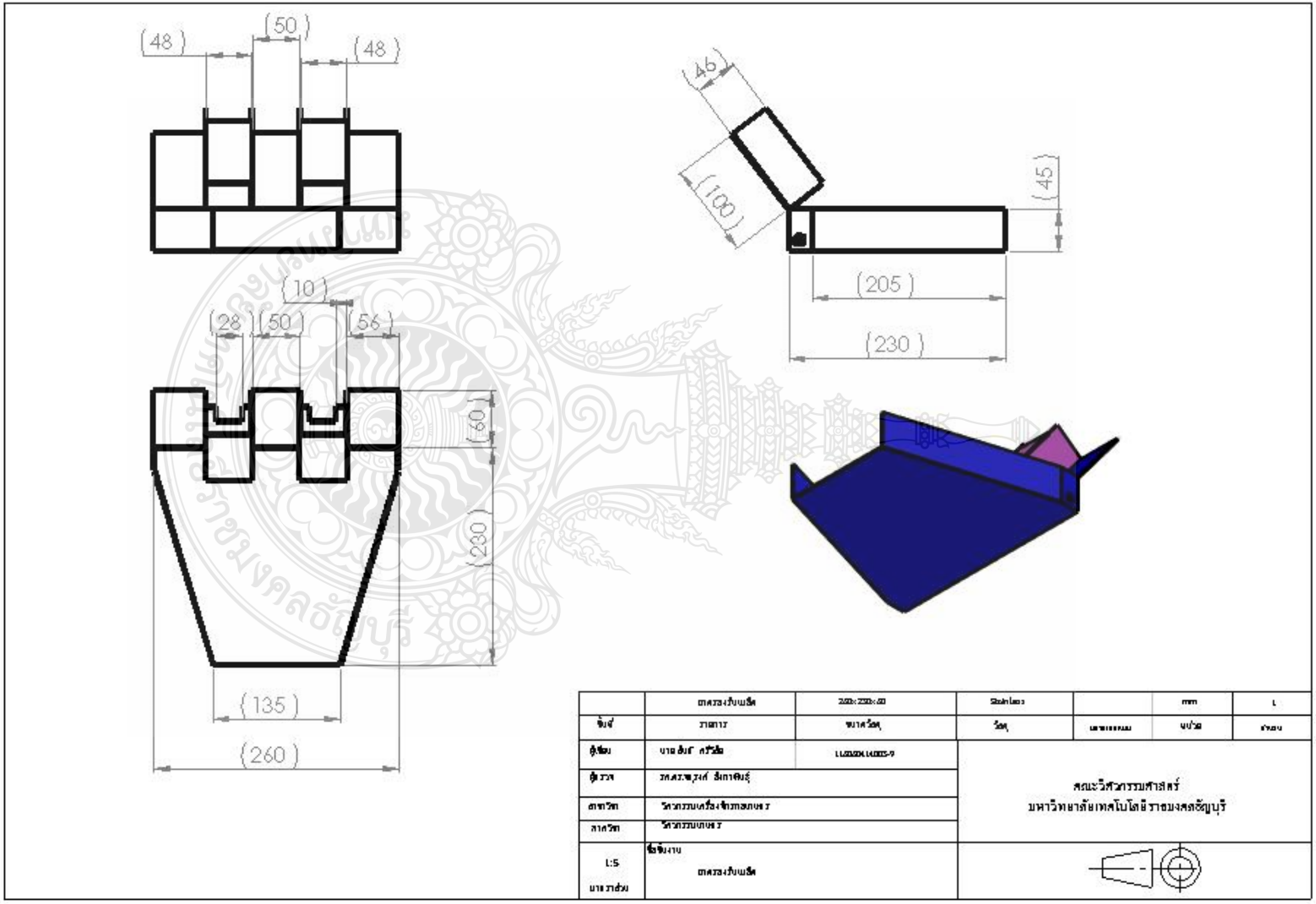
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี


38
42.36
90
Ø44
R32
32
49
12
96.49
10
5
5
R15



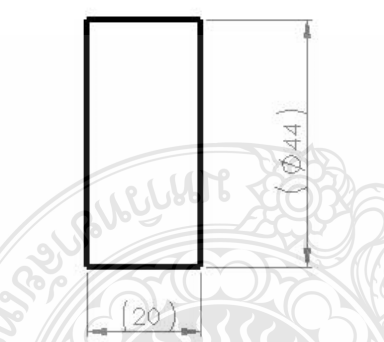


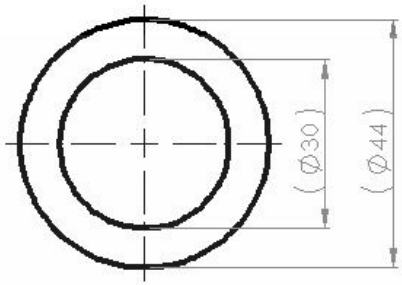
	พัดปรับไฟฟ้า	90x32	โลหะ		กรม	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดหรือรุ่น	วัสดุ	มาตรฐานผลิต	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย กันต์ กฤวิกัน	1160604140003-9	สถาบันวิทยาลัยพลศึกษาแห่งชาติ			
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.สุรเชษฐ์ กัลยาณ์					
การวัด	วิทยาลัยพลศึกษาแห่งชาติ					
การผลิต	วิทยาลัยพลศึกษา					
1:2 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน พัดปรับไฟฟ้า					



	ถาดรองปั๊มพลัส	260×230×60	Stainless		mm	1
ชื่อ	วาดภาย	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	เลขแบบ/แผน	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นายอัมรินทร์ สวัสดิ์	1.U2024.U4005-9				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.พนูรงค์ อัมภาพิมุธ์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร					
L:S มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ถาดรองปั๊มพลัส					

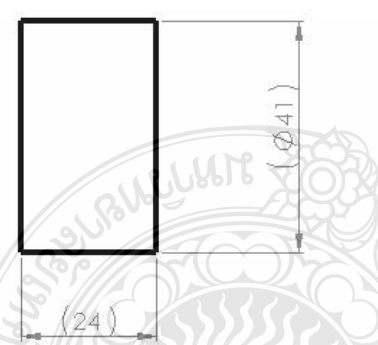
สถาบันวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

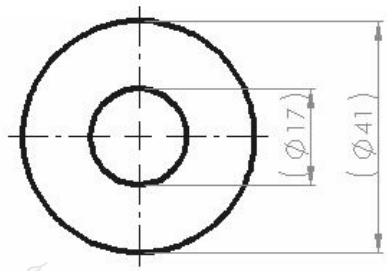




	บูทหัวบอกพื้นบน	ø44x20	โจทย์		mm	2
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	คลาดเคลื่อน	หน่วย	จำนวน
ผู้พิมพ์	นาย ดันดี ศรีวิชัย	L1606041400E3-9				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ชนุรงค์ จังกาพินอู๋					
อาจารย์	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร					
ภาควิชา	วิศวกรรมเกษตร					
1:1 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน บูทหัวบอกพื้นบน					

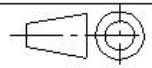
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

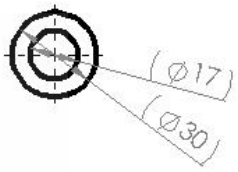


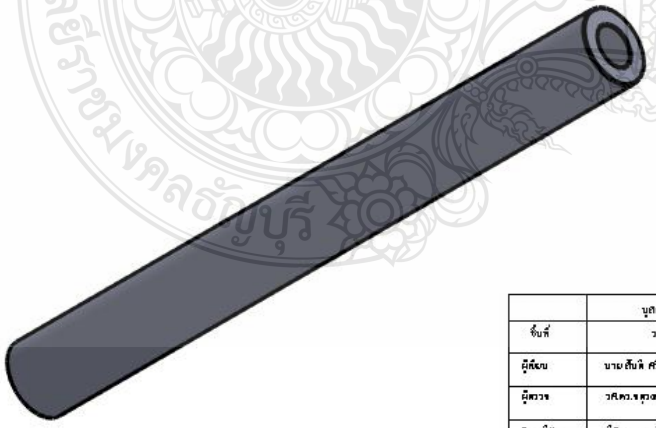


	บูชล้อบนด้านล่าง	61x26	โลหะ		mm	2
ชื่นที่	วาดเอง	ขนาดวัตถุ	วัตถุ	ขนาดมาตรฐาน	หน่วย	จำนวน
ผู้ศึกษา	นายสันติ ศรีวิลัย	L16D6D616D03-9				
ผู้ควบ	วศ.ดร.ชาคุวงศ์ ลัภกาษัญ					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลตกแต่ง					
ภาควิชา	วิศวกรรมตกแต่ง					
1:1 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน บูชล้อบนด้านล่าง					

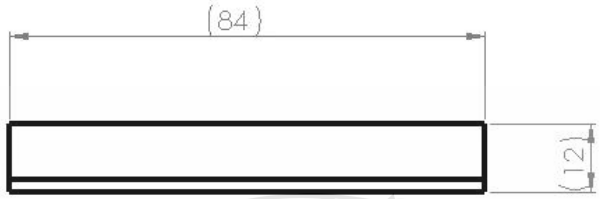
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

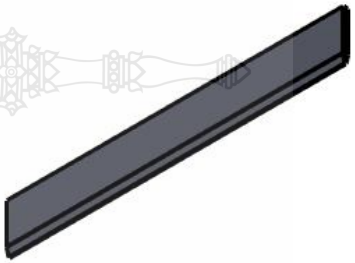




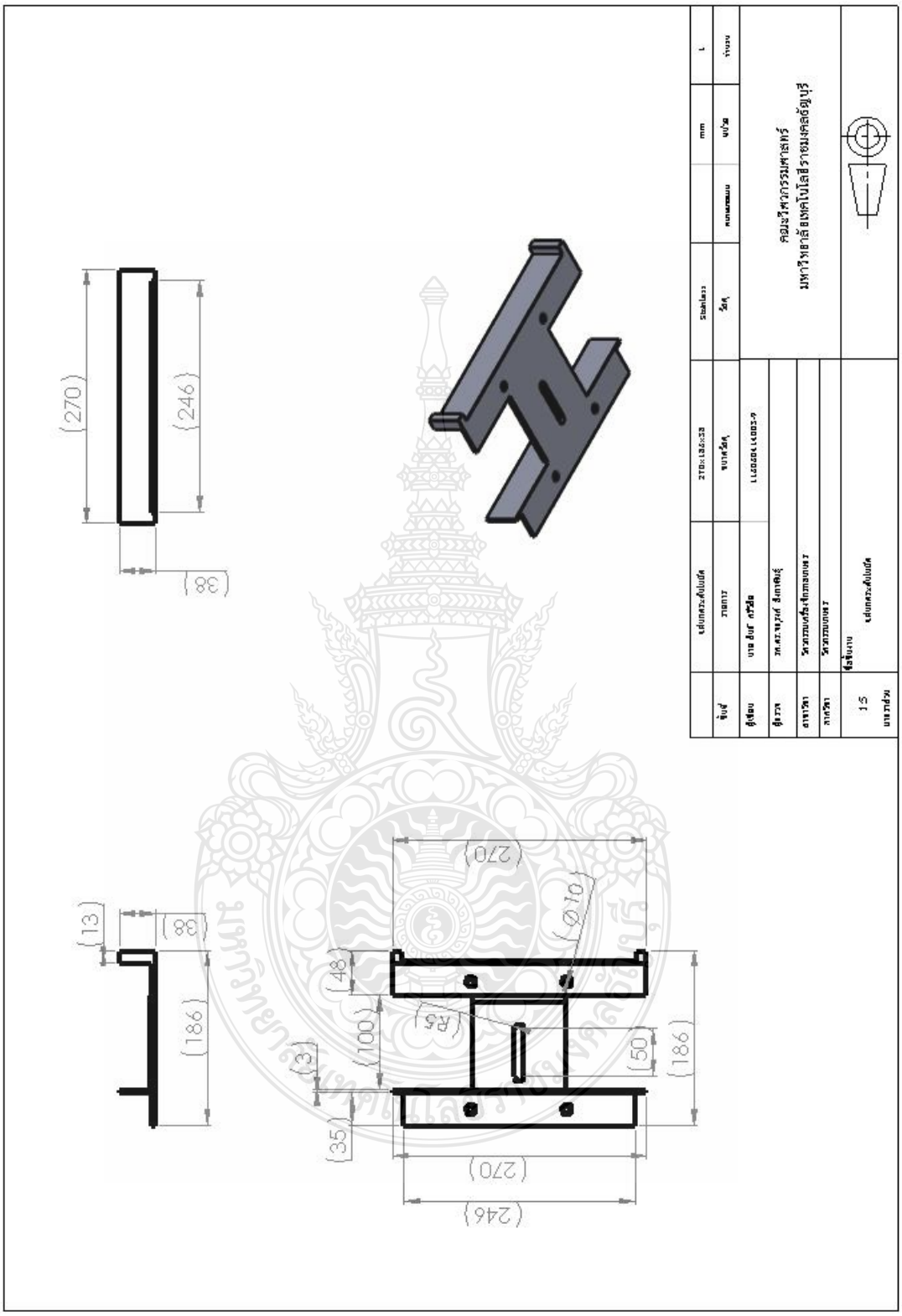


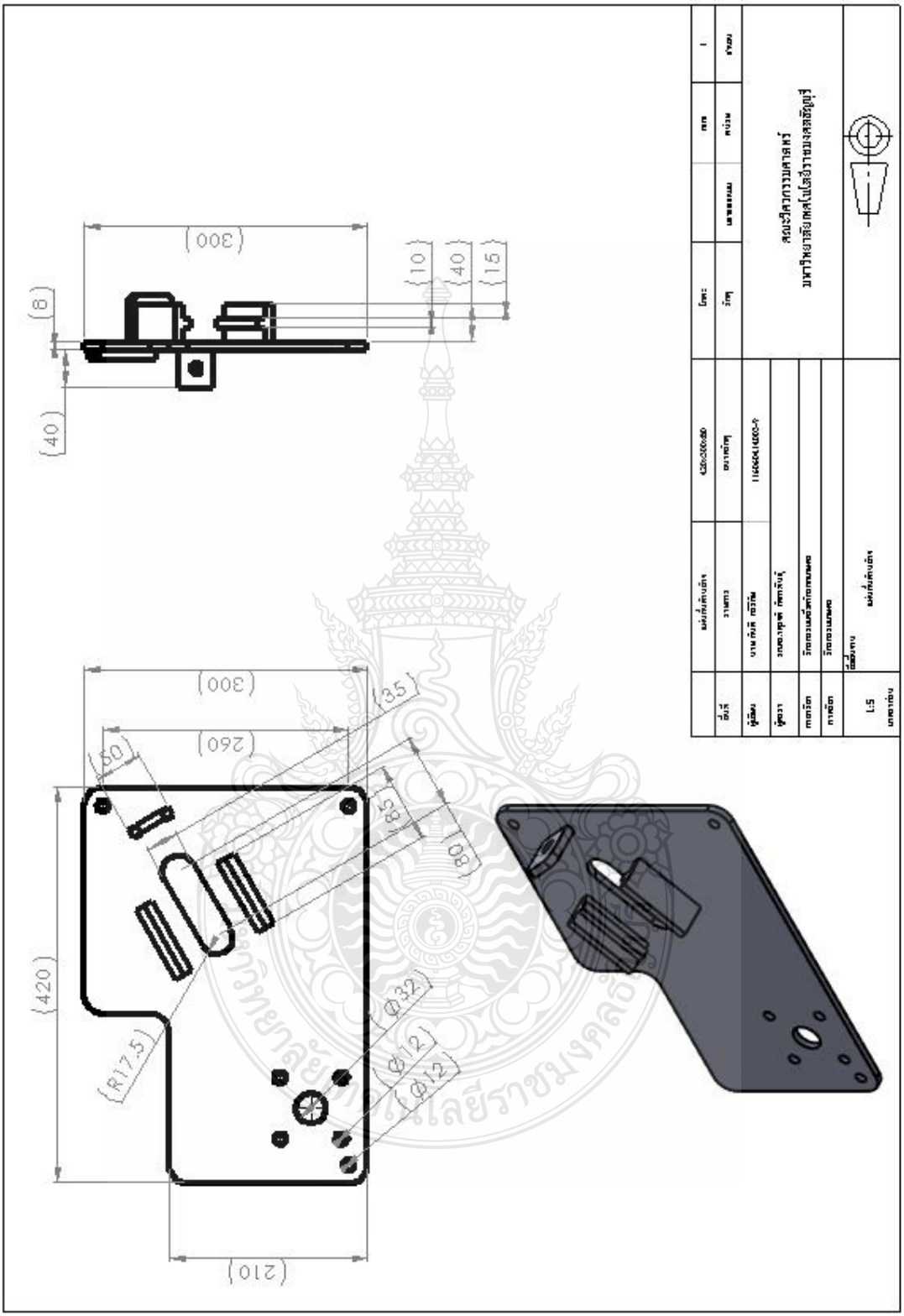
	บูชิทลาตัวล่าง	290x30	โลหะ		mm	1
ชื่นที่	วาดเขาว	ขนาดวัตถุ	วัตถุ	ขนาดของแบบ	หน่วย	จำนวน
ผู้ตรวจ	นายสันติ ศรีวิลัย	L16D6D61-6D03-9	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ชาตรี อัศการินทร์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลและยานยนต์					
ภาควิชา	วิศวกรรมยานยนต์					
1:2 มาตราส่วน	ชื่องานงาน บูชิทลาตัวล่าง					

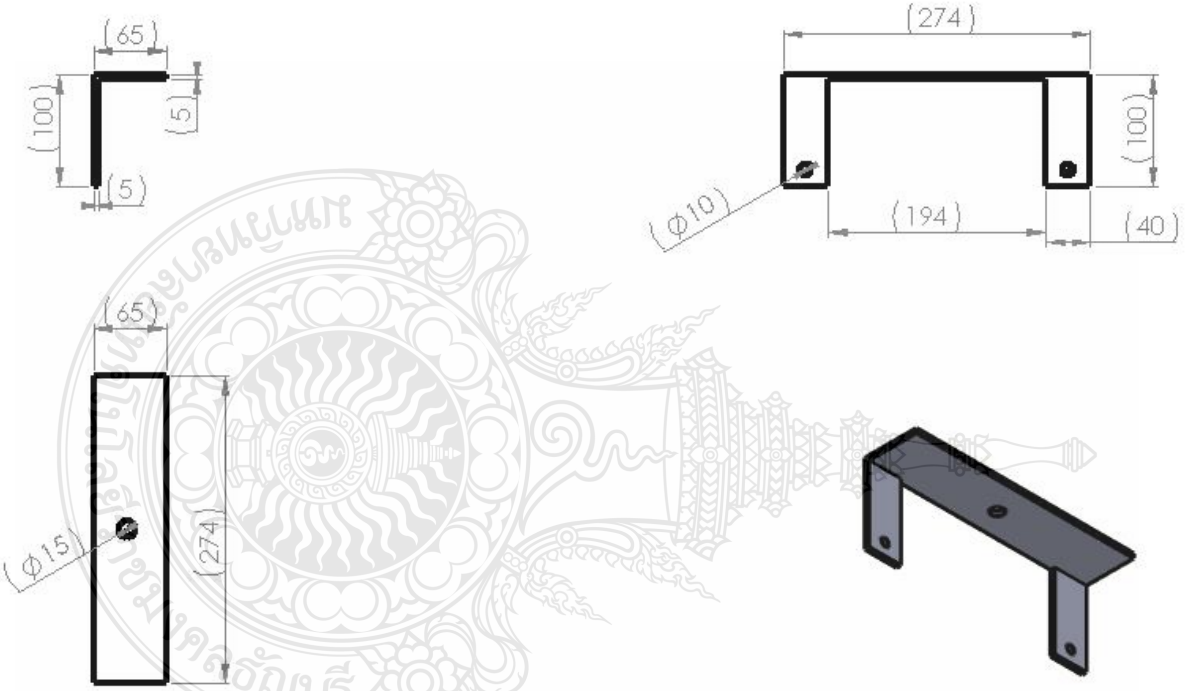




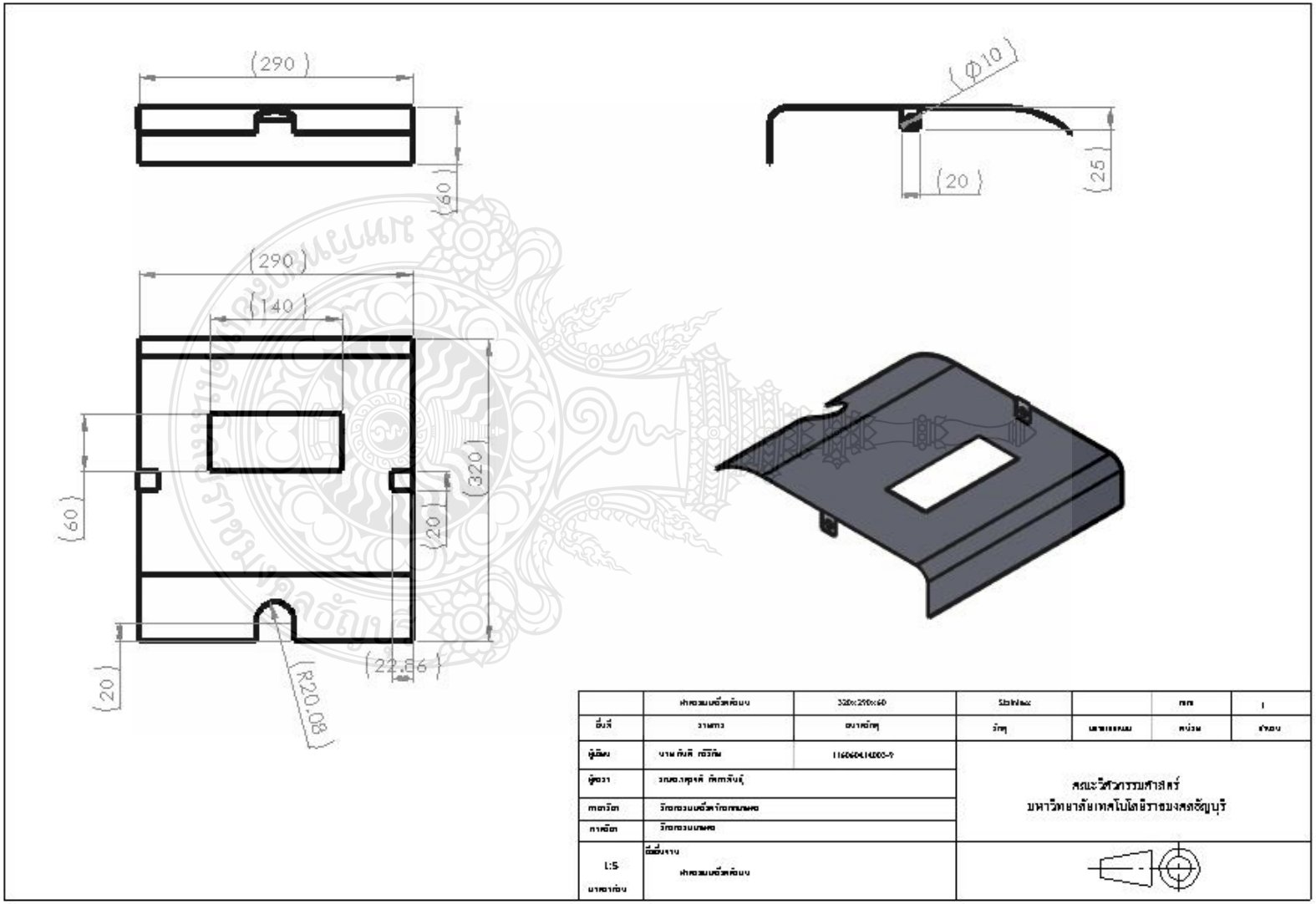
	ไบมีค	84x12x1	โลหะ		mm	2
ชื่นที่	วาดขาว	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	ขนาดมาตรฐาน	หน่วย	จำนวน
ผู้ดีดแบบ	นายสันติ ศรีวิลัย	L16D0616003-9	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ชลวุฒิ อัศภาพันธุ์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลและยานยนต์					
ภาควิชา	วิศวกรรมยานยนต์					
1:1 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ไบมีค					


(270)
(246)
(38)
(13)
(186)
(3)
(100)
(48)
(35)
(R6)
(Ø10)
(50)
(270)
(246)
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Stainless
mm
1
15


(300)
(10)
(40)
(15)
(8)
(40)
(300)
(35)
(260)
(50)
(85)
(80)
(420)
(R17.5)
(Ø32)
(Ø12)
(Ø12)
(210)
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

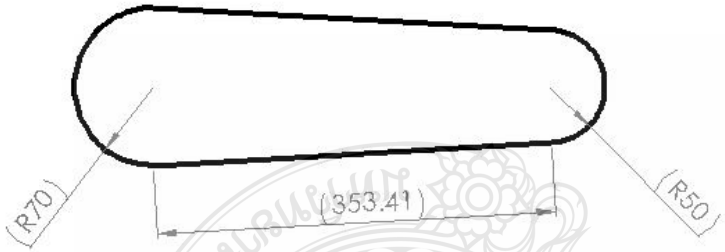


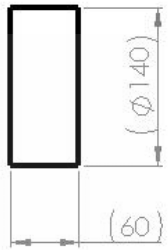
	แผ่นเรียงหลังปรับ	274x100x65	Stainless		mm	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเหตุ	หน่วย	จำนวน
ผู้พิมพ์	นาย ธันดี ศรีมีชัย	L1606041400E3-9	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	ผศ.ดร.จตุรงค์ จักกพันธุ์					
อาจารย์	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร					
ภาควิชา	วิศวกรรมเกษตร					
1:5 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นลดอัตราปรับ					

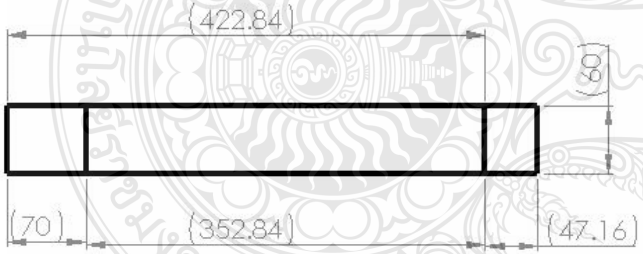


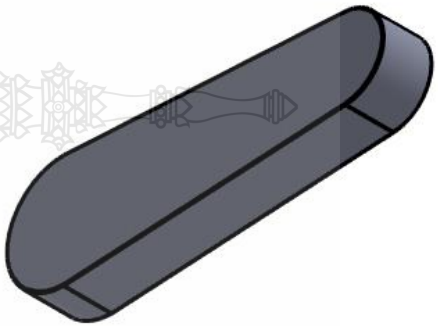
	ฝาครอบเครื่องต้นบน	320x290x60	Stainless		กรม	1
ชื่อนี้	รายการ	ขนาดมิติ	วัสดุ	มาตราส่วน	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย กันต์ กมิวัฒ	1160604140003-7				
ผู้ตรวจ	รศดร.สมุนต์ ศิลาลับ					
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกลและยาน					
คณะวิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม					
1:5 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ฝาครอบเครื่องต้นบน					

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



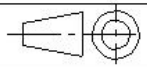


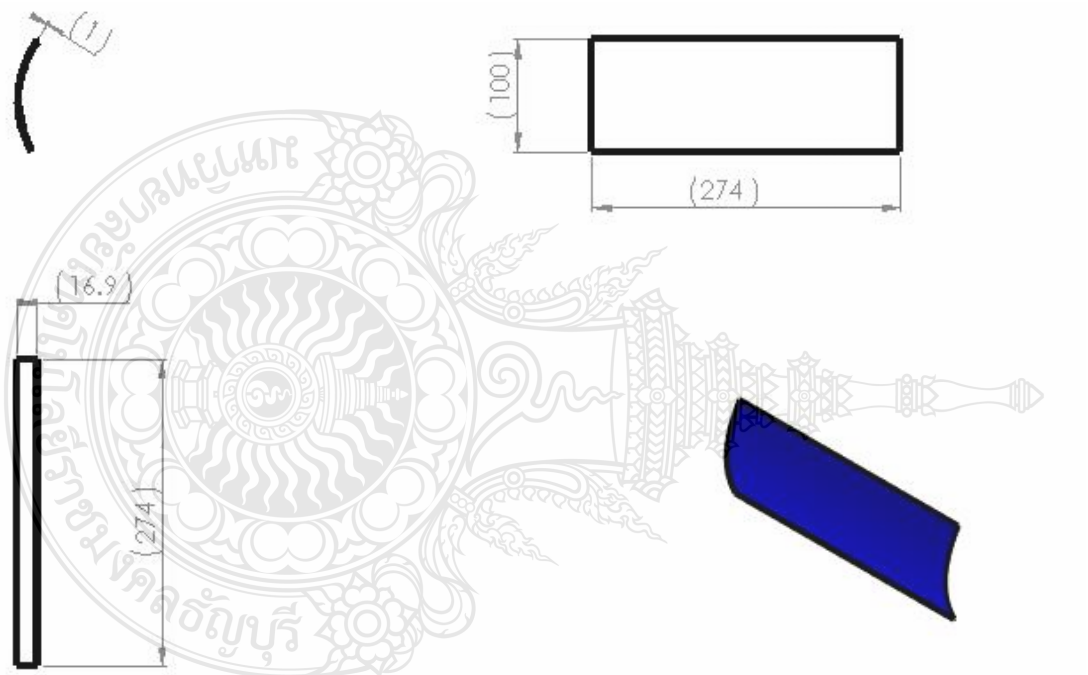




	ฝาครอบสามทาง	67Dx160x6D	Stainless		mm	1
ชิ้นที่	วาดเอง	ขนาดวัตถุ	วัตถุ	ขนาดของแบบ	หน่วย	จำนวน
ผู้ตีแบบ	นายสันติ ศรีวิสัย	116060514DD3-9				
ผู้ควบ	รศ.ดร.ชุดวงศ์ ลิ้มกาทิน					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต					
ภาควิชา	วิศวกรรมการผลิต					
1:2 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ฝาครอบสามทาง					

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

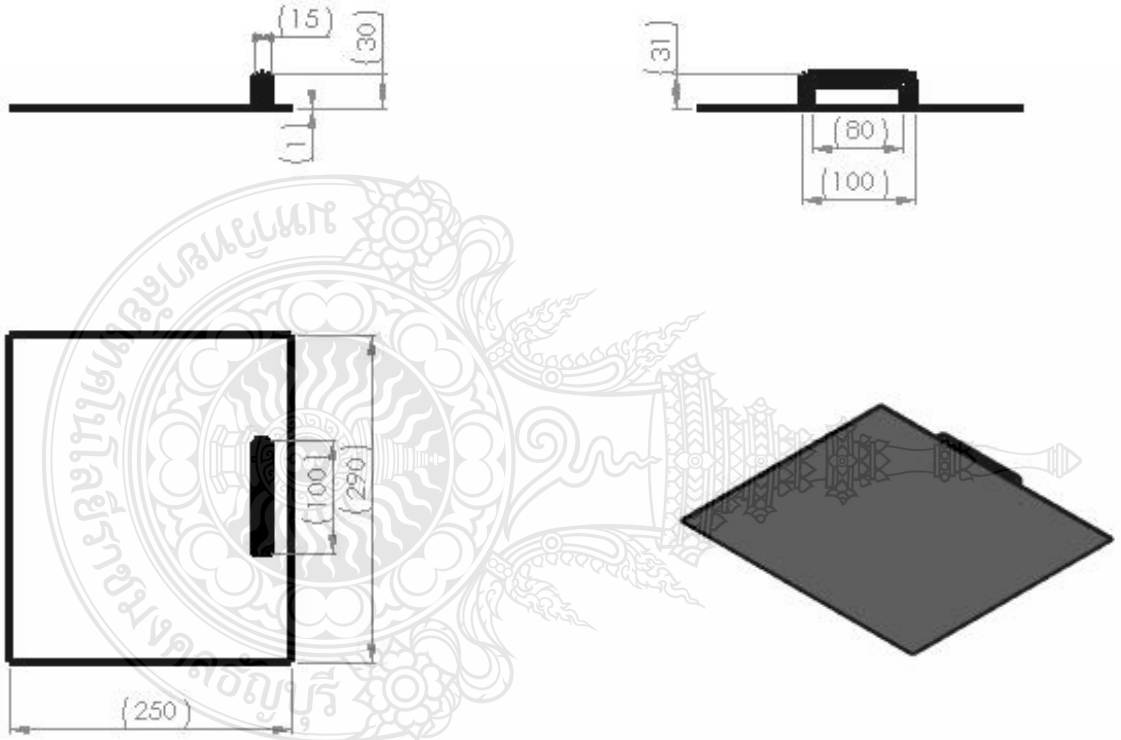




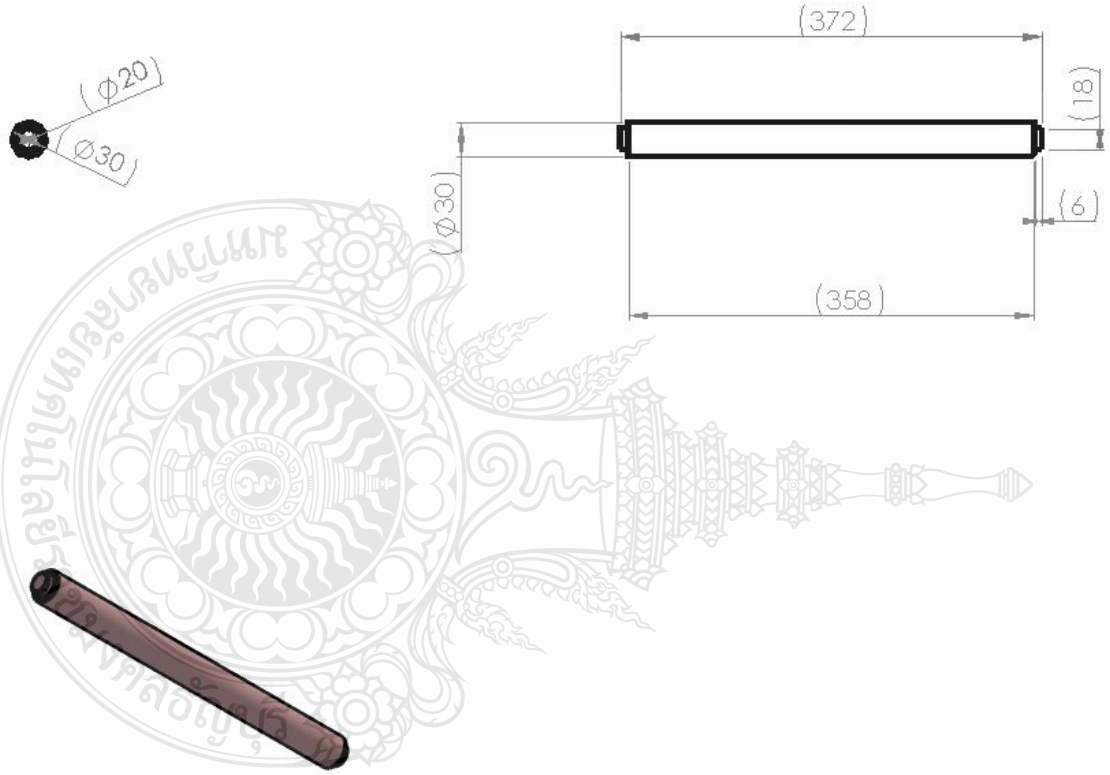
	ฝาปิดด้านหน้า	274x100x1	Stainless		mm	1
ชื่อ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	เลขแบบหมวด	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย กันติ กรีวิทัน	1160604140003-9				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ศรุตพิ ศิลารักษ์					
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกลและเคมี					
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี					
1:5 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ฝาปิดด้านหน้า					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

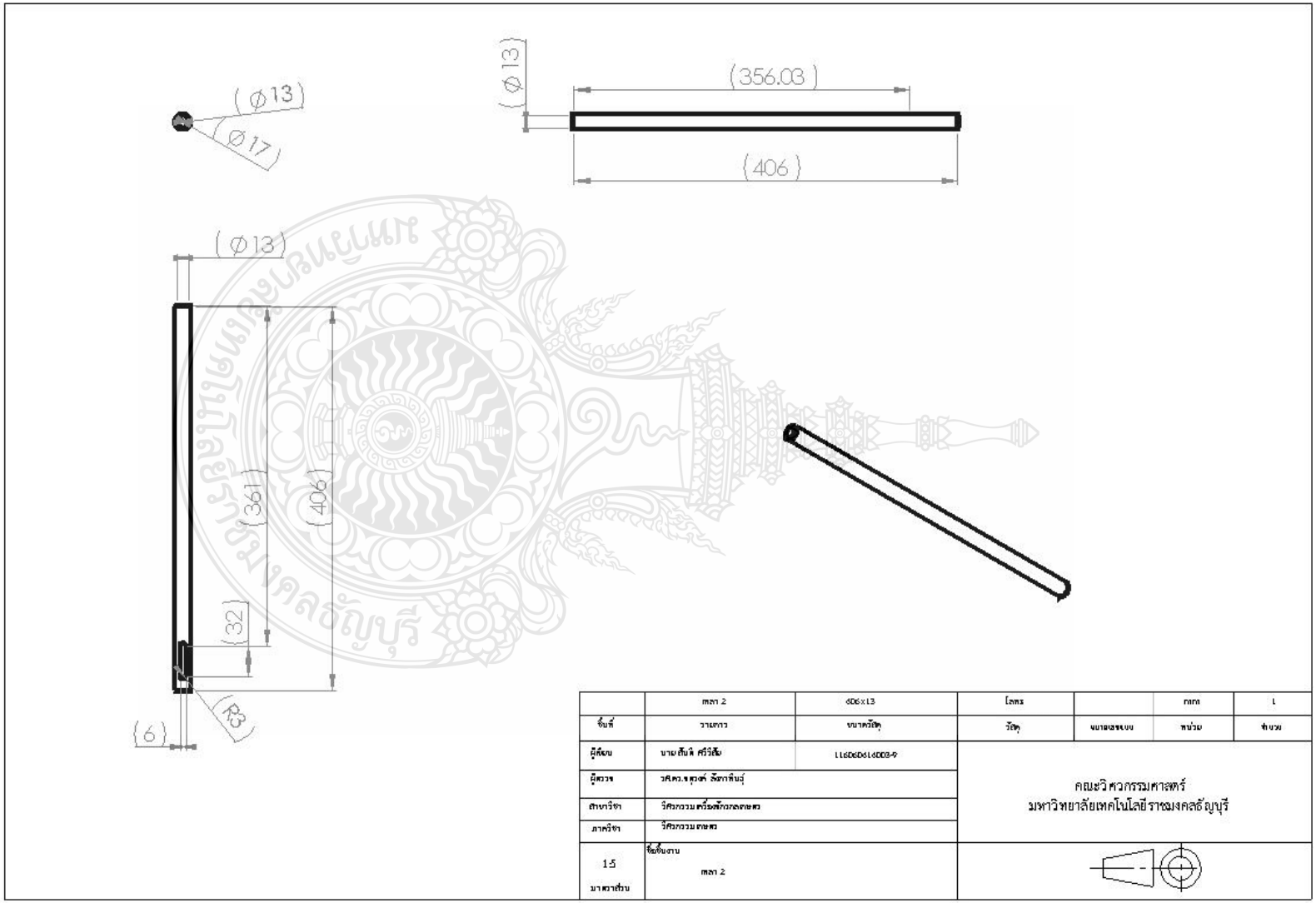


	[illegible]	[illegible]	[illegible]		mm	1
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน			
[illegible]	[illegible]					
[illegible]	[illegible]					
[illegible]	[illegible]					



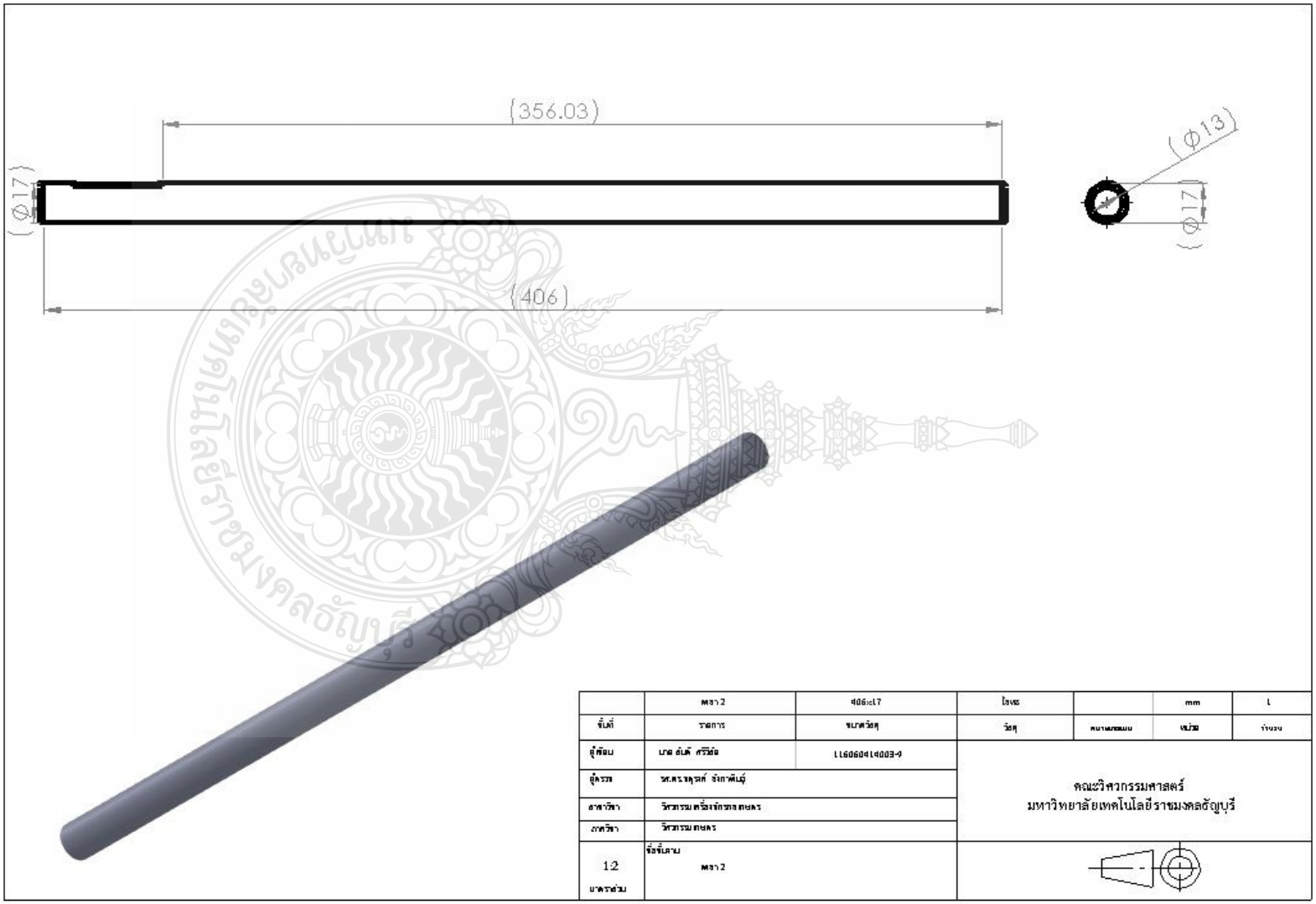
	ทดลา L	372x30	โลหะ		mm	L
ชิ้นที่	วางตาง	ขนาดวัตถุ	วัตถุ	ขนาดมาตรฐาน	หน่วย	จำนวน
ผู้ดีดแบบ	นาย สันติ ศรีวิสัย	116060616003-9				
ผู้ตรวจ	วศ.ดร.ชลวงศ์ สัตราทินอุ่					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องมือกลการผลิต					
ภาควิชา	วิศวกรรมการผลิต					
1:5 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ทดลา L					

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

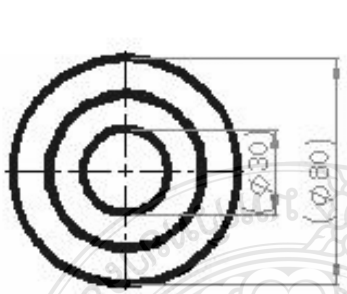


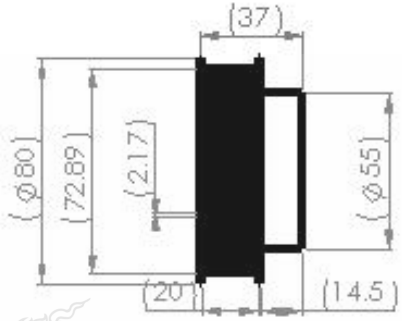
	เหล็ก 2	d06x13	โลหะ		กรัม	1
ชิ้นที่	วาดเขาว	ขนาดวัตถุ	วัตถุ	จนาดเฉพาะแบบ	หน่วย	จำนวน
ผู้ดีดแบบ	นายสันติ ศรีวิสัย	L16D6D614D03-9				
ผู้ตรวจ	วศ.ดร.พุฒชต์ อัศวาหินธุ์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต					
ภาควิชา	วิศวกรรมการผลิต					
1:5 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน เหล็ก 2					

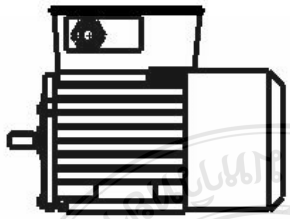
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

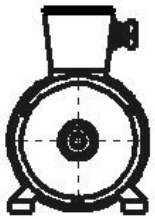


	ตรา2	406x17	ไร้หน่วย		mm	1
ชิ้นที่	รายการ	ชนิดวัสดุ	วัสดุ	ขนาดมาตรฐาน	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย อัมดี ศรีวิชัย	1160604140003-9	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	ผศ.ดร.พยุรงค์ รังกาพันธุ์					
อาจารย์	วิศวกรรมเครื่องกำลังทางทะเล					
ภาควิชา	วิศวกรรมทางทะเล					
12 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ตรา2					

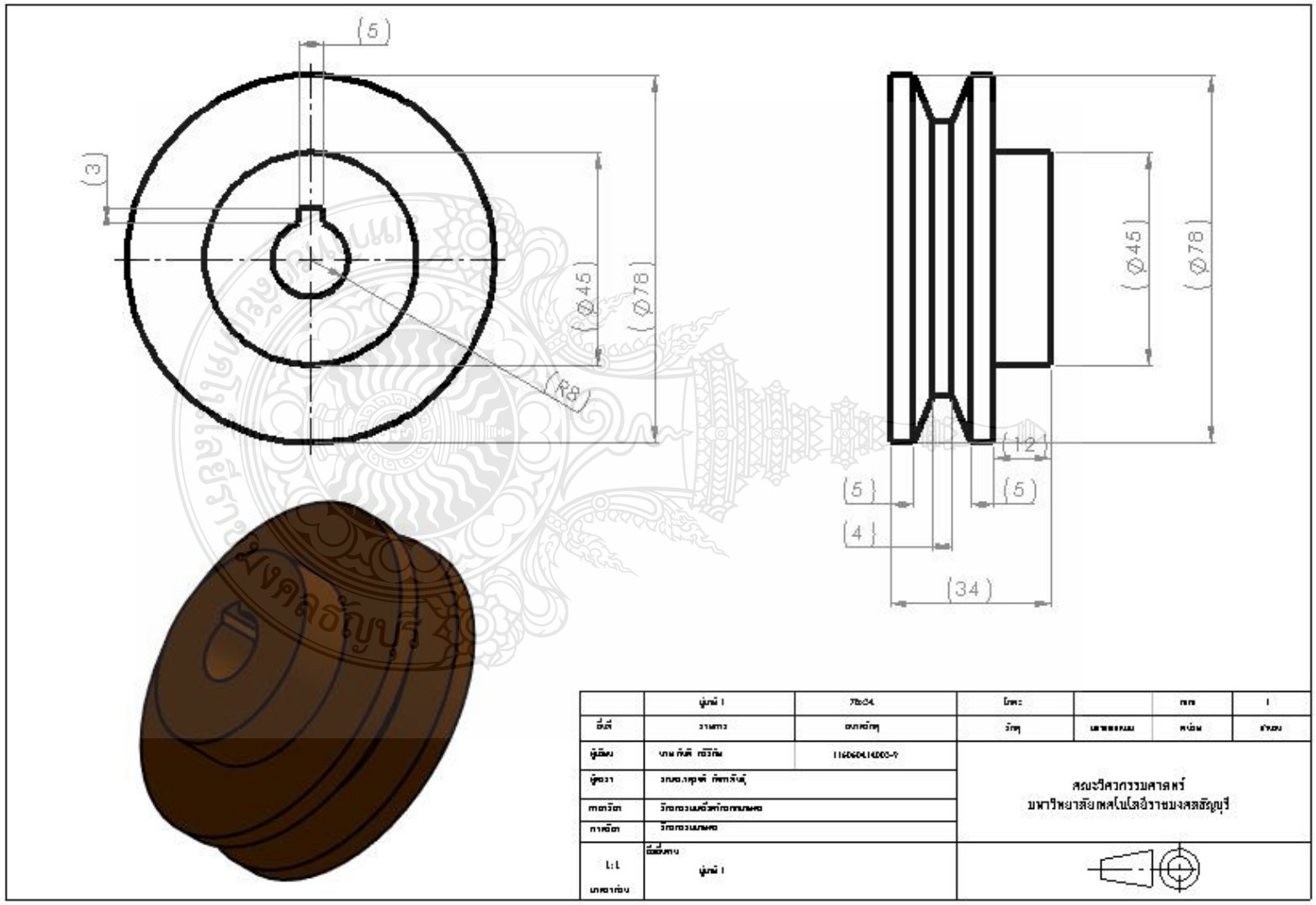

ø30
(ø80)


(37)
(ø80)
(72.89)
(2.17)
(ø55)
(20)
(14.5)



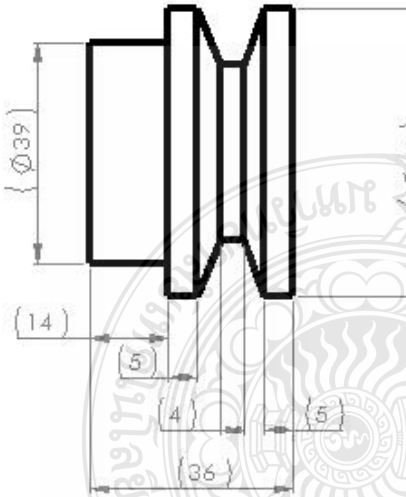


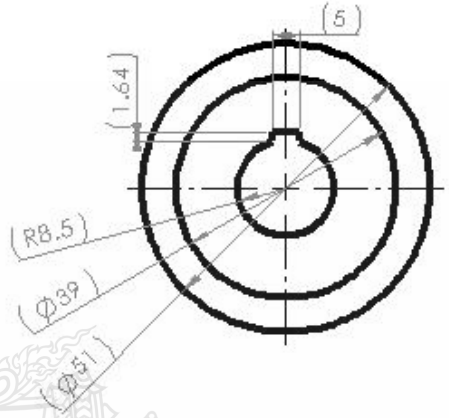
	มอเตอร์		โลหะ		กรัม	2
ชื่อที่	วาดเอง	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	ขนาดมาตรฐาน	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย สันติ ศรีวิลัย	116060616003-9	สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ชาตรี ลิ้มทองคำ					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลภาคสนาม					
ภาควิชา	วิศวกรรมภาคสนาม					
15 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน มอเตอร์					



	ชุดงาน 1	78x34	โหละ		กลุ่ม	1
ชื่อชิ้น	รางสาย	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	มาตรฐานงาน	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย กันติ กฤติกัน	1160404140003-9	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	รศดร.กฤษฎ์ กิตติกันต์					
กลุ่มวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลและยานยนต์					
การเรียน	วิศวกรรมยานยนต์					
1:1 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ชุดงาน 1					

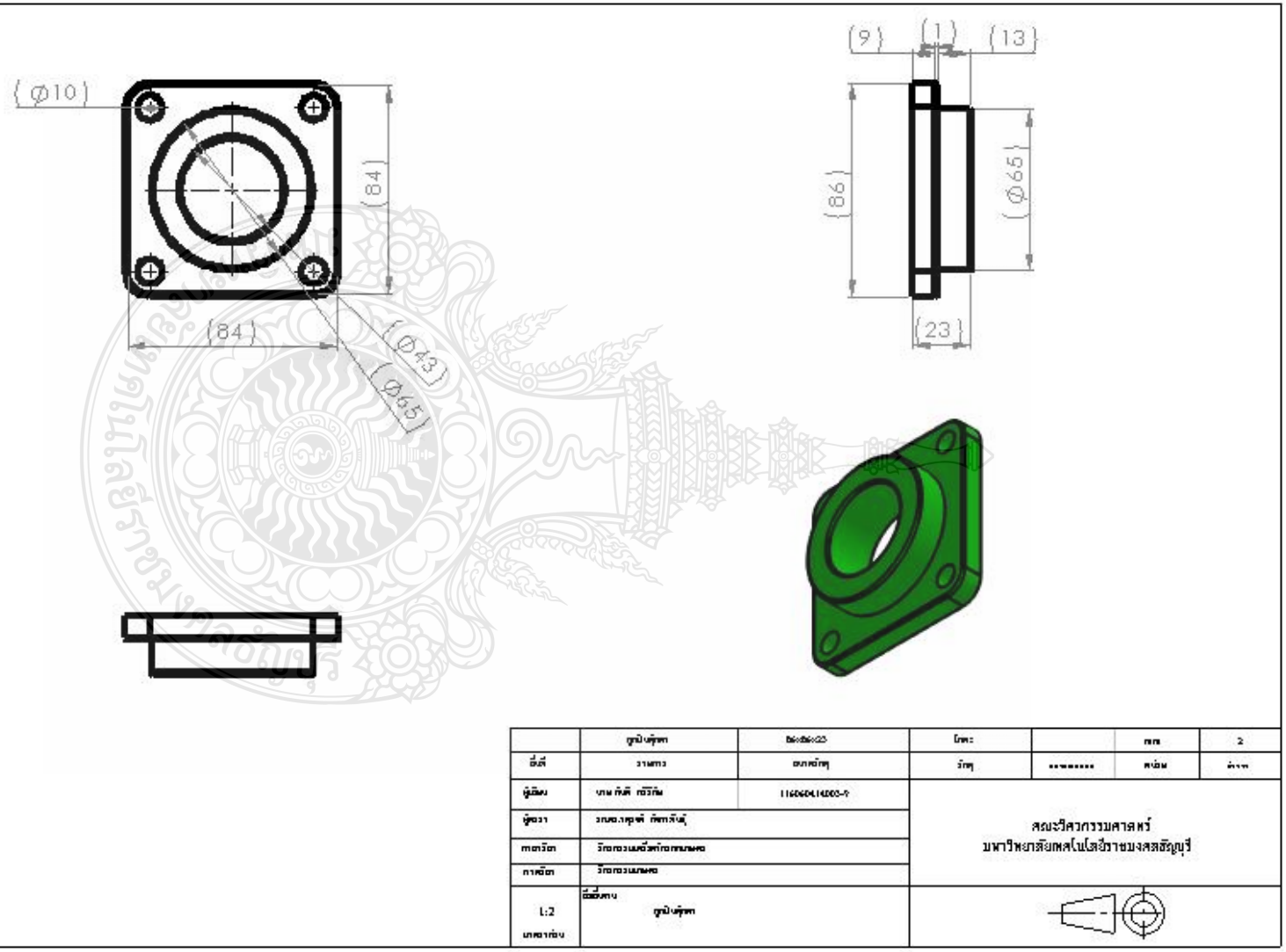
มงคลธัญบุรี



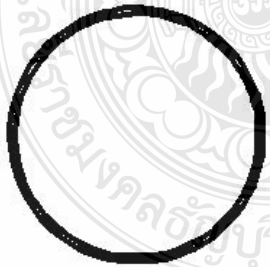


	ปูนหมี่ 2	36x51	โลหะ		กลม	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดมิติ	วัสดุ	มาตราส่วน	หน่วย	จำนวน
ผู้เขียน	นาย กันติ กมิวกัน	1160600140003-9				
ผู้ตรวจ	รศดร.ชาญชัย ศักดาจันธุ์					
กลวิธี	วิทยาการแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป					
การผลิต	วิทยาการแม่พิมพ์					
1:1 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ปูนหมี่ 2					

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

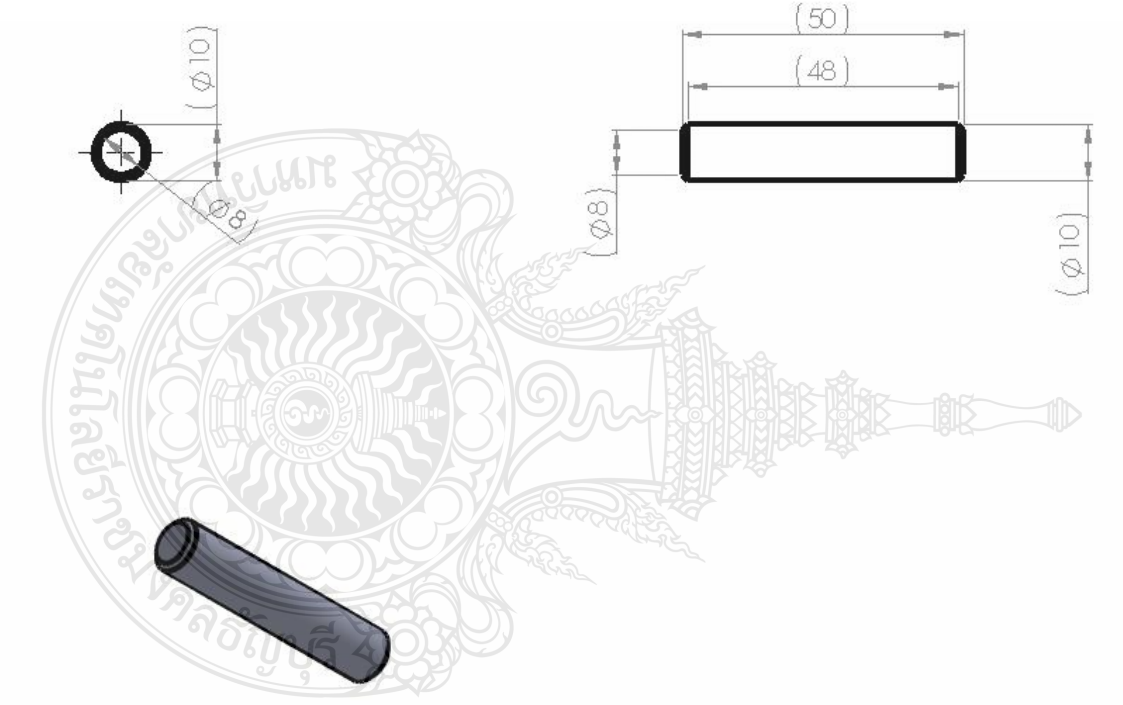


	ฐานปิดหุ้มหก	86x86x23	โลหะ		กรม	2
มิติมี่	วาดตาม	ตามหน้าที่	วัสดุ	**********	หน่วย	ม.ม.
ผู้เขียน	นาย กิตติ กมิวกิม	1160604140003-9	สถะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหลโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ทยุตต์ กัทการินทร์					
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต					
คณะวิชา	วิศวกรรมศาสตร์					
1:2 มาตราส่วน	มิติเป็นมิลลิเมตร ฐานปิดหุ้มหก					



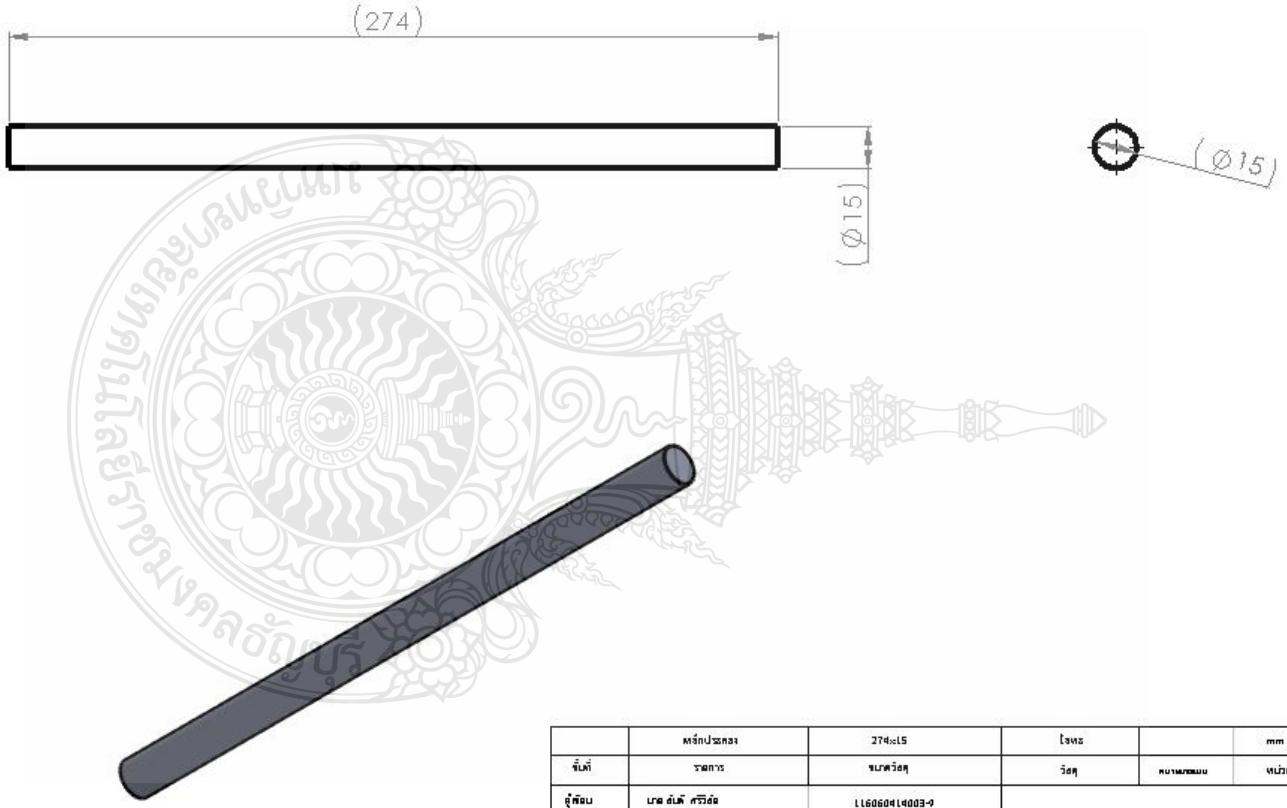
	สปริง	2Dx TRUE RD.25	โลหะ		mm	B
ชิ้นที่	จำนวน	ขนาดวัตถุ	วัตถุ	คณานเกอะแบน	หน่วย	จำนวน
ผู้ศึกษา	นายสันติ ศรีวิสัย	116060514003-9				
ผู้ควบ	วศ.ดร.ชยุตม์ อัสถาพันธุ์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องมือกลและแม					
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล					
2:1 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน สปริง					

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

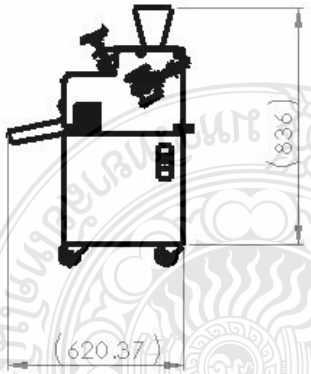


	สลักล็อคคีบประคอง	68x10	โลหะ		mm	6
จิ๊กที่	วางเกาว	ขนาดวัตถุ	วัตถุ	ขนาดเฉลี่ยแบบ	หน่วย	จำนวน
ผู้ที่ออบ	นายสันติ ศรีวิลัย	116060514003-9				
ผู้ควบ	รศ.ดร.พยุงศ์ อัยการินทร์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องมือกลการผลิต					
ภาควิชา	วิศวกรรมการผลิต					
1:1 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน สลักล็อคคีบประคอง					

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



	พริกประดิษฐ	274x15	ไม่ระบุ		mm	2
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเหตุ	หน่วย	จำนวน
ผู้ออกแบบ	นาย ธนัท ศรีวิชัย	1160604140003-9	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี			
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ชาคริต จักรพันธุ์					
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร					
ภาควิชา	วิศวกรรมเกษตร					
1:2 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน พริกประดิษฐ					



	เครื่องแกะเปลือกเมล็ดมะขาม	422x620.37x826				1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	คณานเกตแบบ	หน่วย	จำนวน
ผู้พัฒน	นาย ดันดี ศรีวิลัย	1160604160003-9				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.ชนุรงค์ จังกาพินอู่					
อาจารย์	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร					
อาจารย์	วิศวกรรมเกษตร					
1:20 มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน เครื่องแกะเปลือกเมล็ดมะขาม					

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ค

การเผยแพร่ผลงาน

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 12
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ครั้งที่ 11
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
การประกวดสิ่งประดิษฐ์ ครั้งที่ 4
และนวัตกรรมราชมงคล
PRN
เครือข่ายวิจัยประชาชื่น
MRS Thailand
นำเสนอภาคบรรยาย
โดย
สันติ ศรีวิสัย จตุรงค์ ลังกาพินธ์
สุนัน ปานสาคร และ รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
ผลงานเรื่อง
การพัฒนาและทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง
Session 3 : สาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
รองศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด
อธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
18-20 พฤษภาคม พ.ศ. 2565
ณ รอยัล คลิฟ แกรนด์ โฮเต็ล, พัทยา, ประเทศไทย
RMUTCON

การพัฒนา และการทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

Development and Testing of Lotus Seed Shell Peeling Machine

สันติ ศรีวิสัย[1] จตุรงค์ ลังกาพินธ์[1] สุนัน ปานสาคร[1] และ รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์[1]

Santi Sriwisai[1], Juturong Longkapin[1], Sunan Parnsakhorn[1] and Roongruang Kalsirisilp[1]

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

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

ผู้เขียนติดต่อ : สันติ ศรีวิสัย E-mail: santi_s@mail.rmutt.ac.th

*Corresponding Author: Santi Sriwisai E-mail: santi_s@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงได้ถูกออกแบบ และสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดเวลา และแรงงานในการแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เครื่องประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดสายพานลำเลียง ชุดใบมีด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ฟ้าขนาด 0.5hp หลักการทำงานของเครื่อง ผู้ใช้ป้อนเมล็ดบัวหลวงเข้าช่องป้อน จากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะวิ่งไปบนสายพานจนไปสัมผัสกับใบมีดที่ปลายสายพาน และปล่อยให้เมล็ดบัวหลวงร่วงสู่ด้านล่างของเครื่อง จากการทดสอบที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,200 , 1,400 และ 1,600 rpm พบว่า เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบ 1,400 rpm มีความสามารถใน การทำงาน 4.9 kg hr^{-1} เปอร์เซ็นต์ในการแกะเมล็ดบัว 84.6 % เปอร์เซ็นต์ความ เสียหาย 0 % อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.24 kW-hr จากการวิเคราะห์ ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 1,440 hr $year^{-1}$ จะมีระยะคืนทุน 7 เดือน และจุดคุ้มทุน 164.33 hr $year^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับการแกะด้วยแรงงานคน

คำสำคัญ: การพัฒนา และการทดสอบ, เมล็ดบัวหลวง, ชุดใบมีด

Abstract

The lotus seed shell peeling machine was designed and created with the main purpose of reducing the time and labor required to peel lotus seeds The machine consists of machine structure Conveyor set, blade set, transmission system and use a 0.5hp electric motor. The principle of operation of the machine. Farmers enters lotus seeds into the input field. Then the lotus seeds will run on the belt until it touches the blade at the end of the belt. and let the lotus seeds fall to the bottom of the machine From testing at motor speeds of 1,200, 1,400 and 1600 rpm, it was found that the lotus seed extractor was able to work well at 1,400 rpm, with the ability to work 4.9 kg hr^{-1} per cent to extract lotus seeds 84.6% per cent. Damage 0 % Electricity consumption rate 0.24 kW hr^{-1} from analysis In engineering economics, it was found that when using the lotus seed peeling machine 1,440 hr $year^{-1}$, there was a payback period of 7 mont and a break-even point of 164.33 hr $year^{-1}$ when compared with manual sheep.

Keyword: Development, and testing, Lotus seeds, Blade set

บทนำ

เม็ดบัว หรือ เมล็ดบัว คือส่วนของเมล็ดที่อยู่ข้างในฝักของบัวหลวง จัดเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่ให้คุณค่าทางอาหารสูงไม่แพ้ธัญพืชตระกูลถั่ว ในปริมาณสูง เม็ดบัวให้สารอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนมากกว่าสารอาหารจำพวกกรดไขมัน และเม็ดบัวยังเป็นอาหารที่ให้แคลอรี่ต่ำ จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก หรืออยู่ในช่วงที่ต้องควบคุมอาหารนอกจากนี้ในเม็ดบัวยังมีวิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์อีกหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นวิตามินบี วิตามินเอ วิตามินอี ไฟเบอร์ แคลเซียม ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม โพแทสเซียม สังกะสี และเม็ดบัวยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ และมีสารไฟโตนิวเทรียนท์ที่มีประโยชน์ต่อระบบภูมิคุ้มกัน และมีสรรพคุณช่วยต้านการอักเสบได้อย่างดีอีกด้วยโดยเม็ดบัวสามารถกินได้ทั้งแบบสด หรือนำไปผัดใส่ในอาหารเมนูต่าง ๆ รวมทั้งยังสามารถนำมาต้มทั้งแบบเป็นน้ำซุปหรือต้มกินเป็นของหวานก็ได้เช่นกัน ซึ่งสูตรอาหารที่ใช้เม็ดบัวเป็นส่วนผสมนั้นมีอยู่มากมายสามารถเลือกทำได้ตามความชอบ [1] ประโยชน์ของเมล็ดบัวหลวง ต่อการลดน้ำหนักเพราะเมล็ดบัวเป็นธัญพืชที่ให้ไฟเบอร์สูง จึงช่วยให้รู้สึกอิ่มได้นานมากขึ้น ต่อต้านริ้วรอย ในเม็ดบัวมีเอนไซม์ที่มีประโยชน์ในการต่อต้านริ้วรอยแห่งวัยที่ชื่อว่า L-isoaspartyl methyltransferase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สรรพคุณในการรักษาและซ่อมแซมโปรตีนที่ถูกทำลาย และกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนในร่างกาย ดีต่อสุขภาพหัวใจ แมกนีเซียมที่อยู่ในเม็ดบัวเป็นสารอาหารที่ประโยชน์และช่วยลดความเสี่ยงต่อสุขภาพหัวใจ เพราะแมกนีเซียมจะเข้าไปช่วยเพิ่มปริมาณของออกซิเจนและกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดและสารอาหาร

ช่วยให้หลับสบาย เม็ดบัวมีสรรพคุณทางยาที่ช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในร่างกาย หากระบบไหลเวียนโลหิตทำงานได้ดี ก็จะช่วยให้ร่างกายและสมองรู้สึกผ่อนคลาย ไม่กระสับกระส่าย สามารถนอนหลับได้ดีขึ้น [2][3] แหล่งปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ดที่สำคัญ คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร และจังหวัดพิษณุโลก พันธุ์บัวที่นิยมปลูกเพื่อเก็บเมล็ด คือ บัวหลวงพันธุ์ปทุม ซึ่งมีขนาดฝักใหญ่ และมีเมล็ดมากเกษตรกรผู้ปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ด จะเริ่มปลูกในเดือนพฤศจิกายน และสามารถเก็บเกี่ยวภายหลังปลูก 3-4 เดือน โดยมีวิธีการปลูกและดูแลรักษาเช่นเดียวกับบัวตัดดอกเมื่อปลูกบัวได้ประมาณ 3-4 เดือน ก็จะเริ่มเก็บฝักได้ ฝักแก่จะสังเกตได้จากฝักปลายเมล็ดเริ่มแห้ง เป็นสีเทา หรือสีดำ หากปล่อยให้แห้งทั้งฝักเมล็ดจะหลุดจากขั้ว ร่วงง่าย ระยะเวลาตั้งแต่ดอกดูมถึงเก็บฝักได้ประมาณ 40-50 วัน บัวจะให้ผลผลิตนานประมาณ 3-4 เดือน จากนั้นจะเริ่มโทรม ในการเก็บฝักบัวนั้น จะใช้เรือถ่อเข้าไปแปลงบัว แล้วใช้ไม้สอยฝักบัวใส่เรือ เมื่อเก็บฝักได้เต็มลำเรือแล้ว ก็ขนขึ้นมาเก็บรวมกันในลานดิน แล้วใช้ไม้ทุบให้ฝักฉีกเมล็ดแก่จะร่วงหลุดออกจากฝัก ถ้ายังมีเมล็ดบัวติดค้างในฝักอีกก็จะใช้คนแกะออกมา เมล็ดที่ได้จะนำไปตากแดดให้แห้งประมาณ 2-3 แดด จากนั้นเอาตะแกรงร่อนเอาเมล็ดลีบๆ หรือเมล็ดเสียออก แล้วบรรจุเมล็ดบัวที่ดีลงกระสอบเตรียมส่งขายต่อไป ผลผลิตเมล็ดบัวแห้งจะได้ไร่ละประมาณ 144-180 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกรขายได้ถังละ 120-400 บาท [4] สำหรับเมล็ดบัวสดนั้นเกษตรกรยังสามารถแปรต่อในการลอกเนื้อเยื่อแทงดีบัว [5] เพื่อนำดีบัวไปแปรรูปต่อเป็นผลิตภัณฑ์ชาดีบัว ปัจจุบันได้มีการนำเมล็ดบัวมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยว อาหารคลีนสำหรับคนรักษาสุขภาพ เช่น บริษัท ทีแอลเทรดวินด์ จ.สุรินทร์ ได้แปรรูปเมล็ดบัวอบกรอบ ชารากบัวหลวง ชาดีบัว และชาใบบัว วางจำหน่ายทั่วประเทศ และยังส่งออกไปยังต่างประเทศ เช่น ลาว เกาหลี ญี่ปุ่น กัมพูชา ส่งผลให้ยอดขายของบริษัททีแอลเทรดวินด์ 150 ล้านบาทต่อปี [6]

เกษตรกรในปัจจุบันการแปรรูปเมล็ดบัวในการแกะเปลือกของเมล็ด เกษตรกรส่วนใหญ่ยังใช้แรงงานคนในการแกะทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ อีกทั้งยังต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดบัวและความปลอดภัยของแรงงานในการแกะเมล็ดและยังมีความล่าช้าในการทำงาน ดังรูปที่ 1 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีจุดบกพร่องต่าง ๆ เช่น ต้องคัดแยกขนาดเมล็ดก่อนนำเข้าเครื่อง เปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการแกะและเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวหลวงและประสิทธิภาพในการทำงานยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร ดังรูปที่ 2 จึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวในปัจจุบันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรในการแปรรูปผลผลิตจากเมล็ดบัวหลวง[7]

รูปที่ 1 การแกะเมล็ดบัวของเกษตรกรโดยใช้แรงงานคน

รูปที่ 2 เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อความต้องการ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง ศึกษาและพัฒนารูปแบบการแกะ ความเร็วรอบของมอเตอร์ในการแกะ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง มาทดแทนแรงงานคน ลดการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน เพื่อให้เกษตรกรมีเครื่องต้นแบบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาปัญหาและขั้นตอนในการแกะเมล็ดบัวหลวง

เพื่อศึกษาข้อมูลและปัญหาของการแกะเมล็ดบัวหลวงในปัจจุบันของเกษตรกร ในปัจจุบันเกษตรกรในอุตสาหกรรมชุมชนยังขาดแคลนเครื่องจักรในการผลิตเพื่อลดระยะเวลาในการผลิตให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภค จากการศึกษากระบวนการผลิตของ บริษัท ทีแอลเทรดวินด์ จ.สุรินทร์ รับซื้อผลผลิตเมล็ดบัวสดใน จ.สุรินทร์ และจังหวัดใกล้เคียงเพื่อนำมาแปรรูปโดยใช้เครื่องจักรมาทดแทนแรงงานคนในกระบวนการผลิต ซึ่งบริษัท ทีแอลเทรดวินด์ มีกำลังผลิตถึง 30 ตัน/เดือน และสามารถเก็บได้ถึง 1 ปี จึงเห็นถึงความต้องการของเกษตรกรรายย่อยที่ต้องการเพิ่มกำลังผลิตให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภคจากการใช้แรงงานคนเป็นหลักในผู้ผลิตรายย่อย

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัว

เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงที่แตกต่างกัน เช่น ความยาวของเมล็ด ความกว้างของเมล็ด ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวหลวง เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงลักษณะการแกะเมล็ดบัวหลวง โดยการสุ่มวัดเมล็ดบัวหลวงจำนวน 200 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์พบว่ามีความยาวของเมล็ดที่ระหว่าง 19-23 mm เฉลี่ย 21 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง ที่ 14-17 mm เฉลี่ย 15.5 mm ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวหลวง 1.1-1.3 mm เฉลี่ย 1.2 mm

ศึกษาเครื่องต้นแบบที่นำมาพัฒนา

การศึกษาและทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง (จตุรงค์ ลังกาพินธ์,สุนัน ปานสาคร,รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์,มาสสุภา โพธิ์รอด) เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อลดเวลาและแรงงานในการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกรเครื่องต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้างเครื่อง ชุดใบมีดกรีด กลไก Scotch Yoke ระบบส่งกำลังและใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.25 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ควบคุมเครื่องป้อนเมล็ดบัวหลวงลงในช่องป้อนทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะถูกลำเลียงเข้าไปในชุดใบมีดกรีดโดยการเคลื่อนที่ของกลไก Scotch Yoke ซึ่งชุดใบมีดกรีดทำหน้าที่กรีดตัดเปลือกตามแนวเส้นรอบวงของเมล็ดบัวหลวงและปล่อยให้เมล็ดบัวหลวงร่วงลงสู่ช่องทางออกด้านล่างของเครื่อง จากการทดสอบที่ความเร็วรอบเฉลี่ย 7.5,8.5 และ 9.5 เมตรต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วเฉลี่ยของชุดใบมีดกรีด 7.5 เมตรต่อวินาที มีเปอร์เซ็นต์ในการแกะเมล็ดบัว 79.8% เมล็ดบัวไม่มีความเสียหายมี

ความสามารถในการทำงาน 2±0.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 1,440 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 6.9 บาทต่อกิโลกรัม ระยะคืนทุน 11.4 เดือน และจุดคุ้มทุน185.3 ชั่วโมงต่อปี[8]

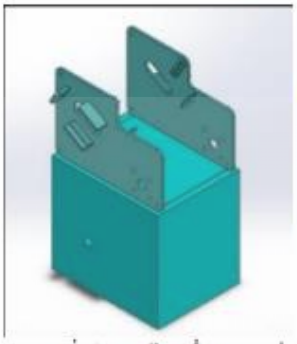
รูปที่ 3 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบที่นำมาพัฒนา

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบโดยใช้หลักการออกแบบโดยหลักทางวิศกรรมและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนแบบและออกแบบ [9][10] ในส่วนโครงสร้าง ชุดสายพานลำเลียงเมล็ด ช่องป้อนเมล็ด ชุดใบมีดกรีด ชุดปรับความแข็งของสปริงผลักชุดใบมีด

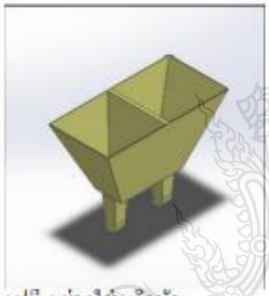
หลักการทำงานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ควบคุมเครื่องป้อนเมล็ดบัวผ่านช่องป้อนเมล็ด สายพานจะทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดเข้าสู่ใบมีดกรีดที่มีชุดปรับความแข็งของแรงกดใบมีด กรีดตามเส้นรอบวงของเมล็ดบัวหลวง และปล่อยลงทางช่องด้านล่างของเครื่อง โดยใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 0.5 แรงม้า ส่งกำลังผ่านเกียร์ทด 1:50 มายังชุดสายพานลำเลียง เครื่องต้นแบบที่ออกแบบและสร้างเสร็จ ดังรูปที่ 10



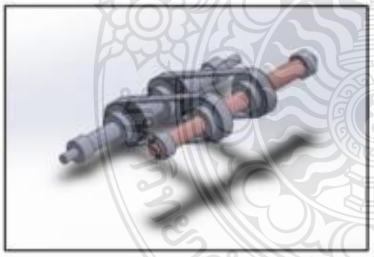
โครงสร้าง ทำจากเหล็กกล่อง 2.5×2.5 เซนติเมตรนำมาดัดประกอบเชื่อมให้มีความกว้าง×ยาว×สูงเท่ากับ32×42×39 เซนติเมตร และประกอบแผ่นสแตนเลสขนาดสูง30เซนติเมตร 2 แผ่นเข้ากับฐานโครงด้านล่างมีหน้าที่เป็นโครงสร้างสำหรับยึดชุดมอเตอร์ชุดใบมีดและชุดลำเลียงเมล็ดช่องป้อนและช่องทางออกของเมล็ดเข้าด้วยกัน

รูปที่ 4 โครงสร้างเครื่องแกะเมล็ดบัว



ช่องใส่เมล็ดบัวทำจากสแตนเลสหนา 1 มิลลิเมตร โดยมีขนาด 14×28×22 เซนติเมตรและแบ่งออกเป็น 2 ช่อง ช่องป้อนเมล็ดบัวจะมีหน้าที่ป้อนเมล็ดบัวไปยังสายพานลำเลียงเพื่อเข้าสู่ชุดใบมีด

รูปที่ 5 ช่องใส่เมล็ดบัว



ชุดสายพานลำเลียงเมล็ด ส่วนประกอบหลักคือเฟืองสายพานร่องและเฟืองสายพานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร รูเพลากลาง 18 มิลลิเมตร มีทั้งหมด2ชุดทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดเข้าสู่ชุดใบมีด

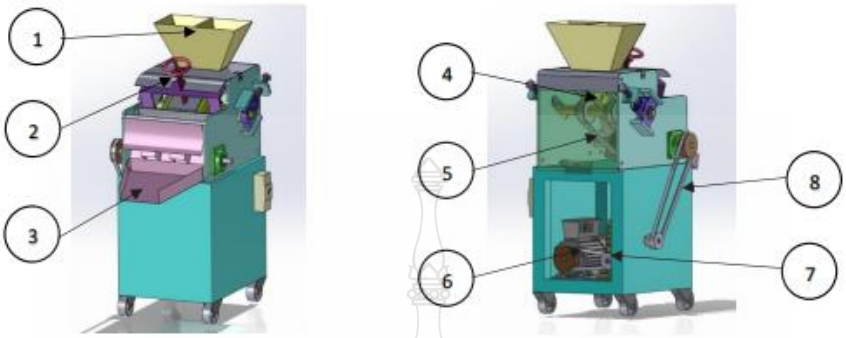
รูปที่ 6 ชุดสายพานลำเลียง

ชุดใบมีดสำหรับแกะเมล็ดใช้ใบมีดคัดเตอร์ 30°ขนาด18 มิลลิเมตรยึดติดกับพลาสติกที่นำมาทำเป็นฐานสำหรับรองรับใบมีดติดตั้งสปริงเข้าที่ส่วนบนของพลาสติกเพื่อทำให้สามารถแกะเปลือกเมล็ดบัวได้หลายขนาดและติดตั้งตัวปรับระยะห่างของใบมีดกับสายพาน

รูปที่ 7 ชุดใบมีดเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

ชุดระบบส่งกำลังและถ่ายทอดกำลัง ใช้มอเตอร์ขนาด0.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังถ่ายทอดกำลังไปยังเกียร์ทด1:50 ส่งกำลังไปยังมู่เล่ย์และสายพาน

รูปที่ 8 ระบบส่งกำลัง



รูปที่ 9 ออกแบบเครื่องต้นแบบด้วยโปรแกรม Solid Work

1) ช่องป้อนเมล็ด
2) ชุดปรับแรงกดใบมีดกรีด
3) ทางออกเมล็ด
4) ชุดใบมีดกรีด
5) ชุดสายพานลำเลียงเมล็ด
6) มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า
7) เกียร์ทดรอบ 1: 50
8) สายพานส่งกำลัง

รูปที่ 10 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

การทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

การทดสอบและประเมินสมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งคุณภาพในการแกะเมล็ดบัวหลวงโดยใช้ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์ในการแกะเมล็ด เปอร์เซ็นต์ความเสียหายหลังผ่านการแกะและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังสมการที่ (1)

1) เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ด (%)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่แกะเปลือกได้}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงทั้งหมด}} \times 100 \quad (1)$$

2) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด (%) ดังสมการที่ (2)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวที่เสียหาย}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$

3) ความสามารถในการทำงาน (kg/hr) ดังสมการที่ (3)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวที่แกะเปลือกได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาในการทำงาน}} \quad (3)$$

4) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ดังสมการที่ (4)

$$W = \frac{IVt}{1000} \quad (4)$$

เมื่อ

I = กระแสไฟฟ้า (A)

V = แรงดันไฟฟ้า (V)

t = เวลา (hr)

ในการทดสอบใช้เมล็ดบัวจากในพื้นที่จังหวัด นครสวรรค์ พบว่ามีความยาวของเมล็ดที่ระหว่าง 19-23 mm เฉลี่ย 21 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง ที่ 14-17 mm เฉลี่ย 15.5 mm ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวหลวง 1.1-1.3 mm เฉลี่ย 1.2 mm ในการหาศักราการแกะที่เหมาะสมทำโดยการใส่บเมล็ดบัวครั้งละ 500 กรัม โดยทดสอบที่ความเร็วรอบ 3 ความเร็วรอบได้แก่ 1200,1400 และ1600 รอบต่อนาที โดยการเตรียมเมล็ดบัวหลวง 500 กรัม ทั้งหมด 3 กอง ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่1200 รอบต่อนาที ป้อนเมล็ดบัวหลวงจำนวน 500 กรัม จับเวลาเมื่อเริ่มป้อนเมล็ด จนเสร็จสิ้นและทำการคัดแยกเมล็ดที่แกะโดยสมบูรณ์และเมล็ดที่แกะไม่สมบูรณ์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า บันทึกผล โดยทำการทดลองแบบข้างต้นที่ความเร็วรอบ 1400 และ1600 รอบต่อนาทีเพื่อหาความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการแกะ โดยทำซ้ำกัน 3 ครั้งในแต่ละความเร็วรอบ จากการทดสอบที่รอบของมอเตอร์ความเร็ว 1600รอบต่อนาทีพบว่าเมล็ดบัวที่ผ่านการแกะมีการกรีดไม่ครบรอบเมล็ดหรือมีการไถลของใบมีดจึงทดสอบที่ความเร็วรอบลดลงมา ที่1400

รอบต่อนาที และ 1200 รอบต่อนาที เพื่อคำนวณวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เช่น ภาระค่าใช้จ่าย จุดคุ้มทุน ระยะเวลาในการคืนทุน ในการใช้เครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงาน การประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมในการใช้เครื่องโดยพิจารณาจากเกษตรกรนำเครื่องจักรมาใช้แทนแรงงานคนซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่(Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องเท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการใช้งานของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

1. ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) คำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$D = \left(\frac{p-s}{L}\right) \quad (5)$$

เมื่อ

D = ค่าเสื่อมราคา (Bath/yr)

P = ราคาเครื่องจักร (Bath)

S = มูลค่าซาก (Bath)

L = อายุการใช้งาน (year)

2. ค่าดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุนดังสมการที่ (6)

$$I = \frac{(p+s)}{2} i \quad (6)$$

เมื่อ

I = ค่าดอกเบี้ย (Bath/yr)

i = อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

3. ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay Back Period, PBP)

เป็นการคำนวนหาระยะเวลาคืนทุนในการใช้งานเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงว่ามีระยะเวลากี่ปีจึงจะได้รับผลตอบแทนเท่ากับที่ลงทุนไป ดังสมการที่ (7)

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

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (year)

P = ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร (Bath)

R = กำไรสุทธิต่อปี (Bath/yr)

4. จุดคุ้มทุน (Breaak Even Point)

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงเปรียบเทียบจากการใช้เครื่องจักรและแรงงานคนในการทำงาน ดังสมการที่ (8)

$$BEP = \frac{Fc}{B-VC} \tag{8}$$

เมื่อ

BEP = จุดคุ้มทุน (hr/yr)

Fc = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Bath/yr)

B = อัตราการรับจ้าง (Bath/hr)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Bath/hr)

ผลการวิจัย

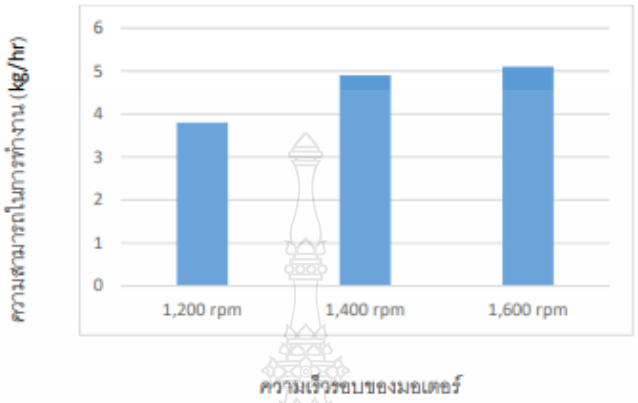
จากการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วรอบ 1200,1400 และ 1600 รอบต่อนาที มีอัตราการแกะอยู่ที่ 79.5,84.6และ77.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งความเร็วรอบที่1400 รอบต่อนาที มีอัตราการแกะเฉลี่ยดีที่สุด 84.6 เปอร์เซ็นต์ผลที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือการกรีดรอบวงการกรีดไม่ครบรอบซึ่งการกรีดไม่ครบรอบหรือการกรีดไม่ตรงตามความต้องการสามารถนำเข้าเครื่องกรีดซ้ำได้ และการเสียหายหลังการกรีดของเมล็ดตามขั้นตอนดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

1. เมล็ดบัวที่ใช้ในการทดสอบ
2. เมล็ดบัวที่ผ่านการแกะสมบูรณ์
3. เมล็ดบัวที่ผ่านการแกะไม่สมบูรณ์
4. เมล็ดบัวที่เกิดความเสียหายจากการแกะ

ความสามารถในการทำงานของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

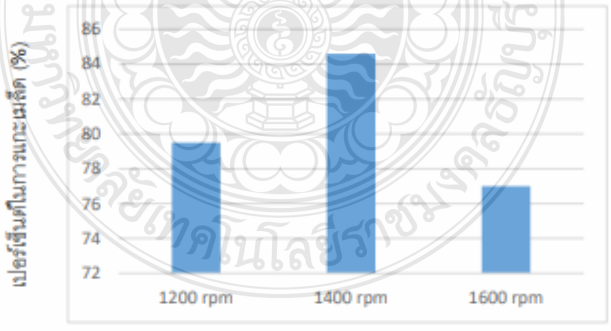
จากผลการทดสอบดังรูปที่ พบว่าความสามารถในการแกะเมล็ดบัวหลวงจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เพิ่มขึ้นที่ความเร็ว 1,200 1,400 และ1, 600 รอบต่อนาทีจะมีความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 3.8,4.9และ5.1กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 12 เปอร์เซ็นต์แสดงความสามารถในการแกะเมล็ดบัวหลวง

เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

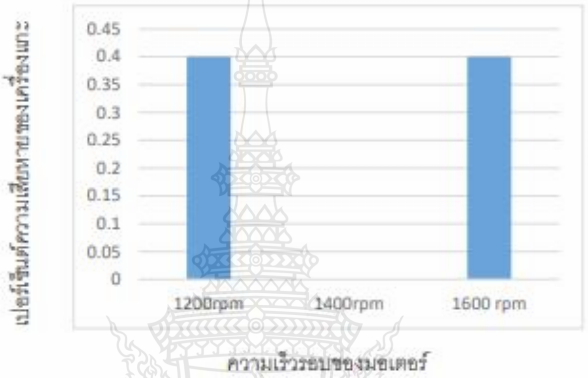
จากการทดสอบดังรูปที่ พบว่าเปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงมีสมรรถนะสูงสุดที่ความเร็วรอบที่ 1,400 รอบต่อนาที โดยมีเปอร์เซ็นต์การแกะอยู่ที่ 84.6 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,200 และ1,600 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์การแกะอยู่ที่ 79.5 และ77 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ



รูปที่ 13 เปอร์เซ็นต์การแกะเมล็ดบัวของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องแกะเมล็ดบัว

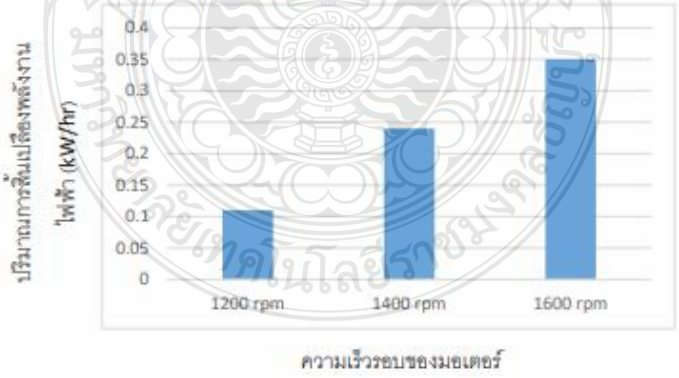
จากรูปที่6 พบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องแกะเมล็ดบัวในความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,200 ,1,400และ1,600 จะมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายอยู่ที่ 0.13,0และ0.13 จะเห็นได้ว่าในรอบความเร็วของมอเตอร์ที่ 1,400 รอบต่อนาที ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดบัว



รูปที่ 14 กราฟแสดงความเสียหายของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการทดสอบดังรูปที่ พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,200 1,400 และ1,600 รอบต่อนาที จะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.11 0.24 และ0.35 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง



รูปที่ 15 กราฟแสดงความเสียหายของเมล็ดบัวหลวง

การประเมินผลและการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมโดยคิดราคาเครื่องต้นแบบ30,000บาทอายุการใช้งาน 5 ปี อัตราดอกเบี้ย 10 % ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน ความสามารถในการทำงาน 4.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.24 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ถ้าใช้เครื่องต้นแบบ 6 เดือน หรือ 1440ชั่วโมงต่อปี(ทำงานวันละ8 ชั่วโมง) มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่องแกะเมล็ดบัว 9.81 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี จุดคุ้มทุน 161.49 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเทียบกับแรงงานคน 1 คน ที่มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 20 บาทต่อกิโลกรัม

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปัญหาและวิธีการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกร การแกะเมล็ดบัวหลวงที่ใช้แรงงานคนในการแกะต้องใช้เวลานานเมื่อเทียบกับปริมาณที่แกะได้ส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้าในการทำงานอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงานได้เนื่องจากในการแกะใช้มีดหรือสิ่งมีคมในการแกะ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกษตรกรพบเจอ จึงสร้างเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง โดยศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดบัวและวิธีการแกะ จึงได้ออกแบบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง มีส่วนประกอบหลักดังนี้ โครงสร้างของเครื่อง ชุดใบมีด สายพานลำเลียงเมล็ด ช่องป้อนเมล็ด ระบบส่งกำลัง ซึ่งเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงสามารถทำงานตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และยังสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง ประหยัดแรงงานและยังสามารถพัฒนาต่อยอดได้ โดยมีสมรรถนะในการทำงาน 4.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบ 1,400 รอบต่อนาที ไม่มีอัตราการสูญเสีย หรือเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 0.24 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ในการแกะเมล็ด 84.6 เปอร์เซ็นต์ มีจุดคุ้มทุนที่ 161.49 ชั่วโมงต่อปี เพื่อให้เกษตรกรได้มีเครื่องจักรที่สามารถเพิ่มผลผลิตการแปรรูปได้มากยิ่งขึ้นและลดระยะเวลาในการผลิต

ข้อเสนอแนะ

1.ควรเพิ่มชุดใบมีดกรีดเมล็ดบัวหลวงเพื่อเพิ่มปริมาณการแกะได้มากยิ่งขึ้น

2.ควรหาใบมีดกรีดที่มีความคมมากกว่าใบมีดที่ได้นำมาทำการทดลอง

3.ควรเพิ่มชุดคัดแยกเปลือกและเมล็ดหลังจากการแกะ

4.ช่องป้อนเมล็ดมีการดีดขัดบ้างต้องป้อนไม่ให้เร็วเกินไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณในการจัดสร้าง สถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบ คณะของผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] เม็ดบัวคุณประโยชน์เหลือล้น .2557. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก https://www.sanook.com/men/4721/

[2] Khongrit Somchai เมล็ดบัวประโยชน์ที่ ควรระวัง.2563. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.sanook.com/health/24949/

[3] พิพิธภัณฑ์บัว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก https://www.museumthailand.com/th/museum/Lotus-Museum

[4] การทำนาบัว.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.baanjomyut.com/library_5/agricultural_knowledge/flowers_ornamental/05_3.html

[5] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร และภูรินทร์ อัครกุลธร.2557.การพัฒนาเครื่องแทงตีบัว.วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยปีที่20 ฉบับที่1

[6] เส้นทางเศรษฐี.2559.ผลิตภัณฑ์จากบัว เข้าถึงได้จาก https://www.sentangsedtee.com/food-recipes-for-job/article_1447

[7] ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน,สมใจ เพียรประสิทธิ์,นนทโชติ อุดมศรี.2557.การพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัว. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่28

[8] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร,รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์,มาสสุภา โพธิ์รอด,ณัฐวุฒิ โคตรพรหมศรี. 2560.การศึกษาและทดสอบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง.วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

[9] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ .2558 .ทฤษฎีของเครื่องจักรกลเกษตร.สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด

[10] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์. 2555.ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม Solid Work.สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย สันติ ศรีวิสัย รหัส 116060414003-9
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 16 ธันวาคม 2537
ที่อยู่	101 หมู่ 3 ตำบล ครน อำเภอ สวี จังหวัด ชุมพร รหัสไปรษณีย์ 86130
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องจักกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2560
เบอร์โทรศัพท์	091-097-9538
อีเมล์	santi_s@mail.rmutt.ac.th