การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A DRIED LOTUS SEED SHELLER

สุรวุฒิ แสงสว่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

สุรวุฒิ แสงสว่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง
	Design and Develoment of a Dried Lotus Seed Sheller
ชื่อ-นามสกุล	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภกิตต์ สายสุนทร, ปร.ด.)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดลหทัย ชูเมฆา, ปร.ด.)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 25 เดือน กันยายน พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง
ชื่อ-นามสกุล	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งสำหรับวิสาหกิจชุมชน

จากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ เช่น วิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งของเกษตรกร และการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัว จึงได้เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียงเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะถูกลำเลียงเข้าไปกะเทาะเปลือกในชุดกะเทาะเมล็ดโดยชุดลำเลียงเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้วจะร่วงออกจากชุดกะเทาะลงทางด้านล่างของเครื่อง

จากการทดสอบที่ความเร็วรอบของลูกกะเทาะ 250 300 และ 350 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของลูกกะเทาะ 300 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 81.00 % และ 9.56 % ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคนอย่างน้อย 6 เท่า จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,920 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 9.6 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 2.24 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 428.23 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนา บัวหลวง เมล็ดบัวหลวงแห้ง เครื่องกะเทาะ

Thesis Title	Design and Development of a Dried Lotus Seed Sheller
Name-Surname	Mr. Surawut Sangsawang
Program	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Jaturong Langkapin, D.Eng.
Academic Year	2017

ABSTRACT

A dried lotus seed sheller was designed and developed with the main objective to reduce time and effort in removing the dried lotus seed pericarp for small and micro community enterprises.

For designing the prototype, traditional dried lotus seed shelling from the farmers and physical properties of the lotus seeds were studied. The prototype consisted of the main structure of the machine, the feeding unit, the shelling unit, the power transmission unit, and a 1 hp electric motor. The operation started from dried lotus seeds were manually put into the chute on the top of the machine. Then, the feeding unit conveyed them to the shelling unit. Finally, the shelled seeds were released through the outlet chute at the bottom of the machine.

The results of the prototype testing revealed that among the sheller speeds of 250, 300 and 350 rpm, the machine performed best at 300 rpm, capable of running at 3.18 kg/ hour. The percentages of shelling and seed damage of lotus seeds were 81.00 % and 9.56 %, respectively. The power consumption was 0.67 kW-hour. The prototype was able to work at least six times faster than human labor. Based on the analysis of engineering economics, it was found that the lotus seed sheller worked 1,920 hours per year, with an average cost of 9.6 baht per kilogram. The payback period was 2.24 months and the break-even point of the machine was 428.23 hours per year, compared to human labor.

Keywords: design and development, lotus, dried lotus seed, sheller

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ดลหทัย ชูเมฆา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิตติ์ สายสุนทร ผู้ทรงคุณวุฒิ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัย ตลอดจนพี่ๆน้องๆ ร่วมชั้นในระดับปริญญาโท ที่ร่วมเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณสถานที่ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบการทำวิจัย ขอบคุณเกษตรกรสำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย จนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกๆคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดเวลาการทำวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป ส่วนข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

สุรวุฒิ แสงสว่าง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (8)

สารบัญรูป..... (9)

บทที่ 1 บทนำ..... 12

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 12

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 15

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 15

1.4 ขั้นตอนในการวิจัย/กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 15

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 16

บทที่ 2 เอกสารและวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 17

2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบัวหลวง..... 17

2.2 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์..... 21

2.3 แนวทางปฏิบัติต่อบัวหลวงในการส่งออก..... 25

2.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนต่างๆของบัว..... 25

2.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเม็ดบัว..... 29

2.6 คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตเกษตร..... 32

2.7 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง..... 34

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่..... 41

2.9 ทฤษฎีเครื่องกะเทาะ..... 56

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 58

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 73

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 74

3.3 วิธีการทดสอบและประเมินผล..... 83

3.4 ทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ..... 84

3.5 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม..... 85

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย..... 87

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 87

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวแห้ง..... 89

4.3 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 90

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม..... 98

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 102

5.1 สรุป..... 102

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 102

บรรณานุกรม..... 104

ภาคผนวก..... 108

ภาคผนวก ก ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบ..... 109

ภาคผนวก ข การคำนวณค่าชี้ผลการทดสอบ..... 127

ภาคผนวก ค การเขียนแบบทางวิศวกรรม..... 130

ภาคผนวก ง การเผยแพร่ผลงาน..... 141

ประวัติผู้เขียน..... 151

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รูปร่างวัตถุต่างๆและคำอธิบาย..... 33
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R775-1969 36
ตารางที่ 2.3 มุมเอียง (องศา) ของการหมุนของลูกแอปเปิ้ลและมะเขือเทศ..... 55
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง..... 98

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 วิธีการแกะเปลือกเมล็ดบัวของเกษตรกรและเครื่องแกะ..... 14
รูปที่ 2.1 ดอกบัวและเมล็ด..... 18
รูปที่ 2.2 บัวแหลมชมพู..... 19
รูปที่ 2.3 บัวแหลมขาว..... 19
รูปที่ 2.4 บัวหลวงชมพูซ้อน..... 20
รูปที่ 2.5 บัวหลวงขาวซ้อน..... 21
รูปที่ 2.6 ไหลบัวหรือหลดบัว..... 22
รูปที่ 2.7 เหง้าบัวหรือรากบัว..... 23
รูปที่ 2.8 ใบบัวหลวง..... 23
รูปที่ 2.9 ฝักบัวหลวง..... 24
รูปที่ 2.10 ลักษณะของฝักและเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 24
รูปที่ 2.11 ดอกบัวหลวง..... 26
รูปที่ 2.12 เมล็ดบัวหลวง..... 26
รูปที่ 2.13 รากบัว..... 27
รูปที่ 2.14 ไหลบัวหรือต้นกล้าบัว..... 27
รูปที่ 2.15 สายบัว..... 28
รูปที่ 2.16 ใบบัว..... 28
รูปที่ 2.17 เกสรบัว..... 29
รูปที่ 2.18 ดีบัว..... 29
รูปที่ 2.19 ดีผลิตภัณฑ์จากเม็ดบัวทอดกรอบสินค้า OTOP จังหวัดพิจิตร..... 30
รูปที่ 2.20 การสัมผัสของข้อโซ่กับเฟืองโซ่..... 43
รูปที่ 2.21 ล้อเฟืองโซ่ตาม DIN 8196 สำหรับโซ่ลูกกลิ้ง..... 43
รูปที่ 2.22 รูปแบบเฟืองโซ่ที่ลูกกลิ้ง..... 45
รูปที่ 2.23 รูปแบบการส่งกำลังด้วยโซ่..... 45
รูปที่ 2.24 การใช้สายพานเพื่อให้อุปกรณ์ตึง..... 47

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.25 แสดงมุมโอบ α ที่ล้อพูเล่ย์เล็ก..... 48
รูปที่ 2.26 การส่งกำลังของสายพาน..... 49
รูปที่ 2.27 แสดงหน้าตัดของสายพานลิ่มล้อสายพาน..... 50
รูปที่ 2.28 แสดงแรงบนสายพานลิ่ม..... 51
รูปที่ 2.29 การหมุนของวัตถุทรงกลมที่แข็งบนพื้นที่ที่มีการยุบตัว..... 55
รูปที่ 2.30 อุปกรณ์สำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์..... 56
รูปที่ 2.31 การถ่ายทอดกำลังด้วยเฟืองและโซ่ ของเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง..... 56
รูปที่ 2.32 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน..... 57
รูปที่ 2.33 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ..... 58
รูปที่ 2.34 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้งของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์..... 59
รูปที่ 2.35 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง..... 60
รูปที่ 2.36 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย..... 60
รูปที่ 2.37 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน..... 61
รูปที่ 2.38 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม..... 62
รูปที่ 2.39 ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย..... 63
รูปที่ 2.40 พัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมากแห้ง..... 64
รูปที่ 2.41 การออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดมะขามสุก..... 64
รูปที่ 2.42 การทดลองเครื่องปอกสับปะรดและหั่นแว่น..... 65
รูปที่ 2.43 เครื่องปอกเปลือกกระเทียมจีน..... 66
รูปที่ 2.44 การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว..... 67
รูปที่ 2.45 การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกหน่อไม้..... 67
รูปที่ 2.46 การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง..... 68
รูปที่ 2.47 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 69
รูปที่ 2.48 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง..... 70
รูปที่ 2.49 เครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง..... 71

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.50 การออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง..... 72
รูปที่ 3.1 การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งแบบดั้งเดิม..... 75
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวัดของเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 76
รูปที่ 3.3 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 76
รูปที่ 3.4 ชุดทดสอบหามุมเอียงการไหลของเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 77
รูปที่ 3.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 78
รูปที่ 3.6 โครงสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 79
รูปที่ 3.7 ชุดกะเทาะเมล็ดบัว..... 80
รูปที่ 3.8 ชุดป้อนเมล็ด..... 80
รูปที่ 3.9 ตะแกรงคัดแยกเมล็ดบัว..... 81
รูปที่ 3.10 ระบบส่งกำลัง..... 81
รูปที่ 3.11 ภาพชุดกะเทาะแบบที่ 1 และชุดกะเทาะแบบที่ 2..... 82
รูปที่ 4.1 การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง..... 89
รูปที่ 4.2 เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ออกแบบและสร้างเสร็จ..... 89
รูปที่ 4.3 แสดงเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง..... 90
รูปที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง..... 92
รูปที่ 4.5 แสดงความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง..... 94
รูปที่ 4.6 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวง..... 95
รูปที่ 4.7 แสดงผลต่างๆของเมล็ดบัวหลวง..... 97

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บัว เป็นราชินีแห่งไม้น้ำ ชอบขึ้นในน้ำจืดออกดอกตลอดปี ชอบน้ำสะอาด อยู่ในน้ำลึกพอสมควร ถิ่นกำเนิดของบัวอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะเริ่มบานตั้งแต่ตอนเช้า ก้านดอกยาวมีหนามเหมือนก้านใบ ชูดอกเหนือน้ำ กลีบเลี้ยง 4-5 กลีบ สีขาวอมเขียวหรือสีเทาชมพู ร่วงง่าย กลีบดอกจำนวนมากเรียงซ้อนหลายชั้น ลักษณะลำต้นมีทั้งที่เป็นเหง้า ไหล หรือหัว ใบเป็นใบเดี่ยวเจริญขึ้นจากลำต้น โดยมีก้านใบส่งขึ้นมาเจริญที่ใต้น้ำ ผิวน้ำหรือเหนือน้ำ รูปร่างของใบส่วนใหญ่กลมมีหลายแบบ คนไทยส่วนใหญ่มักจะใช้ดอกบัว ในการบูชาพระอยู่เสมอ แต่บัวที่เรานิยมปลูกไว้ภายในบ้าน เพื่อความเป็นสิริมงคล คือ บัวหลวง บัวผัน บัวฝรั่ง บัวสาย และบัวกระด้ง ส่วนต่างๆ ของบัวนั้นสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน เป็นทั้งยาและอาหารได้อย่างดี [1] เม็ดบัวมีสารแอนติออกซิแดนต์ในปริมาณสูง ซึ่งสารนี้มีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น ชะลอการเสื่อมของอวัยวะและผิวพรรณ ป้องกันมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งตับ เม็ดบัวมีประโยชน์ทางยาสูงมาก ในทางแพทย์แผนไทยช่วยบำรุงกำลัง แก้โรคข้อต่างๆ แก้ร้อนใน กระหายน้ำ ส่วนแพทย์แผนจีนบอกว่า ช่วยบำรุงไต ม้าม หัวใจ และตับซึ่งตรงกับงานวิจัยในต่างประเทศที่ระบุว่า “ สารแอนติออกซิแดนต์จะช่วยปกป้องและบำรุงตับ โดยเฉพาะตับที่ต้องขับสารแอฟลาท็อกซิน (Aflatoxin) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดมะเร็งตับออกจากร่างกาย การกินเม็ดบัวจึงสามารถป้องกันการเกิดมะเร็งได้” [2]

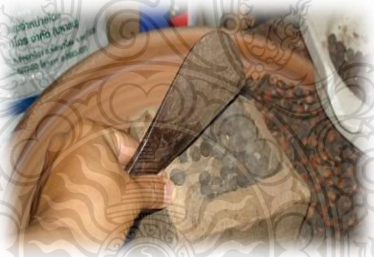
การปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ด แหล่งปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ดที่สำคัญ คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร และจังหวัดพิษณุโลก พันธุ์บัวที่นิยมปลูกเพื่อเก็บเมล็ด คือ บัวหลวงพันธุ์ปทุม ซึ่งมีขนาดฝักใหญ่ และมีเมล็ดมาก เกษตรกรผู้ปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ด จะเริ่มปลูกในเดือนพฤศจิกายน และสามารถเก็บเกี่ยวภายหลังปลูก 3-4 เดือน โดยมีวิธีการปลูก และดูแลรักษาเช่นเดียวกับบัวตัดดอก

การเก็บเกี่ยวฝักแก่ เมื่อปลูกบัวได้ประมาณ 3-4 เดือน ก็จะเริ่มเก็บฝักได้ ฝักแก่จะสังเกตได้จากฝักปลายเมล็ดเริ่มแห้ง เป็นสีเทา หรือสีดำ หากปล่อยให้แห้งทั้งฝักเมล็ดจะหลุดจากขั้ว ร่วงง่าย ระยะเวลาตั้งแต่ดอกตูมถึงเก็บฝักได้ประมาณ 40-50 วัน บัวจะให้ผลผลิตนานราวๆ 3-4 เดือน [3] จากนั้นจะเริ่มโทรม ในการเก็บฝักบัวนั้น ชาวบ้านจะเก็บฝักใส่ลำเรือแล้วก็ขนขึ้นมาเก็บรวมกันในลาน

ดิน แล้วใช้ไม้ทุบให้ฝักฉีกเมล็ดแก่จะร่วงหลุดออกจากฝัก ถ้ายังมีเมล็ดบัวติดค้างในฝักอีกก็จะใช้คนแกะออกมา เมล็ดที่ได้จะนำไปตากแดดให้แห้งประมาณ 2-3 แดด จากนั้นเอาตะแกรงร่อนเอาเมล็ดลีบเล็ก หรือ เมล็ดเสียออก แล้วบรรจุเมล็ดบัวหลวงแห้งที่ดีลงกระสอบเตรียมส่งขายต่อไป หรือ ทำการกะเทาะเปลือกออกก่อน ผลผลิตเมล็ดบัวแห้งจะได้ไร่ละ 144-180 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกรขายได้กิโลกรัมละ 20-30 บาท

วิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัว ในปัจจุบันจะมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 1 โดยเกษตรกรจะใช้มีดกะเทาะเมล็ดบัว ใช้มือจับเมล็ดบัวทีละเมล็ด เมื่อกะเทาะเสร็จแล้วแยกเมล็ดบัวและเปลือกแห้งออกนำไปแปรรูปหรือจำหน่ายต่อไป ซึ่งจะเห็นว่าขั้นตอนดังกล่าวยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ทำให้เกษตรกรเสี่ยงต่อการถูกมีดบาด ใช้เวลาและแรงงานในการแกะค่อนข้างมาก จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ายังไม่มีการนำเครื่องจักรกลเกษตรที่เหมาะสมมาใช้ในขั้นตอนนี้ในประเทศไทย โดยเครื่องเมล็ดบัวนั้นมีใช้ในต่างประเทศ เช่นในประเทศจีน สำหรับในประเทศไทยยังอยู่ในขั้นการวิจัยเพื่อให้ได้เครื่องที่เหมาะสมกับบัวที่ปลูกในประเทศ เนื่องจากเมล็ดบัวมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรทำการวิจัยทั้งเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวแห้ง เพื่อผ่อนคลายปัญหาดังกล่าวข้างต้น และช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนของประเทศให้มีความเข้มแข็งต่อไป ด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นที่มาของโครงงานวิจัยเรื่องนี้

เมล็ดบัวแก่จะแห้งและแข็งมาก ลักษณะเมล็ดทั้งสดและแห้ง



การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวด้วยมีด

เมล็ดบัวที่เตรียมไปจำหน่ายหรือแปรรูป

รูปที่ 1 วิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวแห้งของเกษตรกรในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง เช่น ปัญหาการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งรุ่นเก่า ปัญหาการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งโดยเกษตรกร และ ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงแห้ง

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งที่เหมาะสมกับเมล็ดบัวหลวงพันธุ์ที่นิยมปลูกภายในประเทศ เช่น พันธุ์บัวหลวงปทุม

1.2.3 เพื่อทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวแห้งต้นแบบ

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งกับการทำงานของแรงงานคน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง เช่น ปัญหาการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งรุ่นเก่า ปัญหาการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งโดยเกษตรกร และลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงแห้ง

1.3.2 ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวอบแห้งสำหรับบัวหลวงพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศ มีส่วนประกอบหลัก คือ ชุดป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้ง ชุดกะเทาะเปลือก ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง

1.3.3 ทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง โดยใช้ปัจจัยในการทดสอบ คือ ใช้ลูกกะเทาะ 2 แบบ ทดสอบที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ที่ความเร็วรอบ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยใช้พันธุ์บัวหลวงปทุม ตลอดการทดสอบ

1.3.4 เปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งกับแรงงานคน เช่น ค่าใช้จ่ายในการกะเทาะของเครื่อง ระยะเวลาคืนทุน และจุดคุ้มทุน

1.4 ขั้นตอนการวิจัย/กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4.1 เป็นเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวแห้งที่เหมาะสมกับเมล็ดบัวที่นิยมปลูกภายในประเทศ ได้แก่ บัวหลวงพันธุ์ปทุม ซึ่งทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยผู้ควบคุมเครื่องเพียง 1 คน

1.4.2 วัสดุและอุปกรณ์ประกอบตัวเครื่องต้องสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดและสามารถผลิตได้เองในประเทศ

1.4.3 มีความสะดวก และความปลอดภัยในการใช้งาน

1.4.4 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ต้นแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งที่เหมาะสมกับพันธุ์บัวหลวงที่นิยมปลูกในประเทศไทย ซึ่งผู้ประกอบการหรือผู้สนใจสามารถนำไปวิจัย และ พัฒนาเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.5.2 ลดเวลา และความเหนื่อยยากของการทำงานในขั้นตอนการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

1.5.3 ลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคนในการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

บทที่ 2
เอกสารและวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การที่จะทำวิจัยนั้นจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในแต่ละเรื่องให้ดีก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ หรือออกแบบเพื่อจะได้เกิดข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด และเพื่อเป็นการประหยัดเวลา รวมถึงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องต้นแบบ

2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบัวหลวง

ประเทศไทยมีพื้นที่ชุ่มน้ำ กระจายตัวอยู่ทั่วทุกภาคกว่า 13.9 ล้านไร่ เป็นแหล่งกำเนิดพรรณไม้น้ำ และความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ บัวหลวง (Nalumbo nucifera Gaertn) เป็นหนึ่งในพืชน้ำที่มีความสำคัญ และมีการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายในทวีปเอเชีย และ ประเทศในอาเซียนมาอย่างยาวนาน ทั้งในด้านการใช้เป็นพืชอาหาร ยารักษาโรค เครื่องประทินความงาม ตลอดจนการใช้งานเพื่อเป็นไม้ดอกไม้ประดับ [3] บัวหลวงเป็นพืชที่ปลูกง่าย และสามารถเพาะปลูกได้ทั่วไปง่ายต่อการดูแลรักษาและควบคุมผลผลิตได้ง่าย ส่วนเมล็ดบัวนั้นอุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่ถึงประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ และมีเกลือแร่ ฟอสฟอรัส นอกจากนี้ตัวเมล็ดบัวยังมีสรรพคุณ บำรุงสมอง บำรุงประสาท บำรุงไต ช่วยรักษาอาการท้องร่วง และบิดเรื้อรัง สรรพคุณพื้นบ้านที่ใช้กันเป็นยาบำรุงเลือดหรือเพิ่มเลือด ถิ่นกำเนิดของบัวส่วนใหญ่อยู่ในเขตร้อน ดังนั้นจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศไทย เกษตรกรจำนวนมากในหลายจังหวัดยึดการปลูกบัวเป็นอาชีพหลัก และ เนื่องจากบัวเป็นไม้น้ำมีลักษณะของแปลงปลูกจึงต้องมีการขังน้ำเหมือนทำนาข้าว อาจเรียกการปลูกบัวเป็นการค้าได้สำหรับในพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกมาก อีกอย่างหนึ่งการทำนาบัว นาบัวสามารถดูแลรักษาง่ายกว่านาข้าว มีโรค และแมลงรบกวนน้อย ใช้น้ำน้อยกว่า และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งในรูปเป็นดอก และเก็บเมล็ด [4] ผลผลิตทั้งสองรูปแบบนี้ยังเป็นที่ต้องการของทั้งในประเทศและต่างประเทศดังนั้นจากสภาพปัจจุบันที่เกษตรกรผู้ทำนาประสบปัญหาทั้งในเรื่อง การขาดน้ำ และราคาข้าวไม่แน่นอน นาบัวจึงเป็นทางเลือกใหม่ทางหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับ

พื้นที่นาข้าว ในประเทศไทยนิยมซื้อขายเมล็ดบัวแห้งที่ยังไม่ได้กะเทาะเปลือก เพราะสามารถเก็บไว้ได้นาน

บัว เป็นพืชน้ำล้มลุก ลักษณะลำต้นมีทั้งที่เป็นเหง้า ไหล หรือหัว ใบเป็นใบเดี่ยวเจริญขึ้นจากลำต้น โดยมีก้านใบส่งขึ้นมาเจริญที่ใต้น้ำ ผิวน้ำ หรือเหนือน้ำ บัวหลวงชอบขึ้นในน้ำจืดออกดอกตลอดปี ชอบน้ำสะอาด อยู่ในน้ำลึกพอสมควร ถิ่นกำเนิดของบัวอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะเริ่มบานตั้งแต่ตอนเช้า ก้านดอกยาวมีหนามเหมือนก้านใบ ชูดอกเหนือน้ำ และชูสูงกว่าใบเล็กน้อย กลีบเลี้ยง 4-5 กลีบ สีขาวอมเขียวหรือสีเทาชมพู ร่วงง่าย กลีบดอกจำนวนมากเรียงซ้อนหลายชั้น เกสรตัวผู้มีจำนวนหลายสี ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ดอกบัวและเมล็ด [4]

2.1.1 บัวหลวงพันธุ์ดอกสีชมพู (บัวแหลมชมพู)

บัวพันธุ์ดอกสีชมพู (บัวแหลมชมพู) มีชื่อว่า ปทุม ปัทมา โกกระนุต หรือ โกกนุต ดอกขนาดใหญ่ ดอกตูมเป็นรูปไข่ ปลายเรียวสีชมพู กลีบดอกชั้นนอกมี 4-5 กลีบ รูปไข่มีขนาดเล็กเรียงตัวกัน 2 ชั้น ส่วนกลางของกลีบมีรูปร่างโค้งป่อง ตรงกลางสีชมพูอมเขียว ส่วนกลีบดอกชั้นกลาง และชั้นในสีชมพูเข้ม โคนกลีบดอกสีขาวนวล มีประมาณ 13-14 กลีบ เรียงตัวเป็นชั้น ประมาณ 3 ชั้น อยู่โดยรอบฐานดอก กลีบชั้นนอก และชั้นในมีสีและรูปร่างคล้ายชั้นกลางแต่เล็กกว่ากลีบในชั้นกลาง ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 บัวแหลมชมพู [4]

2.1.2 บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาว (บัวแหลมขาว)

บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาว (บัวแหลมขาว) มีชื่อว่า บุณฑริก หรือ ปุณฑริก ดอกขนาดใหญ่ เป็นรูปไข่ ปลายเรียว คล้ายบัวพันธุ์ปทุม ดอกมีสีขาวประกอบด้วยกลีบดอกชั้นนอกสีขาวอมเขียว ส่วนกลีบในชั้นกลาง และชั้นในสีขาวปลายกลีบดอกสีชมพูเรื่อๆ รูปร่างของกลีบ และการเรียงตัวของกลีบดอกคล้ายดอกบัวพันธุ์ปทุม ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 บัวแหลมขาว [4]

2.1.3 บัวหลวงชมพูซ้อน (บัวหลวงฉัตรชมพู)

บัวหลวงชมพูซ้อน (บัวฉัตรชมพู) มีชื่อว่า สัตตบงกช ดอกมีขนาดใหญ่ ดอกตูมเป็นรูปไข่ทรงป้อม สีชมพู ประกอบด้วยกลีบนอกเป็นรูปรี มี 4-7 กลีบ กลีบเล็กเรียงซ้อนกันเป็นชั้น 2-3 ชั้น สีเขียวอมชมพู กลีบในสีชมพูตลอด ส่วนโคนกลีบที่ติดกับฐานรองดอกมีสีขาวอมเหลือง กลีบในมีประมาณ 12-16 กลีบ กลีบในชั้นนอก และชั้นในมีขนาดเล็กกว่าชั้นกลาง เป็นรูปไข่ที่มีส่วนกว้างอยู่ด้านบน เกสรตัวผู้ชั้นนอกเป็นหมัน โดยมีก้านชูที่เป็นเกสรตัวผู้ที่เป็นแผ่นบางๆสีชมพูคล้ายกลีบในแต่มีขนาดเล็กกว่าไม่มีอับเรณู ปลายกลีบมีส่วนยื่นออกมาที่มีฐานเรียวเล็ก ส่วนปลายพองใหญ่มีสีขาวนวล ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 บัวหลวงชมพูซ้อน [4]

2.1.4 บัวหลวงขาวซ้อน (บัวหลวงฉัตรขาว)

บัวหลวงขาวซ้อน (บัวฉัตรขาว) มีชื่อว่า สัตตบุษย์ ดอกมีขนาดใหญ่ ดอกตูมเป็นรูปไข่ทรงป้อม คล้ายบัวพันธุ์สัตตบงกช ดอกมีสีขาว ประกอบด้วยกลีบดอกสีเขียวอมขาว ส่วนกลีบชั้นในสีขาวตลอด ส่วนรูปทรง และการเรียงตัวของกลีบดอกคล้ายบัวพันธุ์สัตตบงกช ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 บัวหลวงขาวซ้อน [4]

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

บัวหลวงเป็นไม้น้ำ และไม้ล้มลุกหลายฤดู มีเหง้าและไหลอยู่ใต้ดิน ฝังตัวอยู่ในโคลนเลน เป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ แผ่นใบเกือบกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20-50 เซนติเมตร ก้านใบแข็ง มีหนามเล็กๆ เมื่อหักเป็นสายใยและมีน้ำยางขาว ดอกเป็นดอกเดี่ยวมีสีขาวและสีชมพู ก้านดอกแข็งมีหนามเล็กๆ ชูเหนือน้ำ กลีบดอกจำนวนมาก เรียงซ้อนกันหลายชั้น ดอกมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ เมื่อดอกบานเส้นผ่านศูนย์กลาง 15-25 เซนติเมตร ดอกมีหลายรูปทรง และมีหลายสี เช่น สีขาว สีชมพู แล้วแต่พันธุ์ [5]

2.2.1 การปลูก

บัวหลวงจะเจริญพันธุ์โดยไหลซึ่งแตกจากเหง้าใต้ดิน ปลูกลงในบ่อในโคลนเลนโดยตรง หรือปลูกในกระถางทรงแบนให้ตั้งตัวก่อน แล้วนำไปวางในโคลนเลนให้แตกไหลออกมา และเจริญต่อไป [6]

2.2.2 พันธุ์ที่ใช้

บัวหลวงขาว บุณฑริก ปุณฑริก ดอกจะมีสีขาว ทรงสลวย ดอกใหญ่ สัตตบุษย์ บัวฉัตรขาว ดอกจะมีสีขาว ทรงป้อม ดอกใหญ่ สัตตบงกช บัวฉัตรแดง ดอกจะมีสีชมพู ทรงป้อม ดอกใหญ่ ปทุม ประทุม ปทุมมาลย์ ปัทมา ดอกมีสีชมพู ทรงสลวย ดอกใหญ่

2.2.3 การเก็บเกี่ยว

1) การเก็บไหลบัว หลังจากปลูกประมาณ 2-3 เดือน บัวที่ปลูกเจริญเติบโตเต็มที่สามารถเริ่มเก็บไหลได้ โดยสังเกตใบที่แตกขึ้นมาใหม่ หากชูใบขึ้นมาพ้นน้ำและยังไม่คลี่ใบ แสดงว่าเก็บบัวได้ระดับน้ำในบ่อต้องคงที่ที่ความสูงประมาณ 50 เซนติเมตร บัวที่อ่อนมีคุณภาพ และเก็บได้ง่ายแต่ถ้าความลึกของน้ำลึกมากกว่าใบบัวจะโผล่พ้นน้ำขึ้นมาต้องใช้เวลานานทำให้ไหลแก่เกินไป กรณีที่เก็บจำหน่ายถ้าพบว่ามีดอกออกมาควรทำการหักทิ้งหากปล่อยให้บัวออกดอกจะทำให้บัวไม่ค่อยแตก และมีขนาดสั้นลงอายุการเก็บบัว 1 ฤดูกาล การเก็บเกี่ยวบัวใช้เวลาประมาณ 3 เดือน หลังจากนั้นต้นบัวจะโทรมให้ผลผลิตน้อย จึงต้องมีการบังคับให้บัวแตกงอกใหม่ โดยการระบายน้ำออกจากนาให้แห้งแล้วไถเพื่อลดความหนาแน่นของต้นบัวแล้วปล่อยน้ำเข้าแปลงอีกครั้ง การปลูกบัวเพื่อเก็บบัวไม่สามารถทำได้ทั้งปี เมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวบัวจะหยุดการเจริญเติบโต และไม่แตกงอกใหม่ รอพ้นฤดูหนาว (ช่วงเดือน กุมภาพันธ์) จึงเริ่มหันมาดูแลเพื่อเก็บเกี่ยวบัวใหม่อีกรอบ [6] ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 ไหลบัวหรือหลดบัว [6]

2) การเก็บรากบัว ทำการผลิตในแหล่งน้ำธรรมชาติ รากบัวที่เก็บขายควรจะมีอายุการเจริญเติบโตประมาณ 1 ปี เพื่อให้รากมีความสมบูรณ์เต็มที่ รากบัวแต่ละแห่งจะมีคุณภาพไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ต้นที่เหมาะแก่การเก็บรากบัวสังเกตได้จากต้นมีการโอนตัวลง ใบแก่ ใบตะแคงหนีน้ำฝน การเก็บเกี่ยวสามารถทำได้ในช่วงฤดูแล้งโดยปล่อยให้ดินแห้งจนแตกระแหง ใช้เสียมขุดงัดตามระแนงที่ดินแตกออกเป็นก้อนๆ จากนั้นจึงนำมาล้างและคัดขนาดก่อนจำหน่าย ดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 รากบัว [6]

3) การเก็บใบแห้ง สามารถทำได้โดยตัดใบชิดโคน จากนั้นนำมาตากแดดประมาณ 1-2 วัน (ให้แห้งพอหมาด) แล้วจึงนำมาพับครึ่งใบเรียงซ้อนกันประมาณ 1 กิโลกรัม 60 ใบ ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ใบบัวหลวง [6]

4) การเก็บฝักบัวอ่อน การเก็บเกี่ยวมีวิธีการ เช่น การเก็บเกี่ยวฝักบัวแบบเดียวกับการตัดดอก แต่สายพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นสายพันธุ์แหลมขาว และแหลมชมพู การเก็บเกี่ยวจะเก็บฝักหลังจากดอกบานประมาณ 1 สัปดาห์ ความถี่ในการเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลาของการเก็บเกี่ยวฝักประมาณ 6 เดือน การนำบัวฝักอ่อนสำหรับใช้ประดับจะนำฝักบัวไปชุบสีเงิน หรือสีทอง แล้วจึงนำไปอบแห้ง ฝักบัวแต่ละขนาดจะมีราคาที่ต่างกัน เช่น เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก 8 เซนติเมตร ขึ้นไป ราคาฝักละ 5 บาท เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก 6-7 เซนติเมตร ราคาฝักละ 4 บาท และเส้นผ่าศูนย์กลางฝักต่ำกว่า 6 เซนติเมตร ขึ้นไป ราคาฝักละ 2 บาท

5) การเก็บฝักสดเพื่อรับประทาน การผลิตส่วนใหญ่จะปลูกเอง และมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (บ่อน้ำ สระน้ำ) สายพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นสายพันธุ์แหลมขาว และแหลมชมพู จะปล่อยติดให้ฝักติดเมล็ด รับประทานเมล็ดสดแทน ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 ฝักบัวหลวง [6]

6) การเก็บเมล็ดบัวออกจากฝักบัวหลวงที่แก่เพื่อนำมาแกะเปลือกนั้น ควรเป็นฝักบัวที่มีอายุหลังจากดอกบานแล้ว 25-26 วัน โดยสังเกตุจากเปลือกเมล็ดบัวจะมีสีเขียวน้ำตาลเกือบดำแต่ผิวเมล็ดยังไม่แข็ง ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 ลักษณะของฝักและเมล็ดบัวหลวงแห้ง [6]

7) การเก็บเมล็ดบัวหลวงแห้งเพื่อเอาเปลือกออกแล้วนำเมล็ดที่แกะเปลือกแล้วไปตากแห้ง โดยการนำเอาเมล็ดบัวที่แก่จัดไปต้มน้ำให้เดือดประมาณ 3-5 นาที จากนั้นยกลงไปแช่น้ำเย็นแล้วแกะ

เปลือกและไส้ในออก (ดีบัวเป็นส่วนของต้นอ่อนในเมล็ดมีรสขมนิยมใช้รับประทานเป็นยา) ตากให้แห้ง เก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิทเพื่อป้องกันฝุ่น และความชื้นผลผลิตเมล็ดบัวแห้ง

2.3 แนวทางปฏิบัติต่อบัวหลวงในการส่งออก

ควรเก็บดอกบัวในระยะที่เหมาะสมของบัวแต่ละสายพันธุ์ เช่น พันธุ์สัตตบงกช (ฉัตรชมพู) ควรเก็บเกี่ยวเมื่อดอกบัวโผล่พ้นน้ำ 10 วัน (สำหรับพื้นที่กรุงเทพฯ และตะวันออกโดยจะสังเกตเห็นกลีบเลี้ยงเป็นสีน้ำตาลแล้ว) ควรเก็บดอกบัวด้วยมีดที่คมและสะอาด ถ้าไม่สะดวกรีบลำเลียงถึงโรงเรือนแล้วตัดปลายก้านด้วยมีดที่คมและสะอาด ถ้าจุ่มรอยตัดในน้ำร้อนสักประมาณ 3 วินาที เพื่อกำจัดน้ำยางออกไปจะดียิ่งขึ้น ในระหว่างเก็บเกี่ยวควรมีภาชนะบรรจุน้ำไว้ใส่ดอกบัวที่ตัดจากต้น เพื่อลดการช้ำจากการหอบด้วยอ้อมแขนรวมถึงเพื่อลดอาการขาดน้ำ ภาชนะนั้นอาจคล้องแขนหรือวางในเรือแล้วลากตามไปแล้วแต่สะดวก [7]

การบรรจุหีบห่อลงกระดาษลูกฟูกโดยรองพื้นด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติกและยึดก้านดอกไม่ให้เคลื่อนที่ภายในกล่องจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีวัสดุดูดเอธิลีนด้วย

การตลาดในประเทศ ตลาดที่สำคัญคือ ตลาดปากคลองตลาด สี่มุมเมือง ตลาดไทย และตลาดไม้ดอกในแต่ละจังหวัด ตลาดต่างประเทศตลาดที่สำคัญ คือ เนเธอร์แลนด์ ญี่ปุ่น สวิตเซอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา ฯลฯ

2.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนต่างๆของบัว

ส่วนต่างๆของบัวนั้น สามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน เป็นทั้งยา และอาหารได้อย่างดี โดยจำแนกได้ดังนี้

2.4.1 ดอกบัว ถือเป็นดอกไม้ที่สวยงาม ประชาชนหาซื้อไปบูชาพระมากกว่าดอกไม้ชนิดอื่น เพราะสามารถคงความงามไว้ได้นานกว่าดอกไม้หลายชนิด ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 ดอกบัวหลวง [8]

2.4.2 เม็ดบัว สามารถนำมากินได้ทั้งสด และแห้ง เม็ดบัวมีปริมาณสารอาหารที่สำคัญ คือ โปรตีนที่สูงและเป็นแหล่งรวมธาตุ อาหารหลายชนิดด้วยกัน เม็ดบัวนำมาประกอบอาหารได้ทั้งคาวหวาน เช่น สังขยา เม็ดบัว ขนมหม้อแกงเม็ดบัว เม็ดบัวเชื่อม สาคูเม็ดบัว เป็นต้น ดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 เม็ดบัวหลวง [8]

2.4.3 รากบัว นิยมนำมาเชื่อมแห้งกินเป็นของหวาน หรือนำไปต้มกับน้ำตาลกรวด แก้ร้อนใน ชาวอินเดียจะให้เด็กดื่มน้ำรากบัว เพื่อระงับอาการท้องร่วง ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 รากบัว [8]

2.4.4 ไหลบัว หรือต้นกล้าบัว สามารถนำมาประกอบอาหารได้ทั้งสด ทั้งแห้ง โดยมากจะนำมาแกงส้ม แกงเลียง ผัดเผ็ดต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 ไหลบัว หรือรากบัว [8]

2.4.5 สายบัว สามารถปรุงอาหารแทนผักได้หลายชนิด ทั้งแกงส้มสายบัว แกงสายบัวกับปลาทู ฯลฯ ชาวอินเดีย กินเพื่อแก้อาการท้องร่วง ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 สายบัว [8]

2.4.6 ใบบัว นิยมนำมาห่อข้าว ห่อของ เช่น ข้าวห่อใบบัว ส่วนใบอ่อนสามารถนำมากินเป็นผักสดแกล้มน้ำพริก หรือนำมาหั่นฝอย ๆ ชงดื่มแทนน้ำชา ช่วยแก้ร้อนในกระหายน้ำได้เป็นอย่างดี ดังรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 ใบบัว [8]

2.4.7 เกสรบัว ส่วนของเกสรสีเหลือง สามารถใช้เข้าเครื่องยาทั้งไทย และ จีน โดยเฉพาะยาลม ยาหอม ยาบำรุงหัวใจ และ ยาขับปัสสาวะ ดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 เกสรบัว [8]

2.4.8 ดีบัว เป็นส่วนของต้นอ่อนที่อยู่ภายในเม็ดบัว มีรสขมจัด สามารถนำมาเป็นส่วนผสมของยาโบราณ มีฤทธิ์ขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจได้ ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 ดีบัว [8]

2.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเม็ดบัว

นอกจากการกินเม็ดบัวสดแล้ว เกษตรกรในพื้นที่อำเภอบึงสีไฟ จังหวัดพิจิตร ได้มองเห็นว่าภายในบึงสีไฟนั้นมีการทำนาบัวกันเป็นอย่างมากทั้งยังได้สัมผัสกับผู้ที่ประกอบอาชีพทำนาบัว จึงทำให้ทราบปัญหาที่ชาวนาบัวประสบกันอยู่ว่าในการเก็บขายแต่เฉพาะบัวอ่อน ใบบัว รากบัว และบัวสาย (บัวที่เอาสายมากินได้)ทำให้ขายได้ไม่หมดและยังเก็บผลผลิตมาขายไม่ได้ทุกวันทำให้เกิดการเสียหายทางผลผลิต จึงทำให้เกิดปัญหาการว่างงาน และคุณภาพชีวิตตกต่ำภายในชุมชนเกิดการย้ายถิ่นเพื่อเข้า

ไปหางานทำในเมืองใหญ่ทางคุณ จรูญ(กาญจนา) สวัสดิกุล จึงได้หาแนวทางในการนำผลผลิตที่มีในชุมชนมาแปรรูปให้เกิดคุณค่า และ มีราคามากขึ้นจึงได้เดินทางไปในต่างจังหวัดต่างๆ ทำให้พบเห็นว่าบัวสามารถนำมาแปรรูปแทนได้ และยังได้นำองค์ความรู้ที่มีในชุมชน กับประสบการณ์ของชาวนาบัวมาประยุกต์ใช้โดยเริ่มแรกได้นำเม็ดบัวมาทำเป็นขนมก่อน แต่ก็ยังไม่พบความแปลกใหม่ในรสชาติ จึงได้ลองทำเป็นอาหาร เช่น แกงเม็ดบัว แต่ก็ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดมากนัก จนได้นำเม็ดบัวไปลองทอดดู เพราะคนในสมัยก่อนเวลาจะกินเม็ดบัวจะนิยมนำไปทอดกัน จึงได้ทดลองทำดูก็ได้รสชาติที่ดีขึ้นแต่ยังประสบปัญหาว่า เม็ดบัวยังมีการอมน้ำมันอยู่มากหลังจากการทอด และสีของเม็ดบัวไม่สวย (มีสีคล้ำจากการอมน้ำมัน) จึงได้ทดลองนำไปอบกรอบดูปรากฏว่ามีรสชาติที่ดีขึ้นมาก และมีสีสันสวยจึงได้คิดริเริ่มพัฒนาตัวผลิตภัณฑ์มาโดยตลอด จนเป็นที่รู้จักในจังหวัด และเริ่มแพร่ขยายเป็นที่รู้จักกันในประเทศ โดยผ่านการคัดสรรค์ผลิตภัณฑ์ OTOP และได้ออกบูธแสดงสินค้าในงาน OTOP ทุกๆปี ตลอดจนคนในชุมชนกลับมาคืนถิ่น และช่วยสร้างงาน สร้างรายได้เป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตของคนในท้องถิ่นให้ดีมากขึ้น [9] ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 ผลิตภัณฑ์จากเม็ดบัวทอดกรอบสินค้า OTOP จังหวัดพิจิตร [9]

2.5.2 กรรมวิธีการปอกเปลือกผลผลิตเกษตร

การปอกเปลือกเป็นกระบวนการในการแปรรูปผัก และผลไม้หลายชนิด ทั้งนี้เพื่อกำจัดเปลือก และรากที่บริโภคไม่ได้หรือไม่ต้องการ ผิวของวัตถุดิบที่ผ่านการปอกควรสะอาด และไม่เกิดการเสียหาย วิธีการปอกเปลือกที่สำคัญมี 5 วิธีดังต่อไปนี้ [10]

2.5.2.1 การกะเทาะปลือกอย่างรวดเร็วโดยใช้ไอน้ำ (Flash steam peeling)

อาหาร เช่น มันฝรั่ง จะถูกส่งเข้ามายังภาชนะที่มีความดันสูงซึ่งหมุนอยู่ด้วยความเร็ว 4-6 รอบต่อนาที ภายใต้ไอน้ำความดันสูง ผิวหน้าของอาหารทั้งหมดจะสัมผัสกับไอน้ำในขณะที่ภาชนะหมุนอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ตามแต่ชนิดอาหาร อุณหภูมิที่สูงนี้จะทำให้ชั้นผิวหน้าของอาหารได้รับความร้อนอย่างรวดเร็ว (ภายใน 15-30 วินาที) ผลิตภัณฑ์หรืออาหารที่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าต่ำจึงป้องกันการส่งผ่านความร้อนต่อไปจนทำให้ผลิตภัณฑ์สุกได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงรักษาลักษณะเนื้อสัมผัส และสีไว้ได้ ต่อจากนั้นความดันจะถูกลดลงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดไอน้ำใต้ผิวอาหาร มีผลให้ผิวหรือเปลือกของอาหารนั้นลอกออก

2.5.2.2 การกะเทาะเปลือกโดยใช้มีด (Knife peeling)

มีดที่ตรึงอยู่กับที่จะกดลงไปบนผิวของผักหรือผลไม้ที่หมุนอยู่เพื่อปอกเปลือกออกไป หรือในทางกลับกันมีดจะหมุนรอบอาหารที่ตรึงอยู่กับที่ วิธีนี้เหมาะกับผลไม้ประเภทส้มที่ปอกเปลือกง่าย และเกิดการสูญเสียน้อย

2.5.2.3 การกะเทาะเปลือกโดยการขัดสี (Abrasion peeling)

อาหารถูกส่งผ่านไปยังลูกกลิ้งที่ทำจากคาโบรันดัม (Carborundum) หรือส่งเข้าไปในภาชนะซึ่งบุด้วยคาโบรันดัมที่ทำมาจากซิลิกอนและคาร์บอน ผิวที่ขรุขระจะขัดสีกับเปลือกของวัตถุดิบ และเปลือกนี้จะหลุดออกไปด้วยการชะล้างด้วยน้ำปริมาณมาก ข้อดีของวิธีนี้ได้แก่ การใช้พลังงานต่ำเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิห้อง การลงทุนต่ำ และได้ลักษณะผิวภายนอกของอาหารที่ดี อย่างไรก็ตามอาจจะต้องมีการตกแต่งหลังการปอกเปลือกสำหรับวัตถุดิบที่มีผิวขรุขระ เช่น มันฝรั่ง ข้อจำกัดของวิธีนี้ได้แก่

1) การสูญเสียเนื้อของผลิตภัณฑ์ไปกับเปลือกมากกว่าวิธีปอกเปลือกโดยใช้ไอน้ำ เช่น เกิดการสูญเสีย 25 เปอร์เซ็นต์ โดยการขัดสีเทียบกับ 8-18 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีปอกเปลือกโดยใช้ไอน้ำในผัก

2) เกิดของเสียที่มีความเข้มข้นต่ำปริมาณมาก ทำให้ยากแก่การกำจัด และต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง

3) ประสิทธิภาพของการทำงานต่ำ เนื่องจากอาหารทุกชิ้นจะต้องสัมผัสกับผิวของเครื่องขัดสีแต่จะมีข้อยกเว้นสำหรับหอมหัวใหญ่ซึ่งเปลือกจะหลุดออกได้ง่ายด้วยเครื่องขัดสีแบบลูกกลิ้งนี้ และมีกำลังการผลิตสูง 2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2.5.2.4 การกะเทาะโดยใช้ด่าง (Caustic peeling)

ในการปอกเปลือกด้วยด่างนี้จะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่ำที่เรียกว่า น้ำด่าง (Lye) อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส โดยการปอกเปลือกด้วยน้ำด่างนั้นอาหารจะถูกส่งผ่านเข้าไปในอ่างซึ่งบรรจุน้ำด่างเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ผิวของวัตถุดิบนุ่มและหลุดออกไปด้วยการพ่นละอองน้ำที่มีความดันสูง การสูญเสียผลิตภัณฑ์ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าจะเป็นวิธีที่นิยมสำหรับอาหารประเภทหัว แต่อาจจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์บางอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง ปัจจุบันจึงมีผู้นิยมหันมาใช้วิธีปอกเปลือกอย่างรวดเร็วด้วยไอน้ำเพิ่มขึ้น มีการพัฒนาวิธีการปอกเปลือกด้วยน้ำด่างโดยการใช้น้ำด่างเข้มข้นด้วยการจุ่มอาหารลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกจะถูกกำจัดออกอีกทีด้วยแผ่นยางหรือลูกกลิ้งยาง วิธีนี้จะลดปริมาณการใช้น้ำ และการสูญเสียผลิตภัณฑ์ และให้ของเสียที่มีความเข้มข้นสูงทำให้กำจัดได้ง่าย

2.5.2.5 การกะเทาะเปลือกโดยใช้เปลวไฟ (Flame peeling)

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากกับหอมหัวใหญ่ เครื่องประกอบด้วยสายพานซึ่งจะลำเลียง และหมุนอาหารผ่านเตาซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 1,000 องศาเซียลเซียส เปลือกกรอบๆด้านนอกและรากของหัวหอมจะไหม้ ผิวไหม้เกรียมนี้จะหลุดออกด้วยการพ่นละอองน้ำที่มีความดันสูง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเฉลี่ย 9 เปอร์เซ็นต์

2.6 คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตเกษตร

คุณสมบัติทางกายภาพของผลผลิตเกษตรได้แก่ ขนาด รูปร่าง พื้นที่ผิว ปริมาตร ความชื้น และคุณลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ซึ่งเป็นตัวแปรทางวิศวกรรมที่สำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์นั้นๆ เมื่อจะ

ศึกษาถึงกระบวนการหรือการพัฒนาเครื่องมือมาทำงานกับเมล็ดธัญพืช เมล็ดพันธุ์ ผัก ผลไม้ ไข่ เส้นใย ฯลฯ จำเป็นต้องมีความรู้ และคำนวณให้แม่นยำได้ถึงคุณสมบัติดังกล่าว [11]

2.6.1 รูปร่างและขนาด

รูปร่างและขนาดเป็นสิ่งที่จำเป็น และแยกจากกันไม่ได้ในการอธิบายวัตถุทางกายภาพ ในการระบุรูปร่าง เราต้องวัดตัวแปรมิติบางตัว Mohsenin (1978) เขียนไว้ว่าการวัดตามแนวแกนตั้งฉากกันที่สัมพันธ์กันหลายๆ แกนพียงพอ Griffith and Smith (1964) ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก้อนกรวดกลุ่มหนึ่งกับมิติตามแนวแกน การอธิบายขนาด และรูปร่างโดยใช้มาตรฐานแผนภาพนี้จะมีภาพตัดขวางตามยาว และตามขวางของวัสดุต่างๆ ซึ่งเราสามารถใช้ภาพดังกล่าวเปรียบเทียบกับรูปร่างวัตถุที่เราต้องการได้ รูปร่างของผลิตภัณฑ์เกษตร สามารถจะอธิบายได้ดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รูปร่างวัตถุต่างๆและคำอธิบาย [11]

รูปร่าง	คำบรรยาย
กลม (Round)	เข้าใกล้วัตถุกลม (Spheriod)
แป้น (Oblate)	เรียวที่ขั้วหรือที่ปลาย
อ๊อบลอง (Oblong)	เส้นผ่านศูนย์กลางในแนวดิ่งยาวกว่าในแนวระดับ
กรวย (Conic)	เล็กเรียวลงไปหาปลาย (Tapered toward apex)
รูปรังไข่ (Ovate)	รูปร่างเหมือนไข่และขยายออกที่ขั้ว (Stem end)
เบ้ หรือ เย้ หรือ เห (Oblique)	แกนเชื่อมขั้วและปลายเอียงทำมุม (Slanted)
รังไข่กลับหัว (Obovate)	รูปรังไข่กลับหัว (Inverted ovate)
วงรี (Elliptical)	เข้าใกล้วัสดุทรงรี
เหลี่ยมและมน (Truncate)	ปลายทั้งสองแบนหรือเป็นสี่เหลี่ยม
ไม่เท่ากัน (Unequal)	ครึ่งหนึ่งใหญ่กว่าอีกครึ่งหนึ่ง
ขรุขระ (Ribbed)	ในภาคตัดขวาง ด้านต่างๆ เป็นมุมไม่มากก็น้อย
สม่ำเสมอ หรือ ปกติ (Regular)	ภาคตัดขวางในแนวระดับใกล้เคียงวงกลม
ไม่สม่ำเสมอ หรือ ผิดปกติ(Irregular)	ภาคตัดขวางในแนวระดับไม่เป็นวงกลม

2.7 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง

2.7.1 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนงานที่ใช้งานในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด [12] เพลาที่ดีต้องสามารถรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงอัด การคำนวณหาขนาดต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย และการทนต่อความล้าของเพลา เพลาต้องมีความแข็งแกร่ง (rigidity) เพียงพอที่จะลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดพอเหมาะ ระยะโก่ง (deflection) มีผลต่อความเร็ววิกฤต (critical speed) ของเพลาลดลง อีกทั้งยังมีผลต่อชิ้นส่วนที่ประกอบร่วมที่เพลา เช่น ลูกปืน พูลเล่ย์ เฟือง หรือชิ้นส่วนที่ส่งกำลัง เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น

1) แอกเซิล (AXLE) จะใช้ทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่อยู่นิ่งหรือหมุน ที่รองรับการหมุนหรือการสั่นสะเทือน แอกเซิลจะไม่สามารถ รับโมเมนต์ บิด จึงรับแต่ภาระดัดเป็นส่วนใหญ่ แอกเซิลจึงแบ่งเป็นแอกเซิลที่อยู่กับที่ เช่นล้อหมุนของเครนหรือรอกหมุน ส่วนแกนแอกเซิลแบบหมุนได้ เช่น ล้อของรถไฟ รองเพลาของแกนที่หมุนได้จะได้รับการหล่อลื่นดีขึ้น เพราะสารหล่อลื่นอยู่ตรงเรือนรองเพลา และไม่ได้เป็นแบบหล่อลื่นผ่านทางรูกลางของแกนแต่อย่างใด

2) เพลา (SHAFT) เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่หมุนได้เพลาจะรับโมเมนต์บิดที่ถ่ายภาระมาจากล้อเฟือง ล้อสายพานหรือคลัตช์ เพลาจึงสามารถรับ ภาระบิด และภาระดัดจึงมีการแบ่งเพลาออกเป็นแบบเกร็ง แบบข้อต่อ และดัดได้ในเครื่องมือกลจะมีการเรียกเพลาบางเพลาแบบเกร็งจะแยกออกตามแต่แนวของภาคตัดขวางในลักษณะที่ตรง และ โค้ง ตกบ่ารวมทั้งเพลาตัน เพลากลวง ในการสวมเครื่องมือหรือชิ้นงานจะนิยมให้เพลาสปินเดิลของของเครื่องมือกลเป็นเพลากลวง รูเจาะของเพลากลวงครึ่งหนึ่งของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจะหนักน้อยกว่าเพลาตันเท่ากับ 25 % แต่จะสามารถรับโมเมนต์บิดได้เกือบเท่ากัน

- เพลาข้อเหวี่ยง เป็นเพลาที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบหมุนให้เคลื่อนที่แบบเส้นตรงหรือลักษณะตรงกันข้าม เช่น ในเครื่องยนต์แบบเผาไหม้ เพลาข้อเหวี่ยงจะผลิตด้วยการหล่อขึ้นรูปหรือการทุบกระแทกขึ้นรูป (ในแม่พิมพ์) หรือได้จากการอัดเข้าด้วยกันจากหลาย ๆ ชิ้น หรือจากการยึดด้วยสกรูหรือสวมด้วยวิธีให้หดตัวเข้าด้วยกัน

- เพลาเกียร์ ส่วนใหญ่จะมีการตกบ่าหลายครั้งตรงที่ตกบ่าจะช่วยให้การประกอบง่ายขึ้น และยังเป็นการกำหนดตำแหน่งในการประกอบรองเพลาล้อเฟือง ล้อสายพาน คลัตช์ และปะเก็นเพลา

- แกนเพลา (SHAFTJOURNAL) จะเรียกตรงส่วนที่แอกเซิล หรือเพลาถูกหุ้ม ตามหน้าที่ และรูปร่างของแกนเพลาจะแบ่งแยกเป็นแกนเพลาข้าง แกนเพลาคอ แกนเพลาทรงกลม แกนเพลาค้ำยัน และแกนเพลาข้อเหวี่ยง แกนรองเพลาจะรับภาระดัด และภาระอัดตามพื้นที่ (PRESSURE UNIT) สำหรับเพลา แอกเซิลที่รับภาระสูง และหมุนเร็วจะมีการชุบผิวแข็งที่แกนเพลาแล้วจึงทำการเจียระไน ช่วงบริเวณตกบ่าระหว่างแกนเพลากับบ่าเพลา จะเกิดความเค้นแตกหักง่ายกว่าบริเวณอื่น แต่ถ้ามีการออกแบบบริเวณดังกล่าวเป็นรัศมีโตหรือร่องตกบ่าตามมาตรฐานแล้วก็จะช่วยลดปฏิกิริยารอยบากได้

3) ข้อต่อเพลา โดยทั่วไปจะมีใช้งานตามตำแหน่งด้านที่ส่งกำลังออกไปยังด้านที่รับส่งกำลังของเพลาที่มีตำแหน่งเอียงเปลี่ยนไป เช่น แอกเซิลของรถยนต์

4) เพลาแบบดัดได้ หรือเพลาปลาไหล เพลาแบบดัดได้นี้เหมาะสำหรับใช้งานกับการขับเคลื่อนเครื่องมือไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ มีโมเมนต์ ต่ำแต่ความเร็วรอบสูง เช่น เครื่องเจียระไนมือตะไบแบบหมุน และสำหรับขับทักโคมิเมเตอร์เพลานี้จะประกอบด้วยลวดเหล็กกล้าหลายชั้นที่พันรอบลักษณะเหมือนเกลียวซ้าย และขวา ในการป้องกันเพลาจะให้เพลาสวมอยู่ในท่อโลหะที่มีจาระบีให้การหล่อลื่นอย่างถาวร

5) วัสดุการผลิตทำแกน และเพลาในภาระปกติ เช่น ในกระปุกเกียร์ เครื่องจักรกล ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ St 37, St 42, St 50, และSt 60 ในภาระสูงสำหรับเพลา เช่น ในรถยนต์ เครื่องยนต์ เครื่องกลหนัก กระปุกเกียร์ เทอร์ไบน์ จะนิยมใช้เหล็กกล้าอบชุบ เช่น 25CrMo4, 40 Mn4, และอื่นๆในงานภาระที่ต้องทนต่อการสึกหรอ จะใช้เหล็กกล้าเพิ่มคาร์บอน เช่น C_{15}, 18Cr Ni 8 และอื่นๆแกน เพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั่งแต่ 1-200 มิลลิเมตร จะสามารถผลิตโดยไม่ต้องมาทำงานเพิ่มเติมอีก โดยการดึง รีด หรือเจียระไนผิว ขัดผิวมันได้แกนเพลาที่โต และมีรูปร่างพิเศษจะผลิตด้วยการทุบขึ้นรูป อัด หรือหล่อขึ้นรูปได้

6) ขนาดของเพลา เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R775-1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วย ขนาดของระบุของเพลาดูได้จากตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R775-1969 [12]

	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

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

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

P = กำลังงานระบุในเพลา เป็น (กิโลวัตต์)

n = ความเร็วรอบของเพลา เป็น (รอบต่อนาที)

M_t = โมเมนต์บิดระบุ (นิวตัน-เมตร)

M_B = Working Torque (นิวตัน-เมตร)

C_B = Working – factor

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

- การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลาง (ø d) ของเพลาโดยประมาณ

ส่วนใหญ่ในการคำนวณอันดับแรกจะยังไม่ทราบว่าค่าโมเมนต์ดัดที่แน่นอนเพราะระยะของเพลา ล้อ หรือแรงยังไม่ทราบค่า จึงมีการคำนวณจากค่าโมเมนต์บิด และจำนวนรอบเพื่อหาขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางผ่านศูนย์กลางของเพลาได้โดยประมาณ ดังสูตร

$$ø d \approx C_1 \times \sqrt[3]{M_B} \qquad (2.4)$$

C_1 = เป็นแฟกเตอร์ขึ้นอยู่กับโมเมนต์

C_1 = 6,9 เมื่อ τ_{all} = 15 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับ St 37, St 42

C_1 = 6,3 เมื่อ τ_{all} = 20 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับ St 50, St 60

C_1 = 5,8 เมื่อ τ_{all} = 25 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรสำหรับเหล็กกล้าที่มีความเค้นสูงกว่า

- การคำนวณให้ได้ค่าที่แน่นอน

เนื่องจากโมเมนต์ที่เกิดในเพลามี 2 ลักษณะคือ โมเมนต์ดัด และโมเมนต์หมุนบิดจึงต้องเป็นค่า Comparative Moment (M_c) ซึ่งจะได้จาก

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

M_c = Comparative Moment หน่วย นิวตัน-เมตร

M_b = โมเมนต์ดัดสำหรับพื้นที่หน้าตัดน้อยและเป็นอันตราย หน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

M_t = โมเมนต์บิดสำหรับเพลาหาได้จากสมการ (2.20) แต่หน่วยต้องเป็นนิวตัน-เมตร

α_0 = อัตราส่วนการเกร็งตัว

α_0 = 0, 7 เมื่อภาระการหมุนบิดอยู่ในลักษณะ Static (dead) load หรือ Undulating Load หรือเป็น Alternating Bending Load

$\alpha_0 \approx$ เมื่อภาระการหมุนบิด และ การดัดอยู่ในกรณีรับภาระเช่นเดียวกัน เช่นเป็น Alternating Load ทั้งสอง

$$\sigma_{ball} = \frac{M_c}{W} \tag{2.6}$$

σ_{ball} = ค่าความเค้นดัดอนุญาต เป็น นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

W = Section modulus เป็น นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

เพลากลวง

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

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตรเพลาตัน

$$W = \frac{\pi \times d^3}{32} \tag{2.8}$$

$$\approx 0.1 \times d^3 \quad \text{แทนใน}$$

$$\sigma_{ball} = \frac{M_c}{0.1 \times d^3}; \; d^3 = \frac{M_c}{0.1 \times \sigma_{all}} \tag{2.9}$$

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

ใช้ในกรณีที่มีค่าโมเมนต์หมุนดัดในเพลา

ในกรณีที่เกิดเฉพาะการหมุนบิดในเพลาอย่างเดียว จะใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\tau_{all} = \frac{M_t}{W_p} \quad (2.11)$$

M_t = โมเมนต์บิดดูจากสมการที่ (2.2)

τ_{all} = ความเค้นบิดอนุญาตเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

W_p = Polar Section Modulus

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

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเพลา,

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

จะ ได้ $\tau_{all} = \frac{M_t}{0.2 \times d^3}$ (2.13)

$\phi d = \sqrt[3]{M_c / 0.2.\sigma_{ball}}$ หน่วยเป็นมิลลิเมตร (2.14)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

2.7.2 การคำนวณหากำลังของมอเตอร์

เมื่อต้องการจะคำนวณหามอเตอร์จะได้ F นิวตัน ที่กระทำสัมผัสกับเพลาทำให้เพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ n รอบต่อนาที ขณะที่เพลาหมุนไป 1 รอบสามารถหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้การคำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ ขณะที่เพลาหมุนไป 1 รอบ สามารถคำนวณหาได้ดังแสดงในสมการที่ (2.15)

สมการที่ใช้คำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่

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

การคำนวณหางานในการหมุนเพลา 1 รอบคำนวณหาได้ดังแสดงในสมการที่ (2.16) สมการที่ใช้คำนวณหางาน

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

การคำนวณหางานในการที่เพลากระทำต่อวินาที ขณะที่เพลาหมุน n รอบต่อนาที สามารถคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (2.17)
สมการที่ใช้ในการคำนวณหางานที่เพลากระทำต่อวินาที

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

การคำนวณหาแรงบิด สามารถคำนวณได้ ดังแสดงในสมการที่ (2.18) สมการที่ใช้ในการคำนวณหาแรงบิด

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

เพราะฉะนั้น การคำนวณหากำลังมอเตอร์สามรถคำนวณหาได้ ดังแสดงในสมการที่ (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 สามาคำนวณได้ดังแสดงในสมการที่ (2.20) จากสูตร

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

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

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

เมื่อ τ คือ ความเค้นเฉือน

v คือ ค่าความปลอดภัยในทางเครื่องกล

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

$\sigma_{\lim}$ คือ พิกัดความเค้นขึ้นอยู่กับลักษณะการรับแรง

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่

ในระบบการถ่ายทอดกำลังจากเฟืองทดไปยังระบบชุดหัวเจาะนั้นจำเป็นต้องใช้โซ่ และเฟืองโซ่เป็นตัวถ่ายทอดกำลังเพื่อไม่เกิดการเลื่อน

ก. โซ่ขับ (Chain drive)

โซ่ขับ มีข้อดีตรงไม่มีการเลื่อน (Slip) ขณะส่งกำลังมีอายุการใช้งานนาน และสามารถส่งถ่ายกำลังไปหลายเพลาจากแหล่งส่งกำลังแหล่งเดียวได้มาตรฐานโซ่ขับที่สำคัญได้แก่ BS-series Type B และ มาตรฐานอเมริกัน (ANSI-ISO Type A) ในการใช้เฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟันน้อย จะทำให้เกิดการ

ดัดงอของข้อโซ่ โดยเฉพาะที่ความเร็วสูงจะทำให้เกิดการสึกหรอของข้อต่อโซ่เร็วขึ้นมีผลทำให้โซ่ยืดเร็วขึ้น ปกติจะอนุญาตให้ยืดออกไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้เฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟัน (z) น้อยกว่า 17 ฟัน จะนำมาใช้งานที่ใช้มือหมุนหรืองานที่หมุนรอบเช้า ในทางปฏิบัติจำนวนฟันที่ล้อเฟืองสามารถกำหนดได้ ดังนี้

z = 11-13 ฟัน ใช้งานที่ความเร็ว v น้อยกว่า 4 เมตรต่อวินาที ที่ระยะพิตช์ p น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร และความยาวโซ่เกิน 40 ข้อโซ่ สำหรับงานขับเคลื่อนที่มีแรงกระแทกน้อย

z = 14-16 ฟัน ใช้งานที่ความเร็ว v น้อยกว่า 7 เมตรต่อวินาที สำหรับภาระปานกลาง

z = 17-25 ฟัน ใช้งานที่ความเร็ว v น้อยกว่า 24 เมตรต่อวินาที เหมาะสำหรับเฟืองโซ่ขนาดเล็ก

z = 26-79 ฟัน ใช้งานกับเฟืองโซ่ขนาดโต

z = 80-120 ฟัน ใช้งานกับเฟืองโซ่ที่โตมากๆ

อัตราทดเฟืองโซ่ คือ $$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \qquad (2.23)$$

เมื่อ i = อัตราทดเฟืองโซ่

n_1 = ความเร็วรอบเฟืองขับ

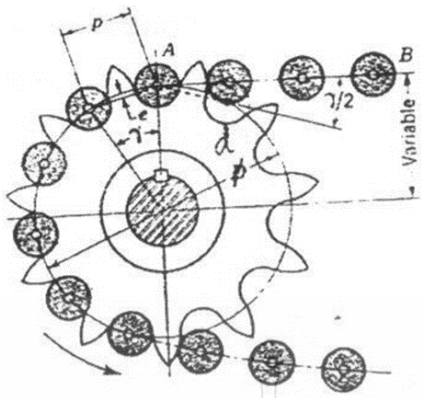
n_2 = ความเร็วรอบเฟืองตาม

z_1 = จำนวนฟันเฟืองขับ

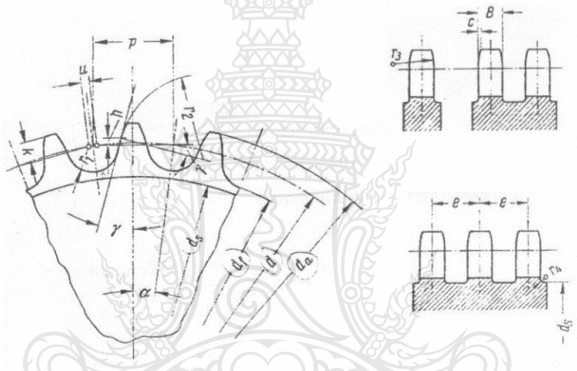
z_2 = จำนวนฟันเฟืองตาม

โดยปกติจะใช้ i น้อยกว่า 7 และ i = 10 สำหรับความเร็วโซ่ต่ำ

หมายเหตุ : ให้หลีกเลี่ยงการออกแบบเฟืองโซ่โตเป็นเฟืองขับเฟืองโซ่เล็กเป็นเฟืองตาม



รูปที่ 2.20 การสัมผัสของข้อโซ่กับเฟืองโซ่ [12]



รูปที่ 2.21 ล้อเฟืองโซ่ตาม DIN 8196 สำหรับโซ่ลูกกลิ้ง [12]

โดยทั่วไปภาระพิเศษที่โซ่ขับรับไว้จะเกิดจากสภาพดังต่อไปนี้

1. เฟืองโซ่ที่มีฟันน้อยกว่า 9 ฟัน ส่งกำลังที่ความเร็วต่ำหรือน้อยกว่า 16 ฟันที่ความเร็วสูง
2. ภาระกระชากหรือกระตุก (Shock load) หรือ เปลี่ยนทิศทางส่งกำลังบ่อยๆ
3. มีเฟืองโซ่มากกว่า 3 ตัว ในการขับ
4. การหล่อลื่นไม่เพียงพอ
5. โซ่ต้องทำงานในสภาวะที่มีฝุ่นหรือสกปรก

ข. การเลือกโซ่ขับ

1. อายุโซ่ลูกกลิ้งจะถูกกำหนดจากการสึกหรอระหว่างบูช และโบลต์ในลำดับแรก จะสัมพันธ์กับแรงดึงโซ่ พื้นที่ข้อต่อ การหล่อลื่น และจำนวนการหมุนรอบของโซ่

2. ต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ

3. สำหรับสภาพงานที่สม่ำเสมอโดยปรารถนาจากแรงพลวัตภายนอกมากระทำเพิ่มเติม และให้มีการยืดตัวออกจากการสึกหรอสูงสุดไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์

ค. ความยาวโซ่

1. ระบบโซ่ขับ 2 เฟืองโซ่

เฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟันเท่ากัน $z = z_1 = z_2$ ใช้

$$x_o = \frac{2.a_0}{p} + z \tag{2.24}$$

เมื่อ x_0 = จำนวนข้อโซ่ที่คำนวณได้

a_0 = ระยะห่างระยะเพลาโดยประมาณ (มิลลิเมตร)

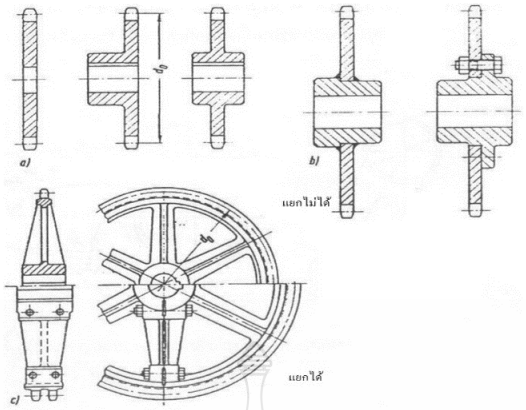
เฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟันไม่เท่ากันใช้สมการจำนวนข้อโซ่ที่คำนวณ

$$x_o = \frac{2.a_0}{p} + \frac{z_1+z_2}{2} + \frac{f_3 p}{a_0} \tag{2.25}$$

เมื่อ $f_3 = \left[\frac{z_2 - z_1}{2\pi}\right]^2$ แฟกเตอร์ f_3 (2.26)

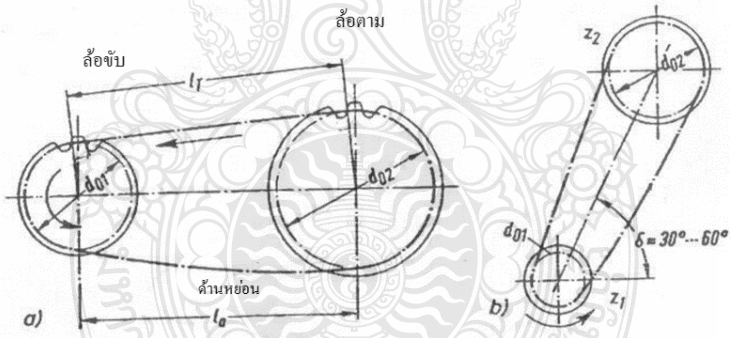
ง. การออกแบบเฟืองโซ่

รูปร่างของเฟืองโซ่จะกำหนดจากเฟืองฟัน และกำลังทำงานที่ส่งถ่ายจำนวนหรือความถี่ในการถอดประกอบ



รูปที่ 2.22 รูปแบบเฟืองโซ่ที่ลูกกลิ้ง a) เฟืองโซ่ขนาดเล็ก b) เฟืองโซ่ขนใหญ่แบบเฟืองโซ่ ขนาดใหญ่ที่มีแบบชิ้นเดียว และแบบแยกชิ้น [12]

สำหรับเฟืองโซ่ขนาดใหญ่ที่มีความเร็วปานกลางจะทำจากเหล็กหล่อ หรือเหล็กกล้าหล่อ ส่วนที่ความเร็วสูงกว่านี้จะทำจากเหล็กกล้าอบชุบ (Heat treatable steel)



รูปที่ 2.23 รูปแบบการส่งกำลังด้วยโซ่ a) แนวนอน b) แนว [12]

- ข้อดีของการขับด้วยโซ่ คือ

1. มีขนาดกะทัดรัดกว่าเมื่อเทียบกับการขับด้วยสายพาน
2. โหลดบนเพลาน้อยกว่าการขับด้วยสายพาน
3. ส่งกำลังได้สูง
4. มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง

5. ส่งกำลังได้ระยะทางไกล 5-8 เมตร

6. โซ่เส้นเดียวสามารถขับได้หลายๆ เพลา

7. การติดตั้งทำได้สะดวก

- ข้อเสียของการขับด้วยโซ่ คือ

1. ระยะพิตช์ของโซ่เพิ่มขึ้น (โซ่ยืดออก) เนื่องจากการสึกกร่อนของข้อต่อ ซึ่งต้องใช้ตัวปรับความตึง

2. การบำรุงรักษายุ่งยากกว่าสายพาน

3. เกิดเสียงดัง และการสั่นสะเทือนในขณะทำงาน เนื่องจากการกระแทกระหว่างโซ่กับโคนฟันของจานโซ่ และความเร็วไม่คงที่

2.8.1 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลัง หรือ ทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิต และแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

- เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุน และใช้ในการส่งกำลัง

- แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลา และแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลา ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

- สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้น เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น

- สตับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือ เครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และ ส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

- เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Mainshaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ

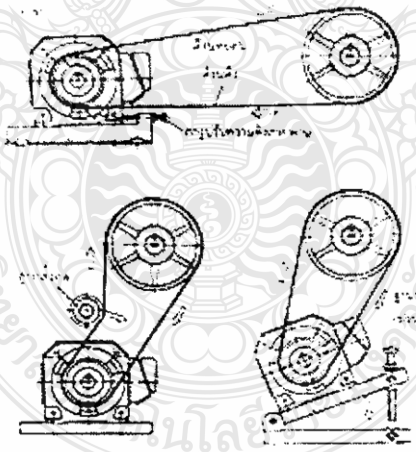
- แจ๊คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมน หรือเครื่องจักรกล

-เพลาอ่อน (Fiexble Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วย สายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

2.8.2 การออกแบบสายพานส่งกำลัง

สายพานเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ถ่ายทอกการหมุน และกำลังระหว่างเพลา 2 เพลา หรือมากกว่านั้น สายพานจะแบ่งเป็นลักษณะส่งกำลังด้วยแรง และแบบลักษณะส่งกำลังด้วยรูปร่าง

ลักษณะการส่งกำลังด้วยแรง จะส่งถ่ายโมเมนต์ด้วยความเสียดทาน (Friction) ระหว่างล้อสายพาน และสายพาน ส่วนการทำให้สายพานตึงนั้นจะได้จากการ กำหนดให้มีความยาวสายพานที่ถูกต้อง ด้วยการขยายระยะห่างระหว่างแกนเพลา เช่น ให้มอเตอร์ขับยึดอยู่ในรางเลื่อนได้ หรือบนแท่นเอียงปรับขึ้นลงหรือใช้ลูกกลิ้งกดสายพานด้านหย่อน (ขณะส่งกำลัง) ให้อยู่ใกล้ด้านล้อพูเล่ (Pullry) ที่มีขนาดเล็กกว่า เพื่อให้มีการโอบของสายพานเพิ่มมากขึ้นดังรูปที่ 2.24 ยิ่งทำให้การส่งกำลังได้มากขึ้น [12]



รูปที่ 2.24 การใช้สายพานเพื่อให้อุปกรณ์ตึง [12]

แรงตามขอบล้อสายพานที่ส่งกำลังจะทำให้สายพานเกิดการยืดตัวแบบยืดหยุ่นที่มีผลให้สายพาน เกินการลื่นในขณะส่งกำลังบนล้อสายพาน = 2% ของการส่งกำลังทั้งหมด ด้วยเหตุนี้สายพานที่มีลักษณะการส่งกำลังด้วยแรงจึงไม่เหมาะนำมาใช้งานในที่ต้องการอัตราทดที่เที่ยงตรง

ระหว่างเพลาตั้งแต่ 2 เพลาขึ้นไป โดยปกติจะต้องให้มีมุมโอบที่ล้อสายพานตัวเล็กให้มากเพียงพอที่การส่งกำลังจะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิ จึงต้องกำหนดอัตราทดสำหรับการส่งกำลังสายพานแบนให้ไม่เกิน I = มากกว่า 6 : 1 และระยะห่างระหว่างแกนล้อสายพาน a มากกว่าหรือเท่ากับ 1,2 (d1+d2) ในกรณีที่อัตราทด I = มากกว่า 6 : 1 หรือในกรณีที่มุมโอบของสายพานด้านล้อสายพานตัวเล็กสุดน้อยกว่า 100 องศา ก็ให้ใช้ลูกกลิ้งกดสายพานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อยที่สุดเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตัวเล็ก ดังรูปที่ 2.25

รูปที่ 2.25 แสดงมุมโอบ α ที่ล้อพูเล่ย์เล็ก [12]

ผลของการใช้ลูกกลิ้งกดสายพาน

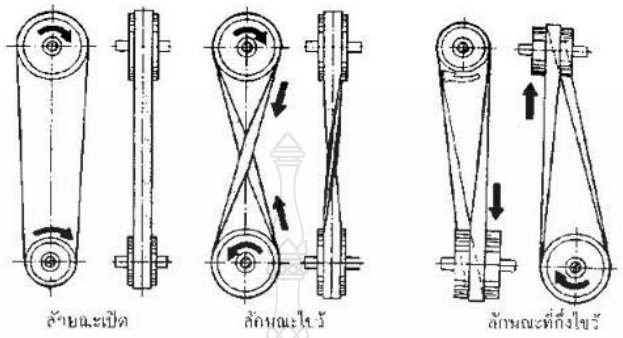
- ทำให้เกิดภาระดัดสูงขึ้น
- ทำให้เกิดเสียงดังมากขึ้น
- ทำให้ประสิทธิภาพลดลง

การใช้ลูกกลิ้งกดภายในสายพาน

- ทำให้มุมโอบล้อสายพานน้อยลง
- ถ้าเป็นไปได้ควรวางให้ใกล้กลับล้อสายพานใหญ่ การใช้ลูกกลิ้งกดภายนอกสายพาน
- ทำให้มุมโอบสายพานมากขึ้น ถ้าเป็นไปได้ควรวางให้ใกล้กับล้อสายพานตัวเล็ก
- เพื่อมิให้สายพาน 1 รับภาระดัดมาก ควรจะเลือกขนาดลูกกลิ้งให้โตขึ้น

การปรับหรือทำให้สายพานตึงเพื่อใช้งานนั้น จะมีผลให้รองเพลาต้องรับภาระสูง สายพานลักษณะส่งกำลังด้วยแรงแบ่งออกเป็น แบบสายพานแบน สายพานลิ่ม และสายพานกลม

1.) สายพานแบน จะผลิตจากหนัง สิ่งทอ หรือทำจากชั้นต่างๆ ของหนังพลาสติก และเส้นใยหลายๆชั้น สายพานแบนสามารถนำไปใช้งานในลักษณะไขว้หรือกึ่งไขว้ได้ แต่การสึกหรอของสายพานดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากกว่าการใช้ของสายพานลักษณะเปิด ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 การส่งกำลังของสายพาน [12]

2.) สายพานลักษณะไขว้ เป็นลักษณะการวางสายพานที่ทำให้มีมุมโอบมากกว่าลักษณะเปิดอัตราทดเปลี่ยนแปลงนั้นซึ่งล้อสายพานจะหมุนไปในทิศทางตรงกันข้าม เนื่องจากสายพานไขว้สัมผัสกันจึงทำให้เกิดการสึกหรอ

3.) สายพานลักษณะกึ่งไขว้ จะทำให้มีมุมโอบล้อสายพานมากกว่าแบบลักษณะเปิดล้อสายพาน ซึ่งจะวางในทิศทางตั้งฉากกันแต่มีทิศทางการหมุนเหมือนกัน เพื่อให้การหมุนของสายพานบนล้อสายพานมั่นคง จะกำหนดให้ความกว้างของล้อสายพานขับโตกว่าประมาณ 1/4 เท่าของล้อแบบลักษณะเปิด และให้ล้อสายพานโตกว่าประมาณ 1/3 เท่าของล้อแบบลักษณะเปิด

4.) สายพานสิ่งทอ จะผลิตแบบไม่มีปลายจากเส้นใยของโพลิเอสเตอร์ สายพานแบบนี้เวลาใช้งานจะมีเสียงน้อยมาก และไม่มีการสั่นสะเทือน จึงเหมาะใช้งานขับเพลาสปินเดิล (ภายใน) ของเครื่องเจียระไน และความเร็วสูงสำหรับล้อสายพานขนาดเล็ก

5.) สายพานแบบหลายชั้น จะมีชั้นความฝืดที่เป็นพลาสติกยืดหยุ่นหรือหนัง ส่วนชั้นที่รับการดึงจะทำจากแถบโพลิเอไมด์ชั้นเดียว หลายชั้น หรือทำจากเชือกเกลียวโพลิเอสเตอร์

ข้อดีของสายพานแบบหลายชั้น

- มีความสามารถในการฉุดดึงได้ดีเพราะมีความเสียดทานสูง
- สามารถดัดงอได้มากเพราะสายพานมีความหนาน้อย
- สามารถส่งถ่ายกำลังงานได้ถึง 600 kW
- ใช้งานที่มีความเร็วได้ถึง 100 m/s

2.8.3 ประเภทของสายพาน

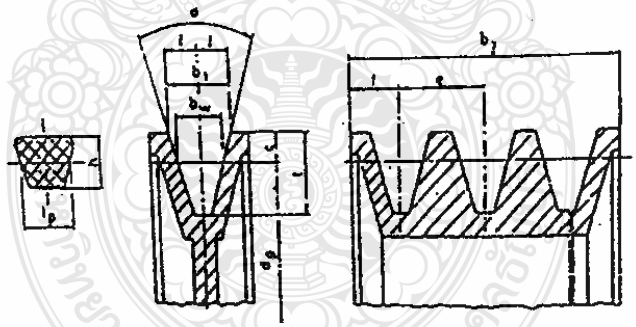
สำหรับระบบถ่ายทอดกำลังนั้นจะเป็นระบบหนึ่งที่มีความสำคัญในการส่งถ่ายกำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้ามายังเฟืองทด

- สายพานลิ่ม

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างยาก โดยต้องการแรงดึงในสายพานค่อนข้างน้อย เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกัน ระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียวกับร่องรูปลิ่มของสายพานทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีถึงจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และ มีแรงดึงด้านค่อนข้างต่ำ ที่เหมาะสมกับงานที่กรณีระยะห่างศูนย์กลางน้อย การส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุดก็ต่อเมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนสายพาน และเหตุฉุกเฉินอาจใช้ผลจากการอักแน่น ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย การขับสายพานลิ่มมีข้อดี คือเงียบ สะอาดและสามารถรับแรงกระตุกได้มีขนาดกะทัดรัดและมีประสิทธิภาพดี อีกทั้งแบริ่ง และเพลาไม่ต้องรับแรงกระแทกมากเกินไป ทำให้มีสภาพการใช้งานได้ดี

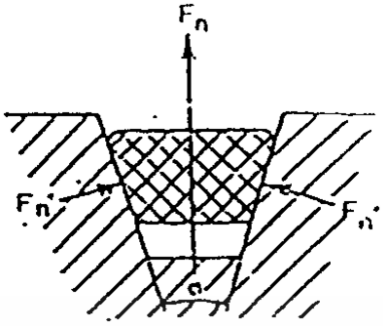
- ขนาดของสายพาน และล้อสายพาน

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



รูปที่ 2.27 แสดงหน้าตัดของสายพานลิ่มล้อสายพาน[12]

ซึ่งการขับด้วยสายพานลิ่มจะมีแรงปฏิกิริยาแนวตั้งฉากระหว่างผลสัมผัสของล้อสายพานกับร่องสายพานซึ่งจากสมการ $fF_N = dF$ ของสายพาน



รูปที่ 2.28 แสดงแรงบนสายพานลิ่ม [12]

ในกรณีของสายพานลิ่มจะกลายเป็น

$$2fF_N = dF \tag{2.27}$$

แรงปฏิกิริยารวมของแรง F_N ทั้งสองแรงคือ

$$F_N = \frac{2F_n \text{Sin}\alpha}{2} \text{ หรือ } F_N = \frac{F_n}{2} \text{X} \frac{\text{Sin}\alpha}{2} \tag{2.28}$$

กำลังที่ส่งสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = Z(F_1 - F_2)V \tag{2.29}$$

โดยที่ V = ความเร็วสายพาน

Z = จำนวณสายพาน

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57\left(D_P - d_p\right) + \frac{(D_P - d_p)}{4C} \tag{2.30}$$

เมื่อ L_p = ความยาวพิตช์

c = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายใหญ่

D_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานใหญ่

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก

สายพานลิ่มจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ หรือในกรณีที่ต้องการทราบความยาวพิตช์ ต้องการหาระยะเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยใช้สมการ

$$C = P + (P^2 - q)^{\frac{1}{2}} \tag{2.31}$$

โดยที่ $P = 0.25L_p - (D_P - d_p)$ (2.32)

ซึ่งการทำให้แรงดึงในสายพานในขั้นต้น จะช่วยทำให้สายพานขับมีประสิทธิภาพดีและยืดอายุการใช้งานของสายพาน จากสมการ

$$F = F_1 - F_2$$

$$F_w = F_1 - F_2 \tag{2.33}$$

แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักของสายพาน

$$F_c = \frac{WAV^2}{g} \tag{2.34}$$

แรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง คือ

$$F_R = \frac{2ZF_c Sic\alpha}{2} \tag{2.35}$$

โดยที่ Z = จำนวนสายพาน

แรงดึงขั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากสมการการรวมแรงดึงในแนวแกน ขณะส่งกำลังกับแรงเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง คือ

$$F_1 = F_W - F_R \quad (2.36)$$

ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_W = \frac{K_1 F \, Sic\alpha}{2} \quad (2.37)$$

ค่า K_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของแต่ล่ะค่า

ในกรณีที่ขับโดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคงที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา ก็จำเป็นต้องเอาแรงศูนย์กลางมาคิดด้วยจากสมการ

$$F_R = \frac{2ZF_c Sic\alpha}{2} \quad (2.38)$$

หรือ $$F = \frac{2K_2 V^2 Sic\alpha}{2} \quad (2.39)$$

ดังนั้นแรงดึงในสายพานขั้นต้นจึงเท่ากับ

$$F_1 = \frac{(K_1 F_1 \div ZK_2 V^2) Sic\alpha}{2} \quad (2.40)$$

- การคำนวณขนาดสายพานลิ่ม

การคำนวณด้านการส่งกำลังโดยสายพานลิ่ม จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐานและแสดงวิธีการเลือกขนาดสายพานลิ่ม ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ่ม ซึ่งการส่งกำลังอาจทำได้โดยการเลือกขนาดหน้าตัดของล้อสายพาน บริษัทได้แนะนำให้เลือกขนาดล้อสายพานลิ่มให้ใหญ่ที่สุดเท่าที่ทำได้ ขนาดล้อสายพานไม่ควรเล็กกว่าค่าที่กำหนด แต่ข้อระวังคือ ขณะการใช้งานปกติของสายพานไม่ควรสูงกว่า 30 เมตรต่อวินาที การเลือกขนาดล้อสายพานลิ่มจะมีข้อแตกต่างกันไปจากสายพานแบบเล็กน้อย คือ จะต้องใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ต้องการใช้งานกำลังที่ต้องขับ และตัวประกอบที่ใช้ แก้ไขต่างๆ จำนวนเส้นสายพานลิ่มหาได้จากสมการ (2.41)

$$Z = \frac{W_p N_s}{P_R N_a N_1} \quad (2.41)$$

โดยที่ Z = จำนวนสายพานลิ่ม

W_p = กำลังที่ต้องการส่ง

N_a = ตัวประกอบการใช้งาน

N_s = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

N_l = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

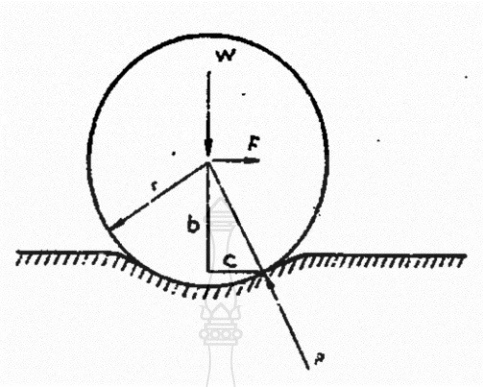
P_R = กำลังที่สายพานเส้นหนึ่งส่งได้

การส่งกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังเพลาอีกอันหนึ่ง อาจทำได้โดยสามวิธีการ คือใช้เฟือง ใช้โซ่ และใช้สายพาน การส่งกำลังแบบใช้สายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้คือ มีข้อดี และข้อเสียหลายประการเมื่อเทียบกับการส่งแบบอื่น ข้อดี คือมีราคาถูก และใช้งานง่ายรับแรงกระตุก การสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าบำรุงรักษาต่ำ ข้อเสียคืออัตราการทดไม่แน่นอนเนื่องจากเกิดสลิป และเกิดครีบของสายพานต้องปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพาในระหว่างใช้งานนอกจากนั้นยังใช้งานที่อัตราทดสูงมากได้ โดยสายพานดังกล่าวมาทั้งหมดนี้ ยึดตัวได้ดี ดังนั้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงจะยืดตัวทำให้เกิดการ สลิปบนล้อสายพาน (Pulley) ในทางปฏิบัติจึงมักจะยืดสายพานให้ตึงก่อนใช้งานเพื่อลดการสลิปของสายพาน

2.8.4 แรงต้านทานการหมุนของผลผลิตเกษตร

1) การหมุนของผลผลิตเกษตรเกี่ยวข้องกับการคัดแยก และขนถ่ายโดยวิธีแรงโน้มถ่วง [13]โดยเฉพาะวัสดุที่เป็นทรงกลม เช่น การขนถ่ายผัก และผลไม้ โดยให้ไหลไปตามราง มุมเอียงที่จะทำให้วัสดุหมุนไหลไปได้จะต้องมากพอที่ทำให้แรงต้านทานการหมุนไม่มีผล โดยมุมเอียงมีอยู่ 2 ค่า คือ มุมเอียงของการหมุนสถิต กับมุมเอียงของการหมุนเคลื่อนที่ (Static and dynamic rolling angles) มุมเอียงของการหมุนสถิตเป็นมุมเอียงเริ่มต้นของการหมุน และสามารถลดลงเพื่อให้การหมุนเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่ซึ่งมุมนี้เรียกว่า มุมเอียงการหมุนเคลื่อนที่ การหมุนของชีววัสดุอาจมีความยุ่งยากบ้างเนื่องจากรูปร่างวัสดุอาจเบี้ยวไม่เป็นทรงกลม และขณะที่มีการเคลื่อนที่ทั้งผลิตภัณฑ์และ พื้นที่รองรับอาจมีการยุบตัว ถ้ากำหนดให้วัสดุเป็นทรงกลม หรือทรงกระบอกที่เป็นวัสดุแข็งไม่ยุบตัว

เคลื่อนที่โดยการหมุนด้วยแรง F ไปบนพื้นผิวที่มีการยุบตัว โดยมีแรงต้านการเคลื่อนที่ R ตามรูปที่ 2.29



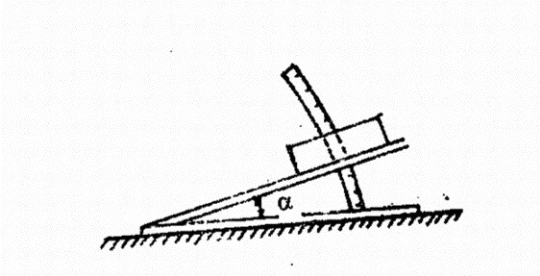
รูปที่ 2.29 การหมุนของวัตถุทรงกลมที่แข็งบนพื้นที่ที่มีการยุบตัว [13]

2) การหามุมเอียงของการหมุนสามารถหาได้โดยวิธีการง่ายๆ โดยใช้แผ่นเอียงเมื่อนำวัสดุกลมมาวางแผ่นเอียงแล้วค่อยๆ ปรับมุมเอียงจนกระทั่งวัสดุเริ่มหมุนเคลื่อนที่ลงมา ตารางที่ 2.3 แสดงค่ามุมเอียงของการหมุนของลูกแอปเปิ้ล และมะเขือเทศ

ตารางที่ 2.3 มุมเอียง (องศา) ของการหมุนของลูกแอปเปิ้ล และมะเขือเทศ [13]

ชนิดพื้นผิว	แอปเปิ้ล		มะเขือเทศ	
	สถิต	เคลื่อนที่	สถิต	เคลื่อนที่
ไม้อัด	12 – 18	2.5 – 4.5	9 – 14	3.6 – 4.8
แผ่นเหล็ก	13 – 18	2.4 – 4.0	7 – 11	3.6 – 4.8
โฟมแข็ง	13 – 18	2.5 – 4.0	11 – 13	4.2 – 4.8
โฟมอ่อน	11 – 16	4.0 – 5.0	11 – 13	4.8 – 5.8
ผ้าลินิน	12 – 16	4.0 – 5.0	13 – 14	4.8 – 7.0

3) สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผลผลิตเกษตร สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสามารถหาได้โดยใช้อุปกรณ์ง่ายๆ ดังรูปที่ 2.25 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต โดยนำวัสดุที่ต้องการหาค่าไปวางลงบนแผ่นเอียงแล้วค่อยๆ ยกแผ่นเอียงขึ้นจนกระทั่งวัสดุเริ่มเคลื่อนที่ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตจะเป็นค่าแทนเจ็นท์ (tangent) ของมุมที่แผ่นเอียงทำกับพื้นราบ

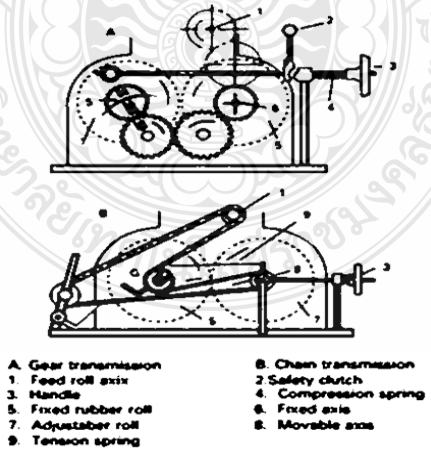


รูปที่ 2.30 อุปกรณ์สำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ [13]

2.9 ทฤษฎีเครื่องกะเทาะ

2.9.1 เครื่องกะเทาะแบบใช้ลูกยาง (Rubber roll holler)

สำหรับเมล็ดธัญพืช ซึ่งเปลือกไม่ได้ยึดติดกับส่วนที่เป็นเมล็ด ดังนั้น การทำให้เปลือกแยกออกจากเมล็ดโดยใช้แรงเฉือน หรือแรงกดก็เพียงพอ โดยทั่วไปนิยมใช้ผิวสัมผัสที่เป็นยางในการกะเทาะ สำหรับเครื่องกะเทาะแบบลูกยางจะประกอบด้วยลูกยางกะเทาะ 2 ลูก ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน หมุนในทิศทางที่ตรงข้ามกัน และออกแบบให้ความเร็วในการหมุนแตกต่างกัน ลูกยางกะเทาะซึ่งมีความเร็วรอบสูงกว่า จะยึดติดกับแบริ่งที่อยู่กับที่ ในขณะที่ลูกยางอีกลูกหนึ่งที่หมุนด้วยความเร็วรอบที่ต่ำกว่า จะยึดติดกับแบริ่งที่สามารถเลื่อนเข้า-ออกได้ ดังนั้น ระยะห่างระหว่างลูกยางทั้งสอง จึงสามารถปรับตั้งได้ [14]

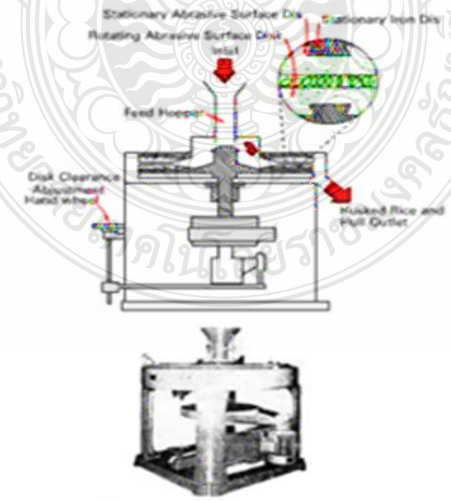


รูปที่ 2.31 การถ่ายทอดกำลังด้วยเฟืองและโซ่ของเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง [14]

การกะเทาะเปลือกโดยใช้ลูกยางง่ายต่อการบำรุงรักษาเพราะเครื่องมีขนาดเล็ก ให้อัตราการกะเทาะสูง และมีประสิทธิภาพการกะเทาะสูง เมล็ดเสียหายน้อย ในขณะที่ข้อเสียของเครื่องกะเทาะชนิดนี้ คือ ลูกยางมีอัตราการสึกหรอสูง โดยเฉพาะการทำงานในฤดูร้อน อีกทั้งราคาของลูกยางสูง ประสิทธิภาพการกะเทาะของเครื่องชนิดนี้ จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความเร็วรอบของลูกยางทั้งสอง ระยะห่างระหว่างลูกยาง ความแข้งของผิวสัมผัสหน้ายาง รวมทั้งความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก

2.9.2 เครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน (Disc huller or Under-Runner disc huller)

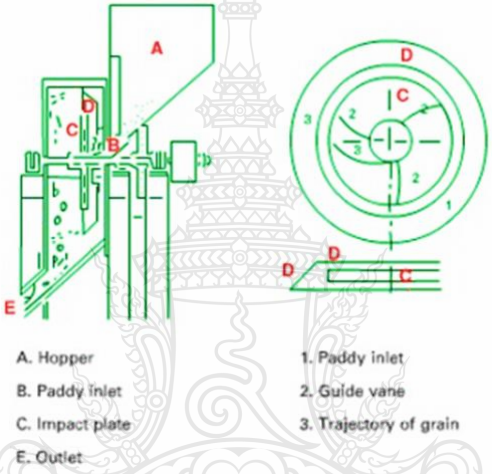
เครื่องกะเทาะชนิดนี้หลักการกะเทาะใช้กับการกะเทาะข้าวเปลือก และข้าวโอ๊ต ยังใช้กับข้าวฟ่างได้ด้วย ในระบบการทำงาน ข้าวเปลือกจะไหลผ่านระหว่างแผ่นจานทั้งสอง ซึ่งระยะห่างระหว่างจานทั้งสองสามารถปรับตั้งได้ ที่ผิวของจานบนจะเคลือบด้วยวัสดุที่มีลักษณะหยาบ เช่น กากเพชร จานที่หมุนด้านบนจะถูกยึดอยู่กับที่ ในขณะที่จานที่อยู่ด้านล่างจะขนานกับจานบน และสามารถหมุนได้ โดยอาศัยการถ่ายถอดกำลังจากเพลาที่หมุน ข้าวเปลือกจะถูกป้อนเข้าที่ตรงกลางของจานด้านบนที่เป็นช่องป้อน เมล็ดที่ร่วงผ่านสู่จานล่าง จะถูกตั้งขึ้นด้วยแรงหมุน และ เคลื่อนออกจากศูนย์กลางด้วยแรงเหวี่ยง ผ่านส่วนของหินขัด ส่วนยอดของเมล็ดจะสัมผัสกับจานด้านบน ซึ่งจะกดเปลือกให้หลุดจากเมล็ดข้าวได้ ถ้าระยะห่างระหว่างจานบน และจานล่างมากเกินกว่าความยาวของเมล็ด ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ จะไม่ก่อให้เกิดการกะเทาะ



รูปที่ 2.32 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน [14]

2.9.3 เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ (Impact huller or Centrifugal husker)

เครื่องกะเทาะแบบอาศัยแรงเหวี่ยงกระทบ ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดได้ ประกอบด้วย ถัง (Hopper) จานหมุน (Acceleration) เป้ากระทบ (Impact plate) และฝาครอบ (Housing) ข้าวเปลือกจะถูกป้อนเข้าที่ตำแหน่งตรงกลางของจานหมุน ข้าวเปลือกจะหมุนไปตามทิศทางการหมุนของจาน และไปกระทบกับเป้ากระทบที่ทำจากยาง ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดข้าวได้ มุมการกระทบของข้าวเปลือก อยู่ระหว่าง 30-45 องศา กับแนวระดับของจานหมุน ข้าวที่กะเทาะเปลือกออกแล้วจะเคลื่อนที่โดยความเร็วของลมที่เกิดจากจานหมุน



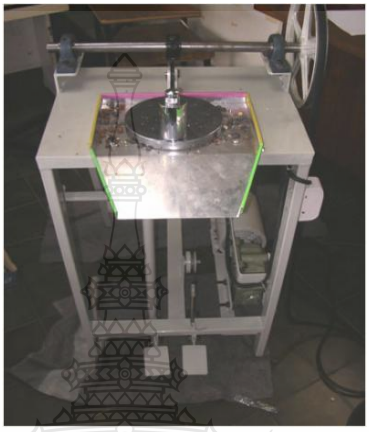
รูปที่ 2.33 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ [14]

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวง นำวิธีการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการออกแบบ สร้าง ทดสอบ ประเมินผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวง ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ [15] ได้สร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้งดังรูปที่ 2.34 ศึกษาโดยการเก็บข้อมูลการกะเทาะเมล็ดบัวแห้ง ใช้เวลาในการทดสอบ 10 นาที ความสามารถของเครื่องกะเทาะจะกะเทาะได้ถึง 28 เมล็ด แต่กะเทาะด้วยมือได้ 18 เมล็ด จากการชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีเมล็ดบัวเฉลี่ย 750 เมล็ด ดังนี้ถ้าใช้เครื่องกะเทาะใช้เวลา 268 นาทีต่อกิโลกรัม หรือ เฉลี่ย 4.30 ชั่วโมง แต่ถ้าใช้มือกะเทาะจะใช้เวลาถึง 417 นาทีต่อกิโลกรัม หรือเฉลี่ย 8 ชั่วโมง หมายความว่าใน1 วัน กะเทาะด้วยเครื่องได้ ประมาณ 2 กิโลกรัม ถ้าทำงาน 8 ถึง 9 ชั่วโมง แต่ใช้มือได้เพียง 1

กิโลกรัม ดังนั้นเครื่องสามารถกะเทาะได้เป็นสองเท่าของการกะเทาะด้วยมือ ราคาบัวกะเทาะแล้ว 100 บาทต่อกิโลกรัม กะเทาะด้วยเครื่องสามารถเพิ่มรายได้วันละ 100 บาท เมื่อนำมาคำนวณในแง่ความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ระหว่างการลงทุนค่าเครื่องจักรกับการจ้างแรงงานพบว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวเครื่องนี้ราคา 15,000 บาท คืนทุนได้ภายใน 150 วัน



รูปที่ 2.34 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้งของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์ [15]

ประเสริฐ และคณะ [16] ได้พัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัว เพื่อช่วยในการแกะและคัดแยกดีบัวออกจากเมล็ดบัวได้สะดวกกว่าใช้แรงงานคน มีส่วนประกอบ และหลักการทำงานประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง เพื่อขับชุดลูกกลิ้งขบ และชุดขนแปรงขัดดีบัว โดยนำเมล็ดบัวใส่ลงทางช่องใส่เมล็ดบัว ลูกกลิ้งแกะจะทำการแกะเมล็ดบัวให้แยกออกเป็น 2 ส่วน แต่ยังมีดีบัวติดอยู่ จากนั้นส่วนของเมล็ดบัวที่แกะแล้วจะไหลมาตามท่อลำเลียง เพื่อจะส่งต่อไปยังห้องแกะดีบัว เมื่อเมล็ดบัวเข้ามาสู่ห้องแกะดีบัว แปรงขัดดีบัวจะทำการปั่นแยกดีบัวให้หลุดออกจากส่วนของเมล็ดบัว จากนั้นดีบัวและเมล็ดบัวที่แตกหรือไม่ได้ขนาดจะรอดผ่านรูตะแกรงที่อยู่ด้านล่างห้องแกะดีบัวออกมา ส่วนเมล็ดบัวที่สมบูรณ์จะถูกแยกออกไปทางช่องทางออก ผลจากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องแกะเมล็ดบัว จำนวน 1 กิโลกรัม จะได้ส่วนที่เป็นเมล็ดดี 71.66% เมล็ดที่แตกหัก 13.84% และเมล็ดที่ไม่ได้ขนาด 14.5% เครื่องสามารถคัดแยกดีบัวออกจากเมล็ดได้ 85% โดยเฉลี่ย อัตราการผลิตโดยเฉลี่ยของเครื่องที่ได้รับการพัฒนาแล้วเป็น 3.06 กิโลกรัม/ชั่วโมง ข้อจำกัดของเครื่องที่ต้องทำการแกะเปลือกแล้วแยกเมล็ดบัวออกเป็นสองส่วนก่อน โดยเมล็ดบัวที่จะนำมาแกะจะต้องตากแห้งมาแล้ว และก่อนจะนำมาแกะจะต้องนำไปแช่น้ำ เพื่อให้เมล็ดบัวมีความนุ่ม จึงจะเอาดีบัวออกได้

รูปที่ 2.35 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง [16]

สิงห์คาน และคณะ [17] มทร.ล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ จากการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมียที่สร้างขึ้น โดยแยกเมล็ดแมคคาเดเมียที่ใช้กะเทาะเป็น 2 ขนาดคือขนาดกลางมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 – 24 มม. และขนาดใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 – 29 มม. ผลปรากฏว่าเมื่อใช้เครื่องที่สร้างขึ้นนี้กะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมียสามารถกะเทาะเปลือกกะลาแตกได้จริง โดยการกะเทาะเมล็ดขนาดกลางใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 3,750 รอบต่อนาที ได้เมล็ดที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปแปรรูปต่อได้ทันที 30.8 % และ มีเมล็ดที่ไม่แตก 0.16 % และเมื่อกะเทาะเมล็ดขนาดใหญ่ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 3,600 รอบต่อนาที ได้เมล็ดที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปแปรรูปต่อได้ทันที 27.6 % และ มีเมล็ดที่ไม่แตก 1.2 % ด้านต้นทุนการสร้างเครื่องต้นแบบอยู่ที่ราคาประมาณ 20,000 บาท (สองหมื่นบาท) ต่อเครื่องซึ่งถูกว่าการซื้อจากต่างประเทศประมาณ 5 เท่าตัว

รูปที่ 2.36 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย [17]

กิตติพงษ์ [18] ได้พัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน หลักการทำงานโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 2 แรงม้า (1492 วัตต์) เป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านล้อสายพาน เพิ่มความเร็วรอบให้เป็น 2,100 รอบต่อนาที ไปขับเพลาที่ยึดชุดเหวี่ยงเมล็ด เมื่อป้อนเมล็ดทานตะวันใส่ในกรวยรับเมล็ด เครื่องจะทำการกะเทาะเมล็ดโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หลังจากผ่านการกะเทาะเมล็ด เมล็ดทั้งหมดจะตกผ่านรูตะแกรงคัดเมล็ด ซึ่งชุดตะแกรงคัดเมล็ดขนาด ประกอบด้วยตะแกรง 3 ชั้น ขนาดรูตะแกรงชั้นบนสุด ชั้นกลาง และชั้นล่างสุดเป็น 6, 4.8 และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากนั้นก็จะตกลงถาดรองรับของแต่ละตะแกรง ผลการทดสอบพบว่าเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวันทำงานอย่างต่อเนื่อง อัตราการป้อนเมล็ดทานตะวันเฉลี่ย 136.98 กิโลกรัมแรงต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นกะเทาะคือ 96.50 % และเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหัก 20.59 % ที่ความเร็วรอบชุดเหวี่ยง 2,100 รอบต่อนาที วัสดุรองกระทบ คือ ไม้ และความเร็วรอบในการคัดแยกเมล็ด 300 รอบต่อนาที ที่อัตราการคัดแยกเมล็ดทานตะวันคือ 124.29 กิโลกรัมแรงต่อชั่วโมง

รูปที่ 2.37 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน [18]

สาทิป และคณะ [19] ได้พัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เพื่อนำเมล็ดมะรุมที่ได้ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากเมล็ดมะรุม เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมได้รับการออกแบบให้สามารถป้อนเมล็ดมะรุมผ่านถังป้อนได้อย่างต่อเนื่อง จากการทดสอบการทำงานของเครื่องโดยการปรับเปลี่ยนมุมของใบพัดในชุดกะเทาะเปลือกที่ 45 70 และ 90 องศา ที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเปลือก 4,200 รอบ/นาที พบว่าการกะเทาะเปลือกด้วยใบพัดทำมุม

45 องศาให้ผลการกะเทาะดีที่สุดด้วยประสิทธิภาพ 58% ความสามารถการกะเทาะเปลือกเป็น 19 กก./ชม. และค่าใช้จ่ายในการกะเทาะเปลือกเป็น 2.43 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการใช้แรงคนเป็น 12.35 เท่า

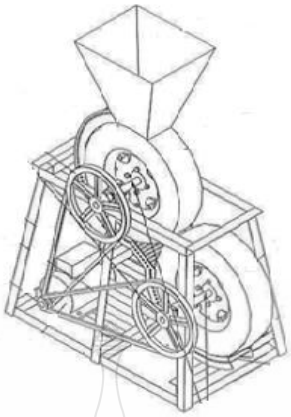
รูปที่ 2.38 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม [19]

สนอง [20] ได้ทดสอบ และพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมียได้ทำการออกแบบ และพัฒนาชุดกะเทาะเปลือกเขียวให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพประกอบด้วยชุดเกลียวกะเทาะ และชุดแผ่นกดอัดเมล็ด โดยตัวเกลียวกะเทาะมีระยะพิทช์ 68 มม. ตัวเกลียวกะเทาะยาว 1,150 มม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม. ทำงานที่ความเร็วรอบ 330 รอบ/นาที โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ส่วนชุดแผ่นกดอัดเมล็ดมีจำนวน 4 ชุด วางอยู่ด้านบนของชุดเกลียวกะเทาะทำจากเหล็กแบนขนาดกว้าง×ยาว×หนา เท่ากับ 36×195×6 มม. ผลการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 618.10 กก./ชม. ได้เมล็ดเต็ม 99.50% กะเทาะไม่หมด 0.5%

รูปที่ 2.39 ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย [20]

สุริยา และคณะ [21] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร (2544) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกลำไย แนวคิดในการออกแบบเครื่องปอกเปลือก คือ การทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นที่เปลือกหมากแห้งด้วยแรงเสียดทานจลน์ที่เกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามจากแรงกดปกติที่กระทำตรงกันข้ามของผลหมากโดยมีสายพานและมอเตอร์เป็นต้นกำลัง มีลูกกลิ้งยางสองตัวหมุนเข้าหากันเพื่อบิดเปลือกลำไยออกจากกัน โดยจะมีตัวกดลำไยเพื่อกันไม่ให้ลำไยลื่นไถลออกจากลูกกลิ้ง เมื่อเสร็จแล้วลำไยและเปลือกจะไหลสู่ทางออก จากการทดลองพบว่าเครื่องปอกเปลือกลำไย สามารถทำงานได้ดีที่ความชันของลูกกลิ้ง 30 องศากับแนวระดับ ความเร็วรอบการหมุน 80 รอบต่อนาที ความสามารถในการทำงาน 16.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ในการปอก 89 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความช้ำ 7% และเปอร์เซ็นต์การปอกไม่หมด 4 เปอร์เซ็นต์

สุทธิพร [22] ได้พัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมากแห้งโดยมีการออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินผลเครื่องปอกเปลือกหมากแห้งต้นแบบ ผลการวิจัยพบว่า ก) สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องคือ ใช้แรงดัน 138 กิโลพาสคาล รอบหมุนของล้อยาง440 รอบต่อนาที และช่องว่างระหว่างตะแกรงกับล้อยาง 15 มิลลิเมตร ข) สภาวะของผลหมากแห้งที่เหมาะสมในการปอกเปลือกคือ มีความชื้น 6.31% มาตรฐานเปียก สมรรถนะการทำงานของเครื่องสามารถปอกเปลือกผลหมากแห้ง แบบคละขนาดได้เมล็ดหมากเต็ม 64.4% มีเมล็ดหมากแตก 15.2% และผลหมากแห้งที่ปอกไม่ออก 20.5% ที่ประสิทธิภาพการผลิต 76.9%



รูปที่ 2.40 พัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมากแห้ง [22]

พัฒน์พงษ์ และคณะ [23] ได้ออกแบบ และสร้างเครื่องแกะเมล็ดมะขามสุกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง เครื่องประกอบด้วยชุดลูก หนีบสองลูก หมุนโดยมีความเร็วรอบที่แตกต่างกันเพื่อทำให้เกิดแรงเฉือน ทำให้บีบเนื้อมะขาม และเมล็ดหลุดออกจากกันการทดสอบเครื่องแกะมะขาม ได้ทำทดลองอบแห้งมะขามในตู้อบแบบลมร้อน ที่ อุณหภูมิต่างๆ 60, 70 และ80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และใช้เวลาอบแห้ง 1, 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ อุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส เวลาอบแห้ง 2 ชั่วโมง และความเร็วรอบของลูกหนีบมะขามคือความเร็วรอบ 772 และ 338 รอบต่อนาที และขีดความสามารถของเครื่องสามารถแกะมะขามได้ 7 กิโลกรัมมะขามรวมเมล็ดต่อชั่วโมง (โดยแยกได้เนื้อมะขาม 4.17 กิโลกรัม และแยกเมล็ดได้ 2.01 กิโลกรัมและเกิดการสูญเสีย 0.82 กิโลกรัม)

รูปที่ 2.41 การออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดมะขามสุก [23]

จิรายุทธ และคณะ [24] ได้ทดลองเครื่องปอกสับปะรด และหั่นแว่น การใช้คนปอกสับปะรดทั้ง 2 อย่างแตกต่างกัน สาหรับการใช้คนปอกสับปะรดจะขึ้นอยู่การชำนาญ ความเคยชินแต่ละบุคคลนั้นถ้าบุคคลที่ไม่เคยปอกเลยจะใช้เวลามากกว่า ส่วนเครื่องปอกสับปะรด และหั่นแว่น จะใช้เวลาที่น้อยกว่ามากถึงแม้บุคคลที่ไม่เคยปอกสับปะรดก็ตาม แต่ละบุคคลจะใช้เวลาไม่เกิน 1.30 ต่อลูก และจะขึ้นอยู่กับการปอกขนาด 10 มิลลิเมตร. หรือ 5 มิลลิเมตร. ถ้าปอกขนาด 10 มิลลิเมตร. จะใช้เวลาไม่ถึง 1นาที 5 มิลลิเมตร จะใช้เวลาอยู่ประมาณ 1 นาทีถึง 1.30 นาที

รูปที่ 2.42 การทดลองเครื่องปอกสับปะรดและหั่นแว่น [24]

ฐนัทธ์ และคณะ [25] ได้ออกแบบ และสร้างเครื่องปอกเปลือกกระเทียมจีน หลักการของการเสียดสีระหว่างแผ่นยาง 2 แผ่น มาประยุกต์ใช้ร่วมกับกลไกการเคลื่อนที่แบบ Four – bar linkage และกลไกการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียง เพื่อให้แผ่นยางทั้งสองแผ่นมีลักษณะการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ต่างกัน ซึ่งสามารถปอกเปลือกกระเทียมจีนออกได้จากผลการทดลองความเร็วรอบที่เหมาะสมในการปอกเปลือกกระเทียมจีน กำหนดให้ชุดคลึงหมุนด้วยความเร็วรอบ 72 รอบต่อนาที และชุดสายพานลำเลียงหมุนด้วยความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที การปอกเปลือกกระเทียมจีนเกรด A ระยะห่างระหว่างชุดคลึง และชุดสายพานลำเลียงที่เหมาะสม เลือกใช้ระยะห่าง 12 มิลลิเมตร และระยะที่กลีบกระเทียมออกจากกลไกการปอกเปลือก ใช้ระยะห่าง 6 มิลลิเมตร สามารถปอกเปลือกกระเทียมจีนออกได้ 75% ของปริมาณกลีบกระเทียมที่ป้อนเข้าเครื่อง ส่วนการปอกเปลือกกระเทียมจีนเกรด B ระยะห่างระหว่างชุดคลึงและชุดสายพานลำเลียงที่เหมาะสม เลือกใช้ระยะห่าง 6 มิลลิเมตร

และระยะที่กลีบกระเทียมออกจากกลไกการปอกเปลือกใช้ระยะห่าง 3 มิลลิเมตร สามารถปอกเปลือกกระเทียมจีนออกได้ 72 % ของปริมาณกลีบกระเทียมที่ป้อนเข้าเครื่อง

รูปที่ 2.43 เครื่องปอกเปลือกกระเทียมจีน [25]

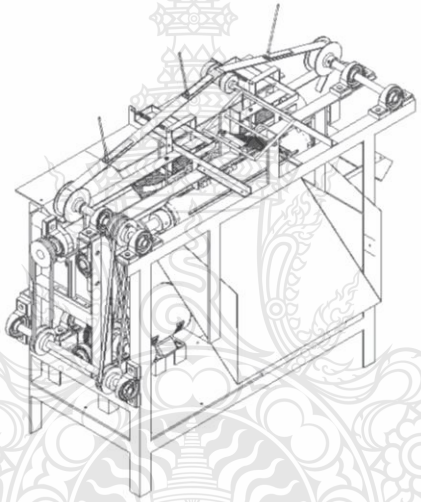
วิรัช และคณะ [26] ได้ออกแบบ และสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ก) ชุดโครงสร้าง ทำจากเหล็กฉาก มีขนาด 56x57x85 ซม. (กว้างxยาวxสูง), ข) ชุดต้นกำลัง ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ถ่ายทอดกำลังผ่านเกียร์ทดขนาด 60:1 และเฟืองโซ่ และ ค) ชุดเพลาปอก ทำจากท่อเหล็กขนาด Ø10 ซม. ยาว 45 ซม. โดยผิวนอกรอบท่อเหล็กยึดติดด้วยเหล็กแหลม การทดสอบแบ่งมะพร้าวเป็น 2 ขนาดคือ มะพร้าวขนาด A และ B (Ø > 20 และ Ø ≤ 20 ซม. ตามลำดับ) ผลการทดสอบพบว่า อัตราการปอกเปลือกมะพร้าวมีค่าสูงสุด 140±5 และ 172±2 ผลต่อชั่วโมงประสิทธิภาพการปอก 97.39±0.56 และ 97.16±0.49 % สิ้นเปลืองพลังงาน 1.68 และ1.57 กิโลวัตต์ชั่วโมง และอัตราการใช้พลังงาน 83±3 และ 110±1 ผล/กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อเพลาปอกหมุนด้วยความเร็ว 30 และ35 รอบต่อนาที ตามลำดับ สำหรับมะพร้าวขนาด A และB ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนพบว่า เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวมีอัตราการปอกเปลือกมะพร้าวมากกว่าแรงงานคน ประมาณ 2.5 เท่า เมื่อคิดที่เพลาปอกหมุนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที

รูปที่ 2.44 การออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าว [26]

กิตติพงษ์ และคณะ [27] ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกหน่อไม้ ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบขนาดเล็ก โดยทำการศึกษารายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับโครงสร้างของหน่อไม้ จากนั้นทำการออกแบบและสร้างให้เป็นไปตามหลักการของออกแบบเครื่องจักรกลทางการเกษตร และทำการทดสอบเครื่องโดยนำหน่อไม้ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 10-20 นิ้ว ทำการปอกด้วยเครื่องปอกหน่อไม้แล้วจับเวลา เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพ เวลา ข้อบกพร่องของการปอก และทำการแก้ไขปรับปรุงให้ได้เครื่องหน่อไม้ที่สามารถทำงานได้ ผลการทดสอบสรุปได้ว่าเครื่องปอกหน่อไม้สามารถปอกโดยใช้เวลาเฉลี่ย 57.8 วินาที ซึ่งเร็วกว่าแรงงานคนปอก และมีประสิทธิภาพในการปอกคิดเป็นร้อยละ 80 หรือ 80 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 2.45 การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกหน่อไม้ [27]

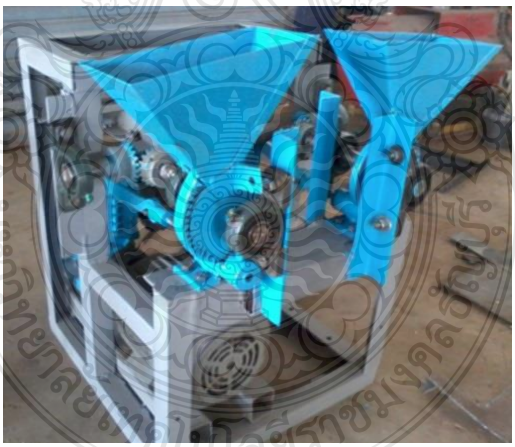
ธวัชชัย และคณะ [28] ได้พัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง ผลการทดสอบโดยใช้ท่อนมันสำปะหลังที่มีช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนกว้างที่สุด 41-70 มิลลิเมตร ความยาวของท่อน 120 มิลลิเมตร ความเร็วปลายใบมีด 4.5 เมตรต่อวินาที อัตราเร็วของลูกกลิ้งหมุนท่อนมัน 70 รอบต่อนาที และความเร็วเชิงเส้นของซี่ลำเลียง 0.22 เมตรต่อวินาที พบว่าโดยเฉลี่ยจะได้อัตราส่วนการได้เนื้อมัน 0.88 อัตราส่วนการปอกเปลือกมัน0.86 อัตราการปอกเปลือกท่อนมัน 224 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และประสิทธิภาพการปอกเปลือก 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำผลการประเมินนี้มาเปรียบเทียบกับวิธีปอกเปลือกท่อนมันสำปะหลังโดยใช้มีดปอก พบว่าการใช้เครื่องได้อัตราการปอกเปลือกท่อนมันสูงกว่าวิธีการใช้แรงคนประมาณ 7 เท่า



รูปที่ 2.46 การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง [28]

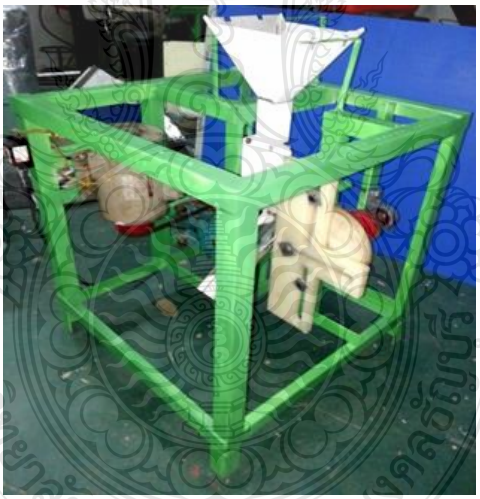
Adetoro [29] ได้ออกแบบ ประดิษฐ์ และทดสอบเครื่องปอกเปลือกมันเทศ เนื่องจากการปอกเปลือกมันเทศในปัจจุบันใช้เวลานาน และเกิดความสูญสียมาก ออกแบบโดยใช้แปรงในการขัดปอกเปลือก และทดสอบสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 20 และ 50 รอบต่อนาที พบว่าประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง 80 และ 95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพของเครื่องขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ ขนาด และรูปร่างของมันเทศ การสูญเสียการปอกของเครื่อง 3.9 เปอร์เซ็นต์ อัตราการปอกเฉลี่ย 0.0108 กิโลกรัมต่อวินาที

จตุรงค์ และคณะ [30] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด 2 ชุด ที่ติดตั้งใบมีดกะเทาะแบบทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 และ 11.5 mm ตามลำดับ ระบบส่งกำลัง และ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 hp เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดกะเทาะเมล็ดโดยจานป้อนเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการกะเทาะจะร่วงออกจากชุดกะเทาะลงทางด้านหน้าของเครื่อง จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของก้านกระทุ้งของชุดกะเทาะ 13.3 mm/s มีความสามารถในการทำงาน 1.3±0.1 kg/hr ชุดกะเทาะชุดแรกมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ และเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 75.7±6.4 และ 18.2±0.7% ตามลำดับ ส่วนชุดกะเทาะชุดที่สองมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 73.3±4.0และ 20.2±1.8% ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.52 kW-hr จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,200 hr มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 24 Baht/kg ระยะเวลาคืนทุน 3 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 40 hr/year เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน



รูปที่ 2.47 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง [30]

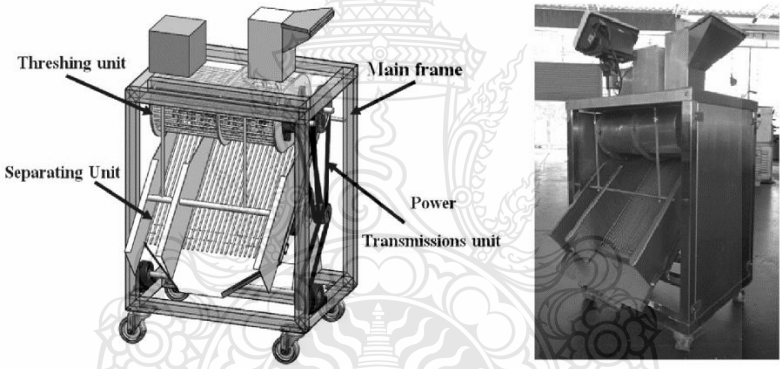
มาสสุภา และคณะ [31] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงได้ถูกออกแบบ และสร้างขึ้นเพื่อลดเวลาและแรงงานในการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกร เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดใบมีดกรีด กลไก Scotch Yoke และระบบส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ควบคุมเครื่องป้อนเมล็ดบัวลงในช่องป้อนทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวจะถูกลำเลียงเข้าไปแกะเปลือกในชุดมีดกรีดโดยกลไก Scotch Yoke และร่วงสู่ช่องทางออกทางด้านล่างของเครื่อง จากการทดสอบที่ความเร็วเฉลี่ยของชุดมีดกรีดที่ 7.5 8.5 และ 9.5 เมตรต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วเฉลี่ยของใบมีดกรีด 7.5 เมตรต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ในการแกะเมล็ดบัว 79.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และไม่มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 1,440 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะคืนทุน 0.95 ปีหรือ 11.4 เดือน และจุดคุ้มทุน 185.3 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการแกะด้วยแรงงานคน



รูปที่ 2.48 เครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง [31]

จตุรงค์ และคณะ [32] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงเพื่อเพิ่มผลผลิต และลดเวลาในขั้นตอนการแยกเมล็ดบัวหลวงออกจากฝัก เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่องชุดนวดเมล็ดบัวหลวง ชุดแยกเมล็ดบัวหลวง ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง ผู้ควบคุมเครื่องป้อนฝักบัวลง

ในช่องป้อนทางด้านบนของเครื่อง ฝักบัวจะไหลเข้าสู่ชุดนวดเมล็ดบัวหลวง และถูกนวดโดยชุดลูกนวด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการนวดจะตกลอดผ่านตะแกรงนวดไปยังชุดแยกเมล็ดที่อยู่ด้านล่างออกสู่ช่องทางออกต่อไป ส่วนเปลือกของฝักบัวที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงนวดจะถูกลำเลียงไปตามครีบลำเลียงของชุดนวดเมล็ดบัวหลวง และตกลงมาที่ช่องทิ้งเปลือกทางด้านท้ายของชุดนวดเมล็ดบัวหลวง การทดสอบพบว่า เครื่องนวดเมล็ดบัวหลวงสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ระยะห่างของฟันลูกนวด 15 มิลลิเมตร และความเร็วรอบของชุดลูกนวด 300 รอบ/นาที มีเปอร์เซ็นต์การนวดเมล็ดบัวหลวง 77.7% เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 3.7% ความสามารถในการทำงาน 10.1 กิโลกรัม/ชั่วโมง และ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.45 กิโลวัตต์ชั่วโมง จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่าย 3.1 บาท/กิโลกรัม เมื่อใช้เครื่องทำงาน 960 ชั่วโมง/ปี จะมีระยะเวลาคืนทุน 3 เดือน และจุดคุ้มทุน 42.5 ชั่วโมง/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับการแกะเมล็ดบัวออกจากฝักด้วยแรงงานเกษตรกร



รูปที่ 2.49 เครื่องนวดเมล็ดบัวหลวง [32]

เพทาย และคณะ [33] มทร.ธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ได้ออกแบบ และพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง โดยตัวเครื่องจะประกอบด้วย ชุดใบมีดกรีด ชุดสายพานลำเลียง ระบบส่งกำลัง และมอเตอร์ไฟฟ้า 0.25 แรงม้าเป็นต้นกำลัง หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากการทำงานป้อนเม็ดบัวหลวงลงในช่องป้อน หลังจากนั้นสายพานลำเลียงจะลำเลียงเม็ดบัวหลวงหมุนผ่านชุดใบมีด และร่วงสู่ช่องทางออก จากการทดลองพบว่าเครื่องแกะเม็ดบัวหลวงต้นแบบสามารถทำงานผ่าได้ดีที่อัตราลำเลียงของสายพาน ลำเลียง 4 เมตรต่อวินาที มีความสามารถในการทำงาน 4.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์ในการแกะเม็ดบัว 71.4 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเม็ดบัว 3.9 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 5.8 วัตต์-ชั่วโมง จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าเมื่อใช้เครื่องแกะเม็ดบัวหลวง 2,400 ชั่วโมงต่อปี จะมี

ระยะเวลาคืนทุน 0.11 ปี โดยราคาต้นทุนการประดิษฐ์เครื่องต้นแบบ เครื่องแกะเม็ดบัวหลวงอยู่ที่ 5,000 บาท

รูปที่ 2.50 การออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง [33]

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ผ่านมา ได้นำทฤษฎีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งที่สร้างได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

1) วัสดุโครงสร้าง

1. มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า
2. สายพาน
3. แผ่นสเตนเลส
4. อลูมิเนียม
5. พูเล่ย์
6. สกรู และนัต M8 และ M10
7. ตลับลูกปืน เส้นผ่านศูนย์กลางรูใน 1 นิ้ว
8. ชุดลูกกลิ้งกะเทาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
2. เครื่องตัดเหล็ก
3. เครื่องกลึง
4. เครื่องเจาะ
5. ตะไบ

3.1.2 อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. ถาด
2. เครื่องชั่งเครื่องทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3. นาฬิกาจับเวลา

4. เมล็ดบัวหลวงแห้ง พันธุ์หลวงปทุม

5. เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

6. เครื่องมือวัดความเร็วรอบมอเตอร์

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงวางแผนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

2. การออกแบบ และสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

3. การทดสอบ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ

4. การวิเคราะห์ และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

วัตถุประสงค์ในการศึกษาขั้นตอนนี้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดบัวหลวงแห้งสำหรับนำมาใช้พัฒนาการออกแบบเครื่องต้นแบบ มีรายละเอียดในการศึกษาดังต่อไปนี้

1) การศึกษาปัญหาและวิธีการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งของเกษตรกร

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาในการ กะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งของเกษตรกร ดังรูปที่ 3.1 รวมถึงหาข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งกับเกษตรกร และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดบัวหลวงแห้งข้างต้น นำไปสู่การออกแบบลักษณะของชุดกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง โดยจะเลียนแบบการทำงานของเกษตรกร และยังนำลักษณะทั่วไปของเมล็ดบัวมาใช้ในการออกแบบชุดกะเทาะในการทำงานอีกด้วย

รูปที่ 3.1 การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งแบบดั้งเดิม [34]

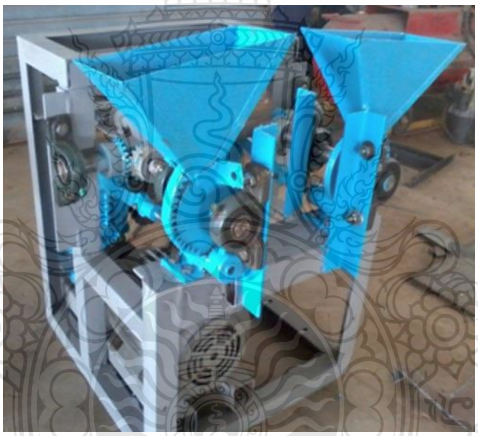
2) การศึกษาลักษณะกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงแห้งดังรูปที่ 3.2 โดยการวัดเมล็ดบัวหลวงด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ ได้แก่ ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัวหลวงใหญ่สุดและเล็กสุด และความหนาของเปลือกเมล็ดบัวสำหรับเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ ชุดกะเทาะ ระบบลำเลียง และระยะในการตั้งชุดกะเทาะ ศึกษาปัญหาที่เกิดจากการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งแบบดั้งเดิม คือ เกิดความเสียหายของเมล็ดมาก ขาดแคลนแรงงาน โดยเฉพาะในช่วงการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตร และเกิดอุบัติเหตุจากมีดบาดบ่อยครั้ง

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงแห้ง (รูปที่ 3.2) สำหรับใช้ในการออกแบบชุดปอกเมล็ดบัว ขนาดของชุดกะเทาะ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง (a) ความยาว (b) ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวแห้ง (c) และความชื้นของเมล็ดบัวหลวงแห้งตามวิธีของ ASAE [35] โดยเมล็ดบัวหลวงที่ใช้ศึกษาเป็นเมล็ดบัวหลวงขาวแห้งที่เก็บจากบึงสีไฟ อ.เมือง จ.พิจิตร จากการสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแห้งจำนวน 200 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด

รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวัดของเมล็ดบัวหลวงแห้ง [30]

3) ศึกษาการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งของเก่า



รูปที่ 3.3 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง [30]

จากข้อมูลของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง ดังรูปที่ 3.3 พบว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งที่สร้างขึ้นเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด 2 ชุด ที่ติดตั้งใบมีดกะเทาะแบบทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 และ 11.5 mm ตามลำดับ ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 hp เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดกะเทาะเมล็ดโดยจานป้อนเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการกะเทาะจะร่วงออกจากชุดกะเทาะลงทางด้านหน้าของ

เครื่อง จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของก้านกระทุ้งของชุดกะเทาะ 13.3 mm/s มีความสามารถในการทำงาน 1.3±0.1 kg/hr ชุดกะเทาะชุดแรกมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 75.7±6.4 และ 18.2±0.7% ตามลำดับ ส่วนชุดกะเทาะชุดที่สองมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 73.3±4.0และ 20.2±1.8% ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.52 kW-hr จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,200 hr มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 24 Baht/kg ระยะเวลาคืนทุน 3 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 40 hr/year เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งข้างต้น พบว่าเครื่องนี้ใช้ก้านกระทุ้งในการกะเทาะเมล็ด ไม่สามารถป้อนเมล็ดได้มาก โดยที่มีผู้ปฏิบัติงานต้องคอยป้อนหรือหยอดเมล็ดทีละเมล็ดเพื่อไม่ให้เสียหายและเกิดการอุดตันที่ก้านกระทุ้ง จึงได้นำหลักการข้างต้นมาออกแบบใหม่ เป็นชุดกะเทาะแทน ให้ทำงานได้มากขึ้น และได้ออกแบบเครื่องสำหรับพัฒนาต่อไป

4) ศึกษาหามุมของความเสียดทานของเมล็ดบัวหลวงแห้ง

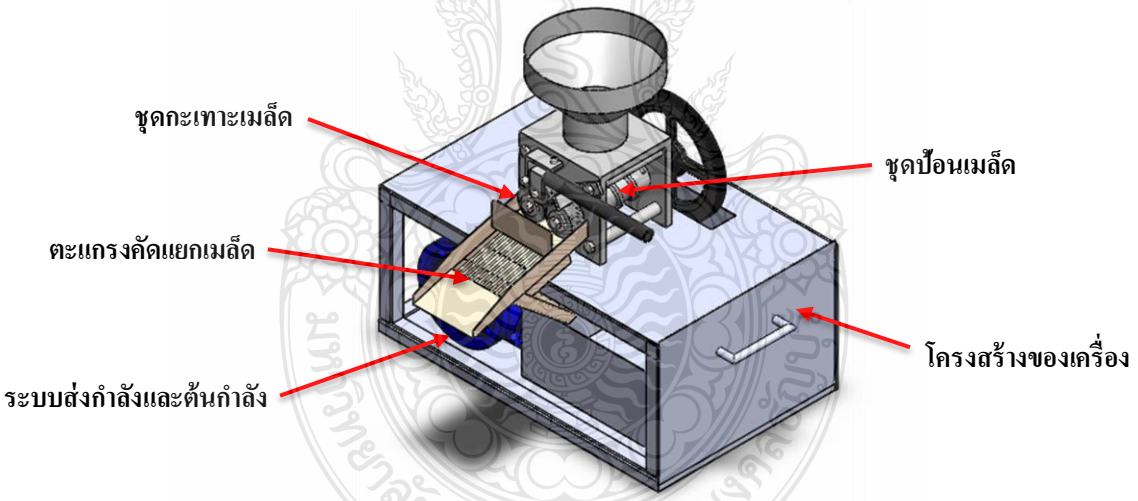
วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวกับการหมุนของเมล็ดบัวหลวง กับเปลือกหลังจากที่ผ่านการนวดแล้วด้วยวิธีแรงโน้มถ่วง โดยให้ไหลไปตามรางมุมเอียงที่จะทำให้วัสดุหมุนไหลไปได้ ซึ่งมุมนี้จะต้องมากพอที่ทำให้แรงต้านทานการหมุนไม่มีผล มุมนี้เรียกว่า มุมเอียงการหมุนเคลื่อนที่ การหามุมเอียงของการหมุนสามารถหาได้โดยวิธีการง่าย ๆ โดยใช้แผ่นเอียงเมื่อนำเมล็ดบัวมาวางบนแผ่นเอียงแล้วค่อย ๆ ปรับมุมเอียงจนกระทั่งเมล็ดบัวเริ่มหมุนเคลื่อนที่ลง ซึ่งมุมที่ได้จะนำไปใช้ในการออกแบบช่องป้อน และอุปกรณ์คัดแยกเปลือกหลังกะเทาะออกจากเมล็ด ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ชุดทดสอบหามุมเอียงการไหลของเมล็ดบัวหลวงแห้ง

จากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการออกแบบแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งต้นแบบ โดยใช้เกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบ ดังนี้

ก) เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบประกอบด้วย

- กะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องหยุดเครื่องเพื่อป้อนเมล็ดหรือเอาเมล็ดออกหลังจากการกะเทาะ
- ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน
- กลไกการทำงานของเครื่องทำงานง่ายๆ ไม่ซับซ้อนมากเกินไป และผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติได้สะดวก บำรุงรักษาง่าย และมีความปลอดภัย
- สร้างจากวัสดุที่มีจำหน่ายในประเทศ อุปกรณ์ชิ้นส่วนมาตรฐานต่างๆ หากเกิดการชำรุด สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด



รูปที่ 3.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

ข) รายละเอียดในการออกแบบ [36, 37]

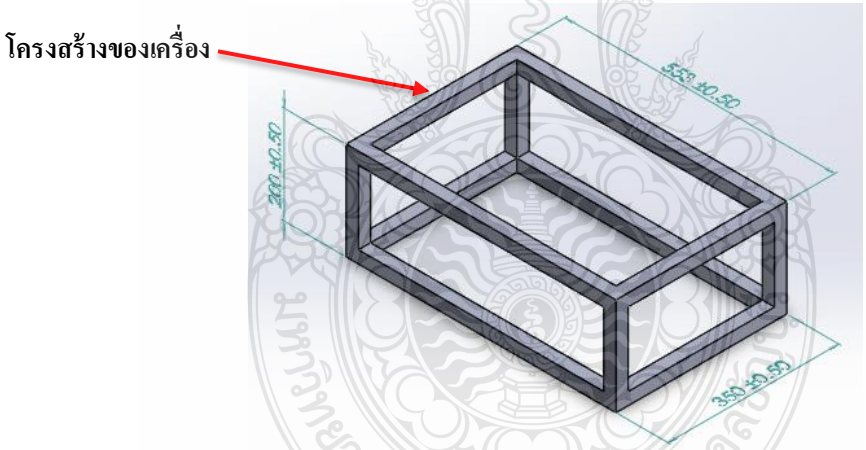
ในการออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งได้ออกแบบให้มีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดกะเทาะเมล็ด ชุดป้อนเมล็ด ตะแกรงคัดแยกเมล็ด และระบบส่งกำลัง ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

1. โครงสร้างของเครื่อง
2. ชุดกะเทาะเมล็ด
3. ชุดป้อนเมล็ด
4. ตะแกรงคัดแยกเมล็ด
5. ระบบส่งกำลังและต้นกำลัง

โดยแต่ละส่วนมีการสร้างดังนี้

- โครงสร้างของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

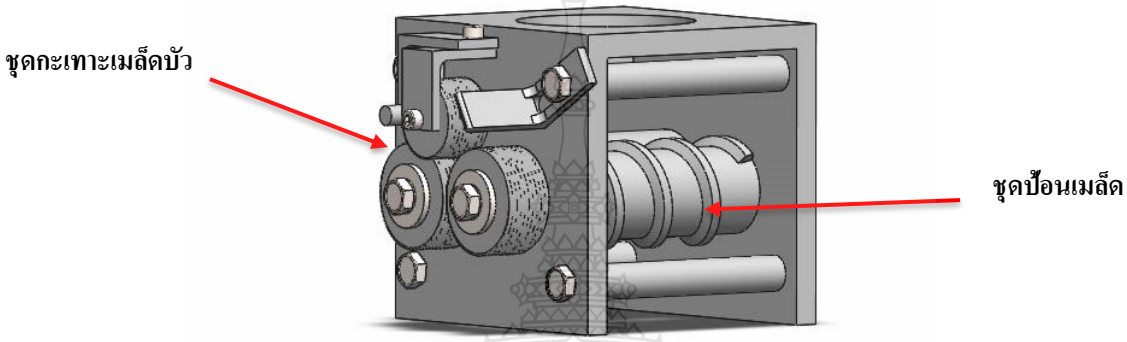
ทำจากสเตนเลสเชื่อมประกอบกันเป็นโครงสร้างขนาด 350 x 553 x 200 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ดังรูปที่ 3.6 โดยออกแบบให้รองรับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดกะเทาะพู่เล่ย์ เป็นต้น และทำให้อุปกรณ์ต่างๆทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีโครงเป็นส่วนหลักในการยึดชุดกะเทาะ และอุปกรณ์ต่างๆในการทำงาน



รูปที่ 3.6 โครงสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

- ชุดกะเทาะ ประกอบด้วย
  - ลูกกะเทาะขนาด 30 มิลลิเมตร 2 ลูก
  - เพลาจำนวน 2 ลูก พร้อมติดตั้งเกลียวลำเลียง
  - ช่องลำเลียงเมล็ด

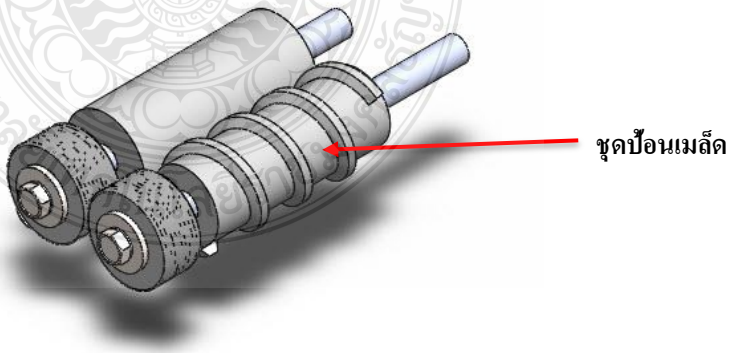
ชุดกะเทาะ ประกอบด้วยลูกกะเทาะ และลูกกดกะเทาะ วัสดุทำจากสเตนเลส โดยทำการกลึงขนาดลูกกะเทาะ 30 มิลลิเมตรจำนวน 2 ลูกพร้อมเซาะร่องทำคม ส่วนลูกกดกะเทาะกลึงขนาด 30 มิลลิเมตร ช่องลำเลียงเมล็ดออกแบบให้มี 1 ช่องตรงกลางระหว่างชุดกะเทาะเมล็ดบัว มีระยะกว้าง 20 มิลลิเมตร มีเพลาลำเลียงเมล็ดพร้อมติดตั้งใบลำเลียง เพื่อไม่ให้การลำเลียงเมล็ดบัวติดขัดในช่วงส่งเข้าชุดกะเทาะเมล็ดบัว ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ชุดกะเทาะเมล็ดบัว

- ชุดป้อนเมล็ด

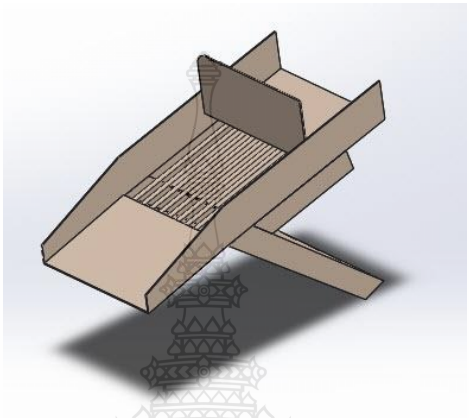
ชุดป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้ง ดังรูปที่ 3.8 จะใช้เพลาที่ต่อกับชุดส่งกำลังในหมุนเพื่อลำเลียงเมล็ดบัวหลวงแห้งไปยังชุดกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง โดยเพลาจะมีเกลียวลำเลียงเพื่อช่วยให้เมล็ดบัวหลวงแห้ง ถูกลำเลียงไปยังชุดกะเทาะเมล็ดได้โดยง่าย



รูปที่ 3.8 ชุดป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้ง

- ตะแกรงคัดแยกเมล็ด

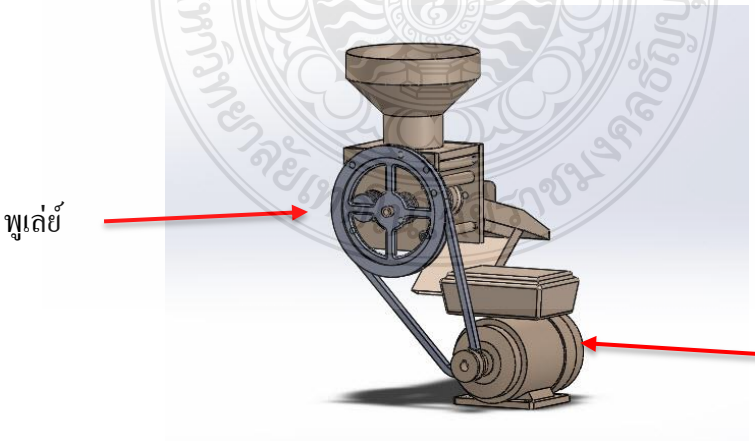
จากการหาแค่มุมของการไหลของเมล็ดบัวหลวงแห้งได้มุมที่ 20 องศา จึงทำการออกแบบและสร้างตะแกรงแยกเมล็ดบัวหลวงแห้ง ดังรูปที่ 3.9 ทำจากแผ่นสเตนเลสหนา 1 มิลลิเมตร พับและเชื่อมต่อกัน มีตะแกรงเส้นเป็นช่องๆเพื่อให้เมล็ดเคลื่อนตัวไหลผ่าน โดยมีแผ่นพลาสติกใสเป็นฝาปิดกั้นเมล็ดเพื่อบังคับให้เมล็ดบัวหลวงแห้งไหลไปตามตะแกรงแยกออกทางช่องออก



รูปที่ 3.9 ตะแกรงคัดแยกเมล็ด

- ระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังของเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวงแห้ง ดังรูปที่ 3.10 จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง โดยหมุนปรับที่ตัวสปีดคอนโทรลเพื่อปรับความเร็วส่งกำลังมาที่มอเตอร์ไฟฟ้าทดรอบ สายพาน และส่งกำลังไปยังชุดกลไกต่างๆในระบบชุดกะเทาะ



รูปที่ 3.10 ระบบส่งกำลัง

3) หลักการทำงานของเครื่อง

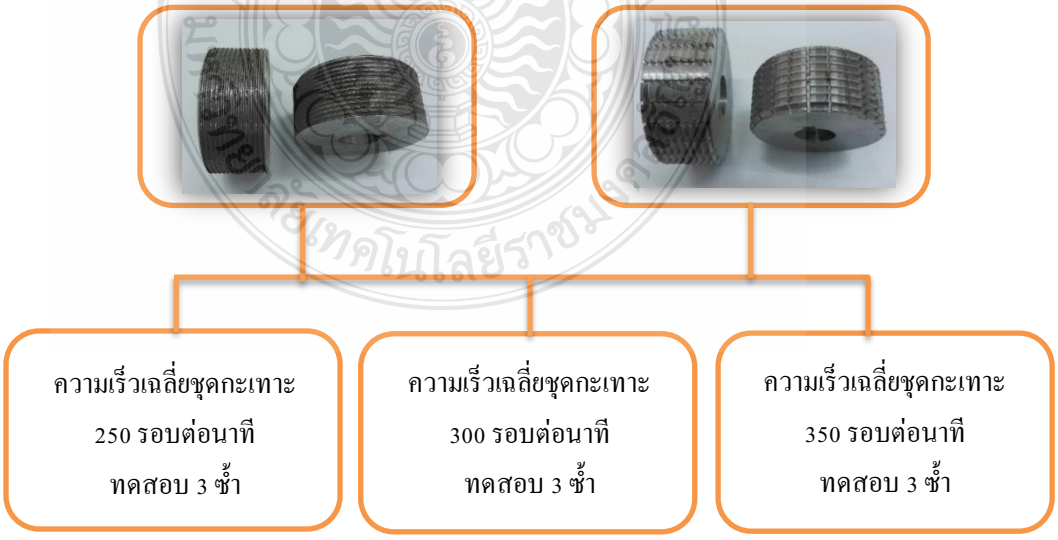
เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งที่สร้างขึ้นจะทำงานอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า โดยหมุนปรับที่ตัวสปีดคอนโทรลในการเลือกความเร็วที่ต้องการเพื่อส่งกำลังมาที่สายพานมาขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าทดรอบเพื่อให้มีความเร็วเฉลี่ยที่เหมาะสมกับการใช้งานส่งกำลังมายังชุดกลไกของเครื่อง ทำการใส่เมล็ดบัวหลวงไปในช่องป้อน และกลไกชุดกะเทาะเมล็ดเคลื่อนที่โดยเพลาลำเลียงเมล็ดบัวหลวงก็จะผ่านชุดกะเทาะ และจะถูกกะเทาะและตกลงมาตามช่องทางออกของเครื่องทางด้านล่างของเครื่อง

4) การสร้างเครื่องต้นแบบ

ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ณ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี

3.3 วิธีการทดสอบและประเมินผล

การทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ คือ ชนิดของชุดกะเทาะตามรูปที่ 3.11 (ลักษณะร่องของลูกกะเทาะและความคมของร่องลาย) ความเร็วเฉลี่ย 250, 300 และ 350 รอบต่อนาทีตามลำดับ



รูปที่ 3.11 ภาพชุดกะเทาะแบบที่ 1 และชุดกะเทาะแบบที่ 2

ค่าชี้ผลการศึกษา มีสมการดังนี้

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งและเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวงแห้งจากการทำงานของเครื่องกะเทาะ ซึ่งมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

การหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งหาได้จากน้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่กะเทาะเปลือกได้ทั้งหมดต่อน้ำหนัก2ของเมล็ดบัวแห้งที่ชั่งทั้งหมด แสดงได้จากสมการที่ (3.1)

1) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง (%)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดดีที่กะเทาะได้}}{\text{น้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.1)$$

การหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งหาได้จากน้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่เสียหายทั้งหมด (เมล็ดที่มีรอยแตกไม่เป็นลูกสมบูรณ์) ต่อน้ำหนักของเมล็ดบัวที่ชั่งทั้งหมด แสดงได้จากสมการที่ (3.2)

2) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดบัวหลวงแห้ง (%)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดเสียที่กะเทาะได้}}{\text{น้ำหนักเมล็ดที่กะเทาะทั้งหมด}} \times 100 \qquad (3.2)$$

3) ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)

เมื่อได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมแล้วทำการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องโดยการใส่เมล็ดบัวหลวงแห้งให้เครื่องทำการกะเทาะเปลือกออก นับจำนวนเมล็ดดีที่กะเทาะได้เทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องแล้วคำนวณหาความสามารถในการทำงานของเครื่องวิธีการคำนวณ แสดงได้จากสมการที่ (3.3)

$$\text{ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดดีที่กะเทาะได้}}{\text{เวลาในการทำงานทั้งหมด}} \qquad (3.3)$$

4) อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่อง (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

คำนวณอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเปลือกบัวหลวงแห้งที่ระดับความเร็วรอบที่เหมาะสมจากการทดสอบ แสดงได้จากสมการที่ 3.4

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

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t = เวลา (ชั่วโมง)

3.4 ทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ

การทดสอบการทำงานเพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่อง ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณา มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1) ทดสอบชุดกะเทาะ 2 แบบ เพื่อหาความเร็วรอบของระบบลำเลียงและชุดกะเทาะเปลือกที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่อง

- นำเมล็ดบัวหลวงแห้ง จำนวน 300 กรัม ต่อการทดสอบ
- คัดขนาดเมล็ดที่จะใช้ในการทดสอบ วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของเมล็ดบัวบันทึกค่าที่วัดได้ คือ 10-12 มิลลิเมตร และขนาดเมล็ดมากกว่า 12 มิลลิเมตร พร้อมตั้งระยะห่างของชุดกะเทาะ เพื่อใช้ทดสอบ
- ความเร็วรอบเพลาที่ใช้ 3 ระดับ คือ 250, 300 และ 350 รอบต่อวินาที นับเมล็ดที่กะเทาะได้

2) ทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวแห้งบัวแต่ละความเร็วรอบ

- เดินเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวแห้งรับความเร็วรอบเพลา 3 ระดับ คือ 250, 300 และ 350 รอบต่อวินาที ตามลำดับ
- ป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งจำนวนครั้งละ 300 กรัม เข้าไปในกรวยและปรับความเร็วรอบที่ 250 รอบต่อวินาที ทำการจับเวลาตั้งแต่เริ่มป้อนจนสิ้นสุดการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวแห้ง และบันทึกค่าไว้
- ทำการคัดแยกเมล็ดบัวหลวงแห้งที่ได้จากการกะเทาะเปลือก บันทึกจำนวนเมล็ดที่กะเทาะได้ กะเทาะไม่ได้ และเมล็ดที่เสียหาย

- บันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า
- ทำซ้ำ 3 ซ้ำ ขั้นตอนที่ 1-4
- ทำการตั้งที่ความเร็วรอบ 300 และ 350 รอบต่อวินาที ตามลำดับ
- ทดสอบซ้ำตามข้อที่ 2 ถึง 6

3.5 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ก) การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

อาศัยแนวคิดการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม เกี่ยวกับต้นทุนในการใช้เครื่อง สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องกะเทาะบัวหลวงแห้งแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง เมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่ที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของการกะเทาะบัวหลวงแห้ง อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในที่นี้จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่างๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการนวดเมล็ดบัวหลวงออกจากฝัก ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น

ข) การวิเคราะห์ระยะเวลาการคุ้มทุน (Pay-back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนในเครื่องกะเทาะบัวหลวงแห้งไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี โดยพิจารณาจากการทราบค่า (i) (10 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่ทราบค่า n ทำการเปลี่ยน n ไปเรื่อย ๆ จนค่าทั้งสองข้างของสมการเท่ากันก็จะได้ค่า n โดยที่ n คือระยะเวลาคืนทุน (ปี)

ค) การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break–even point)

เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการกะเทาะบัวหลวงแห้ง โดยใช้แรงงานคนกับเครื่องต้นแบบว่าสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงได้ปริมาณเท่าไร [38]

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

จากวิธีการดำเนินงานวิจัยที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ
2. การออกแบบ และสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง
3. การทดสอบ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ
4. การวิเคราะห์ และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดบัวหลวงแห้ง

4.1.1 ผลการศึกษาปัญหา และวิธีการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งของเกษตรกร

ผลของการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับเมล็ดบัว สรุปได้ดังนี้

1. แรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานในชุมชน หรือหมู่บ้านใกล้เคียง โดยจำนวนแรงงานและปริมาณในการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตของเกษตรกรในแต่ละปี
2. ค่าจ้างแรงงานการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง 100 บาทต่อกิโลกรัม
3. ปริมาณการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งในแต่ละวัน (ทำงาน 4-8 ชั่วโมง) 5 กิโลกรัม โดยจะขึ้นอยู่กับความชำนาญ
4. ปัญหาที่พบในขั้นตอนการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

- ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นของแรงงานในการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งประมาณ 150 บาทต่อวัน (ค่ามีด ค่าถุงมือ ค่าผ้าปูพื้น)
- มีความเหนื่อยยาก และความไม่ปลอดภัยในการทำงาน เช่น อุบัติเหตุจากมีดกะเทาะเปลือกบาดมือ
- ขาดแคลนแรงงานในการแกะเมล็ดบัวหลวงแห้งในช่วงของการเก็บเกี่ยวผลผลิตชนิดต่างๆ

5. คุณลักษณะของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งที่ต้องการ

- กะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งตามขนาดที่กำหนด กะเทาะได้รวดเร็วและต่อเนื่อง
- บำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย
- ทนทานต่อการใช้งาน ราคาไม่แพง
- ประหยัดเวลาการทำงาน

4.1.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงแห้ง

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงแห้ง สรุปได้ดังนี้

1. ทำการเก็บเมล็ดบัวหลวงแห้งจำนวน 200 เมล็ด โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัวหลวงแห้งมีค่าอยู่ระหว่าง 10-12 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยคือ 0.7 มิลลิเมตร ความยาวของเมล็ดบัวหลวงหลวงแห้งมีค่าอยู่ระหว่าง 15-18 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยคือ 0.1 มิลลิเมตร และความหนาเปลือกมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0-1.6 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย คือ 0.1 มิลลิเมตร

2. นำข้อมูลในการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของเมล็ดบัวหลวงที่บันทึกมาเป็นแนวทางในการออกแบบชุดใบมีดกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวงแห้ง จากการสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแห้ง จำนวน 200 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

4.1.3 ผลการศึกษาลักษณะชุดกะเทาะใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

จากข้อมูลของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง ดังรูปที่ 3.3 พบว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งที่สร้างขึ้นเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด 2 ชุด ที่ติดตั้งใบมีดกะเทาะแบบทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 และ 11.5 mm ตามลำดับ ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 hp เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดกะเทาะเมล็ดโดยจานป้อนเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการกะเทาะจะร่วงออกจากชุดกะเทาะลงทางด้านหน้าของเครื่อง จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของก้านกระทุ้งของชุดกะเทาะ 13.3 mm/s มีความสามารถในการทำงาน 1.3±0.1 kg/hr ชุดกะเทาะชุดแรกมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 75.7±6.4 และ 18.2±0.7% ตามลำดับ ส่วนชุดกะเทาะชุดที่สองมีเปอร์เซ็นต์

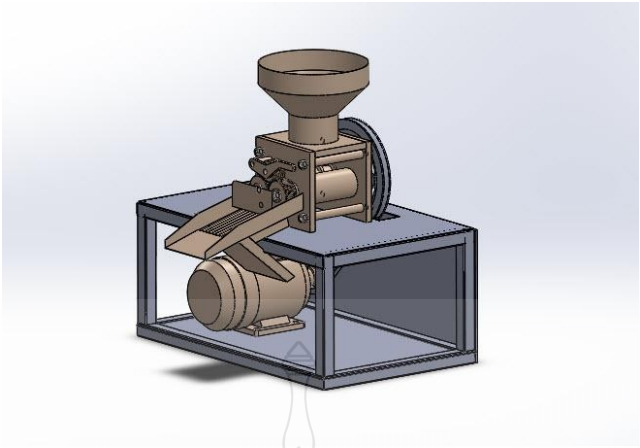
การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 73.3±4.0และ 20.2±1.8% ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.52 kW-hr จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,200 hr มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 24 Baht/kg ระยะเวลาคืนทุน 3 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 40 hr/year เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

จากข้อมูลของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งข้างต้น พบว่าเครื่องนี้ใช้ก้านกระทุ้งในการกะเทาะเมล็ด ไม่สามารถป้อนเมล็ดได้มาก โดยที่มีผู้ปฏิบัติงานต้องคอยป้อนหรือหยอดเมล็ดทีละเมล็ดเพื่อไม่ให้เสียหาย และเกิดการอุดตันที่ก้านกระทุ้ง จึงได้นำไปสู่การออกแบบลักษณะการวางของชุดกะเทาะที่ใช้ในการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง ซึ่งเกษตรกรส่วนมากจะใช้มีดกะเทาะ หรือค้อนที่หาได้ทั่วไปตามท้องตลาดมาใช้ในการกะเทาะเมล็ดบัวหลวง จากได้นำหลักการข้างต้นมาออกแบบใหม่เป็นชุดกะเทาะแทน ให้ทำงานได้มากขึ้น และได้ออกแบบเครื่องสำหรับพัฒนาต่อไป

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าเมล็ดบัวหลวงแห้งมีลักษณะวงรี โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัวมีค่าอยู่ที่ 10-12 มิลลิเมตร และความยาวของเมล็ดบัว 15-18 มิลลิเมตร ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจึงได้ออกแบบ ช่องชุดกะเทาะ ให้มีความกว้างกว่าเมล็ดบัวเล็กน้อย ซึ่งเมื่อใส่เมล็ดบัวลงไปเมล็ดก็ไปอยู่ที่ชุดกะเทาะเมล็ด แต่ปัญหาที่พบเมล็ดบัวมีขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้าง จะทำให้ชุดกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวไม่ได้ ดังนั้นการออกแบบจึงต้องมีสปริงติดไว้ที่ด้ามคันโยก เพื่อที่จะได้ให้ชุดกะเทาะเมล็ดบัวขนาดเล็กได้ และจากการศึกษาความยาวของเมล็ดบัวทำให้สามารถกำหนดความกว้างของช่องชุดกะเทาะได้ ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์เกียร์ที่มีตัวสปีดคอนโทรล เพราะสะดวกในการปรับความเร็วรอบ ในการทดสอบ ซึ่งเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดกะเทาะเมล็ด ชุดป้อนเมล็ด ตะแกรงคัดแยกเมล็ด และระบบส่งกำลัง

หลังจากได้คำนวณและออกแบบขนาดต่าง ๆ ของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งแล้ว จึงได้ทำการเขียนแบบทางวิศวกรรม แสดงดังรูปที่ 4.1 เมื่อดำเนินการเขียนแบบเสร็จสิ้น จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งต้นแบบตามแบบที่เขียนแบบไว้ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

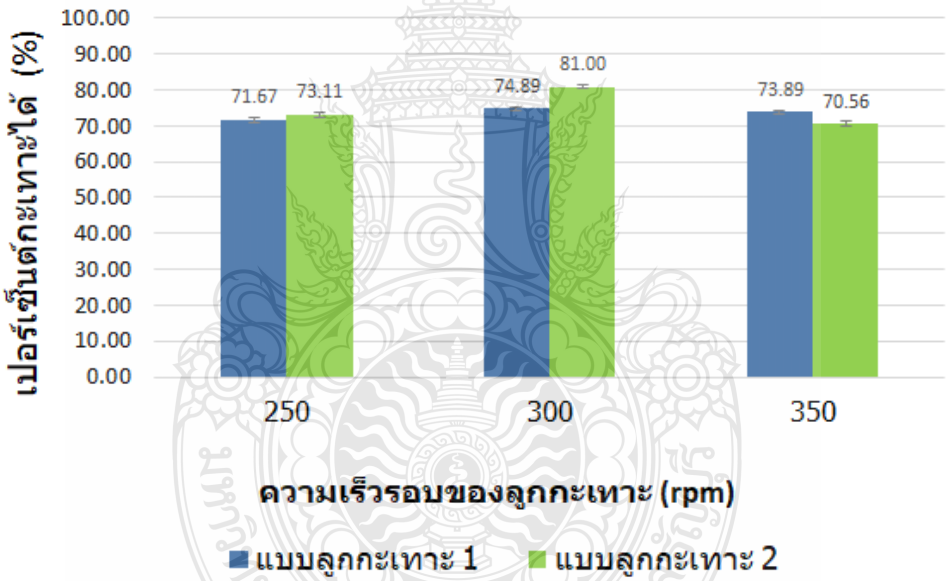
รูปที่ 4.2 เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งที่ออกแบบและสร้างเสร็จ

4.3 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

ผลการทดสอบการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง ที่ความเร็วลูกกลิ้งกะเทาที่ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที เพื่อหาความเร็วเฉลี่ยของการกะเทาะเปลือกที่ดีที่สุด โดยใช้ค่าชี้ผลการศึกษา ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดได้ เปอร์เซ็นต์การเสียหาย ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ดังต่อไปนี้

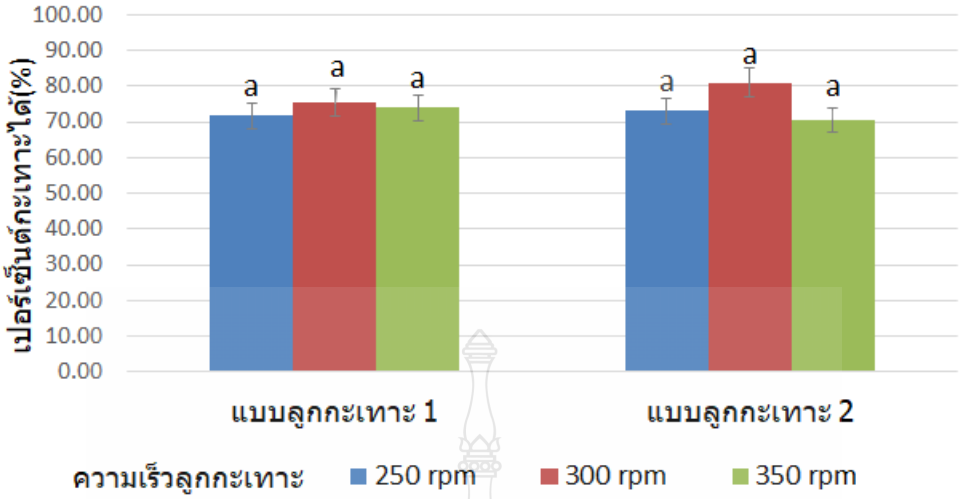
4.3.1 เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

จากผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ดังรูปที่ 4.3 ก) ที่ความเร็วของชุดกะเทาะแบบลูกกลิ้งที่ 2 ที่ความเร็วรอบ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที พบว่าเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงสามารถกะเทาะเมล็ดบัวได้ 73.11, 81.00 และ 70.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของชุดกะเทาะ เนื่องจากเมื่อชุดกะเทาะจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น แรงกะเทาะชุดลูกกลิ้งจะขบเปลือกของเมล็ดบัวเร็ว ทำให้เมล็ดไม่โดนกลูกกลิ้งกะเทาะ ทำให้เมล็ดบัวหมุนกลิ้งออกช่องทางออก และเมื่อลดความเร็วรอบลงชุดกะเทาะลูกกลิ้งจะส่งผลต่อความสามารถในการทำงาน เนื่องจากจำนวนของเมล็ดบัวที่ลำเลียงเข้าชุดกะเทาะได้สม่ำเสมอและถูกกะเทาะออกจากช่องลำเลียง ดังนั้นความเร็วรอบชุดกะเทาะที่เหมาะสม คือ 300 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง 81.00 %



รูปที่ 4.3 ก) แสดงเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

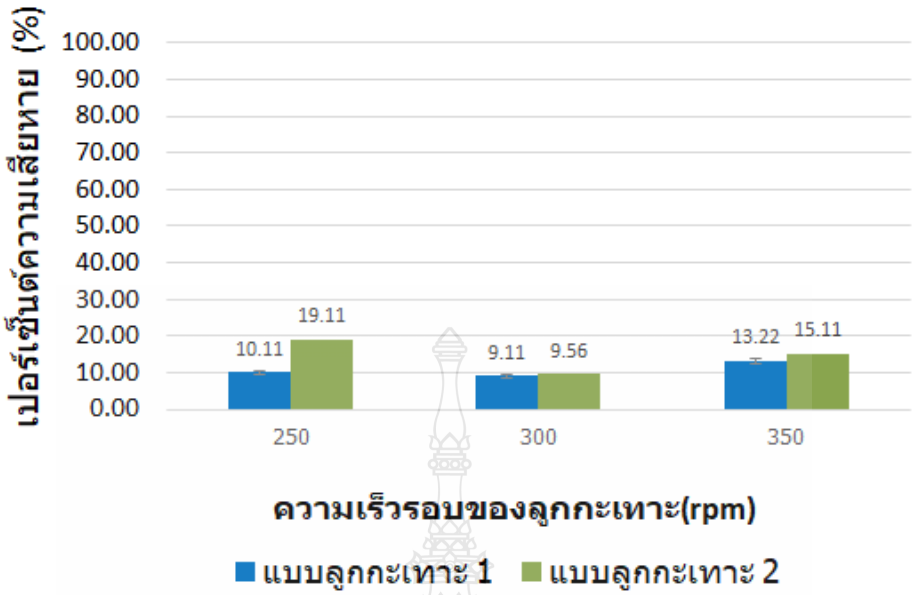
จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะได้ของชุดกะเทาะลูกกลิ้งทั้ง 2 แบบ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ความเร็วรอบ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที (a,a,a) ดังรูปที่ 4.3 ข)



รูปที่ 4.3 ข)[abc] อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบเปอร์เซ็นต์การกะเทาะได้ของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

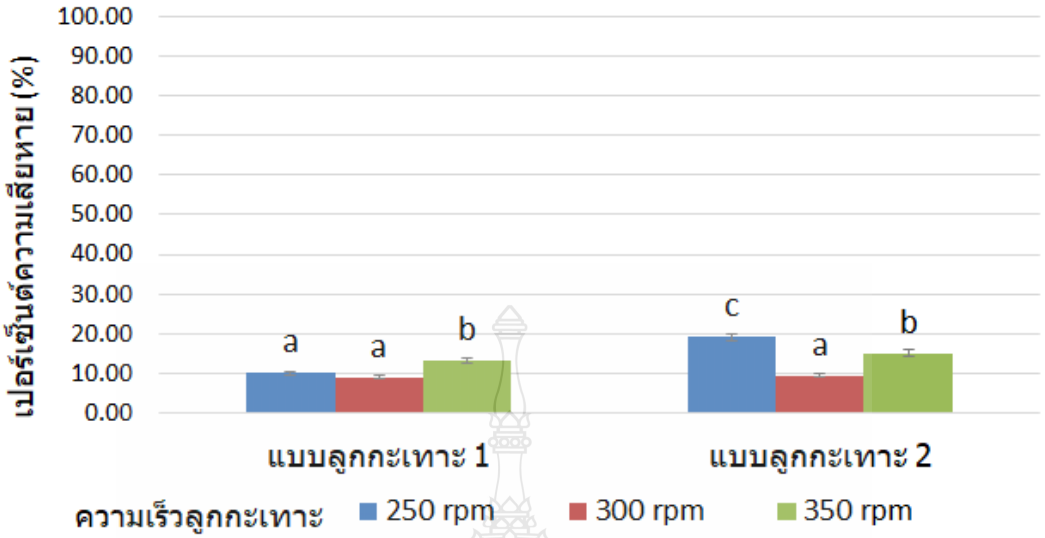
4.3.2 เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.4 ก) แสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วรอบของชุดลูกกลิ้งกะเทาะแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ด 19.11, 9.56 และ 15.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อทดสอบความเร็วรอบที่ 300 รอบต่อนาที มีความเสียหายน้อยสุดที่ 9.56 เปอร์เซ็นต์ และมากสุดที่ 19.11 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบชุดกะเทาะที่ 250 รอบต่อนาที เนื่องจากความเร็วของชุดกะเทาะเคลื่อนตัวช้า แรงกะเทาะของชุดลูกกลิ้งกะเทาะเปลือกของเมล็ดบัวจะน้อยลงเป็นผลทำให้เนื้อของเมล็ดบัวแตกเสียหายจากแรงกะเทาะ ดังนั้นที่ความเร็วรอบลูกกลิ้งที่เหมาะสม คือ 300 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ทำให้กะเทาะของชุดลูกกลิ้งไม่ทำให้เมล็ดบัวแตกเสียหาย



รูปที่ 4.4 ก) แสดงเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

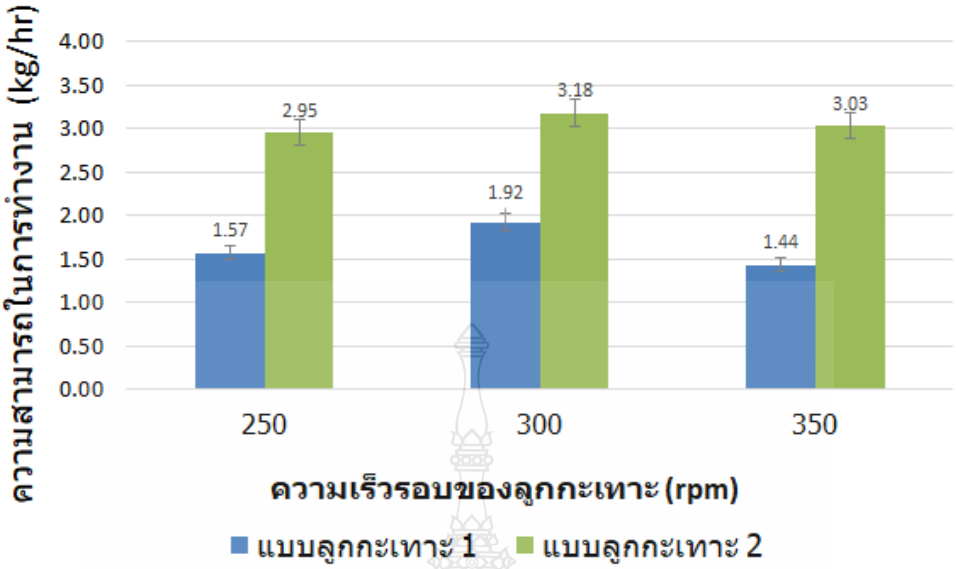
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าความสามารถในการทำงานของชุดลูกกลิ้งกะเทาะแบบที่1 มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ความเร็วรอบ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที (a,a,b) และชุดลูกกลิ้งกะเทาะแบบที่ 2 มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ที่ความเร็วรอบ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที (c,a,b) ดังรูปที่ 4.4 ข) เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งมีความเหมาะสมที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที มีค่าน้อยที่สุดคือ 9.56 เปอร์เซ็นต์



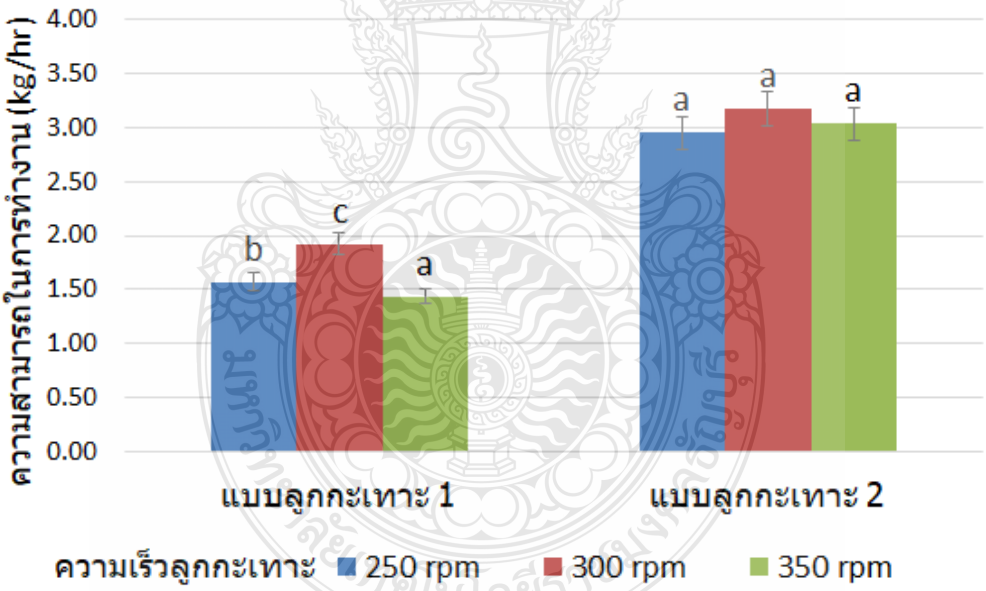
รูปที่ 4.4 ข)[abc] อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.3.3 ความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.5 ก) พบว่าความสามารถในการทำงานของชุดกะเทาะแบบลูกกลิ้งที่ 2 ที่ความเร็ว 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงมีความสามารถในการทำงาน 2.95, 3.18 และ 3.03 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ เห็นได้ว่าความสามารถในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงจะเพิ่มขึ้นที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที และจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วของชุดกะเทาะที่ 350 รอบต่อนาที และพบว่าที่ความเร็ว 350 รอบต่อนาที จะมีความสามารถในการทำงานน้อยสุด เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเร็วของชุดกะเทาะ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวงลดลง และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดเพิ่มขึ้นดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อตารางแสดงการหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ดังนั้นจึงเลือกใช้ความสามารถในการทำงานของชุดกะเทาะลูกกลิ้งแบบที่ 2 ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที ไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป ซึ่งความสามารถในการทำงาน คือ 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.5 ก) แสดงความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

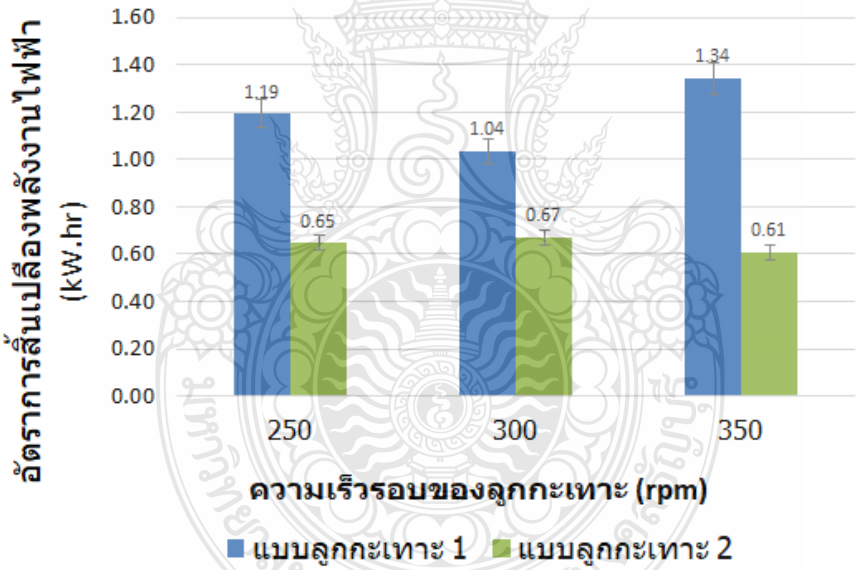


รูปที่ 4.5 ข) [abc] อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ

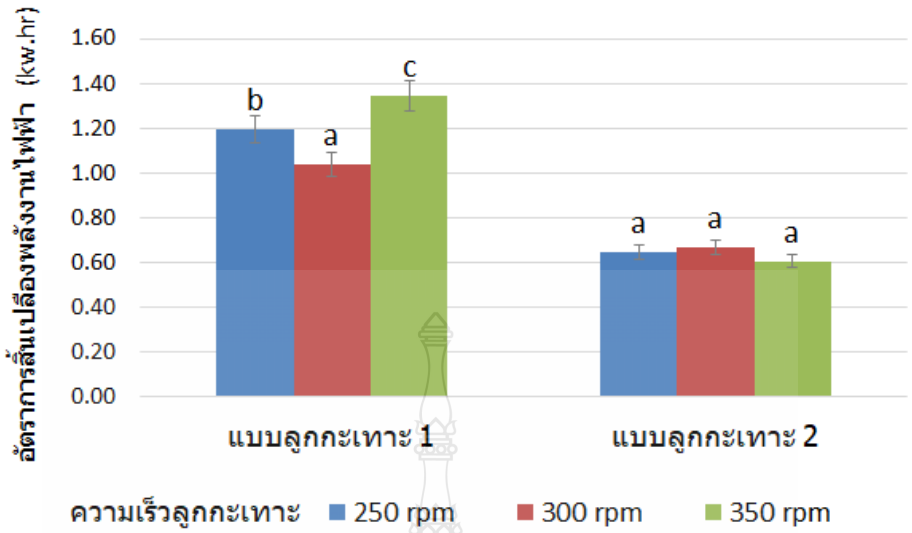
จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าความสามารถในการทำงานของชุดกะเทาะทั้ง 2 แบบ ชุดกะเทาะเปลือก โดยชุดกะเทาะแบบที่ 2 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ที่ความเร็ว 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที (a,a,a) แต่ชุดกะเทาะแบบที่ 1 มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ที่ความเร็ว 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที (b,c,a) ดังรูปที่ 4.5 ข)

4.3.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.6 ก) พบว่าที่ ช่วงความเร็วรอบของชุดลูกกลิ้งกะเทาะทั้ง 3 ชนิดความเร็วรอบมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความเร็วการหมุนของมอเตอร์ที่เพิ่มขึ้น อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที จะอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และนำไปเป็นค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป



รูปที่ 4.6 ก) แสดงอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง



รูปที่ 4.6 ข) [abc] อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งของชุดลูกกลิ้งกะเทาะแบบที่ 1 มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ความเร็วรอบ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที (b,a,c) และชุดลูกกลิ้งกะเทาะแบบที่ 2 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ความเร็วรอบ 250, 300 และ 350 รอบต่อนาที(a,a,a) ดังรูปที่ 4.6 ข)

จากผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง ดังรูปที่ 4.7 พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบที่ 300 rpm ความสามารถในการทำงาน 3.18 kg/hr มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ และเปอร์เซนต์ความเสียหายต่ำกว่าการกะเทาะโดยเกษตรกร 81.00 % และ 9.56 % ตามลำดับ

รูปที่ 4.7 ผลต่างๆของเมล็ดบัวหลวงที่ใช้ในการทดสอบ

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการทดสอบของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งที่ได้ออกแบบขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใช้งาน 0.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดให้เรื่องทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวันทำงานปีละ 240 วัน สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะคืนทุน และจุดคุ้มทุนของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งได้ดังนี้

4.4.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

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

1.) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

- ค่าเสื่อมราคา (Depreciation,DP) คิดค่าเสื่อมราคา (DP) แบบ Straight - linemethod DP = (P-S)/L โดยที่ P คือราคาซื้อของเครื่องจักร (บาท) S คือราคาขายหรือมูลค่าคงเหลือเมื่อเครื่องจักรหมดอายุ (บาท) และ L คือ อายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

- ราคาของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวงจากตาราง 4.1 เท่ากับ 25,000 บาท ให้มูลค่าซากของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง

ดังนั้น ราคาซากเครื่อง (S) = (10 / 100)·(25,000) = 2,500บาท

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (P - S) / L = (25,000 – 2,500) / 5 = 4,500 บาท

- ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (lnterest on investment) คิดค่าเสียโอกาส (I) = ((P+S)/2)·(i/100) โดยที่ i คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี = ((25,000 +4,500/ 2)·(10 / 100) = 1,375 บาทต่อปี

รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost) = 4,500 +1,375 = 5,875 บาทต่อปี

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

รายการ	**จำนวนเงิน (บาท)**
1. มอเตอร์ไฟฟ้า 1 hp	3,500
2. วัสดุที่ใช้สร้างตัวเครื่อง	
- โครงสร้าง	3,000
- ชุดกะเทาะ 2 ชุด	9,000
- ชุดพูเล่ย์ 1 ชุด	2,500
- เหล็กเพลา	3,000
- อื่นๆ	3,500
3. ค่าจ้างแรงงานสร้างและประกอบเครื่อง	3,500
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	25,000

2.) ต้นทุนผันแปร (Variable - cost)

- ค่าบำรุงรักษา (Repair and maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 5 บาท ทำงาน 180 วัน ค่าบำรุงรักษา = 5 × 180 = 900 บาทต่อปี

- ค่าไฟฟ้า จากการทดลองการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0.06 กิโลวัตต์ชั่วโมงราคาไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาทในหนึ่งปีทำงาน 240 วัน วันละ 8 ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฟฟ้า
= (0.014)·(3.5)·(240)·(8) = 94.08 บาทต่อปี

- ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 240 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 240 วัน คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน = (240)·(240)·(1) = 57,600 บาทต่อปี รวมต้นทุนผันแปร = 900 + 94.08 +57,600 = 58,594.08 บาทต่อปี คิดต้นทุนในการใช้งานของเครื่องแกะเปลือกเมล็ดบัวหลวง โดยรวมต้นทุนคงที่กับต้นทุนผันแปรเท่ากับ 58,594.08 + 1,375 = 59,969.08 บาทต่อปี

- ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม) ของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงใน 1 ปี เวลาทำงาน 1,920 ชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้เท่ากับ 58,594.08 /(1,920 × 3.18) = 9.6 บาทต่อกิโลกรัม

4.4.2 ระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณระยะเวลาคืนทุนมีดังนี้

1.) ต้นทุนผันแปร คือ ค่าผลรวมของค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน

2.) ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ยผลประโยชน์ที่ได้รับคิดจากอัตราค่าจ้างในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงคูณชั่วโมงการทำงานต่อปี อัตราค่ากะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงต่อชั่วโมง โดยใช้แรงงานคนของเกษตรกร 100 บาทต่อกิโลกรัม คูณกับอัตราการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เท่ากับ 318 บาทต่อชั่วโมง

3.) ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนรวม

4.) ระยะเวลาคืนทุน คือ ผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับประโยชน์สุทธิ

ชั่วโมงการทำงาน	1,920	ชั่วโมงต่อปี	
ดอกเบี้ย	1,375	บาทต่อปี	
ต้นทุนผันแปร	58,594.08	บาทต่อปี	
ต้นทุนรวม	58,594.08 + 1,375	= 5,9969.08	บาทต่อปี
ผลประโยชน์ที่ได้รับ	1,920 × 100	= 192,000	บาทต่อปี
ผลประโยชน์สุทธิ	192,000-58,594.08	= 133,405.92	บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน	(25,000/133,405.92) × 12	= 2.24 เดือน	

ดังนั้น 1 ปี ทำงาน 1,920 ชั่วโมง ระยะเวลาคืนทุนจะเท่ากับ 2.24 เดือน หรือ 68 วัน

4.4.3 การใช้งานคุ้มทุน

การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง – ค่าใช้จ่ายในการทำงาน) ค่าใช้จ่ายคงที่ = 21.80 บาทต่อปี

อัตราค่าจ้างการแกะเมล็ดบัวหลวงของเกษตรกร = 100 บาทต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบอัตราการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้อัตราค่าจ้าง (100)·(3.18) = 318 บาทต่อชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เท่ากับ 9.6 บาทต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบอัตราการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้ค่าใช้จ่ายในการทำงานเท่ากับ (9.6)·(3.18) = 30.58 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นการใช้งานที่จุดคุ้มทุน = 5,875/(300-30.528) = 21.80 ชั่วโมงต่อปี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาปัญหาและวิธีการกะเทาะเมล็ดบัวของเกษตรกร ขั้นตอนการกะเทาะเมล็ดบัวเป็นขั้นตอนที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งมีปัญหาอยู่หลายประการ ได้แก่ ใช้เวลาในการปฏิบัติงานมาก เกิดความเมื่อยล้าในการทำงาน ความไม่ปลอดภัยในการปฏิบัติงานอันเกิดจากอุบัติเหตุระหว่างการแกะเปลือกเมล็ดบัว เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งสำหรับวิสาหกิจชุมชน เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียงเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะถูกลำเลียงเข้าไปกะเทาะเปลือกในชุดกะเทาะเมล็ดโดยชุดลำเลียงเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้วจะร่วงออกจากชุดกะเทาะลงทางด้านล่างของเครื่อง จากการทดสอบที่ความเร็วรอบของลูกกะเทาะ 250 300 และ 350 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของลูกกะเทาะ 300 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทำงาน 3.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 81.00 % และ 9.56 % ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคนอย่างน้อย 6 เท่า จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,920 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 9.6 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 2.24 เดือน และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 428.23 ชั่วโมงต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การกะเทาะเมล็ดบัวด้วยเครื่องจะต้องมีการคัดขนาดเมล็ดบัวที่มีขนาดเล็กมากออก ทำให้สูญเสียเวลาในการทำงาน ควรมีอุปกรณ์สำหรับคัดขนาดเมล็ดเพื่อลดเวลาในการทำงาน

5.2.2 การใช้ชุดกะเทาะก่อนทำงาน ควรทำความสะอาดคมของชุดกะเทาะเพื่อความคมของใบมีดชุดกะเทาะและเป่าฝุ่นชุดเพลาลำเลียง

5.2.3 ควรเพิ่มขั้นตอนการคัดแยกเมล็ดบัวขนาดเล็ก และเมล็ดใหญ่เกินขนาดที่กำหนด ซึ่งถ้าเมล็ดมีขนาดเล็ก และเม็ดใหญ่จะทำให้ขั้นตอนกะเทาะของชุดลูกกลิ้งช้า และเมล็ดจะแตกหักเนื่องจากเมล็ดจะไปดันกับชุดกะเทาะเกิดการอัดตัวแล้วแตกหักได้

5.2.4 ถ้าต้องการเพิ่มความสามารถในการทำงานของเครื่องมากขึ้น ต้องตั้งมุมลูกกลิ้งกดชุดกะเทาะ เพื่อจะได้อัตราการกะเทาะที่ดี

5.2.5 ควรพัฒนาออกแบบชุดร่อนแยกเปลือก และเมล็ดบัวที่ช่องทางออกเพื่อแยกเปลือก และเมล็ดบัวออกจากกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บรรณานุกรม

[1] จรรยา จันทร์แจ่ม, 2551, มหัศจรรย์พันธุ์ไม้ ดอกบัวราชินีไม้น้ำ เล่มที่ 5 เรื่อง เส้นทางสู่เศรษฐกิจและสรรพคุณบัว, โรงเรียนเทศบาล 7 บ้านหนองตาพด กองการศึกษาเทศบาลเมืองชะอำ, เพชรบุรี

[2] สรรพคุณของเมล็ดบัว, 2556. (ออนไลน์); เข้าถึงได้จาก : http://healthmeplease.com, (6 มกราคม 2557).

[3] ไทยเกษตรศาสตร์. “บัวหลวง”.(ออนไลน์); เข้าถึงได้จาก: www.thaikasetsart.com. (2 ธ.ค. 2013).

[4] บัว. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.kroonoi17.tripod.com/nelumbo.html

[5] บัวหลวง. 2552. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.matichon.co.th/new

[6] การปลูกบัว. 2556. (ออนไลน์) ; เข้าถึงได้จาก http://guru.thaibizcenter.com/articledetail.asp?kid=7151 (6 มกราคม 2557).

[7] กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551, สถานการณ์การผลิตบัว, (ออนไลน์); เข้าถึงได้จาก: http://www.doae.go.th/LIBRARY/html/detail/sacreslotus/01.htm

[8] สำนักงานเกษตรอำเภอบ้านเผือ จังหวัดอุดรธานี, “ประโยชน์ของเม็ดบัว”. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก: banphue.udonthani.doae.go.th, (2 ธ.ค. 2013).

[9] แจ๋วพารวย ครอบครัวข่าว 3, ผลิตภัณฑ์เม็ดบัวอบกรอบ, จ.พิจิตร, แหล่งข้อมูล : http://www.krobkruakao.com, (16 ธ.ค. 2557).

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

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

[12] มานพ ตันตระบัณฑิตย์, 2545. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล1.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน จำกัด.

[13] แรงต้านทานการหมุนของผลผลิตเกษตร. (ออนไลน์); เข้าถึงได้จาก: http://agr.rmutsv.ac.th/subject/prop/friction.ppt (21 มีนาคม 2555).

บรรณานุกรม (ต่อ)

[14] ทฤษฎีเครื่องกะเทาะ. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :
http://203.158.253.5/wbi/Engineer/เครื่องจักรกลเกษตร%202/unit1501.html
(30 มีนาคม 2556)

[15] สำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา. 2552. เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวตากแห้ง. แหล่งข้อมูล:
http://bverd.net/project_detail.php?project_id=89 เข้าถึงเมื่อ: 24 มกราคม 2554.

[16] ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน, สมใจ เพียรประสิทธิ์, และนนทโชติ อุดมศรี, 2557. " การพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัว," การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 น. 294-302.

[17] สิงห์คาน แสนยากุล, และนิพนธ์ วงค์ทา, 2553. "เครื่องกะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมีย," สาขาวิชาวิศวกรรมแม่พิมพ์, และช่างกลโรงงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่.

[18] กิตติพงษ์ ดวงมณีรัตน์, และภานุพงศ์ หงษ์หิน, 2554. "พัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดทานตะวัน," สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

[19] สาทิป รัตนภาสกร, นวภัทรา หนูนาค, และอำนาจ คูตะคุ, 2555. "การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม," การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, น. 667-672.

[20] สนอง อมฤกษ์, ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์, สมเดช ไทยแท้, และประพัฒน์ ทองจันทร์, 2552. "ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย," การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 9.

[21] สุริยา ใจดีเจริญ, และปานชีวัน ป่านทอง, 2554. "สร้างเครื่องปอกเปลือกลำไย," ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

[22] สุทธิพร เนียมหอม, บัณฑิต จริโมภาส, และเอนก สุขเจริญ, 2551. "เครื่องปอกเปลือกหมากแห้ง," วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงเสน.

[23] พัฒน์พงษ์ บัวไพจิตร, และสุทธิพงษ์ ถาบุญเรือง, 2547. "ออกแบบและสร้างเครื่องแกะเมล็ดมะขามสุก," สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

บรรณานุกรม (ต่อ)

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

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

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

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

[28] ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์, และทยาวีร์ หนูบุญ, 2544. “การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันสำปะหลัง,” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

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

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

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

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

บรรณานุกรม (ต่อ)

[34] รักบ้านเกิด. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :

http://www.rakbankerd.com/webboard/webboard_detail.php?topic_id=1547

(15 มิถุนายน 2555).

[35] Anon, 1983. Moisture Measurement (pp. 329-330). ASAE Standard S 410, Agricultural Engineers Handbook.

[35] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, 2555. ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรม ด้วยโปรแกรม SolidWorks (ฉบับเรียนลัดด้วยตัวเอง). สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

[36] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์. 2557. ทฤษฎีของเครื่องจักรกลเกษตร. สานักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด.

[37] Hunt, D. 2001. Farm Power and Machinery. (10th Edition). Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบ

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
1	15	12	1.2
2	15	10	1.1
3	16	11	1.3
4	16	10	1.0
5	17	12	1.2
6	15	10	1.4
7	16	11	1.3
8	17	11	1.2
9	18	10	1.3
10	18	11	1.2
11	15	11	1.4
12	16	10	1.3
13	16	10	1.0
14	15	12	1.4
15	17	11	1.4
16	17	10	1.2
17	16	11	1.3
18	17	11	1.2
19	18	12	1.5
20	18	12	1.0
21	17	10	1.2
22	15	10	1.3
23	16	11	1.3

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
24	15	11	1.2
25	15	10	1.2
26	16	12	1.3
27	17	11	1.2
28	17	10	1.4
29	18	11	1.4
30	18	11	1.2
31	17	10	1.3
32	17	12	1.2
33	16	11	1.1
34	16	10	1.4
35	15	10	1.2
36	15	11	1.5
37	16	10	1.5
38	17	12	1.3
39	16	10	1.2
40	15	10	1.2
41	15	11	1.4
42	16	12	1.2
43	17	11	1.5
44	18	10	1.3
45	16	10	1.2
46	16	11	1.4
47	15	12	1.3

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
48	15	10	1.2
49	15	11	1.3
50	16	11	1.4
51	16	11	1.2
52	17	12	1.3
53	17	10	1.5
54	15	11	1.3
55	16	12	1.2
56	15	10	1.2
57	17	11	1.4
58	15	11	1.3
59	16	10	1.0
60	15	11	1.1
61	16	12	1.2
62	18	12	1.3
63	18	11	1.3
64	17	10	1.4
65	16	11	1.2
66	17	10	1.4
67	17	10	1.3
68	15	10	1.3
69	15	11	1.4
70	16	12	1.2
71	17	12	1.5

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
72	18	11	1.3
73	16	10	1.1
74	16	10	1.2
75	16	10	1.4
76	15	11	1.5
77	15	11	1.0
78	17	11	1.2
79	17	12	1.0
80	16	11	1.1
81	15	10	1.2
82	15	11	1.2
83	16	11	1.4
84	16	10	1.2
85	17	11	1.3
86	17	11	1.1
87	18	10	1.2
88	18	10	1.3
89	17	10	1.4
90	17	11	1.2
91	15	11	1.4
92	15	11	1.3
93	16	12	1.4
94	16	10	1.5
95	17	12	1.3

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
96	17	12	1.2
97	16	11	1.4
98	16	11	1.3
99	16	11	1.2
100	15	10	1.1
101	15	10	1.2
102	16	10	1.1
103	17	11	1.3
104	18	11	1.5
105	18	10	1.2
106	16	10	1.4
107	15	11	1.3
108	16	12	1.2
109	16	12	1.3
110	17	11	1.2
111	18	11	1.4
112	18	11	1.3
113	17	10	1.0
114	16	10	1.4
115	17	11	1.2
116	15	11	1.2
117	16	10	1.3
118	16	10	1.2

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
119	17	11	1.1
120	17	11	1.0
121	18	12	1.2
122	18	12	1.3
123	16	11	1.3
124	16	10	1.2
125	17	11	1.2
126	17	11	1.3
127	17	11	1.2
128	15	10	1.4
129	16	10	1.5
130	17	12	1.2
131	15	11	1.3
132	16	10	1.2
133	16	11	1.2
134	15	11	1.4
135	17	10	1.6
136	18	10	1.5
137	15	11	1.5
138	16	12	1.3
139	17	12	1.2
140	15	12	1.2
141	16	11	1.4
142	17	11	1.2

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
141	16	11	1.4
142	17	11	1.2
143	18	11	1.3
144	16	10	1.3
145	15	12	1.2
146	15	11	1.4
147	16	11	1.3
148	15	10	1.4
149	15	10	1.3
150	16	10	1.4
151	17	11	1.2
152	17	12	1.3
153	17	12	1.2
154	17	10	1.3
155	18	11	1.0
156	16	10	1.2
157	15	10	1.4
158	16	11	1.3
159	17	12	1.0
160	17	12	1.1
161	15	10	1.1
162	15	10	1.3
163	16	11	1.3
164	17	12	1.3

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
165	15	11	1.2
166	15	11	1.2
167	15	11	1.4
168	15	10	1.3
169	16	10	1.4
170	17	10	1.2
171	18	12	1.5
172	17	12	1.3
173	16	10	1.1
174	16	10	1.2
175	17	11	1.2
176	15	10	1.3
177	16	12	1.0
178	17	12	1.2
179	17	10	1.0
180	15	11	1.1
181	16	11	1.2
182	15	11	1.2
183	16	11	1.4
184	17	10	1.2
185	17	10	1.3
186	17	12	1.1
187	18	12	1.2

ตารางผนวกที่ ก.1 วัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเมล็ดบัวหลวง

เมล็ดที่	ความยาวเมล็ดบัว (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง(mm)	ความหนาเปลือก(mm)
188	15	11	1.3
189	16	11	1.4
190	17	10	1.2
191	15	10	1.3
192	16	10	1.3
193	16	11	1.2
194	17	11	1.2
195	17	11	1.3
196	15	12	1.3
197	16	11	1.4
198	17	10	1.3
199	18	10	1.2
200	16	11	1.1
เฉลี่ย	0.1	0.7	0.1

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

- ขนาดความยาวของเมล็ดบัว (mm)

ความยาวของเมล็ดบัวมากสุด = 18

ความยาวของเมล็ดบัวน้อยสุด = 15

ค่าเฉลี่ย = 0.1

- เส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดบัว (mm)

เส้นผ่านศูนย์กลาง ใหญ่สุด = 12

เส้นผ่านศูนย์กลาง เล็กสุด = 10

ค่าเฉลี่ย = 0.7

- ขนาดความหนาเปลือกของเมล็ดบัว (mm)

ความหนาของเมล็ดบัวใหญ่สุด = 1.5

ความหนาของเมล็ดบัวเล็กสุด = 1.0

ค่าเฉลี่ย = 0.1

ผลตารางผนวกที่ ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 1

ความเร็วลูกกลิ้ง	ครั้งที่	น้ำหนัก	เวลา	I	V	อัตราการกะเทาะ(g)		ผลการกะเทาะ (%)	
(rpm)		(g)	(min)	(A)	(v)	กะเทาะได้	กะเทาะไม่ได้	ไม่เสียหาย	เสียหาย
250	1	300	8.3	0.66	220	210	57	70.00	11.00
	2	300	8.15	0.66	220	220	53	73.33	9.00
	3	300	8.2	0.66	220	215	54	71.67	10.33
300	1	300	702	0.66	220	229	40	76.33	10.34
	2	300	701	0.66	220	236	42	73.67	7.33
	3	300	7.4	0.66	220	230	41	76.67	9.66
350	1	300	9.2	0.66	220	220	40	73.33	13.34
	2	300	9.3	0.66	220	224	37	74.67	13
	3	300	9.27	0.66	220	221	39	73.67	13.33

ตารางผนวกที่ ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 1

ความเร็วลูกกลิ้ง (rpm)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (%)	เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (%)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)
250	1	1.5	70	11.00	1.21
	2	1.6	73.33	9.00	1.13
	3	1.6	71.67	10.33	1.19
เฉลี่ย		1.57	71.66	10.11	1.19
300	1	1.9	76.33	10.34	1.02
	2	2.0	76.67	7.33	1.02
	3	1.9	73.33	9.66	1.07
เฉลี่ย		1.92	75.44	9.11	1.04
350	1	1.4	73.33	13.34	1.34
	2	1.4	74.67	13.00	1.35
	3	1.4	73.67	13.33	1.34
เฉลี่ย		1.44	73.89	13.22	1.34

ตารางผนวกที่ ก.4 แสดงสมรรถนะในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 1 (rpm)	ครั้งที่	ความสามารถในการกะเทาะ (kg/hr)	ค่าเฉลี่ย (kg/hr)
250	1	1.52	1.57
	2	1.62	
	3	1.57	
300	1	1.91	1.92
	2	1.99	
	3	1.87	
350	1	1.44	1.44
	2	1.45	
	3	1.43	

ตารางผนวกที่ ก.5 เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 1 (rpm/min)	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวง (%)	
	กะเทาะได้	กะเทาะไม่ได้
250	71.66	18.22
300	75.44	13.67
350	73.89	12.89

ตารางผนวกที่ ก.6 เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 1 (rpm)	ความเสียหาย (%)
250	10.11
300	9.11
350	13.22

ตารางผนวกที่ ก.7 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 1 (rpm)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)
250	1.19
300	1.04
350	1.34

ผลตารางผนวกที่ ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 2

ความเร็วลูกกลิ้ง	ครั้งที่	น้ำหนัก	เวลา	I	V	อัตราการกะเทาะ(g)		ผลการกะเทาะ (%)	
(rpm)		(g)	(min)	(A)	(v)	กะเทาะได้	กะเทาะไม่ได้	ไม่เสียหาย	เสียหาย
250	1	300	4.31	0.66	220	218	25	72.67	19.00
	2	300	4.56	0.66	220	219	21	73.00	20.00
	3	300	4.49	0.66	220	221	24	73.67	18.33
300	1	300	4.33	0.66	220	248	24	82.67	9.33
	2	300	5.02	0.66	220	244	26	81.33	9.67
	3	300	4.46	0.66	220	237	34	79.00	9.67
350	1	300	4.06	0.66	220	210	47	70.00	14.33
	2	300	4.28	0.66	220	213	40	71.00	15.67
	3	300	4.22	0.66	220	212	42	70.67	15.33

ตารางผนวกที่ ก.3 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงที่ความเร็วรอบลูกกลิ้งแบบที่ 2

ความเร็วลูกกลิ้ง (rpm)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (%)	เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (%)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW-hr)
250	1	3.03	72.67	19.00	0.63
	2	2.88	73.00	20.00	0.66
	3	2.95	73.67	18.30	0.65
เฉลี่ย		2.95	73.11	19.10	0.65
300	1	3.44	82.67	9.00	0.63
	2	2.92	81.33	10.00	0.73
	3	3.19	79.00	6.00	0.65
เฉลี่ย		3.18	81.00	9.67	0.67
350	1	3.10	70.00	14.00	0.59
	2	2.99	71.00	16.00	0.62
	3	3.01	70.67	15.00	0.61
เฉลี่ย		3.03	70.55	15.00	0.61

ตารางผนวกที่ ก.4 แสดงสมรรถนะในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 2 (rpm)	ครั้งที่	ความสามารถในการกะเทาะ (kg/hr)	ค่าเฉลี่ย (kg/hr)
250	1	3.03	2.95
	2	2.88	
	3	2.95	
300	1	3.44	3.18
	2	2.92	
	3	3.19	
350	1	3.10	3.03
	2	2.99	
	3	3.01	

ตารางผนวกที่ ก.5 เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวง

ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 2 (rpm)	เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวง (%)	
	กะเทาะได้	กะเทาะไม่ได้
250	73.11	8.00
300	81.00	9.67
350	70.55	14.33

ตารางผนวกที่ ก.6 เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 2 (rpm)	ความเสียหาย (%)
250	19.00
300	9.67
350	15.11

ตารางผนวกที่ ก.7 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

ความเร็วลูกกลิ้งแบบที่ 2 (rpm)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า(kW-hr)
250	0.65
300	0.67
350	0.61

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่าชี้ผลการทดสอบ

การคำนวณและการออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ

1. การออกแบบช่องของชุดลูกกลิ้งกะเทาะ

การหาระยะการทำช่องสำหรับทำชุดลูกกลิ้งกะเทาะที่เหมาะสม มาจากการวัดความยาวและความกว้างของเมล็ดบัว โดยความยาวมากสุดของเมล็ดบัวอยู่ที่ 18 มิลลิเมตร และความกว้างมากสุดอยู่ที่ 12 มิลลิเมตร จึงได้ออกแบบให้ช่องลูกกลิ้งกะเทาะ 18 มิลลิเมตร และให้ช่องลึกลงมา 12 มิลลิเมตร เพื่อให้เมล็ดบัวกลิ้งในช่องได้อย่างพอดี

2. แสดงตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้งกะเทาะ 300 รอบต่อนาที

$$\text{ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดบัว} = \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่กะเทาะเปลือกได้ทั้งหมด (kg)}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด (hr)}}$$

$$= \frac{2.32\ \text{kg}}{0.73\ \text{hr}} = 3.18\ \text{kg/hr}$$

ดังนั้น ความสามารถในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัว เท่ากับ 3.18 kg/hr

3. **แสดงตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง**

ตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง ที่มีความเร็วลูกกลิ้งกะเทาะ 300 รอบต่อนาที

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่กะเทาะเปลือกได้ทั้งหมด (g)}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงทั้งหมด(g)}} \text{x100}$$

$$= \frac{0.243\text{kg}}{0.3\ \text{kg}} \text{ x 100} = 81\ \%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวง เท่ากับ 81 %

4. แสดงตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การเสียหาย (%)

ตัวอย่างการคำนวณการหาเปอร์เซ็นต์การเสียหาย ที่มีความเร็วลูกกลิ้งกะเทาะ 300 รอบต่อนาที

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเสียหาย} = \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงที่เสียหาย (kg)}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดบัวหลวงทั้งหมด(kg)}} \times 100$$

$$= \frac{0.029 \text{ kg}}{0.3 \text{ kg}} \times 100 = 9.67\ \%$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง เท่ากับ 9.67 %

5. แสดงตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวง

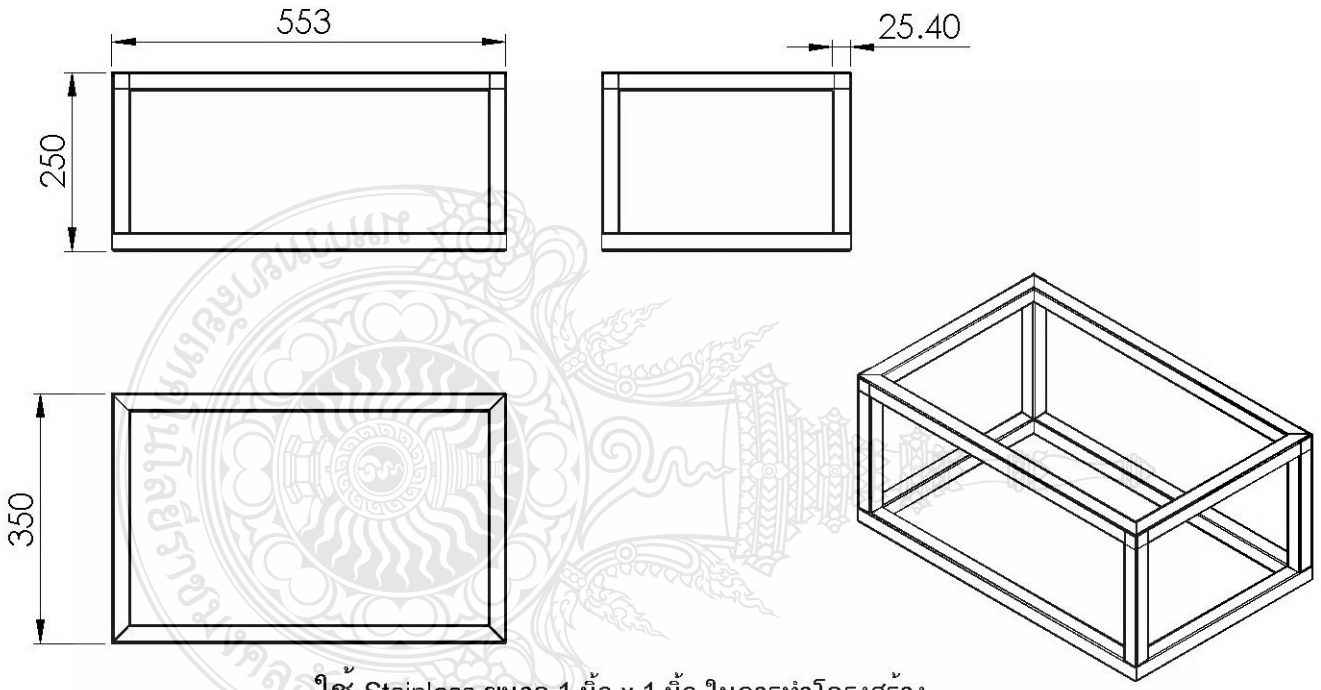
$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า} = \frac{IVt}{1000} \text{ ; kW-hr}$$

$$= \frac{0.66 \times 220 \times 4.6}{1000} = 0.67 \text{ kW-hr}$$

ดังนั้น อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า เท่ากับ 0.67 kW-hr

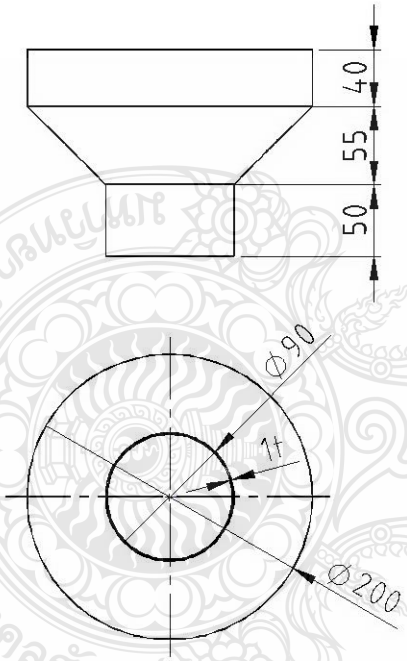
ภาคผนวก ค

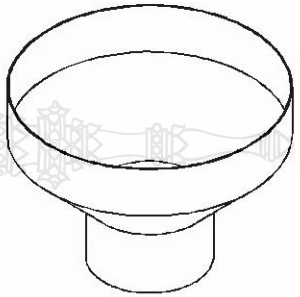
การเขียนแบบทางวิศวกรรม

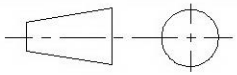


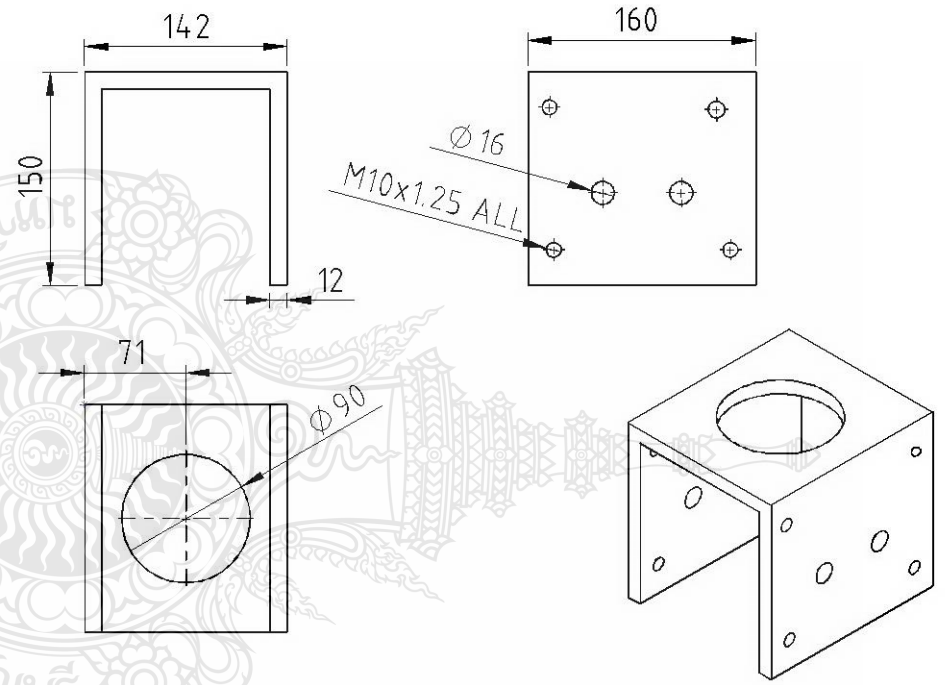
ใช้ Stainless ขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว ในการทำโครงสร้าง

	โครงสร้าง	553x350x250	Stainless		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414005-0	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 10	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				

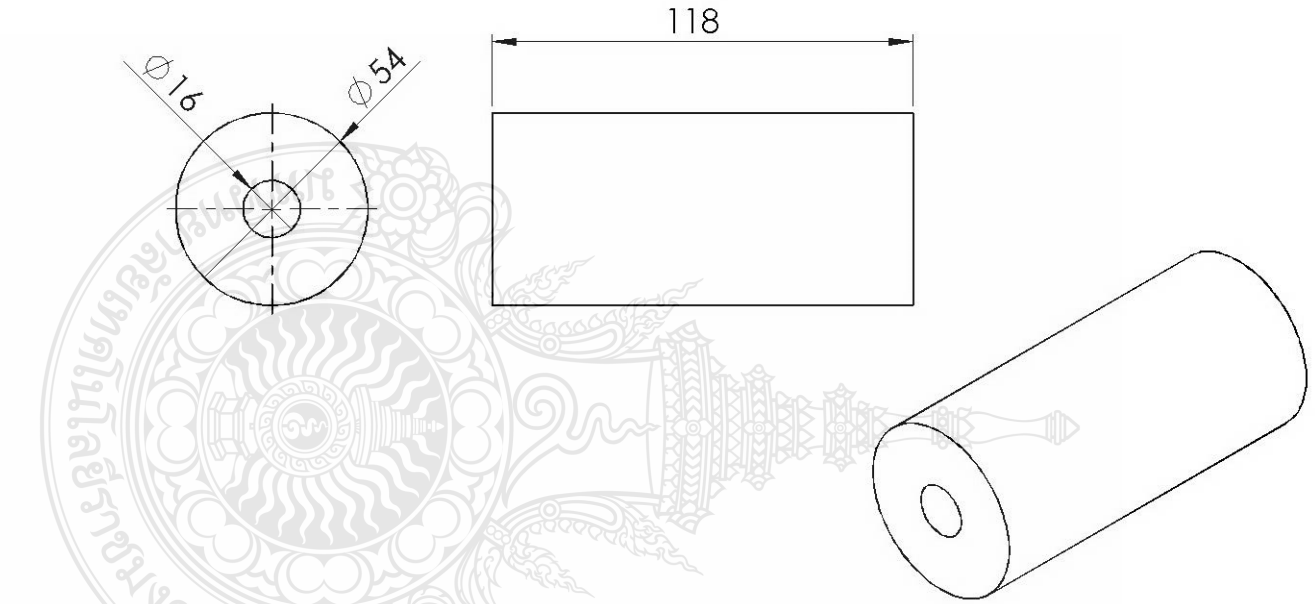




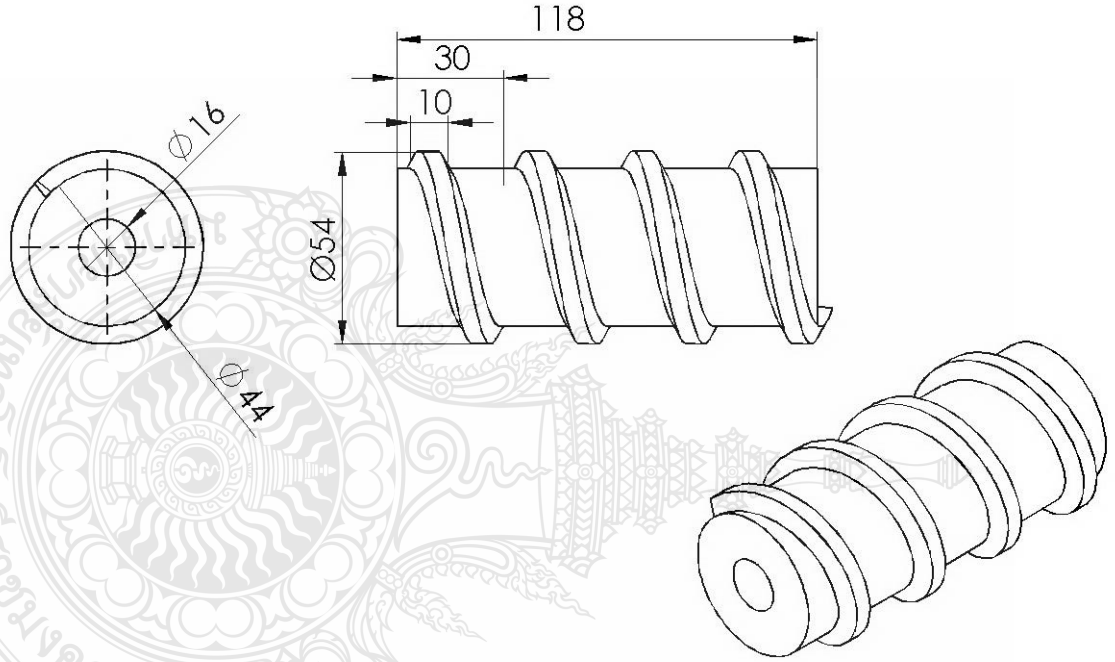
1	ซ่องป้อนเมล็ด	Ø200x145x1t	Stainless		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414006-8	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				

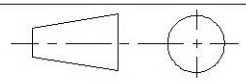


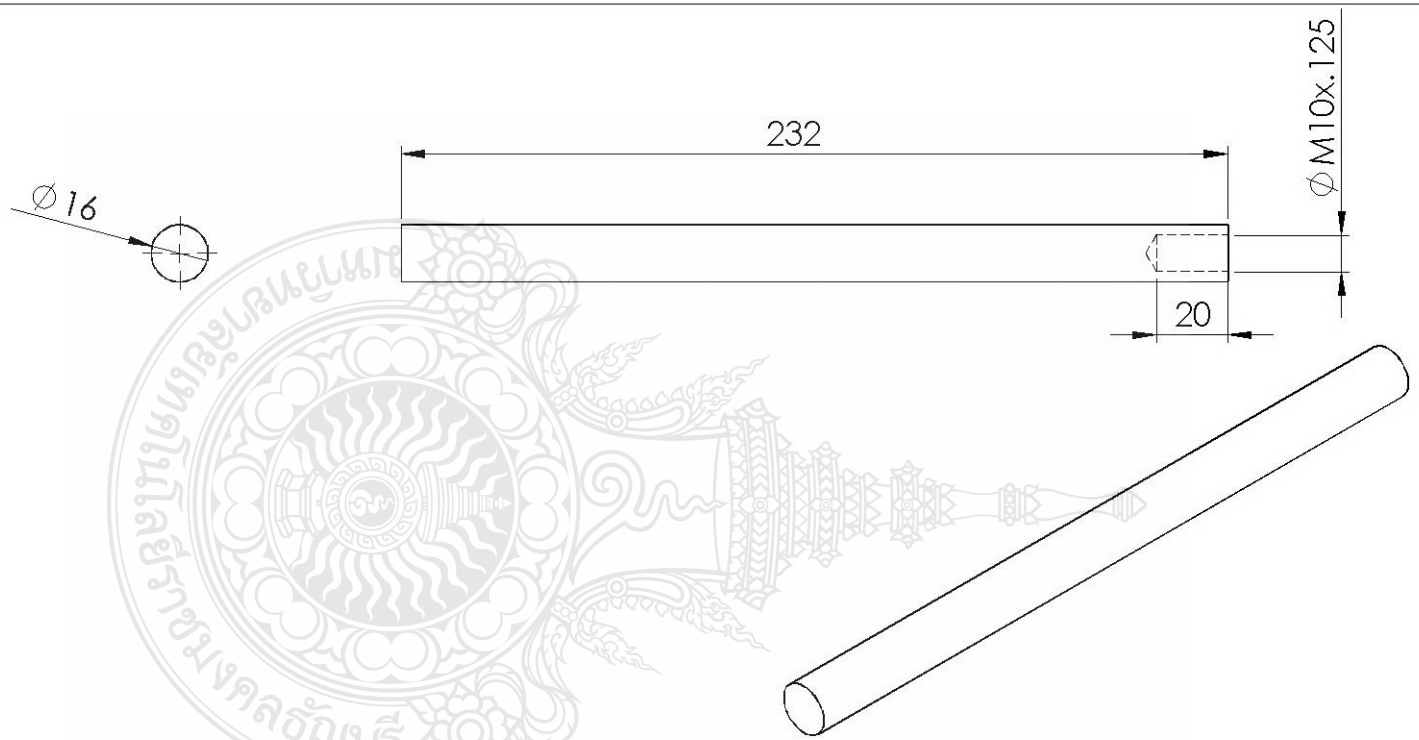
2	โครงชุดกะเทาะเมล็ดบัว	150x142x160	Stainless		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414006-8	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				



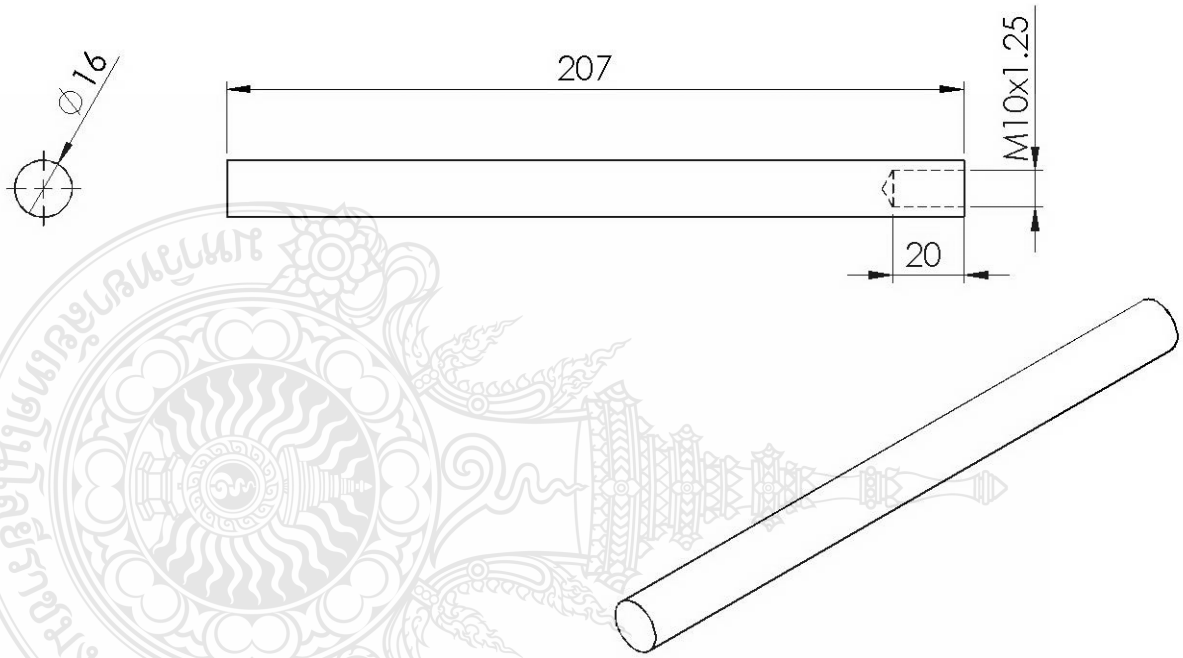
3	ลูกกลิ้งผิวเรียบ	Ø 54x118	Stainless		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414005-0	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				



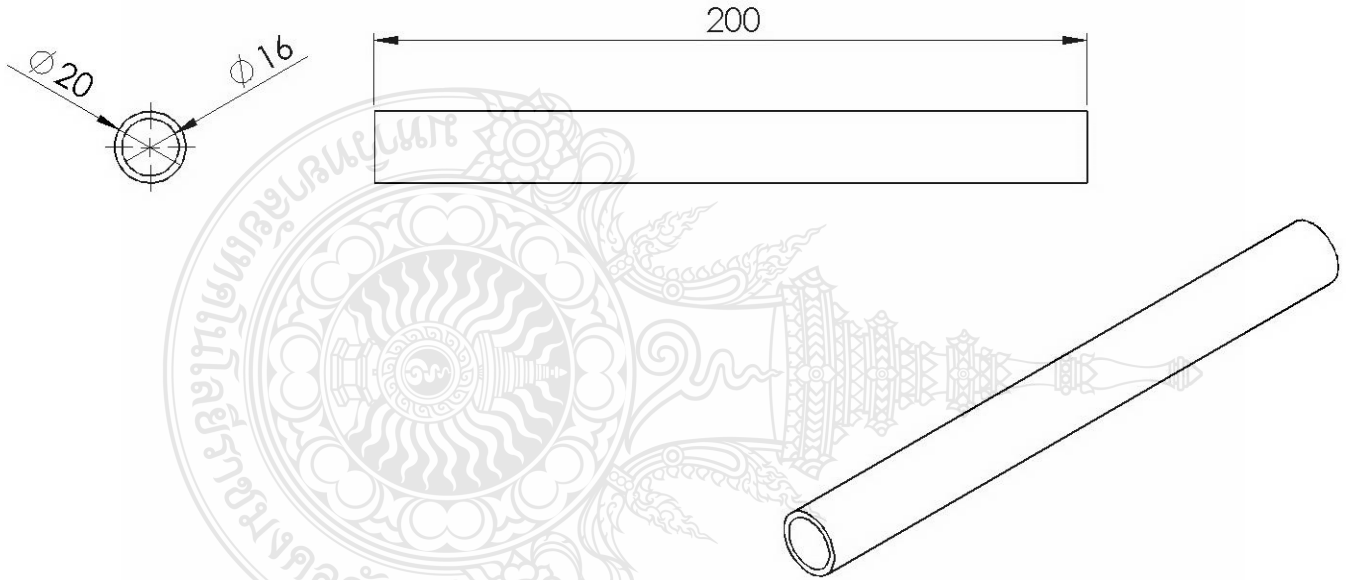
4	ลูกกลิ้งสกรู	Ø54x118	Stainless		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414005-0	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				



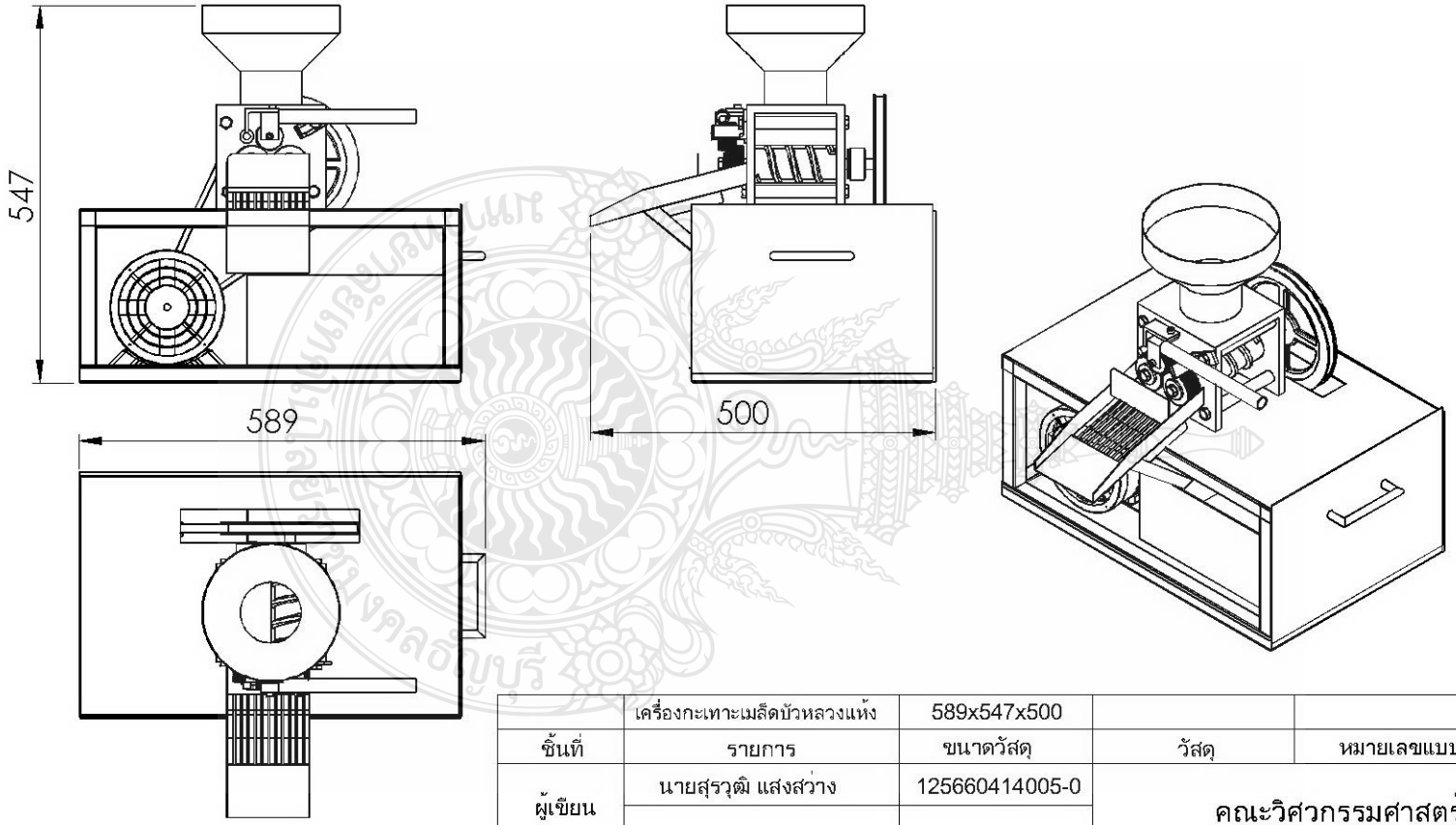
4	เพลาลูกกลิ้งสกรู	Ø16x232	Stainless		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414005-0	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				



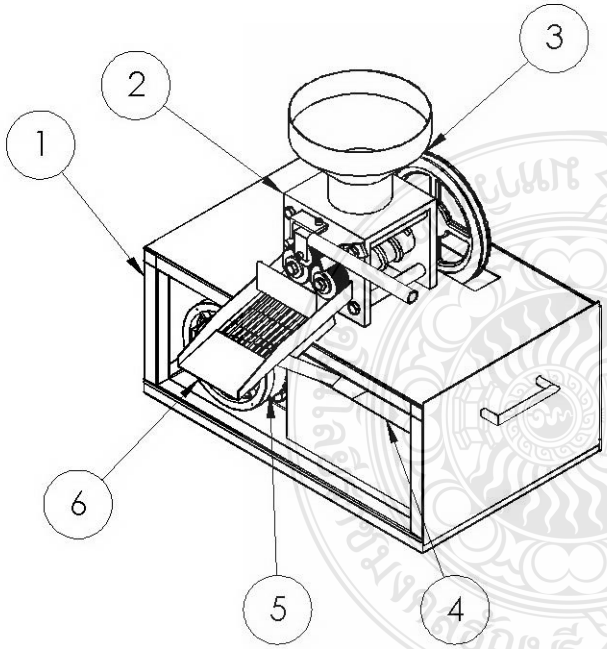
6	เพลาลูกกลิ้งผิวเรียบ	Ø16x207	Stainless		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414005-0	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				



7	ด้ามจับ	Ø20x200	Stainless		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414005-0	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				



	เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง	589x547x500			1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414005-0	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	โครงรสร้าง		1
2	ชุดกะเทาะเมล็ดบัว		1
3	ช่องป้อนเมล็ดบัว		1
4	ถาดรองเมล็ดบัว		1
5	มอเตอร์ 0.5 Hp		1
6	ช่องทางออกเมล็ดบัว		1

	เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง	589x547x500			1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง	125660414005-0	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 10	ชื่อชิ้นงาน เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง				

ภาคผนวก ง

การเผยแพร่ผลงาน

สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
THAI SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING

ที่ TSAE 2560/012 18 สิงหาคม 2560

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอบทความวิชาการ

เรียน คุณสุรวุฒิ แสงสว่าง

สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยมีความยินดีแจ้งให้ทราบว่า บทความเรื่อง "การศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวง STUDY AND TESTING OF A DRY LOTUS SEED SHELLER" ได้รับการตอบรับให้นำเสนอในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10 (TSAE 2017) ประจำปี 2560 ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 7 - 9 กันยายน 2560 ณ อิมแพ็ค เอ็กซิบิชั่น เซ็นเตอร์ เมืองทองธานี กรุงเทพมหานคร

สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ใคร่ขอให้ท่านลงทะเบียนประชุมวิชาการดังกล่าว ได้ทางเว็บไซต์ http://www.tsae.asia/2017conf/

ขอแสดงความนับถือ

(นายชีรวรรธก์ มั่นกิจ)
เลขานุการคณะกรรมการวิชาการ
TSAE 2017

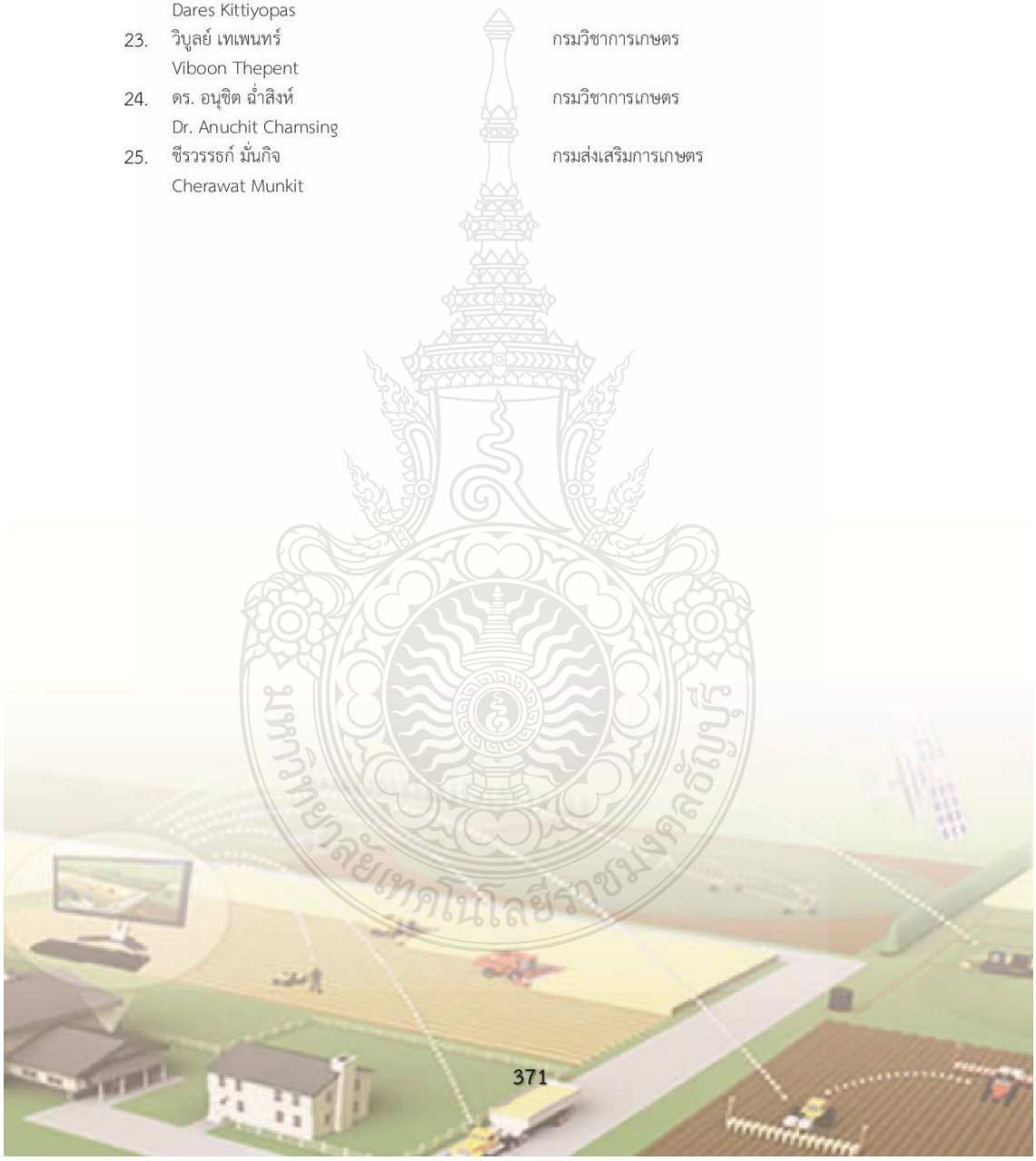
ที่อยู่: อาคาร 5 ชั้น 5 กองส่งเสริมวิศวกรรมเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900 โทร 0 2940 6183 โทรสาร 0 2940 6185
address: Agricultural Engineering Promotion Division Phaholyothin Rd., Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND. Tel +66-2940-6183, Fax +66-2940-6185 www.tsae.asia

TSAE
2017
การประชุมวิชาการ
สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10
ประจำปี 2560
The 18th TSAE National Conference and
The 10th TSAE International Conference
(TSAE 2017)
ณ อิมแพค เมืองทองธานี
กรุงเทพมหานคร
7-9 กันยายน 2560
จัดโดย สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ร่วมกับ กรมส่งเสริมการเกษตร

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (REVIEWER)

1.	ศ. ดร. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ Prof. Dr. Somchart Soponronnarit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2.	ศ. ดร. สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา Prof. Dr. Sakamon Devahastin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3.	รศ. ดร. สมเกียรติ ปรัชญาวรากร Assoc. Prof. Dr. Somkiat Prachayawarakorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4.	รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5.	ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ Asst. Prof. Dr. Songvoot Sangchan	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6.	ผศ. ดร. ประสันต์ ชุ่มใจหาญ Asst. Prof. Dr. Prasan Choomjaihan	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7.	ดร. วสุ อุดมเพทายกุล Dr. Vasu Udompetaikul	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
8.	ดร. จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์จงยิ่งเจริญ Dr. Jiraporn Sripinyowanich Jongyingcharoen	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
9.	รศ. ดร. ประเทือง อุษาบริสุทธิ์ Assoc. Prof. Dr. Prathuang Usaborisut	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
10.	รศ. ดร. อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล Assoc. Prof. Dr.Anupun Terdwongworakul	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
11.	รศ. ดร. รังสินี โสธรวิทย์ Assoc. Prof. Dr. Rungsinee Sothornvit	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
12.	ผศ. ดร. วัชรพล ชยประเสริฐ Asst. Prof. Dr. Watcharapol Chayaprasert	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
13.	ผศ. ดร. วันรัฐ อับดุลลากาซิม Asst. Prof. Dr. Wanrat Abdullakasim	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
14.	ผศ. ดร. สมชาย ชวนอุดม Asst. Prof. Dr. Somchai Chuan-Udom	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
15.	ผศ. ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ Asst. Prof. Dr. Siva Achariyaviriya	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
16.	ผศ. ดร. ดนุวัศ ทางดี Asst. Prof. Dr. Danuwat Thangdee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
17.	ผศ. ดร. ศิระษา ทางดี Asst. Prof. Dr. Sirasa Thangdee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
18.	รศ. ดร. จาตุรงค์ ลังกาพินธ์ Assoc. Prof. Dr. Jaturong Lungapin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
19.	ผศ. ดร. สานิตย์ดา เตี้ยวต๋อย Asst. Prof. Dr. Sanidda Tiewtoy	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

20.	ผศ. ดร. สุนัน ปานสาคร Asst. Prof. Dr. Sunan parnsakhorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
21.	ผศ. ดร. ฤทธิชัย อัศวราชันย์ Asst. Prof. Dr. Rittichai Assawarachan	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
22.	ดาเรศร์ กิตติโยภาส Dares Kittiyopas	กรมส่งเสริมการเกษตร
23.	วิบูลย์ เทเพนทร์ Viboon Thepent	กรมวิชาการเกษตร
24.	ดร. อนุชิต ฉ่ำสิงห์ Dr. Anuchit Chamsing	กรมวิชาการเกษตร
25.	ชีรวรรธก์ มั่นกิจ Cherawat Munkit	กรมส่งเสริมการเกษตร



FE010 Effect of Selected Freezing Methods on Quality of Durian Flesh with Seed 61

FE011 Effect of final drying condition on qualities of freeze dry dragon fruit (*Hylocercus undatus*).....66

FE013 Precision Test for Spectral Characteristic of On-line Vis-NIR versus Off-line NIR Spectroscopy for Measuring Dry matter of Durian (*Durio zibethinus* cv Monthong).....71

FE014 Effect of Drying Temperature and Oil content on the Quality of Spray Dried Rice Bran Oil Powder Production.....74

PT001 Effect of Thermal Shock by Impinging Stream Technique on Bioactive Compounds of Germinated Difference Rice Varieties.....80

PT003 The Study of Halogen Lamps and Microwave Drying on Mechanical Properties of Oil Palm Timbers.....85

PT004 Temperature Profile and Moisture Content during Infrared Drying of Pelletized Rice Bran91

PT005 Scanning precision test for organic and inorganic tomatoes at different maturity levels96

SW001 Assessment of Potential Irrigation Area for Agricultural Planning in Huai Samran basin, Amphoe Khukan, Sisakat Province 99

SW002 Benefits of Using Biofiltration Process for Pre-Treatment of Polluted River Water as Raw Water for Drinking Water Supply..... 105

NATIONAL CONFERENCE

TAM001 การพัฒนาเครื่องหั่นย่อยหอมแดง..... 112

TAM003 ออกแบบ และพัฒนาไถระเบิดดินดานชนิดสันที่ขา 2 ขา แบบมีชุดควบคุมความถี่ในการสั่น..... 118

TAM004 การออกแบบและสร้างเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง..... 127

TAM005 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก..... 133

TAM006 การศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 139

TAM007 การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์..... 144

TAM008 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับผลปาล์มน้ำมัน..... 150

TAM009 การทดสอบและประเมินผลเครื่องสีข้าวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม..... 154

TAM010 พฤติกรรมการคัดแยกเมล็ดสำหรับชุดกะเทาะข้าวโพดแบบไหลตามแกน..... 160

TAM011 การวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ปั่นเส้นด้ายจากฝ้ายสำหรับกลุ่มผู้ผลิตผ้าฝ้ายรายย่อย..... 161

TAM012 การออกแบบและสร้างเครื่องตัดใบบัวหลวง..... 165

TAM014 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอัดฟางสำหรับการอัดใบอ้อยในแปลงอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย 169

TAM016 การออกแบบและพัฒนาชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองขนาดเล็ก..... 175

TAM006

การศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง

สุรวุฒิ แสงสว่าง[1*], จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1], สุนัน ปานสาคร[1], รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์[1]

[1]*ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110*

ผู้เขียนติดต่อ:: สุรวุฒิ แสงสว่าง E-mail: jaturong.l@en.rmutt.ac.th, surawut_s@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดเวลาและแรงงานในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงแห้งสำหรับวิสาหกิจชุมชน เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียงเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 hp เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนเมล็ดบัวหลวงแห้งลงในช่องป้อนเมล็ดบัวทางด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นเมล็ดบัวหลวงจะถูกลำเลียงเข้าไปกะเทาะเปลือกในชุดกะเทาะเมล็ดโดยชุดลำเลียงเมล็ด เมล็ดบัวหลวงที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้วจะร่วงออกจากชุดกะเทาะลงทางด้านล่างของเครื่อง จากการทดสอบที่ความเร็วรอบของลูกกะเทาะ 250, 300 และ 350 rpm ตามลำดับ พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของลูกกะเทาะ 350 rpm มีความสามารถในการทำงาน 2.02 kg hr^{-1} มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 78.67% และ 7.33% ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.66 kW-hr และเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคนอย่างน้อย 6 เท่า จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงทำงาน 1,920 hr $year^{-1}$ มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 16.30 Baht kg^{-1} ระยะเวลาคืนทุน 2.36 month และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 428.23 hr $year^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

คำสำคัญ: การศึกษาและทดสอบ, บัวหลวง, เมล็ดบัวหลวงแห้ง, เครื่องกะเทาะ

Study and Testing of a Dry Lotus Seed Sheller

Surawut Sangsawang[1*], Jaturong Langkapin[1], Sunan Parnsakhorn[1] Roongruang Kalsirisilp[1]

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

Corresponding author: Surawut Sangsawang. E-mail: jaturong.l@en.rmutt.ac.th, surawut_s@rmutt.ac.th

Abstract

A dry lotus seed sheller was designed and fabricated to reduce shelling time and number of labor for the dried lotus seed shell removing of small and micro community enterprise. The prototype consisted of main frame, feeding unit, shelling unit, the power transmission unit, and 1 hp electric motor, which was used as a prime mover. The operation started with manually feeding dried lotus seeds into chute at the top of machine. Then they were conveyed to shelling unit to shell by feeding unit, and finally seeds were released through outlet chute at the bottom. The results revealed that the average speed of sheller 350 rpm worked well among the average speed of sheller 250, 300 and 350 rpm respectively. Working capacity was found to be 2.02 kg hr^{-1} the percentage of shelling and seed damage of lotus seeds were 78.67% and 7.33% respectively, and consumed 0.66 kW-hr of energy. This prototype can work at least six times faster than human labor.Based on the engineering economical analysis, indicated that the operating cost was 16.30 Bath kg^{-1}, payback period 3 months and the break-even point of the machine was 1,920 hr $year^{-1}$ at the annual use of 428.23 hr $year^{-1}$.

Keyword: Study and testing, Lotus, Dry Lotus seed, Sheller.

1. บทนำ

เมล็ดบัว คือธัญพืชที่ให้คุณค่าสารอาหารสูงทานได้ทั้งสดและแห้ง เป็นแหล่งรวมของวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด เช่น วิตามินเอ ซี อี เกลือแร่ และฟอสฟอรัส วิตามินเหล่านี้มีส่วนช่วยในการบำรุงประสาท บำรุงไต บำรุงสมอง มีสรรพคุณทางยาในการรักษาอาการท้องร่วง บิดเรื้อรัง น้ำอสุจิเคลื่อน และสรรพคุณพื้นบ้านที่ใช้เป็นยาบำรุงเลือดหรือเพิ่มเลือด [1] เมล็ดบัวสามารถนำมาทำอาหารทั้งคาวและหวาน ถ้านำเมล็ดบัวมาปรุงอาหารร่วมกับลำไยแห้งจะทำให้สรรพคุณทางยาของเมล็ดบัวเพิ่มมากขึ้น ข้อควรระวังผู้ที่มีอาการท้องผูก ท้องเฟ้อ อาหารไม่ย่อย ไม่ควรกินไม่ควรปรุงอาหารที่มีเมล็ด

บัวในภาชนะที่ทำจากเหล็ก เพราะจะทำให้เม็ดบัวกลายเป็นสีดำ บัวที่พบและนิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 ชนิด คือบัวหลวงหรือมีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า ปทุมชาติ บัวในสกุลนี้เป็นบัวที่รู้จักกันดีเพราะเป็นบัวที่มีดอกใหญ่นิยมนำมาไหว้พระ และใช้ในพิธีทางศาสนา อีกชนิดคือบัวสายหรือมีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า อุบลชาติ ชนิดสุดท้ายคือบัววิกตอเรีย ซึ่งมีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า บัวกระด้ง [2] แหล่งปลูกบัวเพื่อเก็บเมล็ดที่สำคัญ คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร และจังหวัดพิษณุโลก พันธุ์บัวที่นิยมปลูกเพื่อเก็บเมล็ด คือ บัวหลวงพันธุ์ปทุม ซึ่งมีขนาดฝักใหญ่ และมีเมล็ดมาก [3] เมล็ดบัวยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าโอท็อปเมล็ดบัวอบกรอบแม่จรูญของกลุ่มสตรีสหกรณ์บึงสีไฟได้

ในปัจจุบันการแกะเปลือกเมล็ดบัวต้องอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก ดัง Figure 1 ซึ่งใช้เวลานานและได้ผลผลิตในปริมาณที่ไม่เพียงพอกับการนำไปแปรรูป ดังนั้นเพื่อต้องการลดระยะเวลาในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวและเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรได้มากขึ้นจึงได้คิดค้นวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวขึ้นใหม่ เนื่องจากเครื่องแบบเก่าที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้สร้างขึ้นยังมีข้อจำกัดที่ควรนำมาพัฒนาต่อไป เช่น เมล็ดที่ผ่านการกะเทาะบางส่วนยังมีเปลือกติดกับเนื้อในของเมล็ด ต้องใช้แรงงานคนคัดแยกอีกครั้ง จึงทำให้เสียเวลาในการทำงาน และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายจากการกะเทาะของเครื่องโดยเฉลี่ย 20.2% ซึ่งยังถือว่าค่อนข้างสูง [4]

ดังนั้นเพื่อต้องการลดระยะเวลาในการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวและเพื่อเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรได้มากขึ้นจึงได้ดำเนินการวิจัยเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวขึ้นใหม่ ซึ่งคาดว่าการศึกษาและทดสอบนี้จะช่วยให้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงสามารถทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

Figure 1 Traditional dry lotus seed shelling method. [8]

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

2.1.1 การศึกษาปัญหาในขั้นตอนการกะเทาะเปลือกเมล็ดบัวหลวงในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวง เช่น ปัญหาการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงรุ่นเก่า ปัญหาการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงโดยเกษตรกร ขณะทำงานมีความล่าช้าในการทำงานเมื่อต้องการผลผลิตสูง ซึ่งใช้เวลากับแรงงานคนค่อนข้างมากและเป็นอันตรายต่อผู้กะเทาะเมล็ดบัวเสี่ยงต่อการถูกมีดบาดมือ

2.1.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัวหลวง

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดบัว ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง (a) ความยาว (b) ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวแห้ง (c) ดัง Figure 4 สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบช่องใส่เมล็ดและการปรับตั้งค่าต่างๆที่จำเป็นของการพัฒนาและสร้างเครื่องโดยสุ่มวัดขนาดเมล็ดบัวหลวงแห้งจำนวน 100 เมล็ด ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ได้เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 11-12 mm มีค่าเฉลี่ย 11.5 ความยาวระหว่าง 15-18 mm ค่าเฉลี่ย 16.5 mm ความหนาของเปลือกเมล็ดบัวแห้งระหว่าง 1.0-1.6 mm ค่าเฉลี่ย 1.2 mm

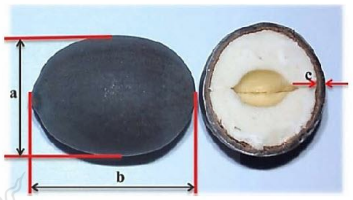
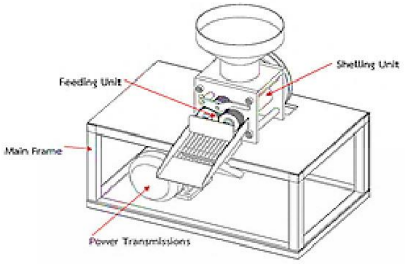


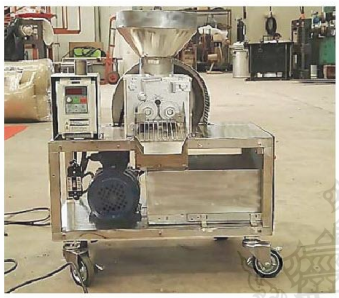
Figure 2 Dimensions of dry lotus seed. [4]

2.1.3 การศึกษาวิธีการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งที่เหมาะสม

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดบัวข้างต้นนำไปสู่การทดลองใช้อุปกรณ์การกะเทาะของเกษตรกร พบว่าการทุบเมล็ดบัวหลวงแห้งด้วยค้อนหรือมีดจะทำให้เมล็ดบัวแตกเสียหายจำนวนมาก เพื่อลดความเสียหายของเมล็ดบัว จึงได้สร้างอุปกรณ์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง หลังจากรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงเพื่อการพัฒนา ดังนั้น การออกแบบจึงต้องมีสปริงติดไว้ที่ชุดกะเทาะ เพื่อที่จะได้ให้ชุดกะเทาะเมล็ดบัวมีแรงกดที่ยืดหยุ่น และจากการศึกษาความยาวของเมล็ดบัวทำให้สามารถกำหนดความกว้างของช่องลำเลียงเมล็ดของชุดกะเทาะได้ ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เพราะสะดวกในการปรับความเร็วรอบ ในการทดสอบ ซึ่งเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ ช่องป้อนเมล็ด ชุดกะเทาะ กลไกลูกกลิ้งกะเทาะ และระบบส่งกำลังจึงได้คำนวณและออกแบบขนาดต่าง ๆ ของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแล้ว จะออกแบบโดยใช้หลักการทางวิศวกรรม [5] และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ[6] (Figure 3a) เมื่อดำเนินการเขียนแบบเสร็จสิ้น จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบตามแบบที่เขียนแบบไว้ (Figure 3b)



(a) The dry lotus seed sheller design by using CAD.



(b) Prototype of dry lotus seed sheller.

Figure 3 Schematic of dry lotus seed sheller prototype.

2.2 การทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่อง

การทดสอบใช้เมล็ดบัวหลวงปทุมความกว้างของเมล็ดบัวมีค่าอยู่ระหว่าง 11 ถึง 12 mm และความยาวของเมล็ดบัวสูงสุดเท่ากับ 16.5 mm (สุ่มวัด 100 เมล็ด) ตลอดการทดสอบ โดยทดสอบที่ความเร็วของชุดกะเทาะที่ความเร็ว 250, 300 และ 350 rpm ตามลำดับ โดยแต่ละการทดลอง 3 ซ้ำ และบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด กระแสไฟฟ้า น้ำหนักเมล็ดบัวที่กะเทาะได้ น้ำหนักเมล็ดบัวที่กะเทาะไม่ได้ และน้ำหนักเมล็ดบัวที่เสียหาย (Figure 4) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าชี้ผลการศึกษา และใช้หลักทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย ระยะเวลาคืนทุน และจุดคุ้มทุน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดบัวให้ใช้งานได้จริงในอนาคตต่อไป

Figure 4 Dry lotus seed after shelling (a), Dry lotus seed (b) and Seed damaged (c).

2.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงาน

เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบได้ถูกทดสอบสมรรถนะการทำงาน และคุณภาพในการลอกเยื่อ โดยประเมินสมรรถนะการทำงานจากค่าชี้ผลการศึกษาดังนี้

- เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดบัวหลวง (Percentage of weight peeling, %)

$$= \frac{Wp}{Wt} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ Wp คือ จำนวนน้ำหนักที่กะเทาะได้
และ Wt คือ จำนวนน้ำหนักที่ใช้ทดสอบทั้งหมด

- เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (Percentage of damage, %)

$$\%\text{damage} = \frac{Wd}{Wt} \times 100 \quad (2)$$

ดยที่ Wd คือ จำนวนเมล็ดบัวที่เสียหาย (เมล็ดบัวหลังการทดสอบที่เกิดความเสียหาย ดังแสดงใน Figure 5c)

- ความสามารถในการทำงาน (Working capaciry, kg hr^{-1})

$$\text{Working capaciry} = \frac{Ws}{Tt} \quad (3)$$

- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (Power consumption, kW-hr)

$$\text{Power consumption} = \frac{IVt}{1000} \quad (4)$$

โดยที่ I คือ กระแสไฟฟ้า (A), V คือ แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้า (V) และ t = เวลาในการทำงาน (hr)

2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

2.4.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง สมมติว่าเกษตรกรซื้อเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10%) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปรไปตามปริมาณของการกะเทาะเมล็ดบัว (Hunt, 2001)

2.4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี[7]โดยคิดจากราคาในการลงทุนซื้อเครื่องกะเทาะ

เมล็ดบัวหลวงหารกับผลประโยชน์สุทธิที่คาดว่าจะได้รับในการใช้งานเครื่องแกะเมล็ดบัวหลวง 5 ปี

2.4.3 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break-even point)

เป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงต้นแบบ โดยการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนในการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงจากการใช้เครื่องต้นแบบและการกะเทาะเมล็ดบัวหลวงด้วยแรงงานคน

3. ผลและวิจารณ์

3.1 เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ

จากการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งต้นแบบที่ความเร็วรอบต่าง ๆ Figure 5 พบว่าที่ความเร็วรอบที่ 250, 300 และ 350 rpm ชุดกะเทาะชุดแรกมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ 73.33, 78.67 และ 74.67 % ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 300 rpm จึงเป็นความเร็วที่เหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากทำให้เปลือกของเมล็ดบัวหลวงแตกออกมามากและมีความเสียหายน้อยที่สุด

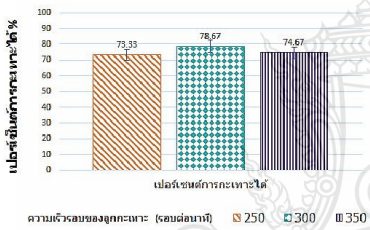


Figure 5 Shelling percentages at different cutting blade size and cam speeds.

3.2 เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

Figure 4 แสดงเมล็ดบัวก่อนการกะเทาะ (a) เมล็ดบัวหลังการกะเทาะ (b) และเมล็ดบัวที่เสียหายจากการกะเทาะ (c) ซึ่งจะเห็นว่าเมล็ดบัวหลังการกะเทาะบางเมล็ดจะมีเปลือกติดอยู่บางส่วนสามารถที่จะใช้มือแยกเปลือกออกหรือฝัดด้วยกระด้ง จากการทดสอบความเร็วรอบที่ 250, 300 และ 350 rpm ชุดกะเทาะแรกมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 9, 7.33 และ 13% ตามลำดับ (Figure 7)

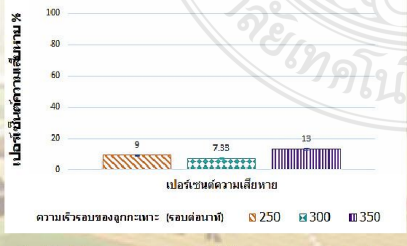


Figure 7 Machine capacity at different cam speeds.

3.3 ความสามารถในการทำงาน

เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้งพบว่าที่ความเร็วรอบที่ 250, 300 และ 350 rpm ตามลำดับ (Figure 8) เท่ากับ 1.65, 2.02 และ 1.49 kg hr^{-1} ซึ่งที่ความเร็วที่ 300 rpm จะมีความสามารถในการทำงานสูงสุดเนื่องจากที่ความเร็วนี้มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะสูงและเกิดความเสียหายน้อยที่สุด

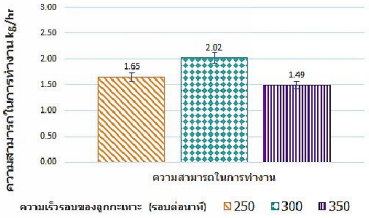


Figure 8 Seed damaged at different cutting blade size and cam speeds.

3.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

จากการทดสอบจะเห็นว่าช่วงความเร็วของลูกเบี้ยวที่ใช้ในการทดสอบทั้งสามความเร็ว ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยจะมีค่าระหว่าง 0.66 kW-hr (Figure 9) ซึ่งจะนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลูกเบี้ยวหมุนด้วยความเร็ว 300 rpm เท่ากับ 0.66 kW-hr ไปเป็นค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป

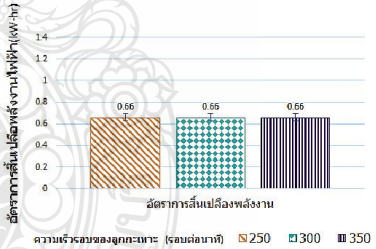


Figure 8 Power consumption at different cam speeds.

3.5 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาเครื่องต้นแบบ 25,000 Baht (Table 1) อายุการใช้งาน 5 year อัตราดอกเบี้ย 10% ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน ความสามารถในการทำงาน 2.02 kg hr^{-1} อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.66 kW-hr และทำงาน 1,920 hr $year^{-1}$ จะได้ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง 16.30 Baht kg^{-1} ระยะเวลาคืนทุน 2.36 month และจุดคุ้มทุน 428.23 hr-$year^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับการกะเทาะด้วยแรงงานคน 1 คน ที่ทำงานได้ 0.3 kg hr^{-1} ด้วยค่าจ้าง 100 Baht kg^{-1}

Table 1 Cost of dry lotus seed sheller prototype.

Item	Amount (Baht)
1. Electric motor 1 hp	3,500
2. Materials cost	
2.1 Main frame	3,000
2.2 Feeding unit	9,000
2.3 Shelling unit	2,500
2.4 Power transmission unit	3,000
3. Skilled labor cost for fabrication	3,500
Total	25,000

4. สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ที่ดีที่สุดที่ความเร็วรอบที่ 300 rpm ความสามารถในการทำงาน 2.02 kg hr^{-1} ทำงานได้มากกว่าเกษตรกร 6 เท่า และมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหายต่ำกว่าการกะเทาะโดยเกษตรกร ซึ่งชุดกะเทาะมีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะและเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย 78.67 และ 7.33% ตามลำดับ มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.66 kW-hr จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดบัวทำงาน 1,920 hr มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 16.30 Baht kg^{-1} ระยะเวลาคืนทุน 2.36 month และการใช้งานที่จุดคุ้มทุน 428.23 hr $year^{-1}$ สามารถที่จะพัฒนาเครื่องต้นแบบเพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อให้เหมาะสมกับเมล็ดบัวหลวงของประเทศไทย เพราะเมล็ดมีขนาดเล็กและสายพันธุ์ไม่เหมือนกันเมื่อเทียบกับเมล็ดบัวจากประเทศจีน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณและสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

สรรพคุณของเมล็ดบัว. 2556. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://-healthmeplease.com

จำรัส เซ็นนิล. 2555. เม็ดบัว.[ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://-www.amrat.net/jamrathealth.aspx?blogid=509

การปลูกบัว. 2556. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จากhttp://guru.thai-bizcenter.com/articledetail.asp?kid=7151

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุนัน ปานสาคร และภูรินทร์ อัครกุลธร 2558. การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2558

Shigley, J.E., Mischke, C.R. 1989. Mechanical Engineering Design. (5th Edition). USA: McGraw-Hill Book Comp.

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์. 2555. ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม SolidWorks (ฉบับเรียนลัดด้วยตัวเอง). กรุงเทพมหานคร: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด.

Hunt, D. 2001. Farm Power and Machinery. (10th Edition). Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press. 360 P.

รักบ้านเกิด. 2560. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://www.rak-bankerd.com/webboard/webboard_detail.php?topic_id=1547

สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

THAI SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING

ขอรับรองว่า

สุรวุฒิ แสงสว่าง

เรื่อง "การศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวแห้ง"

ได้นำเสนอผลงานวิจัย

ในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 ประจำปี 2560

ณ. อิมแพค ฟอรั่ม เมืองทองธานี กรุงเทพมหานคร

7-9 กันยายน 2560

Dares Kittiyopas
Chair, Organizing CommitteeTSAE2017

ที่อยู่ : อาคาร 5 ชั้น 5 กรมส่งเสริมการเกษตร ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900 อีเมล์ : center@tsae.asia
address: Building 5 Floor 5 Department of Agriculture Extension Phaholyothin Rd., Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND. Email : center@tsae.asia, www.tsae.asia

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายสุรวุฒิ แสงสว่าง
วัน เดือน ปีเกิด	19 มีนาคม 2525
ที่อยู่	24/247 หมู่ 5 ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12130
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมลคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	วิศวกรฝ่ายขาย บริษัทไทยเอเย่นซี เอ็นยีเนียริ่ง จำกัด ตั้งแต่ พ.ศ.2556 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	089 183 92222
อีเมล	s.su2awut@gmail.com