



การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม

โดย

นายวิโรจน์ ตริมงคล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม

โดย

นายวิโรจน์ ตริมงคล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558



Development of Tamarind Seed Shellers

BY

MR.WIROJ TREEMONGKOL



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นายวิโรจน์ ตริมงคล

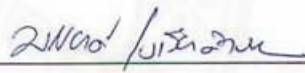
เรื่อง

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม

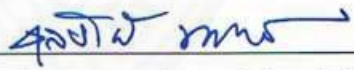
ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

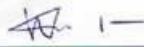
ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก


(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุยชัย ชลศึกษ์)

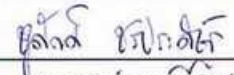
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม


(รองศาสตราจารย์ พันย์ ทองสวัสดิ์วงศ์)

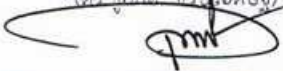
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรีช เจียมจิโรจน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(ดร.ชัคกี้ พงศ์ดิษฐ์)

คณบดี


(รองศาสตราจารย์ ดร.ประภัสสร วังกาญจน์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม
ชื่อผู้เขียน	นายวิโรจน์ ตริมงคล
ชื่อปริญญา	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.ดุลยโชติ ชลศึกษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

มะขามเป็นพืชที่มีความสำคัญของประเทศไทยในปี 2558 มีมูลค่าการส่งออกกว่า 1000 ล้านบาท มีพื้นที่การเพาะปลูกจำนวน 571,491 ไร่ ปลูกได้ทั่วไปเกือบทุกพื้นที่ ทุกภูมิภาคของประเทศ มะขามประโยชน์มากมาย เช่น แปรรูปเป็นน้ำมะขาม มะขามแช่อิ่ม มะขามแก้ว สบู่ มะขาม และอื่น ๆ อีกมาก ส่วนที่เหลือจากการแปรรูปผลมะขามเหล่านี้ คือ เมล็ดมะขามซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น นำมาทำแป้งเมล็ดมะขาม เพื่อป้อนให้กับอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เท็กซ์ไทล์ กระดาษ อาหาร หรือผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อสกัดสารจากเปลือกเมล็ดมะขามซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ส่วนผลสมในยา ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินงานศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะขามนำมาเป็นข้อมูลพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี และเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดีด้วยแกนเหล็ก และทดสอบการทำงาน โดยใช้เมล็ดมะขามชนิดเปรี้ยว คั่วที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

สำหรับเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี ทดสอบโดยใช้ตะแกรงกะเทาะที่มีรู 3 ขนาด คือ 4, 5 และ 6 มิลลิเมตร ความเร็วของใบดี 800, 900, 1000, 1100 รอบต่อนาที พบว่าการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบดีที่ดีที่สุด คือ ความเร็วรอบของใบดีเท่ากับ 1000 รอบต่อนาที และขนาดรูตะแกรงกะเทาะ 4 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมะขามสูงสุด คือ 52.18

สำหรับเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี ทดสอบโดยใช้ความเร็วรอบของแกนสี 100, 200, 300 และ 400 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วงเพื่อสร้างแรงดันในท้องกะเทาะ 100, 150, 200, 250 กรัม พบว่า ความเร็วรอบของแกนสีและน้ำหนักถ่วง ที่ดีที่สุด คือ ความเร็วรอบของ

แกนสีเท่ากับ 200 รอบต่อนาที และน้ำหนักถ่วงเท่ากับ 250 กรัม ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดมะขามสูงสุดเท่ากับ 52.17 การกะเทาะทั้งสองแบบให้ผลเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดมะขามที่ใกล้เคียงกันแต่การกะเทาะเมล็ดมะขามนั้นควรเลือกใช้เครื่องกะเทาะแบบดีจะดีกว่าเครื่องกะเทาะแบบสีด้วยแกนเหล็กเพราะใช้เวลาการกะเทาะที่สั้นกว่า

คำสำคัญ: เมล็ดมะขาม, เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม, กะเทาะแบบดี, กะเทาะแบบสี



Thesis Title	Development of Tamarind Seed Shellers.
Author	Mr.Wiroj Treemongkol
Degree	Master of Engineering
Department/Faculty/University	Mechanical Engineering Faculty of Engineering Thammasat University
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr.Dulyachot Cholaseuk
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof.Pinai Thongsawatwong
Academic Years	2015

ABSTRACT

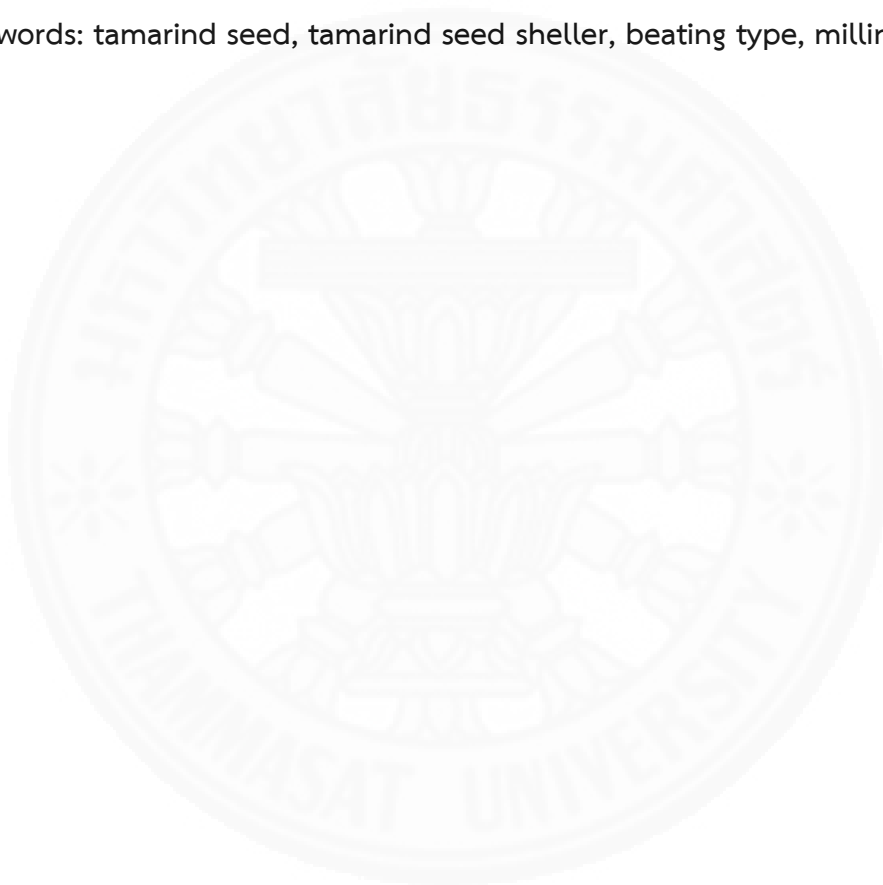
Tamarind is one of important Thai economic crops. The value of exporting in 2015 was more than 1,000 million baht. The planting area used was 571, 491 rai. It grows in almost every region of Thailand. Tamarind can be used many products such as crystallized tamarind, tamarind soap and etc. The by products are tamarind seed. The seed can be used for many applications such as tamarind kernel powder for industries; textile, paper and food through chemical process for extraction of tamarind seed which has antioxidants as a component in drugs. This research studied physical properties of tamarind seeds in order to develop machines for removing shell from tamarind seeds. For the test the tamarind seed was roasted at 140 °C for 10 minutes.

Two types of machines were developed, beating and milling type machines. For beating type, the tests were conducted using four shelling blade speeds of 800, 900, 1000, 1100 rpm and three shelling concaves with hole diameters of 4, 5 and 6 mm. It was found that the best performance (maximum shelled seed 52%) was at 1100 rpm of the shelling blade with 4 mm shelling concave.

For milling type, the tests were conducted using three speeds of the milling axle; 100, 200, 300 and 400 rpm and four weights of counterweight; 100, 150, 200, 250 g. It was found that the best performance (maximum shelled seed 52.17%) was at the 200 rpm milling axle speed with 250 g counterweight.

Two type of shelling process give similar result but the beating type is more efficient than the milling type because it takes less time for shelling.

Keywords: tamarind seed, tamarind seed sheller, beating type, milling type



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์โชติ ชลศึกษ์ และรองศาสตราจารย์ พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์ ที่ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนการแก้ไขปรับปรุงงานวิจัยนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กริช เจียมจิโรจน์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และขอขอบคุณ ดร.ชูศักดิ์ ขวประดิษฐ์ เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ วิบูลย์ เทพนนท์ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่สละเวลาอันมีค่าของท่านมา ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ยิ่งต่อการดำเนินการวิจัย บริษัท โปรโมท เอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์สร้างเครื่องทดสอบ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่มอบกำลังใจ พร้อมทั้งสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

นายวิโรจน์ ตรีมงคล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การปลูกมะขาม	3
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะขาม	3
2.3 การใช้ประโยชน์ผลมะขาม	8
2.4 สรรพคุณของเมล็ดมะขาม	8
2.5 งานวิจัยเกี่ยวกับผงเนื้อในเมล็ดมะขามและการใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดมะขาม	9
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องจักร	9
2.7 ทฤษฎีทางสถิติและแรง	15
2.71 ทฤษฎีทางสถิติ	15
2.72 การคำนวณหาแรง	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	20
3.1 การศึกษาสมบัติเมล็ดมะขาม	20
3.1.1 การหาข้อมูลทางด้านกายภาพ	20
3.1.2 การหาความชื้นเมล็ดมะขามทั้งก่อนและหลังคั่ว	20
3.2 การศึกษาสมบัติเชิงกลเมล็ดมะขาม	21
3.2.1 แรงกดและพลังงานที่ทำให้เปลือกมะขามแตก	21
3.3 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบตี	22
3.3.1 เกณฑ์ในการออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามแบบตี	23
3.3.2 การกำหนดรายละเอียดในการออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามแบบตี	23
3.3.3 การทดสอบ	26
3.3.4. การวิเคราะห์ผล	27
3.4 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	27
3.4.1 เกณฑ์ในการออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	27
3.3.2 การกำหนดรายละเอียดในการออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	28
3.4.1 การทดสอบ	29
3.4.2 การประเมินผล	29
3.4.3 การวิเคราะห์ผล	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดสอบคุณสมบัติเมล็ดและคุณสมบัติเชิงกลของเมล็ดมะขาม	30
4.1 สมบัติของเมล็ดมะขาม	30
4.1.1 น้ำหนักและขนาดเมล็ดมะขาม	30
4.1.2 ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดมะขาม	30
4.2 สมบัติเชิงกลเมล็ดมะขาม	30
4.2.1 การหาแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออก	30
4.2.2 ผลแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออก	34
บทที่ 5 การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม	37
5.1 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบตี	37
5.1.1 แนวคิดในการออกแบบ	37
5.1.2 แนวคิดในการกำหนดปัจจัยต่าง ๆ	38
5.2 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	39
5.2.1 แนวคิดในการออกแบบ	39
5.2.2 แนวคิดในการกำหนดปัจจัยต่าง ๆ	40
บทที่ 6 ผลการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม	41
6.1 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบตี	41
6.1.1 ส่วนประกอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบตี	41
6.1.2 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะแบบตี	43
6.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองการกะเทาะแบบตี	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.2 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	49
6.2.1 เครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	49
6.2.2 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะแบบสีก	52
6.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองการกะเทาะแบบสีก	58
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	60
7.1 สรุปผลการศึกษา	60
7.1.1 สมบัติของเมล็ดมะขาม	60
7.1.2 สมบัติของเมล็ดมะขามเชิงกล	60
7.1.3 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีก	60
7.1.4 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีก	61
7.1.5 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	62
7.1.6 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสีกแกนเหล็ก	62
7.2 ข้อเสนอแนะ	63
รายการอ้างอิง	64
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	66
ภาคผนวก ข	99
ภาคผนวก ค	100
ภาคผนวก ง	109
ภาคผนวก จ	115
ภาคผนวก ฉ	120
ภาคผนวก ช	123

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ซ	126
ภาคผนวก ฌ	128
ภาคผนวก ญ	136
ประวัติผู้เขียน	149



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
6.1 ผลการกะเทาะของเมล็ดมะขามแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4, 5 และ 6 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบใบตี 800, 900, 1000, 1100 รอบ/นาที	43
6.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของใบตีและขนาดรูตะแกรงกะเทาะที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะ	48
6.3 ผลการกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	52
6.4 การวิเคราะห์ผลของน้ำหนักถ่วง และความเร็วรอบของแกนสีกที่มีต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ	58
ก.1 ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม	66
ข.1 ผลการวัดความชื้นของเมล็ดมะขามก่อนคั่วและหลังคั่ว	99
ค.1 การยุบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านกว้าง	100
ค.2 การยุบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านยาว	103
ค.3 การยุบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านหนา	107
ง.1 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 800 รอบต่อนาที	109
ง.2 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 900 รอบต่อนาที	109
ง.3 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 1000 รอบต่อนาที	110
ง.4 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 1100 รอบต่อนาที	110
ง.5 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 800 รอบต่อนาที	110

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ.6 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 900 รอบต่อนาที	111
จ.7 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 1000 รอบต่อนาที	111
จ.8 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 1100 รอบต่อนาที	112
จ.9 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 800 รอบต่อนาที	112
จ.10 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 900 รอบต่อนาที	113
จ.11 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 1000 รอบต่อนาที	114
จ.12 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบของใบตี 1100 รอบต่อนาที	114
จ.1 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 100 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 100 กรัม	115
จ.2 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 200 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 100 กรัม	115
จ.3 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 300 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 100	116
จ.4 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 400 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 100 กรัม	116
จ.5 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 100 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 150 กรัม	116
จ.6 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 200 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 150 กรัม	117

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ.7 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 300 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 150 กรัม	117
จ.8 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 400 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 150 กรัม	117
จ.9 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 200 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 200 กรัม	118
จ.10 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 300 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 200 กรัม	118
จ.11 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 400 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 200	118
จ.12 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 200 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 250 กรัม	119
จ.13 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 300 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 250 กรัม	119
จ.14 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 400 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วง 250 กรัม	119

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะต้นมะขาม	4
2.2 ลักษณะฝักมะขาม	5
2.3 ลักษณะเมล็ดมะขาม	6
2.4 ส่วนประกอบของเมล็ด	7
2.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม	11
2.6 เครื่องสีกาแฟกะลาโรบัสต้า	12
2.7 ครีบของแกนขัดแบบตรง	13
2.8 เครื่องผิวเมล็ดถั่วลิสง	14
2.9 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์	17
2.10 แสดงพื้นที่ได้กราฟ	18
3.1 ลักษณะการวัดเมล็ดมะขาม	20
3.2 ชุดเครื่องทดสอบ Instron 5969 และเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกผล	22
3.3 ภาพแสดงชิ้นส่วนเครื่องกะเทาะแบบดี	24
3.4 ภาพแสดงชิ้นส่วนเครื่องกะเทาะแบบสีด้วยแกนเหล็ก	28
4.1 โหลดเซลล์ขนาด 5 กิโลนิวตัน	31
4.2 หัวกดสำหรับด้านความหนา	31
4.3 หัวกดสำหรับด้านความกว้างและด้านความยาว	32
4.4 การทดสอบการกดด้านความหนา	33
4.5 การทดสอบการกดด้านความกว้างและด้านความยาว	34
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกกับระยะกดด้านกว้าง	34
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกกับระยะกดด้านหนา	35
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกกับระยะกดด้านยาว	36
5.1 แนวคิดเครื่องกะเทาะมะขามแบบดี	37
5.2 แนวคิดเครื่องกะเทาะมะขามแบบสีด้วยแกนเหล็ก	39
6.1 เครื่องกะเทาะมะขามแบบดี	41
6.2 เครื่องกะเทาะมะขามแบบดี (แสดงชิ้นส่วนภายใน)	42

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของใบตี และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุด ตะแกรง เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร	44
6.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุด ตะแกรง เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร	45
6.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุด ตะแกรง เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร	47
6.6 เครื่องกะเทาะมะขามแบบสตีด้วยแกนเหล็ก	49
6.7 ส่วนประกอบของแกนเหล็กกะเทาะเมล็ดมะขาม	50
6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสูญเสีย เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง เมื่อน้ำหนักถ่วง 100 กรัม	53
6.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสูญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง เมื่อน้ำหนักถ่วง 150 กรัม	54
6.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสูญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง	55
6.11 สัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก สูญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง	57
7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะ เมล็ดมะขามแบบตี	61
7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะ เมล็ดมะขามแบบสตีด้วยแกนเหล็ก	62

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ณ 1 รายละเอียดเครื่องกะเทาะแบบตี	128
ณ 2 รายละเอียดโครงเครื่องกะเทาะแบบตี	129
ณ 3 รายละเอียดตุ้มยึดใบตีเครื่องกะเทาะแบบตี	130
ณ 4 รายละเอียดถุงป้อนเมล็ดเครื่องกะเทาะแบบตี	131
ณ 5 รายละเอียดฝาบนห้องกะเทาะเครื่องกะเทาะแบบตี	132
ณ 6 รายละเอียดตะแกรงกะเทาะเครื่องกะเทาะแบบตี	133
ณ 7 รายละเอียดเพลเครื่องกะเทาะแบบตี	134
ณ 8 รายละเอียดใบตีเครื่องกะเทาะแบบตี	135
ญ 1 รายละเอียดเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	136
ญ 2 รายละเอียดห้องลำเลียงเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	137
ญ 3 รายละเอียดเกลียวป้อนเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	138
ญ 4 รายละเอียดตัวประกบบนเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	139
ญ 5 รายละเอียดตัวประกบล่างเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	140
ญ 6 รายละเอียดแกนเพลเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	141
ญ 7 รายละเอียดฝาหน้าเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	142
ญ 8 รายละเอียดฝาหลังเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	143
ญ 9 รายละเอียดเพลสียัดเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	144
ญ 10 รายละเอียดเพลชุดสร้างแรงดันเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	145
ญ 11 รายละเอียดสตั๊ดเกลียวชุดสร้างแรงดันเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	146
ญ 12 รายละเอียดครีบสีกเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	147
ญ 13 รายละเอียดถังป้อนเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก	149

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำเต็ม/คำจำกัดความ
°C	องศาเซลเซียส
rpm	รอบต่อนาที
g	กรัม
mm	มิลลิเมตร
DPPH	Diphenyl picrylhydrazyl
NTU	Nephlo-metric-Turbidity Units
%wb	ความชื้นมาตรฐานเปียก
W	งานเป็นปริมาณสเกลาร์
F	แรงที่กระทำกับวัตถุ
J	จูล
N	นิวตัน
E	พลังงาน
M	มวล
v	ความเร็ว
ω	ความเร็วรอบ
r	รัศมี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะขามเป็นพืชที่มีความสำคัญของประเทศไทย ในปี 2558 มีมูลค่าการส่งออกกว่า 1000 ล้านบาท (องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร, 2555) ได้มีการสำรวจในปี 2547 มีพื้นที่การเพาะปลูกจำนวน 571,491 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546) ส่วนต่างๆ ของมะขามได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์จำนวนมาก แต่ส่วนที่เป็นเมล็ดมะขามถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนที่ถูกคั้ทิ้ง เมล็ดมะขามแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ เปลือกเมล็ดมะขามและเมล็ดใน มีการนำเมล็ดมะขามมาผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อสกัดสารจากเปลือกเมล็ดมะขามซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในปริมาณสูงนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารต้านอนุมูลอิสระชนิดอัดเม็ด ส่วนเมล็ดมะขามมีการนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแป้งเมล็ดมะขามเพื่อส่งไปจำหน่ายยังประเทศญี่ปุ่น แป้งเมล็ดมะขามซึ่งอยู่ในชั้นของแป้งดิบจะนำไปปรับปรุงเป็นแป้งเมล็ดมะขามแปรรูปเพื่อป้อนให้กับอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิ เท็กซ์ไทล์ กระดาษ อาหาร เป็นต้น แป้งเมล็ดมะขามที่แปรรูปพร้อมใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้น จะมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความเหนียวหนืดให้กับสินค้า เช่น หากเป็นเส้นใย สิ่งทอ เส้นใยกระดาษ จะมีความเหนียวเพิ่มขึ้น อาหาร เช่น ซอส จะทำให้น้ำซอสมีความเหนียวขึ้น สำหรับประเทศไทยยังไม่มีโรงงานปรับปรุงแป้งเมล็ดมะขาม ขณะที่โรงงานผลิตแป้งเมล็ดมะขามชั้นต้นยังมีเพียงโรงงานเพียงแห่งเดียว ปัจจุบันประเทศไทยผลิตแป้งเมล็ดมะขามส่งให้บริษัท ซิกิโบ ประเทศญี่ปุ่น กิโลกรัมละประมาณ 25 บาท ขณะที่อุตสาหกรรมแป้งเมล็ดมะขามแปรรูปขั้นสูงที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมทางการแพทย์ประเทศไอร์แลนด์ขายได้สูงถึงกิโลกรัมละ 10,000 บาท (หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, 2555) มีงานวิจัยนำแป้งเมล็ดมะขามมาใช้เป็นสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม เพื่อลดความขุ่นของน้ำ และแป้งเมล็ดมะขามยังเป็นส่วนผสมในยา จะเห็นได้ว่าเมล็ดของมะขามสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย แต่การจะได้แป้งเมล็ดมะขามนั้นจะต้องทำการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะขามที่ผ่านกระบวนการคั่ว ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญ และได้มีผู้วิจัยพบว่าการคั่วเมล็ดมะขามที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็น

ระยะเวลา 10 นาที จะทำให้ได้คุณภาพของแป้งที่ดีที่สุด (M. Hindun Pulungan, 2001) ส่วนของการพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกมะขาม ก็มีพัฒนาหลายรูปแบบ แต่ก็ยังใช้งานไม่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามโดยใช้ระบบการกะเทาะแบบตี และแบบสีกด้วยแกนเหล็ก เพื่อให้สามารถแยกเปลือกสีน้ำตาลของเมล็ดมะขามออกจากเนื้อในของเมล็ดมะขามได้มากที่สุด และลดการสูญเสียเมล็ดมะขาม

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์การศึกษานี้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบตี และแบบสีกด้วยแกนเหล็กหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อกระบวนการกะเทาะเมล็ดมะขามต่างๆ ดังนี้

1.2.1 ขนาดรูตะแกรงกะเทาะและความเร็วรอบใบตีที่เหมาะสมที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะขามของเครื่องแบบตีและแบบสีกด้วยแกนเหล็ก

1.2.2 แรงกดในห้องสีและความเร็วรอบของแกนเหล็กที่เหมาะสมที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเมล็ดมะขามระบบสีกด้วยแกนเหล็ก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามระบบกะเทาะแบบตี และแบบสีกด้วยแกนเหล็ก และโดยการทดสอบใช้เมล็ดมะขามคั่วที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ภายหลังเสร็จสิ้นการศึกษา คาดว่าจะได้เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามและทราบข้อมูลของเมล็ดมะขามและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกับประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามที่ดีเพื่อลดการสูญเสียในระหว่างกระบวนการกะเทาะเมล็ดมะขาม

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและประดิษฐ์เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม แบ่งเป็นหัวข้อหลัก 6 หัวข้อ คือ การปลูกมะขาม ลักษณะของมะขาม ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะขาม ประโยชน์ของมะขาม สรรพคุณของเมล็ดมะขาม งานวิจัยเกี่ยวกับผงเนื้อในเมล็ดมะขามและการใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดมะขาม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องจักร ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การปลูกมะขาม

ชูศักดิ์ สัจจพงษ์ (2545) มะขามสามารถปลูกได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศ ดินที่เหมาะสมในการปลูกมะขามเปรี้ยวควรเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,000-1,200 มิลลิเมตร มะขามเปรี้ยวเริ่มให้ผลหลังจากปลูกไปแล้ว 3-4 ปี และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ไม่ต่ำกว่า 30 ปี ตั้งแต่ติดดอกจนถึงดอกบานจะใช้เวลาประมาณ 25 วัน หลังจากดอกบานจนถึงฝักแก่จะใช้เวลาประมาณ 8 เดือน ต้นมะขามเปรี้ยวอายุ 10 ปี จะให้ผลผลิตประมาณ 100-200 กิโลกรัม ผลผลิต 1 กิโลกรัม จะมีประมาณ 30-45 ฝัก ฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะขาม

มะขามเปรี้ยว เป็นไม้ผลที่มีทรงพุ่มขนาดใหญ่แตกกิ่งก้านสาขามาก เปลือกต้นขรุขระและหนาสีน้ำตาลอ่อน ใบเป็นใบประกอบใบเล็กออกตามกิ่งก้าน ใบเป็นคู่ ใบย่อยเป็นรูปขอบขนาน ปลายใบและโคนใบมน (ภาพที่ 2.1) ดอกออกเป็นช่อเล็กๆ ตามปลายกิ่ง ช่อหนึ่งช่อมี 10-15 ดอก ดอกย่อยขนาดเล็กกลีบดอกสีเหลืองและมีจุดประสีแดงอยู่กลางดอก ผลเป็นฝักยาวรูปร่างยาวหรือโค้ง ยาว 3-20 เซนติเมตร ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียวอมเทา สีน้ำตาลเกรียม (ภาพที่ 2.2) เนื้อในติดกับเปลือก เมื่อแก่ฝักเปลี่ยนเป็นเปลือกแข็งกรอบหักง่าย สีน้ำตาล เนื้อในกลายเป็นสีน้ำตาลหุ้มเมล็ด เนื้อมีรสเปรี้ยวและหวาน



ภาพที่ 2.1 ลักษณะต้นมะขาม ^[1]

รายการอ้างอิง

[1] <http://toihorticultural.blogspot.com/2013/02/v-behaviorurldefaultvmlo.html>



ภาพที่ 2.2 ลักษณะฝักมะขาม ^[1]

รายการอ้างอิง

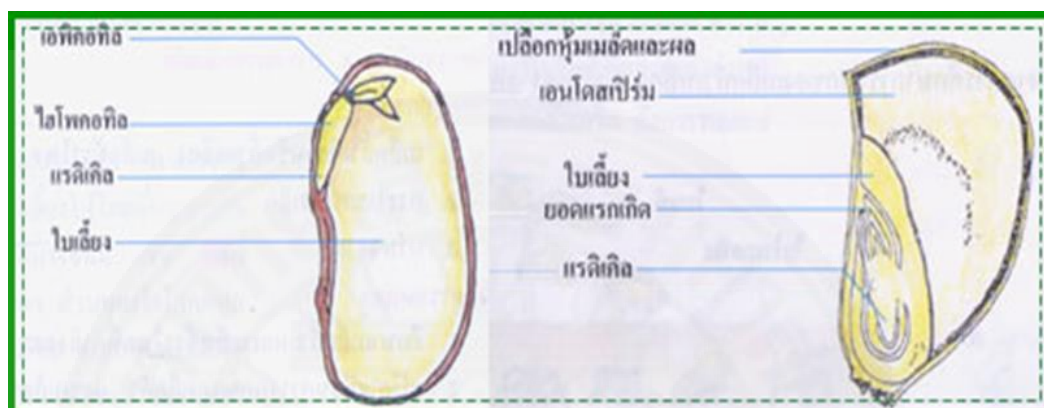
[1] <http://toihorticultural.blogspot.com/2013/02/v-behaviorurldefaultvmlo.html>



ภาพที่ 2.3 ลักษณะเมล็ดมะขาม [5]

รายการอ้างอิง

[5] <http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID =9550000085746>



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของเมล็ด ^[2]

รายการอ้างอิง

[2] <http://skybirder.blogspot.com>

คำศัพท์พฤกษศาสตร์ (พ.ศ.2557) เมล็ดที่เจริญเติบโตเต็มที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เปลือกหุ้มเมล็ด เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของเมล็ด เจริญเติบโตมาจากเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของออวูล ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายต่าง ๆ ให้แก่เอ็มบริโอที่อยู่ภายในเมล็ด เช่น ป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์เข้าไปในเมล็ดซึ่งจะทำให้เมล็ดไม่สามารถงอกได้ นอกจากนั้นเปลือกหุ้มเมล็ดยังมีสารพวกไขเคลือบอยู่ทำให้ลดการสูญเสียน้ำได้ด้วย

2. เอ็มบริโอ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่จะเจริญไปเป็นต้นพืชประกอบด้วย ใบเลี้ยง 2 ใบ

เอพิคอติล (epicotyl) เป็นส่วนของเอ็มบริโอที่อยู่เหนือตำแหน่งที่ติดกับใบเลี้ยงส่วนนี้จะเจริญเติบโตไปเป็นลำต้น ใบและดอกของพืช

ไฮโปคอติล (hypocotyl) เป็นส่วนเอ็มบริโอที่อยู่ใต้ตำแหน่งที่ติดกับใบเลี้ยงในระหว่าง การงอกของเมล็ดพืชใบเลี้ยงคู่หลายชนิดไฮโปคอติลจะเจริญเติบโตใบเลี้ยงให้ขึ้นเหนือดิน

แรดิเคิล (radicle) เป็นส่วนล่างสุดของเอ็มบริโออยู่ต่อจากไฮโปคอติลลงมา ต่อไปจะ เจริญเป็นราก

3. เอนโดสเปิร์ม เป็นเนื้อเยื่อที่มีอาหารสะสมไว้สำหรับการเจริญเติบโตของ เอ็มบริโอ อาหารส่วนใหญ่เป็นประเภทแป้ง โปรตีน และไขมัน

2.3 การใช้ประโยชน์ผลมะขาม

มะขามแปรรูป <http://www.มะขาม.com> (ค.ศ.2009) ผลมะขามสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ดังนี้

- มะขามดิบ เช่น รับประทานสด ประกอบอาหาร แห้วต้ม ดอก ไวน์มะขาม ฯลฯ
- มะขามแก่ เช่น รับประทานสด ประุงอาหาร สบู่ น้ำผลไม้ ฯลฯ
- เมล็ดมะขาม เช่น คั่วรับประทานเนื้อเมล็ด สกัดสารจากเปลือกและเนื้อในเมล็ด

ฯลฯ

2.4 สรรพคุณของเมล็ดมะขาม รศ.พร้อมจิต ศรีลัมพ์ (2550)

2.4.1 สรรพคุณทางเครื่องสำอาง ของเปลือกนอกเมล็ดมะขาม สารเคมีที่พบ

- แทนนิน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าวิตามิน อี 3.14 เท่า ซึ่งมีความเข้มข้น สูงมาก

- โพลีแซคคาไรด์ มีฤทธิ์เสริมประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ซึ่ง หมายความว่าหากระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายบกพร่องหรือน้อยกว่าปกติ โพลีแซคคาไรด์จากเมล็ด มะขามจะกระตุ้นให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพราะสามารถกำจัดเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ที่ ผ่านเข้าไปในร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อไวรัส

- โพลีฟีนอล มีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพคือ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง ลด ระดับของ cholesterol และ triglyceride ในเลือด กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ต้านแบคทีเรีย ไวรัส ป้องกันฟันผุ

2.4.2 สรรพคุณทางเครื่องสำอางของเนื้อในของเมล็ดมะขาม สารเคมีที่พบ

- โพลีแซคคาไรด์ เสริมประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ซึ่งหมายความว่าหากระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายบกพร่องหรือน้อยกว่าปกติ โพลีแซคคาไรด์จากเมล็ดมะขามจะกระตุ้นให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น เพราะสามารถกำจัดเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่ผ่านเข้าไปในร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อไวรัส

- น้ำมันมะระเหยประโยชน์ รักษาความชุ่มชื้น ใช้ทำครีมนวดผม คลื่นเซอร์ โฟมล้างหน้า สบู่ ทำให้ผมชุ่มชื้น เมื่อผสมกับกลีเซอรินจะกลายเป็นสารทำความสะอาด เช่น สบู่พวกครีม หรือผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืด เนื่องจากมีความเข้มข้นสูง

- สารกลุ่มสเตอรอยด์ ลดอาการอักเสบของผิวหนังรักษาบาดแผลฟื่นพุพองเซลล์ผิว และต่อต้านการเกิดความผิดปกติของเซลล์ผิว ใช้ผสมในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผลิตภัณฑ์บำรุงผิวและอาหารเสริม

2.5 งานวิจัยเกี่ยวกับผงเนื้อในเมล็ดมะขามและการใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดมะขาม

วันแข็ง และคณะ (พ.ศ.2554) ศึกษาการเปรียบเทียบฤทธิ์การต่อต้านอนุมูลอิสระจากมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว รวมถึงปริมาณสารฟีนอล โดยใช้เอทานอล (ethanol) ในการสกัดสารจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยว มีปริมาณฟีนอลอยู่ในช่วง 0.233 ถึง 1.09 ไมโครกรัม การยับยั้งสาร DPPH อยู่ในช่วง 41.01 ถึง 91.64 และเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวาน มีปริมาณฟีนอล อยู่ในช่วง -0.04 ถึง 1.06 ไมโครกรัมการยับยั้งสาร DPPH อยู่ในช่วง 3.2 ถึง 90.49 และพบว่าสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเปรี้ยวมีร้อยละการยับยั้งสาร DPPH มากกว่าสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวาน

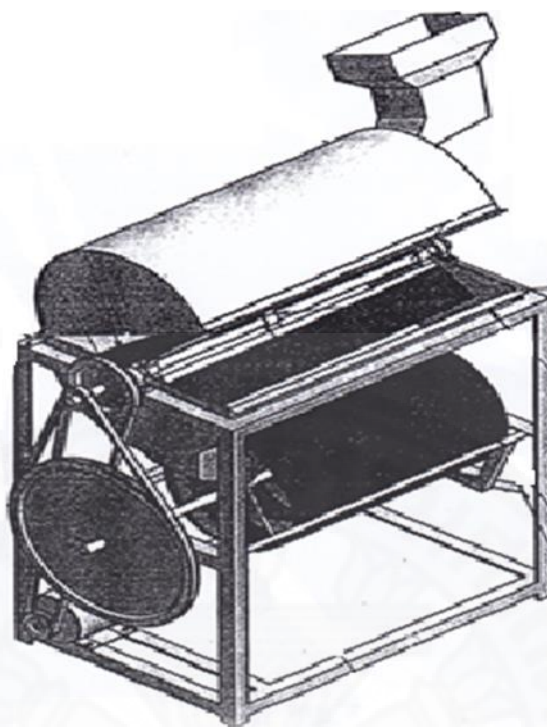
ชัยนุวัฒน์ (พ.ศ.2538) ศึกษาการใช้ผงแป้งเมล็ดมะขาม เป็นสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม เพื่อลดความขุ่นของน้ำ สรุปได้ว่า การใช้สารแขวนลอยผงแป้งเมล็ดมะขามชนิดเปรี้ยวเป็นสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้ม โดยเติมภายหลังการเติมสารส้ม เพื่อลดความขุ่นของน้ำให้เหลืออยู่ในเกณฑ์ไม่เกิน 5 NTU เหมาะสำหรับน้ำดิบที่มีระดับค่าความขุ่นระหว่าง 100-150 NTU ที่ค่าพีเอช 6.5 และ 7.5 ตามลำดับ เพราะสามารถช่วยประหยัดการใช้สารส้มลงได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป โดยไม่ทำให้ค่าพีเอชและค่าความเป็นด่างของน้ำดิบเปลี่ยนแปลงไป ซึ่ง สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำประปา

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องจักร

ซัชชัย และคณะ (พ.ศ.2546) ศึกษากระบวนการคั่วเมล็ดมะขามโดยใช้แหล่งความร้อนจากก๊าซหุงต้มและอินฟราเรดโดยทำการคั่วเมล็ดมะขามครั้งละ 2 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิผิวถึงคั่ว 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที เมล็ดมะขามตัวอย่างละ 100 เมล็ด พบว่าเมล็ดมะขามที่คั่วโดยใช้ก๊าซหุงต้มทำการกะเทาะได้ง่ายโดยใช้แรงในการกะเทาะ 326.6-520.6 นิวตัน เมล็ดมะขามหลุดร้อนไม่ติดเปลือกที่อุณหภูมิ 150-200 องศาเซลเซียส และมีค่าความสว่างของเนื้อในเมล็ดมะขามอยู่ในระดับ 62.89-80.61 ที่อยู่ในระดับที่ดี ค่าความชื้นสุดท้ายหลังการคั่ว 3.55-14.97% wb ดังนั้นสรุปได้ว่า การคั่วโดยใช้แหล่งความร้อนก๊าซหุงต้มดีกว่าอินฟราเรด

M. Hindun และคณะ (ค.ศ.2001) ศึกษาการคั่วเมล็ดมะขาม โดยการทดสอบกำหนดอุณหภูมิในการคั่วที่ 140, 150, 160 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการคั่ว 10, 15, 20 นาที พบว่าเวลาและอุณหภูมิในการคั่วมีผลต่อระดับความชื้น เปอร์เซ็นต์ของแป้ง เปอร์เซ็นต์ความเป็นเจล ความแข็งของเปลือกสีของเปลือกหุ้มเมล็ด สรุปได้ว่า การคั่วเมล็ดมะขามที่ดีที่สุดคืออุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการคั่ว 10 นาที จะทำให้ได้คุณภาพของแป้งที่ดีที่สุด

กำพล และคณะ (พ.ศ.2546) ทดสอบเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะขามโดยใช้ใบตี 2 ชุด ที่มีความแตกต่างกันใบตีชุดแรกเป็นแบบเจาะรูและใบตีชุดที่สองเป็นแบบไม่เจาะรู (ภาพที่ 2.5) โดยใช้เมล็ดมะขามที่คั่วแล้วที่ความชื้น 11.9 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วรอบใบตีเต็มและใบตีตะแกรง ที่ 400, 500, 600 รอบต่อนาที พบว่าสภาวะที่เหมาะสมกับการใช้งานใช้ปริมาณการป้อนที่ 2 กิโลกรัม ใบตีตะแกรงรูขนาด 6 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที สามารถกะเทาะได้ 32.74 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพของการกะเทาะ 86.33 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม ^[13]

รายการอ้างอิง

[13] กำพล แจ่มใส และคณะ การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะขาม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2546)

นิทัศน์ และคณะ (พ.ศ.2554) พัฒนาเครื่องสีกาแฟกะลาโรบัสต้าโดยมีขั้นตอนขัดสี 2 ขั้นตอน ประกอบด้วยชุดกะเทาะเปลือกแบบลูกยางใช้กะเทาะเปลือกและกะลาออกก่อน และชุดขัดสีแบบแกนโลหะทำหน้าที่ขัดสีเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นในประกอบด้วยเกลียวป้อนและแกนขัดโลหะหมุนอยู่ในเสื้อตะแกรงทรงหกเหลี่ยมมีชุดควบคุมการสีแบบน้ำหนักถ่วง ลักษณะของเครื่องดังกล่าว (ภาพที่ 2.6) ผลการทดสอบปริมาณเมล็ดสารกาแฟแต่ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วของแกนขัดสรีบตรง (ภาพที่ 2.7) มีเมล็ดสารกาแฟแตกต่ำที่สุดเฉลี่ย 2.49 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วเชิงเส้นที่ปลายแกนขัด 1.75 เมตรต่อวินาที ระยะสปริง 11 มิลลิเมตร ระยะระหว่างแกนขัดกับตะแกรง 11 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2.6 เครื่องสีกาแฟกะลาโรบัสต้า ^[14]

รายการอ้างอิง

- [14] นิตน์ ตั้งพินิจกุล และคณะ พัฒนาเครื่องสีกาแฟกะลาโรบัสต้า สถาบันวิจัยเกษตร วิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร (2554)



ภาพที่ 2.7 ครีบของแกนขัดแบบตรง ^[14]

รายการอ้างอิง

[14] นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล และคณะ พัฒนาเครื่องสีกาแฟลาโรบัสต้า สถาบันวิจัยเกษตร วิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร (2554)

ประชา (พ.ศ.2553) พัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับขัดผิวเมล็ดถั่วลิสงโดยอาศัยแรงเสียดทาน ทำงานโดยการป้อนเมล็ด ถั่วลิสง ที่ยังไม่ผ่านการขัดผิวลงไปยังชุดขัดซึ่งประกอบไปด้วยสายพานแบนสองเส้นที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่างกันเพื่อขัดผิวของเมล็ดถั่ว (ภาพที่ 2.8) จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบดังกล่าวมีอัตราการทำงาน 113 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการขัดผิวที่ 96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสายพานขัดผิวมีระยะห่างระหว่างกัน 7 มิลลิเมตร โดยมีความแตกต่างของความเร็วรอบระหว่างสายพานด้านบนและ ด้านล่าง 650 รอบต่อนาที



ภาพที่ 2.8 เครื่องฝิวเมล็ดถั่วลิสง [15]

รายการอ้างอิง

- [15] ประชา บุญยวานิชกุล การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับขัดฝิวเมล็ดถั่วลิสงโดย อาศัยแรงเสียดทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (2553)

2.7 ทฤษฎีทางสถิติและการคำนวณหาแรง

2.7.1 ทฤษฎีทางสถิติ

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการเกษตร (พ.ศ.2553) งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Analysis of variance หรือ ANOVA เพื่อทดสอบสมมุติฐานที่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป การทดสอบความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนของประชากรสองกลุ่มในกรณีที่เราไม่แน่ใจว่า ค่าความแปรปรวนจากสองประชากรที่เราสุ่มมามีค่าเท่ากันเพื่อใช้ประกอบการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแล้ว จะทดสอบได้โดยใช้ F – test ถ้าเลือกตัวอย่างขนาด n_1 จากประชากรกลุ่มที่ 1 ซึ่งมีความแปรปรวน σ_1^2 และขนาด n_2 จากประชากรกลุ่มที่ 2 ซึ่งมีความแปรปรวน σ_2^2 แล้วต้องการทดสอบความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนทั้งสองค่า ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$) ค่า F – statistic คำนวณได้โดย

$$F = \frac{\text{large } S^2}{\text{small } S^2} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{เมื่อ } S_1^2 > S_2^2$$

เปรียบเทียบค่า F ที่คำนวณได้กับค่า F จากตารางแบบสองหาง (Two – tailed test) ที่ $(n_1 - 1)$ และ $(n_2 - 1)$ d.f. และระดับนัยสำคัญที่กำหนด

การทดสอบแบบ Split plot design ที่มี main plot จัดในรูป RCB โดยการจัด Sub plot เดียวกันของแต่ละ main plot ให้ตรงกันเป็น strip ดังนี้

A_1	B_2	B_4	B_3	B_1
A_3	B_2	B_4	B_3	B_1
A_2	B_2	B_4	B_3	B_1

Block 1

ด้วยการจัดแบบนี้จะทำให้เกิดปัจจัย (plot size) ขึ้น ขนาด คือ ปัจจัย A และ ปัจจัย B และ การทดสอบ Interaction $A \times B$ เมื่อเทียบกับ Design แบบ Split plot จะมีความแตกต่างกันดังนี้

1. ความสำคัญของปัจจัยที่ทดสอบ ทั้งปัจจัย A และ B จะถูกทดสอบด้วยน้ำหนักเท่ากัน และต่างก็ได้รับพิจารณาเหมือนว่าเป็น Main plot ทั้งคู่

2. Randomization ของ Lay Out ใน Block หนึ่ง จะทำการสุ่มปัจจัย A ลงก่อนแล้วสุ่มปัจจัย B ครึ่งเดียว ไม่เหมือนกับ Split plot ที่ต้องสุ่ม Sub plot ในทุก main plot แต่ยังคงต้องสุ่มใหม่ทุก Block เหมือนกันทั้งสอง Design

3. ในการวิเคราะห์แวนแวนซ์ของ Split Block design จะมี Mean Square Error 3 ตัว เนื่องจากมีปัจจัย 3 ขนาด ดังนั้นจึงมี C.V. ทั้งหมด 3 ค่า C.V.(a) และ C.V.(b) จะมีขนาดใหญ่กว่า C.V.(c) ถ้าเป็นการวางแผนอย่างมีประสิทธิภาพ ระหว่าง C.V.(a) และ C.V.(b) ค่าใดจะใหญ่กว่าขึ้นอยู่กับลักษณะของปัจจัยที่ทดสอบ Design นี้ จะถูกใช้เมื่อ

1. ปัจจัยที่ทดสอบทั้งหมดต้องทำในปัจจัยขนาดใหญ่ทั้งคู่
2. เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ
3. ในระหว่างการทดลองต้องการจะแสดงให้เห็นความ

แตกต่างระหว่างระดับต่างๆ ของแต่ละปัจจัยอย่างชัดเจนตารางวิเคราะห์แวนแวนซ์ของ Split Block Design ที่มีจำนวนระดับปัจจัย $A=a$ ระดับปัจจัย $B=b$ และทำการทดลอง r Block จะเป็นดังนี้

ANOVA

SOV	DF	SS	MS	F
Total	abr -1			
Block	r -1			
A	a -1			
Error (a)	(a -1) (r -1)			
B	b -1			
Error (b)	(b -1) (r -1)			
A x B	(a -1) (b -1)			
Error (c)	(a -1) (b -1) (r-1)			

ภาพที่ 2.9 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์

การคำนวณ Degree of Freedom (df)

$$\text{Total df} = t \times r - 1 \quad (2.1)$$

$$\text{Treatment df} = t - 1 \quad (2.2)$$

$$\text{Error df} = (tr - 1) - (t - 1) \quad (2.3)$$

การคำนวณ Sum of Square (SS)

$$\text{Correction Factor (CF)} = \frac{G^2}{t \times r} \quad (2.4)$$

$$\text{Total SS} = x^2n + \dots - CF \quad (2.5)$$

$$\text{Treatment SS} = \frac{\sum t^2n}{r} - CF \quad (2.6)$$

$$\text{Error SS} = \text{Total SS} - \text{Treatment SS} \quad (2.7)$$

การคำนวณ Mean Square (MS)

$$\text{Treatment MS} = \frac{\text{Treatment SS}}{\text{Treatment df}} \quad (2.8)$$

$$\text{Error MS} = \frac{\text{Error SS}}{\text{Error df}} \quad (2.9)$$

การคำนวณ F - value

$$F = \frac{\text{Treatment MS}}{\text{Error MS}} \quad (2.10)$$

$$\text{C.V. (a)} = \sqrt{\frac{MS \text{ Error}(a)}{\text{mean}}} \times 100\% \quad (2.11)$$

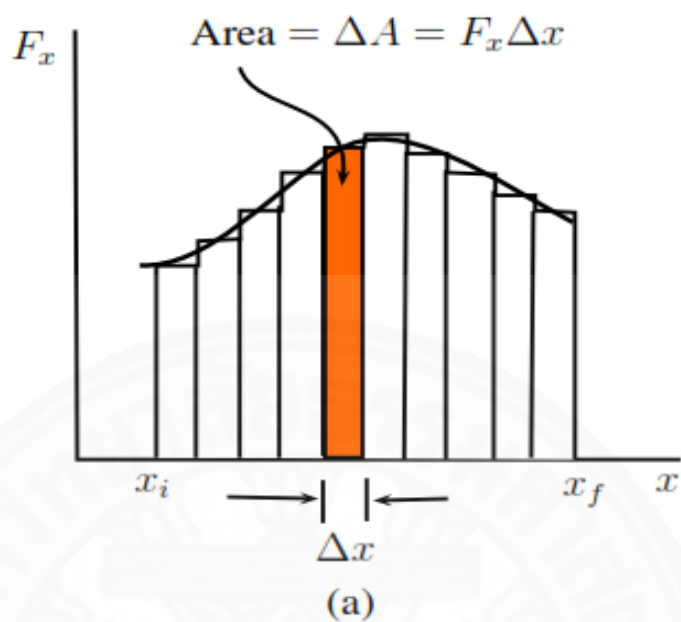
$$\text{C.V. (b)} = \sqrt{\frac{MS \text{ Error}(b)}{\text{mean}}} \times 100\% \quad (2.12)$$

$$\text{C.V. (c)} = \sqrt{\frac{MS \text{ Error}(c)}{\text{mean}}} \times 100\% \quad (2.13)$$

2.7.2 การคำนวณหาแรง ดร. ศรีประจักษ์ ครองสุข (2557)

การหางานของแรงที่มีค่าไม่คงที่ พิจารณาในช่วงเวลาสั้น ๆ การเปลี่ยนแปลงของแรงกับระยะทางในแนวแกน x หารงานในช่วง x_i ถึง x_f ทำได้โดยการแบ่งช่วงดังกล่าวออกเป็น ส่วนเล็ก ๆ ขนาดเท่ากัน Δx ดังนั้นงานของแรงที่เกิดขึ้นในช่วงเล็ก ๆ เท่ากับพื้นที่ใต้กราฟ

$\Delta W = F_{if} \Delta x$ เมื่อทำการรวมงานของแต่ละช่วงทั้งหมดเราจะได้อางงานของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ในช่วง x_i ถึง x_f ดังนี้



ภาพที่ 2.10 แสดงพื้นที่ใต้กราฟ ^[19]

รายการอ้างอิง

[19] ดร. ศรีประจักษ์ ครองสุข พิสิทธ์ทั่วไป 1 ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx$$

(2.14)

W = งานเป็นปริมาณสเกลาร์

F = แรงที่กระทำกับวัตถุ

บทที่ 3

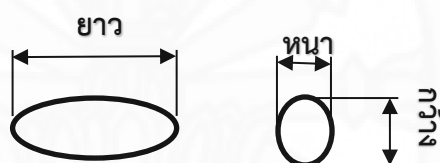
วิธีการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์งานวิจัยจึงต้องกำหนดขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วยการศึกษาสมบัติเมล็ดมะขาม การศึกษาสมบัติเชิงกลเมล็ดมะขาม การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบตี เครื่องกะเทาะมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก การทดสอบ และการวิเคราะห์ผล

3.1 การศึกษาสมบัติเมล็ดมะขาม

การศึกษาสมบัติเมล็ดมะขามสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

3.1.1 การหาข้อมูลทางด้านกายภาพ



ภาพที่ 3.1 ลักษณะการวัดเมล็ดมะขาม

วัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น PB5001 ความละเอียด 0.1 กรัม แล้วหาค่าเฉลี่ยโดยการสุ่มวัดขนาดและชั่งน้ำหนักเมล็ดมะขาม 1000 ตัวอย่าง

3.1.2 การหาความชื้นเมล็ดมะขามก่อนและหลังคั่ว

โดยใช้มาตรฐาน ASAE S410.1DEC97 ใช้เมล็ดมะขามที่ยังไม่คั่วจำนวน 300 กรัม และเมล็ดมะขามที่คั่วแล้ว 300 กรัม และแบ่งออก 6 ชุด ตัวอย่างละ 100 กรัม นำเข้าตู้อบโดยใช้ตู้อบยี่ห้อ BINDER ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง พักเมล็ดมะขามที่

ผ่านการอบไว้ในโถที่บรรจุซิลิกาเจล เป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาความชื้นในเมล็ดมะขาม

3.2 การศึกษาสมบัติเชิงกลเมล็ดมะขาม

3.2.1 แรงกดและพลังงานที่ทำให้เปลือกมะขามแตก

การหาแรงกดที่ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดมะขามแตกออกโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกดยี่ห้อ INSTRON รุ่น 5969 (ภาพที่10) วัตถุประสงค์เพื่อหาแรงที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกในการทดสอบใช้เมล็ดมะขามที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จำนวน 15 ตัวอย่าง โดยการสุ่มเลือกเมล็ดมะขามที่มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน ทดสอบแรงกดทั้งด้านกว้าง ยาว หนา วิธีการทดสอบกระทำโดยนำเมล็ดมะขามมาจับด้วยอุปกรณ์ชุดหัวจับหัวกดแล้วเริ่มกดจนเปลือกของเมล็ดมะขามแตกออก ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ ในส่วนของพลังงานที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกคำนวณได้จากสมการ (3.1)

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx \quad (3.1)$$



ภาพที่ 3.2 ชุดเครื่องทดสอบ Instron 5969 และเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกผล

3.3 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี

หลังจากการศึกษาสมบัติของเมล็ดมะขามศึกษาสมบัติเชิงกลของเมล็ดมะขามรวมถึงศึกษาเครื่องกะเทาะเมล็ดแบบต่างๆปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ที่จะนำมาช่วยในการออกแบบ จึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อใช้ในการทดลอง โดยกำหนดการออกแบบไว้ 4 ส่วน คือกำหนดเกณฑ์ในการออกแบบ กำหนดรายละเอียดในการออกแบบ เกณฑ์ในการทดสอบ และการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

3.3.1 เกณฑ์ในการออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามแบบดี

1. เป็นเครื่องขนาดเล็ก เหมาะสำหรับเกษตรกรและโรงงานขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

2. มีชุดป้อนเมล็ดมะขามแบบต่อเนื่อง

3. ใบตีสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย

4. กลไกการทำงานของเครื่องทำงานง่าย ผู้ปฏิบัติงานสามารถซ่อมแซมได้ง่าย การบำรุงรักษาต่ำ

5. การทำงานของเครื่องจะได้รับแรงหมุนจากต้นกำลัง คือมอเตอร์ไฟฟ้า

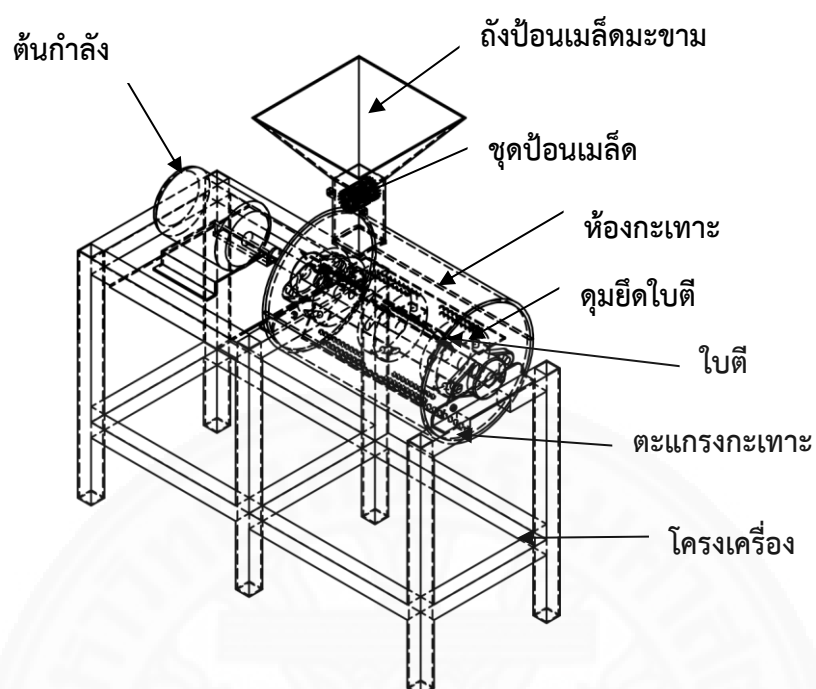
6. การปฏิบัติงานหรือการใช้งานจะใช้แรงงานไม่เกิน 2 คน

7. ตะแกรงตีสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่ายเพื่อสะดวกในการทดสอบ

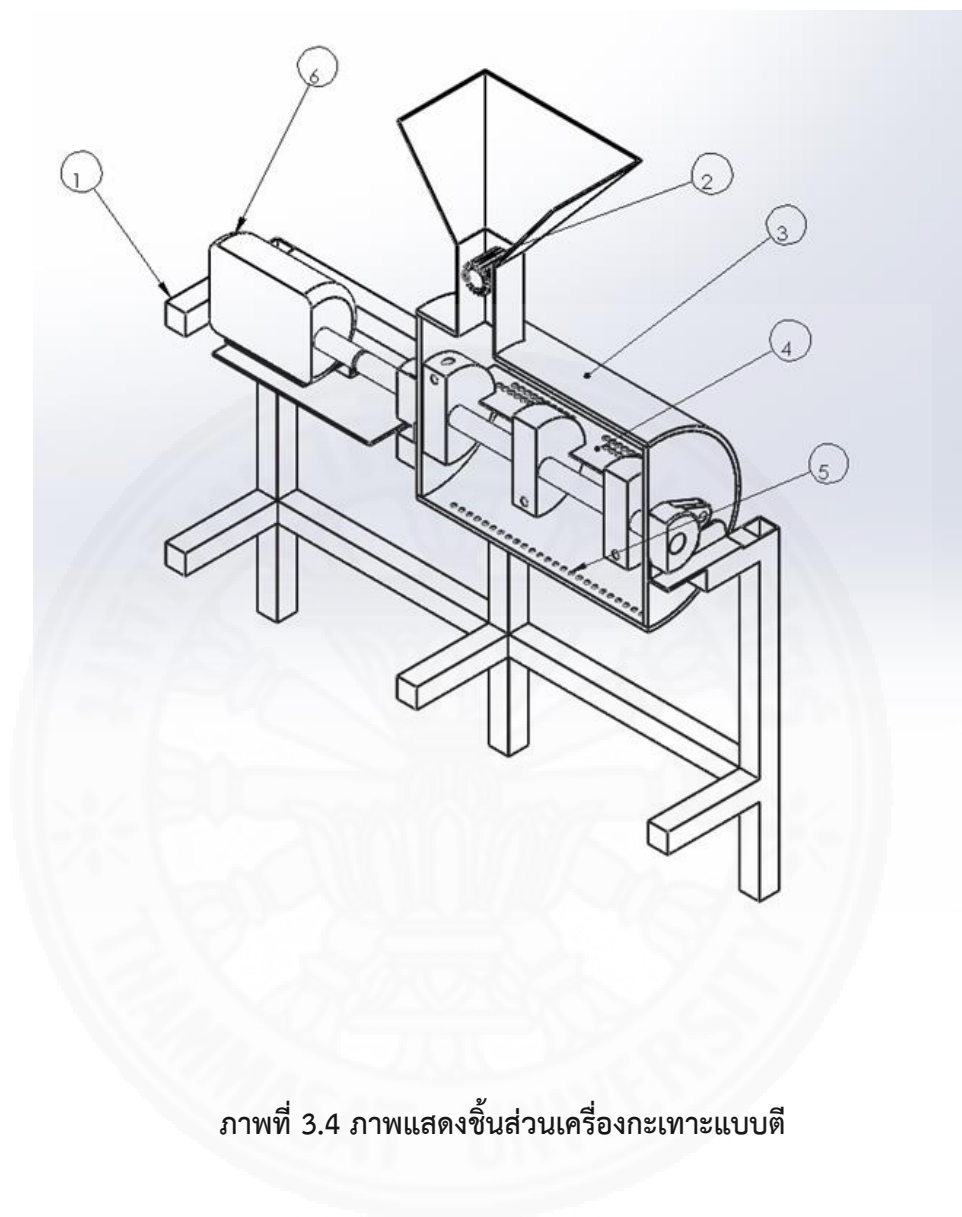
8. สามารถปรับความเร็วรอบของใบตีได้เพื่อง่ายในการทดสอบ

3.3.2 การกำหนดรายละเอียดในการออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามแบบดี

การกำหนดรายละเอียดในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี โดยมีชิ้นส่วนหลัก คือ โครงเครื่อง ชุดป้อน ห้องกะเทาะ ใบตี ตะแกรงกะเทาะ ชุดต้นกำลัง มีรายละเอียดของการออกแบบดังนี้



ภาพที่ 3.3 ภาพแสดงเครื่องกะเทาะแบบตี



ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงชิ้นส่วนเครื่องกะเทาะแบบตี

1. โครงเครื่อง เป็นฐานสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ และสามารถรองรับห้องกะเทาะ ชุดต้นกำลัง แรงต่างๆที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีความแข็งแรงโดยเลือกใช้เหล็กกล่องที่มีขนาด 25 มิลลิเมตร ประกอบโครงโดยการเชื่อมด้วยไฟฟ้า

2. ชุดป้อน มีหน้าที่ลำเลียงเมล็ดมะขามไปสู่ห้องกะเทาะ โดยออกแบบให้สามารถป้อนเมล็ดมะขามได้อย่างต่อเนื่อง ออกแบบให้มีมอเตอร์ขนาดเล็กเพื่อเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนชุดป้อนขนาดเล็ก โดยการหมุนกวาดเมล็ดมะขามลงในช่องไปยังห้องกะเทาะ

3. ห้องกะเทาะ ออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก เพื่อภายในจะได้ติดตั้งใบตี และตุ้มยึดใบตี โดยการตีจะมีลักษณะการหมุน ด้านหน้าของห้องกะเทาะทำทางออกของเมล็ดมะขามที่ผ่านการกะเทาะ ส่วนด้านล่างมีถาดลำเลียงเศษหรือเปลือกเมล็ดมะขามที่กะเทาะลงด้านล่าง

4. ใบตี ออกแบบให้มีรูเจาะ ขนาด 6 มิลลิเมตร จำนวน 40 รูต่อใบ เลือกใช้เหล็กสปริงเพื่อจะได้มีความทนทาน

5. ตะแกรงกะเทาะ ออกแบบให้มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม เพื่อทำการติดตั้งที่ด้านล่างของห้องกะเทาะ โดยทำการเจาะรูขนาด 4, 5 และ 6 มิลลิเมตร

6. ต้นกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด ½ แรงม้า 380 โวลต์ พร้อมติดตั้งอินเวอร์เตอร์ เพื่อใช้ปรับความเร็วรอบในการทดสอบ

3.3.3 การทดสอบ

การทดสอบโดยการเปลี่ยนตะแกรงกะเทาะ 3 ขนาด 4, 5 และ 6 มิลลิเมตร แต่ละขนาดทดสอบการกะเทาะเมล็ดมะขามที่ความเร็วรอบของใบตี 800, 900, 1000, 1100 รอบต่อนาที ในการทดสอบแต่ละครั้ง ใช้เมล็ดมะขามที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ป้อนจากถังป้อนลงห้องกะเทาะครั้งละ 1000 กรัม อัตราการป้อน 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รอจนเมล็ดมะขามถูกกะเทาะจนหมด แล้วเก็บตัวอย่างการทดสอบ ในแต่ละการทดสอบเก็บตัวอย่างจำนวน 1000 กรัม โดยแยกแต่ละส่วนให้ชัดเจน แล้วนำมาคัดแยกเมล็ดมะขามที่ผ่านการกะเทาะด้วยตะแกรงขนาดรู กว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 4 มิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง โดยใช้สมการ(3.2) (3.3) (3.4) และ (3.5) ดำเนินการทดสอบ 3 ซ้ำ

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดมะขามที่ใช้ในการกะเทาะ}} \times 100 \quad (3.2)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักไม่กะเทาะ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดมะขามที่ใช้ในการกะเทาะ}} \times 100 \quad (3.3)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง} = \frac{\text{น้ำหนักหลุดตะแกรง}}{\text{น้ำหนักเมล็ดมะขามที่ใช้ในการกะเทาะ}} \times 100 \quad (3.4)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักสูญเสีย}}{\text{น้ำหนักเมล็ดมะขามที่ใช้ในการกะเทาะ}} \times 100 \quad (3.5)$$

3.3.4. การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการ ANOVA (Analysis of Variances)

3.4 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก

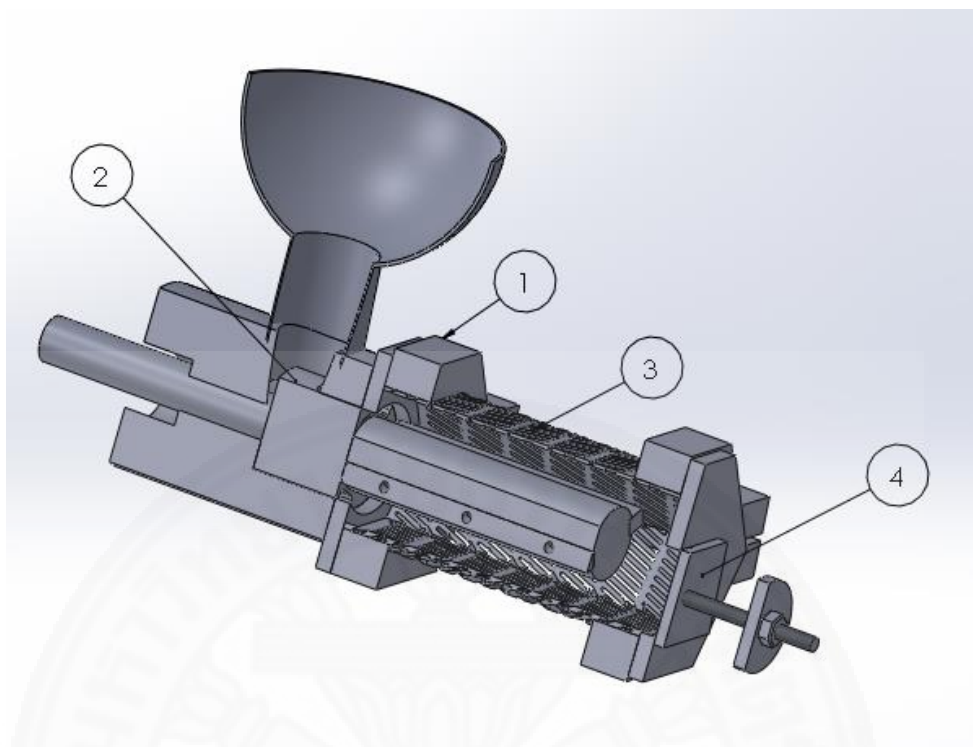
หลังจากการศึกษาสมบัติของเมล็ดมะขามสมบัติเชิงกลของเมล็ดมะขามเครื่องกะเทาะเมล็ดแบบต่างๆปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ที่จะนำมาช่วยในการออกแบบ จึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยกำหนดการออกแบบไว้ 4 ส่วน คือ เกณฑ์ในการออกแบบ รายละเอียดในการออกแบบ การกำหนดเกณฑ์ในการทดสอบ และการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

3.4.1 เกณฑ์ในการออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก

1. เป็นเครื่องขนาดเล็ก เหมาะสำหรับเกษตรกรและโรงงานขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก
2. มีสกรูเกลียวป้อนเมล็ดมะขามแบบอย่างต่อเนื่อง
3. แกนสีกมีลักษณะครีบกของแกนขัดแบบตรงและตะแกรงสีกมีขนาดรอกกว้าง 2 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร ทำมุม 20 องศากับแกนสีก
4. ด้านทางออกของเมล็ดมะขามมีตุ้มถ่วงน้ำหนักแบบเปลี่ยนได้เพื่อช่วยสร้างแรงดันภายในห้องสีก
5. กลไกการทำงานของเครื่องทำงานง่าย ๆ ผู้ปฏิบัติงานสามารถซ่อมแซมด้วยตัวเองได้โดยง่ายการบำรุงรักษาต่ำ
6. การทำงานของเครื่องจะได้รับแรงหมุนสีกจากต้นกำลัง คือมอเตอร์ไฟฟ้า
7. การปฏิบัติงานหรือการใช้งานจะใช้แรงงานไม่เกิน 2 คน

3.3.2 การกำหนดรายละเอียดในการออกแบบเครื่องกะเทาะมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก

การกำหนดรายละเอียดในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีกด้วยแกนเหล็ก โดยมีชิ้นส่วนหลัก คือ โครงเครื่อง ชุดป้อน ห้องกะเทาะ ชุดสร้างแรงดันในห้องสีก ชุดต้นกำลัง มีรายละเอียดของการออกแบบดังนี้



ภาพที่ 3.5 ภาพแสดงชิ้นส่วนเครื่องกะเทาะแบบสตีด้วยแกนเหล็ก

1. โครงเครื่อง เป็นฐานสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ และสามารถรองรับห้องกะเทาะชุดต้นกำลัง แรงต่างๆที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีความแข็งแรงโดยเลือกใช้เหล็กที่ขนาดใหญ่
2. ชุดป้อน มีหน้าที่ลำเลียงเมล็ดมะขามไปสู่ห้องกะเทาะ โดยออกแบบให้สามารถป้อนเมล็ดมะขามได้อย่างต่อเนื่อง ออกแบบให้มีเกลียวป้อนเพื่อให้การป้อนเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยการหมุนพาเมล็ดมะขามไปสู่ห้องกะเทาะ
3. ห้องกะเทาะ ออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปทรงแหลี่ยม โดยทำมาจากตะแกรงแบบร่องมีขนาด 20 มิลลิเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตร ภายในมีแกนเหล็กแบบครีตรงเพื่อใช้ในการสตี
4. ชุดสร้างแรงดันในห้องสตี ออกแบบให้มีเกลียวปรับและต็มน้ำหนัก เพื่อใช้กดแผ่นเหล็กที่ทางออกห้องสตี สามารถปรับขนาดของน้ำหนักกดได้
5. ต้นกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าและเกียร์ทดรอบ เพื่อใช้ปรับความเร็วรอบในการทดสอบ

3.4.1 การทดสอบ

ใช้เมล็ดมะขามที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ในการทดสอบครั้งละ 1000 กรัม การทดสอบโดยใช้ลูกตุ้มกดด้านทางออกเพื่อสร้างแรงดันภายในห้องสีของเมล็ดมะขามโดยใช้ต้อน้ำหนักขนาด 200, 250, 300 กรัม ทดสอบแต่ละน้ำหนักลูกตุ้มที่ความเร็วของแกนเหล็ก 100, 200, 300, 400 รอบต่อนาที ในการทดสอบแต่ละครั้ง ป้อนเมล็ดมะขามจากถังป้อนลงชุดเกลียวป้อนสู่ห้องกะเทาะ รอจนเมล็ดมะขามถูกกะเทาะจนหมดแล้วเก็บตัวอย่างการทดสอบในแต่ละการทดสอบจำนวน 1000 กรัม โดยแยกแต่ละส่วนให้ชัดเจนแล้วนำมาคัดแยกเมล็ดมะขามที่ผ่านการกะเทาะด้วยตะแกรงขนาดรู กว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 4 มิลลิเมตร และชั่งน้ำหนัก หาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง หาเปอร์เซ็นต์การนำหนักสูญเสีย ดำเนินการทดสอบ 3 ซ้ำ ในแต่ละการทดสอบ

3.4.2 การประเมินผล

ปัจจัยที่พิจารณาในการทดสอบและการประเมินผลพิจารณาจากการกะเทาะ เลือกให้หมดหรือไม่หมดโดยใช้สมการ (3.2) (3.3) (3.4) และ (3.5) ในการคำนวณ

3.4.3 การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการ ANOVA (Analysis of Variances)

บทที่ 4

ผลการหาคุณสมบัติเมล็ดและคุณสมบัติเชิงกลเมล็ดมะขาม

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม มีวิธีการดำเนินงาน ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งได้แบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน คือ การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะขาม ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลเมล็ดมะขาม การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม และการทดสอบและประเมินผลเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม ดังนั้น ได้แยกผลการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

4.1 คุณสมบัติของเมล็ดมะขาม

4.1.1 น้ำหนักและขนาดเมล็ดมะขาม

จากการใช้เครื่องชั่ง ชั่งน้ำหนักเมล็ดมะขามจำนวน 1000 เมล็ดพบว่า น้ำหนักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 กรัม น้ำหนักเมล็ดใน 0.57 กรัม น้ำหนักเปลือก 0.23 กรัม และยังพบอีกว่ามีความกว้างเฉลี่ย 10.73 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 14.14 มิลลิเมตร ความหนาเฉลี่ย 7.68 มิลลิเมตร โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์

4.1.2 ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดมะขาม

พบว่า ก่อนทำการคั่วเมล็ดมะขามมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 11.67 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการคั่วเมล็ดมะขามเป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 140 องศา ความชื้นเฉลี่ย เท่ากับ 8.35 เปอร์เซ็นต์

4.2 คุณสมบัติเชิงกลเมล็ดมะขาม

4.2.1 การหาแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออก

การหาแรงกดที่ทำให้เมล็ดมะขามแตกออกทำได้โดยการใช้เครื่องทดสอบแรงกด เลือกใช้เครื่องทดสอบที่ทำการติดตั้งโหลดเซลล์ขนาด 5 กิโลนิวตัน เพื่อให้ได้ค่าที่เที่ยงตรงที่สุด



ภาพที่ 4.1 โหลดเซลล์ขนาด 5 กิโลนิวตัน^[18]

รายการอ้างอิง

[18] ไตรภพ ประมาณพาณิชย์ และคณะ การศึกษาพฤติกรรมและกลไกการแตกหักของ
เมล็ดมะขาม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2557)

ในการจับยึดเมล็ดมะขามขณะทดลองนั้นได้ทำการสร้างอุปกรณ์จับยึดโดยที่การ
กดด้านหน้าได้ใช้หัวกดที่มีลักษณะแบนเรียบดังรูปที่ 4.2 เพื่อทำการกดเมล็ดมะขาม



ภาพที่ 4.2 หัวกดสำหรับด้านความหนา^[18]

รายการอ้างอิง

[18]] ไตรภพ ประมาณพาณิชย์ และคณะ การศึกษาพฤติกรรมและกลไกการแตกหักของ
เมล็ดมะขาม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2557)

ในการกดด้านกว้างและด้านยาวได้ทำการสร้างอุปกรณ์จับยึดให้มีลักษณะเป็น ร่องตัววี (ภาพที่ 4.3) เพื่อใช้ในการจับยึดได้อย่างมั่นคงเพราะเมล็ดมะขามมีรูปร่างที่ไม่แน่นอนจึง เป็นการยากที่จะจับยึด



ภาพที่ 4.3 หัวกดสำหรับด้านความกว้างและด้านความยาว ^[18]

รายการอ้างอิง

- [18] ไตรภพ ประมาณพาณิชย์ และคณะ การศึกษาพฤติกรรมและกลไกการแตกหักของ
เมล็ดมะขาม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2557)

รูปแบบการติดตั้งหัวกดที่ใช้ในการทดลองนั้นทางด้านหน้าจะติดตั้งแบบเรียบทั้งหัวบนและหัวล่าง ดัง(ภาพที่ 4.4)



ภาพที่ 4.4 การทดสอบการกดด้านความหนา^[18]
รายการอ้างอิง

[18] ไตรภพ ประมาณพาณิชย์ และคณะ การศึกษาพฤติกรรมและกลไกการแตกหักของ
เมล็ดมะขาม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2557)

ในส่วน of รูปแบบการติดตั้งหัวกดที่ใช้ในการทดลองนั้นทางด้านยาวและด้าน
กว้างนั้นจะติดตั้งหัวกดแบบร่องตัววีทั้งหัวบนและหัวล่าง ดัง (ภาพที่ 4.5)

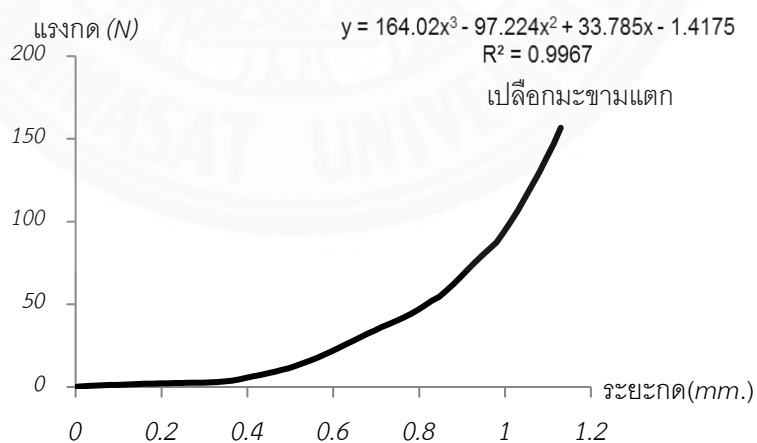


ภาพที่ 4.5 การทดสอบการกดด้านความกว้างและด้านความยาว ^[18]

รายการอ้างอิง

[18] ไตรภพ ประมาณพาณิชย์ และคณะ การศึกษาพฤติกรรมและกลไกการแตกหักของ
เมล็ดมะขาม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2557)

4.2.2 ผลแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออก



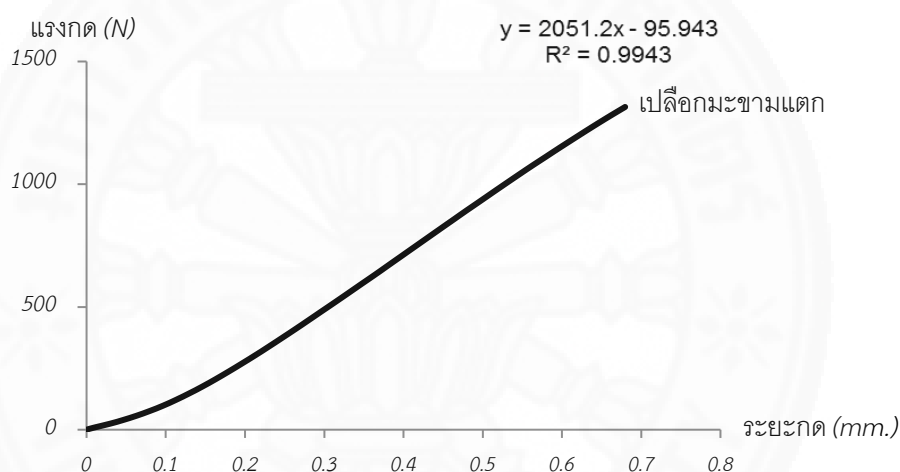
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกกับระยะกดด้านกว้าง

1. ด้านกว้าง (จาก ภาพที่ 4.6) พบว่าเมื่อแรงกดด้านกว้างเพิ่มขึ้นระยะกดของเมล็ดมะขามจะเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์เป็นแบบสมการเอ็กโพเนนเชียล

$y = 164.02x^3 - 97.224x^2 + 33.785x - 1.4175$ มีค่า $R^2 = 0.9967$ โดยแรงกดสูงสุดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกเท่ากับ 156 นิวตัน ที่ระยะกด 1.1 มิลลิเมตร พลังงานที่ทำให้เมล็ดมะขามแตกออก คำนวณได้โดยสมการ

$$\int_0^{1.1} 164.02x^3 - 97.224x^2 + 33.785x - 1.4175 \, dx \quad (4.1)$$

จากสมการที่ (4.1) สามารถหาพลังงานที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกด้านกว้างเท่ากับ 35.781 จูล

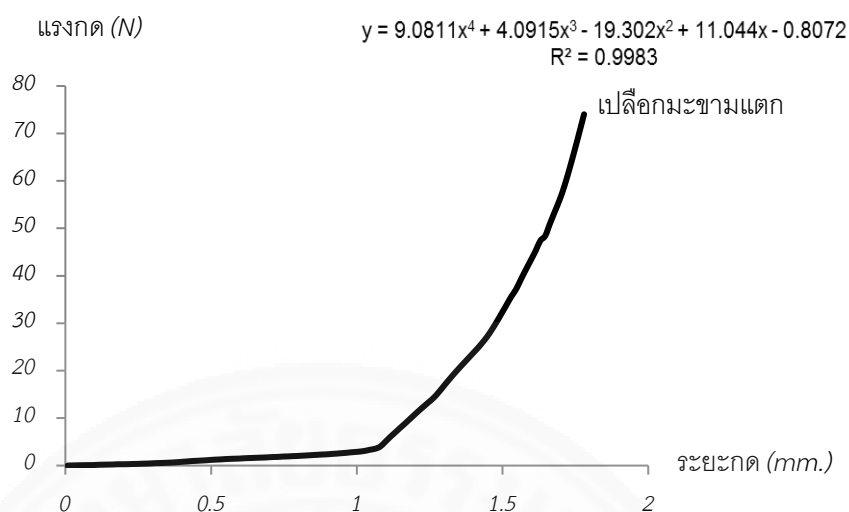


ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกกับระยะกดด้านหนา

2. ด้านหนา (จาก ภาพที่ 4.7) พบว่าเมื่อแรงกดด้านหนาเพิ่มขึ้นระยะกดของเมล็ดมะขามจะเพิ่มขึ้น โดยมีความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง $y = 2051.2x - 95.943$ มีค่า $R^2 = 0.9943$ แรงกดสูงสุดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกเท่ากับ 1245 นิวตัน ที่ระยะกด 0.8 มิลลิเมตร พลังงานที่ทำให้เมล็ดมะขามแตกออก คำนวณได้โดยสมการ

$$\int_0^{0.8} 2051.2x - 95.943 \, dx \quad (4.2)$$

จากสมการที่ (4.2) สามารถหาพลังงานที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกด้านหนา เท่ากับ 579.62 จูล



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกกับระยะกดด้านยาว

3. ด้านยาว (จาก ภาพที่ 4.8) พบว่าเมื่อแรงกดด้านกว้างเพิ่มขึ้นระยะกดของเมล็ดมะขามจะเพิ่มขึ้น ช่วงแรกมีความสัมพันธ์เป็นแบบสมการเส้นตรงในช่วงระยะกด 1.1 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจะเปลี่ยนสมการเอ็กซ์โพเนนเชียล $y = 9.0811x^4 + 4.0915x^3 - 19.302x^2 + 11.044x - 0.8072$ มีค่า $R^2 = 0.9983$ โดยแรงกดสูงสุดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกเท่ากับ 74 นิวตัน ที่ระยะกด 1.8 มิลลิเมตร พลังงานที่ทำให้เมล็ดมะขามแตกออก คำนวณได้โดยสมการ

$$\int_0^{1.8} 9.0811x^4 + 4.0915x^3 - 19.302x^2 + 11.044x - 0.8072 dx \quad (4.3)$$

จากสมการที่ (4.3) สามารถหาพลังงานที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกด้านยาวเท่ากับ 23.971 จูล

จากการทดสอบแรงกดทั้ง 3 ด้าน จะเห็นได้ว่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้เมล็ดมะขามแตกจะเกิดที่ด้านหนา และแรงกดต่ำสุดที่ทำให้เมล็ดมะขามแตกจะเกิดที่ด้านกว้าง

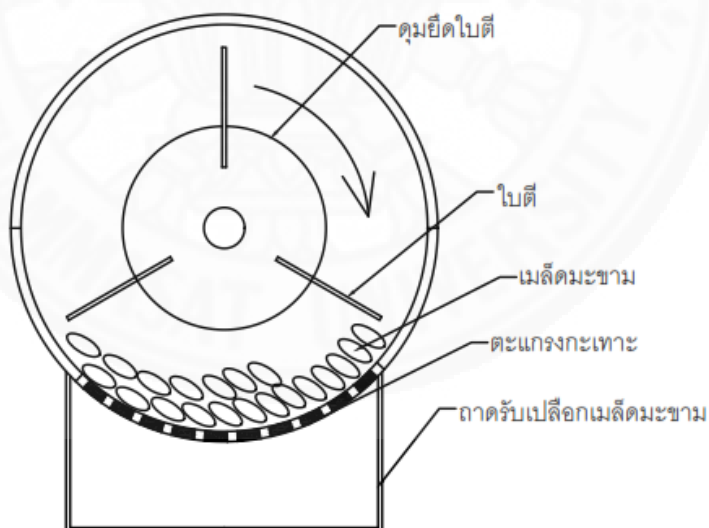
บทที่ 5

การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม

5.1 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบตี

5.1.1 แนวคิดในการออกแบบ

แนวคิดในการออกแบบเครื่องกะเทาะแบบตี โดยอาศัยหลักการหมุนของใบตีที่มีลักษณะเป็นตะแกรง หมุนตีเมล็ดมะขามโดยที่ใบตียึดติดกับดุมเพลลา (ภาพ ที่ 5.1) ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง หลังจากตีเมล็ดมะขามผ่านใบตี ตีแล้วจะทำให้เปลือกนอกของเมล็ดมะขามที่มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลแตกออก แล้วตกลงด้านล่างของห้องกะเทาะส่วนที่ด้านล่างของห้องกะเทาะทำการติดตั้งตะแกรงกะเทาะที่ทำการเจาะรูขนาด 4, 5, 6 มิลลิเมตร



ภาพที่ 5.1 แนวคิดเครื่องกะเทาะมะขามแบบตี

เพื่อให้เปลือกที่ผ่านการกะเทาะผ่านรูที่เจาะไว้แล้วลงมารับเปลือก ในส่วนของเมล็ดมะขามที่ผ่านการตีจะออกจากห้องกะเทาะทางด้านหน้าของห้องกะเทาะโดยจะอาศัยแรงดันจากการเอียงใบตีให้มีลักษณะคล้ายเกลียวพาลจึงทำให้เมล็ดมะขามที่ผ่านการตีหรือกะเทาะแล้วไหลออกทางด้านหน้าของห้องกะเทาะส่วนทางด้านหน้าห้องจะทำช่องสำหรับเมล็ดมะขามไหลออกไว้

5.1.2 แนวคิดในการกำหนดปัจจัยต่างๆ

1. ความเร็วรอบในการกะเทาะ จากการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาและประดิษฐ์เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามพบว่า

ความเร็วรอบที่ดีที่สุดคือ 500 รอบต่อนาที หรือที่ความเร็วเชิงเส้นเท่ากับ 7.85 เมตรต่อวินาที โดยใบตีเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร หรือเทียบเท่ากับ 750 รอบต่อนาที ที่ใบตีเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร

ในการทดลองกดเปลือกเมล็ดมะขามในบทที่ 4 พบว่าพลังงานที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกด้านหน้าเท่ากับ 579.62 จูล การคำนวณความเร็วที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกคำนวณได้จากสมการ

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5.1)$$

E = พลังงาน (จูล)

M = มวล (กิโลกรัม)

v = ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)

แทนค่า

$$23.78 \text{ จูล} = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ กิโลกรัม} \times v^2$$

$$v = 9.735 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

หรือคิดเป็นความเร็วรอบจากสมการ

$$v = \omega r \quad (5.2)$$

v = ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)

ω = ความเร็วรอบ (รอบต่อวินาที)

r = รัศมี (เมตร)

แทนค่า

$$\text{ความเร็วรอบแกนตี} = \frac{9.753 \times 60}{2\pi 0.1}$$

$$\text{ความเร็วรอบแกนตี} = 929 \text{ รอบต่อนาที}$$

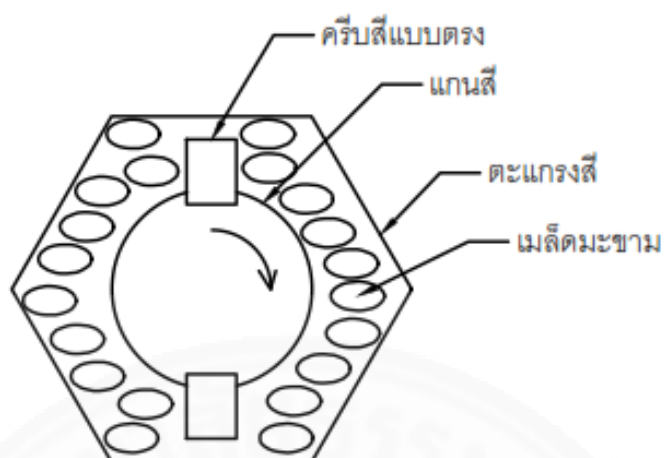
ความเร็วรอบ 929 รอบต่อนาที จึงเป็นที่มาในการทดลองครั้งนี้และกำหนดความเร็วรอบในการตีเริ่มต้นที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที เพิ่มขึ้นครั้งละ 100 รอบต่อนาที เป็น 900, 1000, 1100 รอบต่อนาที

2. ตะแกรงกะเทาะ ขนาดของรูเจาะตะแกรงกะเทาะกำหนดโดยการศึกษาจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า ได้มีการศึกษาขนาดรูตะแกรงกะเทาะแล้วที่ขนาด 8 มิลลิเมตร จึงยังไม่มีผู้ศึกษาขนาดรูเจาะที่ 4,5,6 มิลลิเมตร ในงานวิจัยครั้งนี้จึงเลือกขนาดดังกล่าว

5.2 เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสตีด้วยแกนเหล็ก

5.2.1 แนวคิดในการออกแบบ

จากการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและประดิษฐ์เครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสตีพบว่า เครื่องที่มีลักษณะใกล้เคียงกับความต้องการคือเครื่องสีกาแฟ จึงออกแบบใกล้เคียงกับเครื่องสีกาแฟโดยที่เลือกใช้ตะแกรงสีแบบเดียวกับตะแกรงสีข้าวเพื่อง่ายกับการหาชิ้นส่วน และทำการขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นทกเหลี่ยม และออกแบบแกนสตีให้มีลักษณะแบบเดียวกับการสีกาแฟเพราะจากการทดลองสีกาแฟพบว่าให้ประสิทธิภาพที่ดี ส่วนการป้อนเมล็ดมะขามอาศัยเกลียวป้อนพาเมล็ดมะขามมายังห้องสี



ภาพที่ 5.2 แนวคิดเครื่องกะเทาะมะขามแบบสีด้วยแกนเหล็ก

5.2.2 แนวคิดในการกำหนดปัจจัยต่างๆ

1. ความเร็วรอบในการกะเทาะ กำหนดให้มีความเร็วรอบของแกนสีอยู่ที่ 100, 200, 300, 400 รอบต่อนาที เพราะชุดเฟืองทดสามารถปรับความเร็วรอบได้ตามที่กล่าวมา
2. ตะแกรงกะเทาะ กำหนดให้ใช้ตะแกรงกะเทาะแบบเดียวกับ เครื่องสีข้าว โดยที่มีความกว้างของร่องเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ติดตั้งทำมุม 20 องศา กับแกนสี
3. น้ำหนักถ่วง โดยกำหนดน้ำหนักถ่วงที่ใช้ในการทดลองที่ 100, 150, 200, 250 กรัม เป็นน้ำหนักที่เริ่มต้น เกิดจากการทดสอบเบื้องต้น และง่ายต่อการทดสอบ

บทที่ 6

ผลการพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขาม

6.1 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี

6.1.1 ส่วนประกอบเครื่องกะเทาะแบบดี (ภาพที่ 6.1) และ (ภาพที่ 6.2) ดังนี้



ภาพที่ 6.1 เครื่องกะเทาะมะขามแบบดี



ภาพที่ 6.2 เครื่องกะเทาะมะขามแบบตี (แสดงชิ้นส่วนภายใน)

1. โครงสร้างเครื่อง ใช้เหล็กกล่องขนาด กว้าง 1 นิ้ว สูง 1 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร และทำการยึดติดกับถังกะเทาะและแท่นยึดมอเตอร์
2. ชุดป้อนเมล็ด อยู่ด้านล่างของถังป้อน โดยใช้แปรงพลาสติกหมุนส่งกำลัง โดยมอเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อให้เมล็ดมะขามไหลลงสู่ห้องกะเทาะอย่างสม่ำเสมอ ในอัตราการป้อน 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
3. ฝาครอบเครื่อง ใช้เหล็กแผ่นโค้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร พร้อมติดตั้งมือจับ บานพับ และตัวล็อก
4. ใบตี ขนาด กว้าง 55 มิลลิเมตร ยาว 225 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร และเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 3 ใบ ติดตั้งอยู่บนเพลายึดติดด้วยสกรู เพื่อให้ช่วยในการประกอบ ใบตีมีหน้าที่หมุนตีหรือกะเทาะ
5. ตะแกรงกะเทาะ เป็นตะแกรงเหล็กครึ่งวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร ตะแกรงกะเทาะมีรู 3 ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางรู 4, 5, 6 มิลลิเมตร
6. ต้นกำลังที่ใช้ในการทดสอบเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด ½ แรง 380 โวลต์ 3 เฟส พร้อมอินเวอร์เตอร์ที่ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบตามความต้องการ ใช้ขับใบตีในการกะเทาะเมล็ดมะขาม

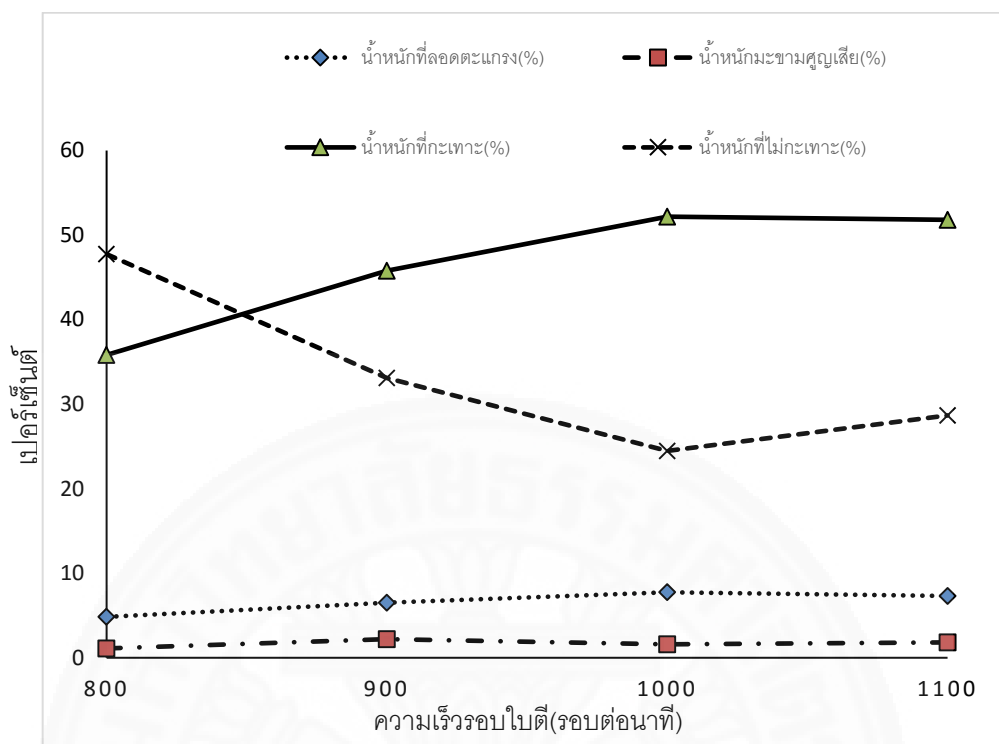
7. ถังป้อนเมล็ดมะขาม ขนาด กว้าง 250 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร สูง 200 มิลลิเมตร ติดตั้งด้านบนเครื่อง

6.1.2 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะแบบตี

ตารางที่ 6.1

ผลการกะเทาะของเมล็ดมะขามแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4, 5 และ 6 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบใบตี 800, 900, 1000, 1100 รอบ/นาที

ขนาดรู ตะแกรง (มม.)	ความเร็วรอบ ของใบตี (รอบ/ นาที)	น้ำหนักรที่ กะเทาะ(%)	น้ำหนักรที่ไม่ กะเทาะ(%)	น้ำหนักรที่หลุด ตะแกรง(%)	น้ำหนักรมะขาม สูญเสีย(%)
4	800	35.82	47.74	4.84	1.11
	900	45.77	33.09	6.51	2.20
	1000	52.18	24.47	7.75	1.58
	1100	51.79	28.68	7.30	1.81
5	800	21.83	66.41	5.28	0.29
	900	31.14	53.28	7.51	0.70
	1000	36.21	46.05	8.97	1.14
	1100	42.72	37.24	10.67	1.33
6	800	24.25	63.09	4.86	1.15
	900	36.68	46.04	7.89	0.91
	1000	43.08	37.25	9.92	0.63
	1100	47.04	30.93	10.92	1.46



ภาพที่ 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของใบตืด และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละ
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละ เมื่อใช้
ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร

1. ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร

จากตารางที่ 6.1 และภาพที่ 6.3 พบว่า

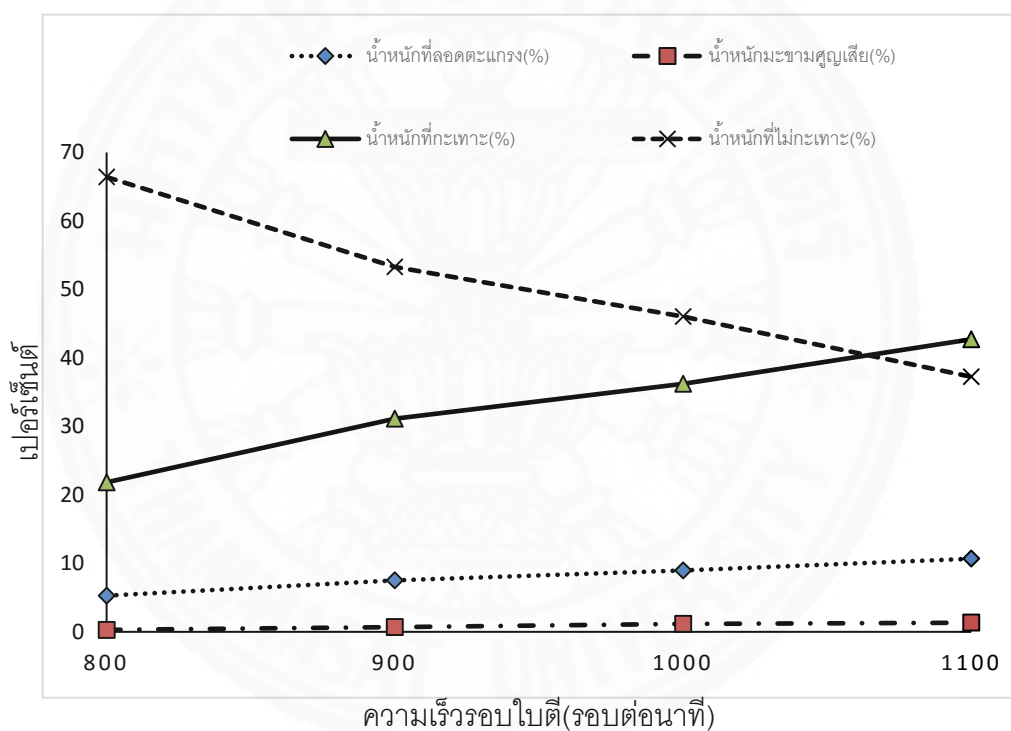
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละ เพิ่มขึ้นจาก 35.82 เป็น 52.18 เมื่อความเร็วรอบใบตืดเพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1000 รอบต่อนาที และลดลงเหลือ 51.79 ที่ความเร็วรอบใบตืด 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละ ลดลงจาก 44.74 เป็น 24.47 เมื่อความเร็วรอบใบตืดเพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1000 รอบต่อนาที และเพิ่มเป็น 28.68 ที่ความเร็วรอบใบตืด 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักลดตะแกรง เพิ่มขึ้นจาก 4.84 เป็น 7.75 เมื่อความเร็วรอบใบตีเพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1000 รอบต่อนาที และลดลงเหลือ 7.30 ที่ความเร็วรอบใบตี 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักมะขามสูญเสียน้อยอยู่ในช่วง 1.11 – 2.20 กรัม

ความเร็วรอบใบตีที่ดีที่สุดคือ 1000 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะเท่ากับ 52.18 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะเท่ากับ 24.47 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักลดตะแกรงเท่ากับ 7.75 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียน้อยเท่ากับ 1.58



ภาพที่ 6.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียน้อย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักลดตะแกรง เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร

2. ตะแกรงกะเทาะขนาด 5 มิลลิเมตร

จากตารางที่ 6.1 และภาพที่ 6.4 พบว่า

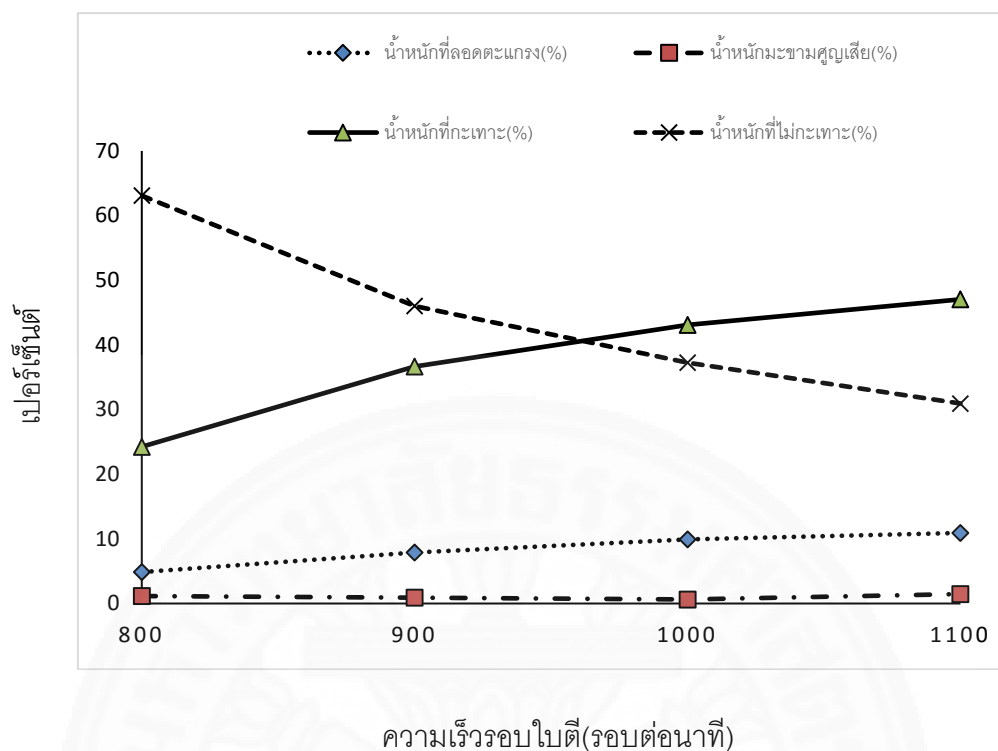
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักระเทาะ เพิ่มขึ้นจาก 21.83 เป็น 47.72 เมื่อความเร็วรอบใบตีเพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละตะแกรง ลดลงจาก 66.41 เป็น 37.24 เมื่อความเร็วรอบใบตีเพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละตะแกรง เพิ่มขึ้นจาก 5.28 เป็น 10.67 เมื่อความเร็วรอบใบตีเพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละเศษวัสดุอยู่ในช่วง 0.70 – 1.33 กรัม

ความเร็วรอบที่ดีที่สุดคือ 1100 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักระเทาะเท่ากับ 47.72 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละตะแกรงเท่ากับ 37.24 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละตะแกรงเท่ากับ 10.67 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักร้อยละเศษวัสดุเท่ากับ 1.33



ภาพที่ 6.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักรที่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรที่สูญเสี, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรที่ไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรที่ลวดตะแกรง เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร

3. ตะแกรงกะเทาะขนาด 6 มิลลิเมตร

จากตารางที่ 6.1 และภาพที่ 6.5 พบว่า

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรที่กะเทาะ เพิ่มขึ้นจาก 24.25 เป็น 47.04 เมื่อความเร็วรอบใบตี่เพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรที่ไม่กะเทาะ ลดลงจาก 63.09 เป็น 30.93 เมื่อความเร็วรอบใบตี่เพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรที่ลวดตะแกรง เพิ่มขึ้นจาก 4.84 เป็น 10.92 เมื่อความเร็วรอบใบตี่เพิ่มขึ้นจาก 800 เป็น 1100 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรที่กะเทาะสูญเสีอยู่ในช่วง 0.91 – 1.46 กรัม

ความเร็วรอบที่ดีที่สุดคือ 1100 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักระยะเท่าเท่ากับ 47.04 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม้กระยะเท่าเท่ากับ 30.93 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลอดตะแกรงเท่าเท่ากับ 10.92 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียเท่าเท่ากับ 1.46

6.1.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองการกะเทาะแบบตี

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวางแผนการทดลองสำหรับหลายปัจจัย และใช้แบบ Split Plot Design โดยกำหนด Main plot Factor ให้รู้เจาะถึงมี 3 ขนาด ขนาดที่ใช้ทดสอบคือ 4, 5, 6 มิลลิเมตร กำหนดให้ Subplot Factor คือความเร็วรอบที่ใช้ทดสอบ 800, 900, 1000, 1100 รอบต่อนาที ทดสอบอย่างต่อเนื่องจำนวน 3 ครั้ง หาความสัมพันธ์ของขนาดรูตะแกรง ความเร็วรอบใบตี ที่มีผลกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักระยะ วิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6.2

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วยรอบของใบตีและขนาดรูตะแกรงกะเทาะที่มีต่อ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ

ขนาดรูตะแกรง (มิลลิเมตร)	ความเร็วรอบของใบตี (รอบต่อนาที)				M-MEAN
	800	900	1000	1100	
4	35.820	45.770	52.177	51.790	46.389a
5	21.833	31.143	36.210	42.720	32.977c
6	24.247	36.677	43.080	47.043	37.762b
S-MEAN	27.300c	37.863b	43.822a	47.184a	39.043

หมายเหตุ : ตัวอักษร a-c ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และแถวหมายถึงไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

จากตารางที่ 6.2 พบว่า เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ในทุกขนาดของรูตะแกรง เปอร์เซ็นต์การกะเทาะจะมีความแตกต่างกันในทางสถิติ สำหรับความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบ 800 900 รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์การกะเทาะจะมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับความเร็วรอบ 1000 และ 1100 รอบต่อนาที แต่เปอร์เซ็นต์การกะเทาะที่ความเร็วรอบ 1000 และ 1100 รอบต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ในส่วนผลการทดสอบ ค่าเฉลี่ยของรูตะแกรงที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่สูงที่สุดที่ 4 มิลลิเมตร รองลงมาก็คือขนาด 6 มิลลิเมตร ความเร็วรอบที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่สูงที่สุดที่ 1000 และ 1100 รอบต่อนาที รองลงมาคือ 900 รอบต่อนาที

6.2 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสตีด้วยแกนเหล็ก

6.2.1 เครื่องกะเทาะแบบสตีด้วยแกนเหล็ก

มีส่วนประกอบสำคัญ (ภาพที่ 6.6)และ (ภาพที่ 6.7) ดังนี้



ภาพที่ 6.6 เครื่องกะเทาะมะขามแบบสตีด้วยแกนเหล็ก



ภาพที่ 6.7 ส่วนประกอบของแกนเหล็กกะเทาะเม็ลต์มะขาม

1. ถังป้อน เป็นถังรูปกรวยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบน 200 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางล่าง 50 มิลลิเมตร ความสูง 200 มิลลิเมตร
2. ห้องป้อน ภายในมีเกลียวป้อนเม็ลต์ ทำหน้าที่ลำเลียงเม็ลต์มะขามเข้าสู่ห้องกะเทาะ
3. เกลียวป้อนเม็ลต์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร ยาว 55 มิลลิเมตร และทำการขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นเกลียว ใช้วัสดุเหล็กเกรด S50C ที่ทนแรงเสียดสีได้ดี และมีความคงทนสูง ทำหน้าที่ลำเลียงเม็ลต์จากถังป้อนไปยังห้องสี
4. ห้องกะเทาะ ประกอบด้วยแกนสีและตะแกรงสี ในขณะที่แกนสีหมุนจะทำให้หน้าที่กะเทาะเม็ลต์ร่วมกับตะแกรงสี
5. แกนสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ใช้ครีบบางตรงขนาดกว้าง 12 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร และทำการสร้างโดยใช้วัสดุ เหล็กเกรด S50C เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนต่อการเสียดสีได้ดี
6. ตะแกรงสี ขนาดร่อง ยาว 20 มิลลิเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตร เลือกใช้ตะแกรงสีชนิดเดียวกับเครื่องสีข้าว และทำการขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยมให้มี

ขนาด 75 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร ตะแกรงสีจะทำหน้าที่สีกแยกเปลือกกับเมล็ดมะขาม โดยวิธีการเสียดสีเปลือกเมล็ดมะขามให้หลุดออกและตกไปยังที่รับเปลือกด้านล่าง

7. ชุดสร้างแรงดันภายในห้องสี ใช้ลูกตุ้มกดด้านทางออกของเมล็ดมะขาม โดยใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 100, 150, 200, 250 กรัม เพื่อเพิ่มแรงดันในห้องสีและออกแบบทางออกให้มีลักษณะเป็นบานพับ

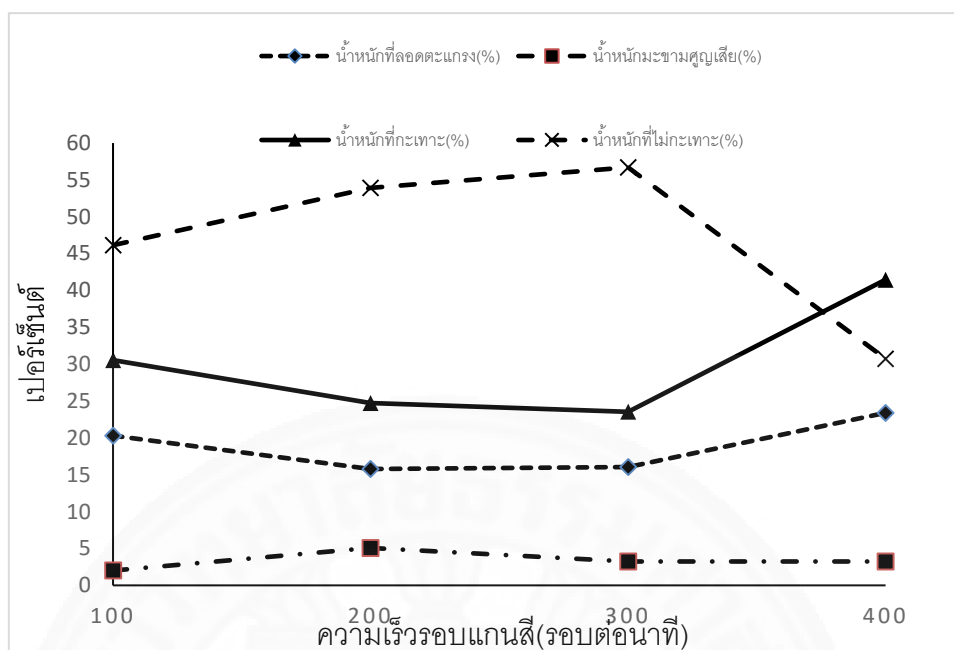
8. ต้นกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมเกียร์ทดรอบ ขนาด 2 แรงม้า 380 โวลต์ 3 เฟส พร้อมติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบตามความต้องการเพื่อใช้ขับเคลื่อนในการกะเทาะเมล็ดเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกะเทาะเมล็ดมะขาม

6.2.2 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะแบบสี

ตารางที่ 6.3

ผลการกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสีด้วยแกนเหล็ก

น้ำหนัก ถั่ว (กรัม)	ความเร็วรอบของ แกนสี (รอบ/นาที)	น้ำหนักที่ กะเทาะ(%)	น้ำหนักที่ไม่ กะเทาะ(%)	น้ำหนักที่หลุด ตะแกรง(%)	น้ำหนัก มะขาม สูญเสีย(%)
100	100	30.53	46.14	20.32	2.01
	200	24.72	53.90	15.78	5.08
	300	23.54	56.70	16.03	3.26
	400	41.47	30.74	23.40	3.24
150	100	34.49	39.13	22.63	2.77
	200	36.98	39.98	18.34	2.65
	300	34.02	43.25	18.51	3.98
	400	41.17	32.72	22.70	2.94
200	100	-	-	-	-
	200	50.36	24.22	20.89	3.48
	300	39.89	40.55	16.67	2.80
	400	39.09	34.92	22.00	3.83
250	100	-	-	-	-
	200	52.17	21.06	24.42	2.33
	300	44.63	33.06	19.42	3.66
	400	38.54	36.82	20.95	3.43



ภาพที่ 6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักระเทาะ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรีดสุญญากาศ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรีดไม่กะเทาะ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรีดสะอาด เมื่อใช้น้ำหนักถ่วง 100 กรัม

1. น้ำหนักถ่วง 100 กรัม

จากตารางที่ 6.3 และภาพที่ 6.8 พบว่า

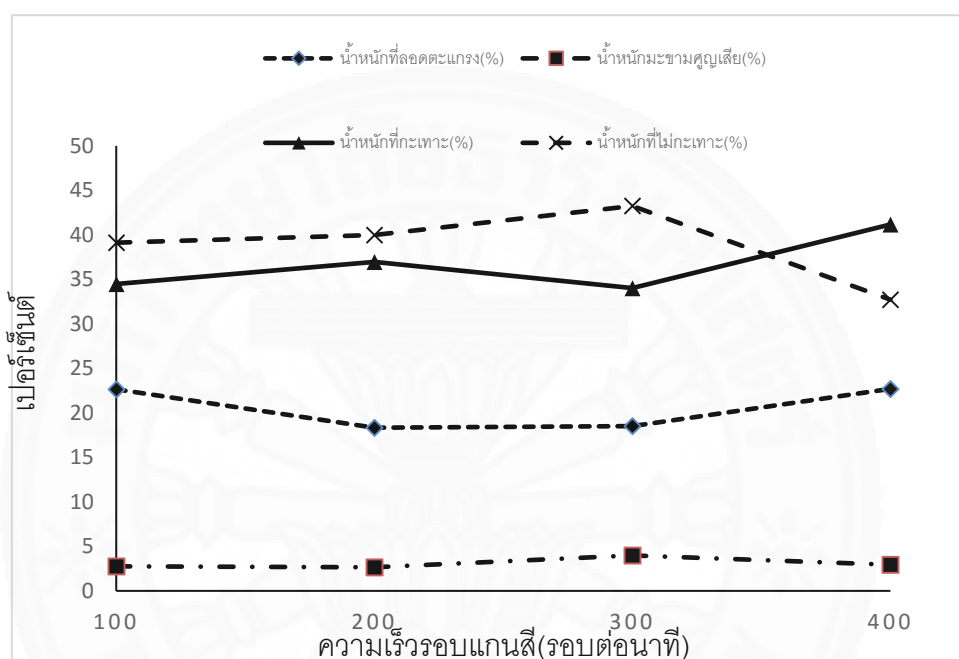
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักระเทาะลดลงจาก 30.53 เป็น 23.54 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 100 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที และเพิ่มเป็น 41.47 ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรีดไม่กะเทาะเพิ่มจาก 46.14 เป็น 56.70 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 100 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที และลดลงเหลือ 41.47 ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักรีดสะอาดลดลงจาก 20.32 เป็น 15.78 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 100 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที และเพิ่มเป็น 16.30 และ 23.40 ที่ความเร็วรอบ 200 และ 250 รอบต่อนาที ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักมะขามสุญเสียอยู่ในช่วง 2.01 – 5.08

ความเร็วรอบที่ดีที่สุดคือ 400 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะเท่ากับ 41.47 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะเท่ากับ 30.74 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรงเท่ากับ 23.4 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสุญเสียเท่ากับ 3.24



ภาพที่ 6.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสุญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง เมื่อใช้น้ำหนักถ่วง 150 กรัม

2. น้ำหนักถ่วง 150 กรัม

จากตารางที่ 6.3 และภาพที่ 6.9 พบว่า

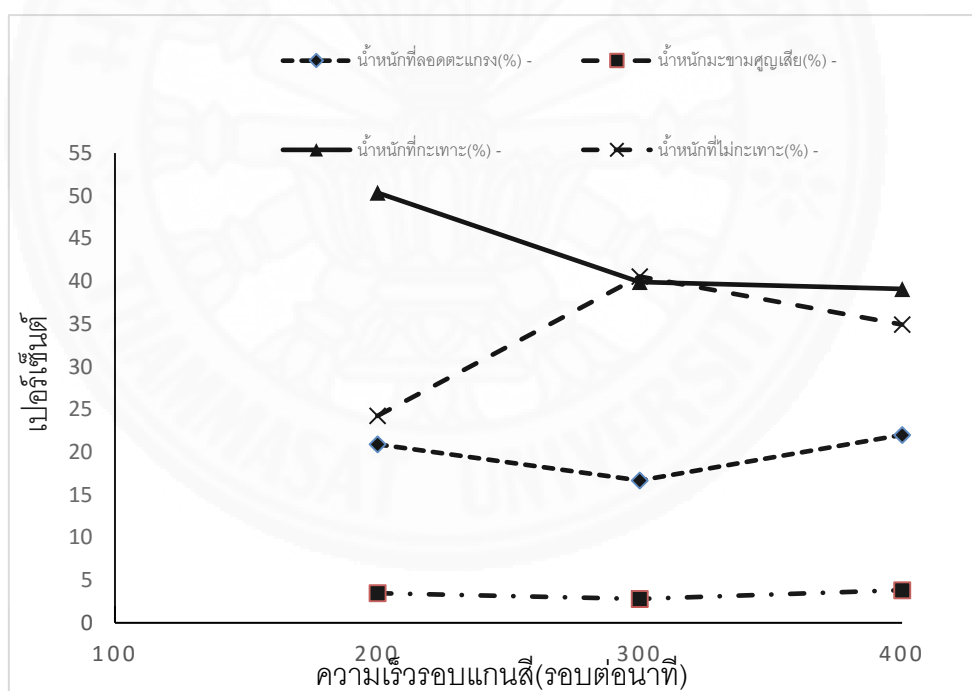
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะอยู่ในช่วง 34.02 ถึง 36.98 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 100 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที และเพิ่มเป็น 41.17 ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ไม่กะเทาะเพิ่มจาก 39.13 เป็น 43.25 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 100 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที และลดลงเหลือ 32.72 ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หลุดตะแกรงลดลงจาก 22.63 เป็น 18.34 และ 18.51 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 100 รอบต่อนาที เป็น 200 และ 300 รอบต่อนาที ตามลำดับ และเพิ่มเป็น 22.70 ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักมะขามสุญเสียอยู่ในช่วง 2.65 – 3.98

ความเร็วรอบที่ดีที่สุดคือ 400 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะเท่ากับ 41.17 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะเท่ากับ 32.72 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรงเท่ากับ 22.7 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสุญเสียเท่ากับ 2.94 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสุญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง

3. น้ำหนักถ่วง 200 กรัม

จากตารางที่ 6.3 และภาพที่ 6.10 พบว่า

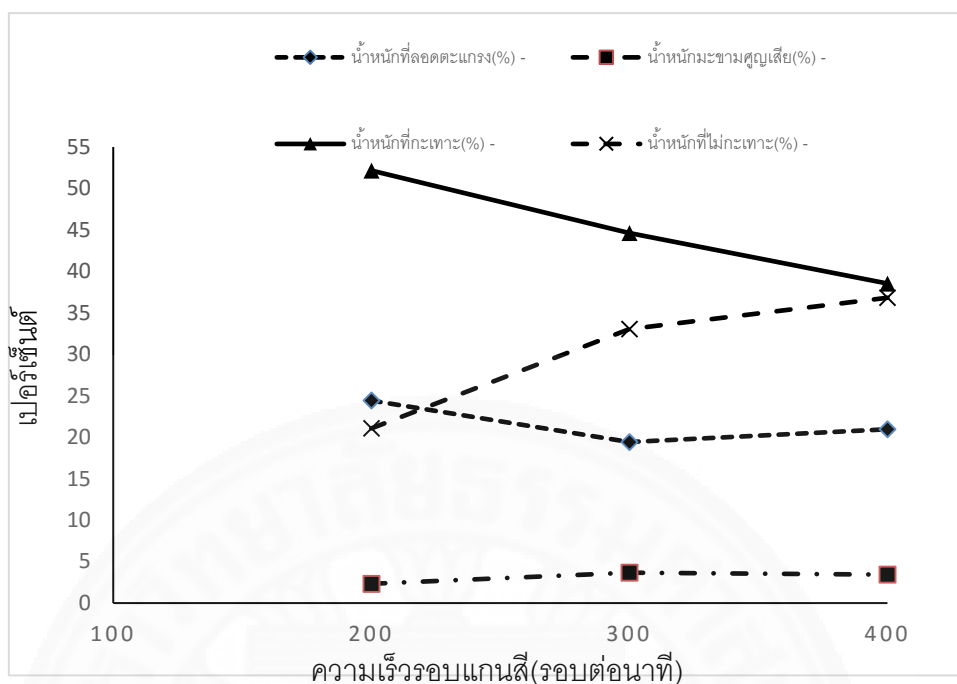
ที่ความเร็วรอบของแกนสี 100 รอบต่อนาที เมล็ดในหีองกะเทาะไม่สามารถไหลออกมาจากหีองกะเทาะได้เนื่องจากมีแรงดันไม่พอ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของแกนสี 200 รอบต่อนาที เท่ากับ 50.36 และลดลงเหลือ 39.98 และ 39.90 ที่ความเร็วรอบของแกนสี 300 และ 400 รอบต่อนาที ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ไม่กะเทาะเพิ่มจาก 24.22 เป็น 40.55 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 200 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที และลดลงเหลือ 34.92 ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หลุดตะแกรงลดลงจาก 20.89 เป็น 16.67 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 200 รอบต่อนาที เป็น 300 รอบต่อนาที ตามลำดับ และเพิ่มเป็น 22.00 ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักมะขามสุญเสียอยู่ในช่วง 2.80 – 3.83

ความเร็วรอบที่ดีที่สุดคือ 200 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะเท่ากับ 50.36 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะเท่ากับ 24.33 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรงเท่ากับ 20.89 และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสุญเสียเท่ากับ 3.48



ภาพที่ 6.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสีย, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กะเทาะ, เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรง

4. น้ำหนักถ่วง 250 กรัม

จากตารางที่ 6.3 และภาพที่ 6.11 พบว่า

ที่ความเร็วรอบของแกนสี 100 รอบต่อนาที เมล็ดในท้องกะเทาะไม่สามารถไหลออกมาจากท้องกะเทาะได้เนื่องจากมีแรงดันไม่พอ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะเท่ากับ 52.17 และลดลงเหลือ 38.54 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มจาก 200 เป็น 400 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ไม่กะเทาะเพิ่มจาก 21.06 เป็น 36.82 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มจาก 200 เป็น 400 รอบต่อนาที

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หลุดตะแกรงลดลงจาก 24.42 เป็น 19.42 และ 20.95 เมื่อความเร็วรอบของแกนสีเพิ่มขึ้นจาก 200 รอบต่อนาที เป็น 300 และ 400 รอบต่อนาที ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักมะขามสูญเสียอยู่ในช่วง 2.33 – 3.66

ความเร็วรอบที่ดีที่สุดคือ 200 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักระเทาะเท่ากับ 52.17 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักไม่กระเทาะเท่ากับ 21.06 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหลุดตะแกรงเท่ากับ 24.42 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียเท่ากับ 2.33

6.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองการกะเทาะแบบสี

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวางแผนการทดลองสำหรับหลายปัจจัย และใช้แบบ Split Plot Design โดยกำหนด Main Plot Factor ให้เป็นน้ำหนักถ่วงมี 3 ขนาด คือ 100, 150, 200, 250 กรัม กำหนดให้ Subplot Factor คือความเร็วรอบที่ใช้ทดสอบ 100, 200, 300, 400 รอบต่อนาที ทดสอบอย่างต่อเนื่องจำนวน 3 ครั้ง หาความสัมพันธ์ของน้ำหนักถ่วงและความเร็วรอบ ที่มีผลกับ เปอร์เซ็นต์เปอร์เซ็นต์น้ำหนักระเทาะ วิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6.4

การวิเคราะห์ผลของน้ำหนักถ่วง และความเร็วรอบของแกนสีที่ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักระเทาะ

ความเร็วรอบแกนสี (รอบต่อนาที)	น้ำหนักถ่วง (กรัม)				S-MEAN
	100	150	200	250	
100	30.533Ab	34.490Aa	0.000Bc	0.000Bc	16.255
200	24.720Cb	36.980Ba	50.363Aa	52.167Aa	41.058
300	23.540Cb	34.023Ba	39.887Ab	44.627Aab	35.519
400	41.467Aa	41.170Aa	39.093Ab	38.543Ab	40.068
M-MEAN	30.065	36.665	32.336	33.834	33.225

หมายเหตุ : ตัวอักษร A-C ที่เหมือนกันในแต่ละแถวหมายถึงไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ตัวอักษร a-c ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

จากตารางที่ 6.4 พบว่า

เมื่อใช้น้ำหนักถ่วง 100 กรัม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของ แกนสี 100, 200 และ 300 รอบต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของแกนสี 400 รอบต่อนาทีจะมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมี เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะเพิ่มเป็น 41.47

เมื่อใช้น้ำหนักถ่วง 150 กรัม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของ แกนสี 100, 200, 300 และ 400 รอบต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อใช้น้ำหนักถ่วง 200 กรัม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของ แกนสี 200 รอบต่อนาที มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของแกนสี 300 และ 400 รอบต่อนาที แต่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของแกนสี 300 และ 400 รอบต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อใช้น้ำหนักถ่วง 250 กรัม เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของ แกนสี 200 และ 400 รอบต่อนาที มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของแกนสี 200 และ 300 รอบต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักกะเทาะที่ความเร็วรอบของแกนสี 300 และ 400 รอบต่อนาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

7.1.1 สมบัติของเมล็ดมะขาม

น้ำหนักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 กรัม น้ำหนักเมล็ดใน 0.57 กรัม น้ำหนักเปลือก 0.23 กรัม มีความกว้างเฉลี่ย 10.73 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 14.14 มิลลิเมตร ความหนาเฉลี่ย 7.68 มิลลิเมตร

ความชื้นเฉลี่ยของเมล็ดมะขาม ก่อนทำการคั่วเท่ากับ 11.67 เปอร์เซ็นต์ หลังคั่ว เท่ากับ 8.35 เปอร์เซ็นต์

7.1.2 สมบัติของเมล็ดมะขามเชิงกล

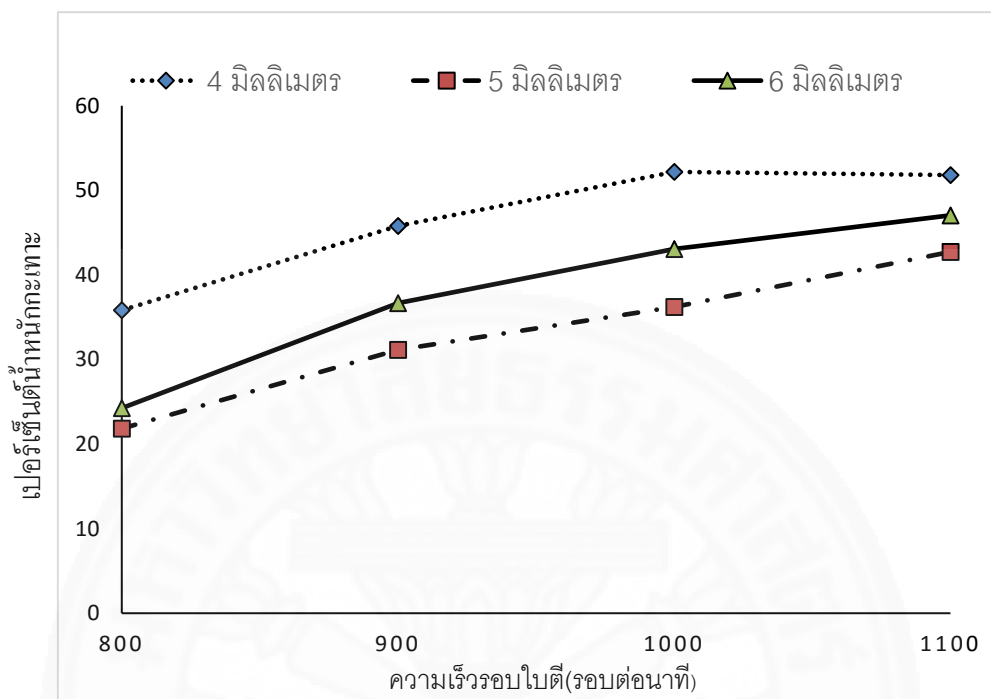
แรงกดสูงสุดที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกด้านกว้าง เท่ากับ 156 นิวตัน ด้านหนา เท่ากับ 1245 นิวตัน ด้านยาว เท่ากับ 74 นิวตัน

พลังงานที่ทำให้เมล็ดมะขามแตกออกด้านกว้าง เท่ากับ 35.781 จูล ด้านหนา เท่ากับ 579.623 จูล ด้านยาว เท่ากับ 23.971 จูล

7.1.3 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี

เครื่องกะเทาะมีความแข็งแรงทนทาน ง่ายต่อการใช้งาน สามารถปรับระดับความเร็วรอบได้หลายระดับ ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน สามารถป้อนเมล็ดมะขามครั้งละ 1000 กรัม ได้อย่างต่อเนื่อง ปริมาณเมล็ดมะขามที่กะเทาะได้สูงสุด 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

7.1.4 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี



ภาพที่ 7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี ที่ขนาดตะแกรงกะเทาะ 4, 5, และ 6 มิลลิเมตร

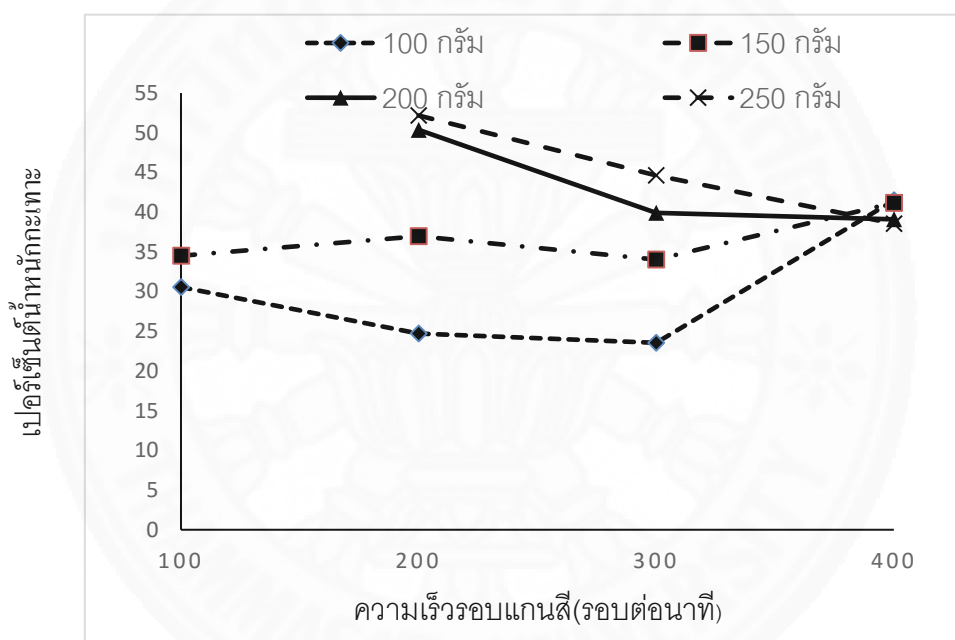
การสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบดี และทดสอบกะเทาะเมล็ดมะขามที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้ตะแกรงกะเทาะที่มีรู 3 ขนาด คือ 4, 5 และ 6 มิลลิเมตร ความเร็วของใบดี 800, 900, 1000, 1100 รอบต่อนาที จากการทดสอบพบว่า ยิ่งเพิ่มความเร็วรอบมากขึ้นส่งผลทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเช่นกัน ความเร็วรอบของใบดีและขนาดรูตะแกรงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมะขามแตกต่างกัน และการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบดีที่ดีที่สุด คือ ความเร็วรอบของใบดีเท่ากับ 1000 รอบต่อนาที และขนาดรูตะแกรงกะเทาะ 4 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดมะขามสูงสุด คือ 52.18 ประสิทธิภาพเทียบกับกะเทาะด้วยมือเท่ากับ 72 เปอร์เซ็นต์

จากการใช้การวิเคราะห์ผลในเชิงสถิติพบว่า ความเร็วรอบของใบดีกับขนาดของรูตะแกรงกะเทาะไม่มีความสัมพันธ์กันในทางสถิติ และความเร็วรอบที่ดีที่สุดทางสถิติ คือ 1000 และ 1100 รอบต่อนาที ขนาดของรูตะแกรงกะเทาะที่ดีที่สุดทางสถิติ คือ 4 มิลลิเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7.1.5 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสตีด้วยแกนเหล็ก

การออกแบบเหมาะสำหรับเกษตรกรและโรงงานขนาดเล็ก เครื่องกะเทาะมีความแข็งแรงทนทาน ง่ายต่อปฏิบัติงาน สามารถปรับระดับความเร็วรอบได้หลายระดับ สามารถปรับน้ำหนักถ่วงได้หลายระดับ สามารถป้อนเมล็ดมะขามครั้งละ 1000 กรัม ได้อย่างต่อเนื่อง ปริมาณเมล็ดมะขามที่กะเทาะได้สูงสุด 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

7.1.6 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสตีแกนเหล็ก



ภาพที่ 7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสตีด้วยแกนเหล็ก

การสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดมะขามแบบสตี และทดสอบกะเทาะเมล็ดมะขามที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้ความเร็วรอบของแกนสตี 100, 200, 300 และ 400 รอบต่อนาที น้ำหนักถ่วงเพื่อสร้างแรงดันในห้องกะเทาะ 100, 150, 200, 250 กรัม พบว่า ความเร็วรอบของแกนสตีและน้ำหนักถ่วงมีผลต่อการกะเทาะเมล็ดมะขาม และการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบสตีที่ดีที่สุด คือ ความเร็วรอบของแกนสตีเท่ากับ 200 รอบต่อนาที และน้ำหนักถ่วงที่ดีที่สุดเท่ากับ 250 กรัม ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดมะขาม

สูงสุดเท่ากับ 52.17 ประสิทธิภาพเทียบกับกะเทาะด้วยมือเท่ากับ 72 เปอร์เซ็นต์ การกะเทาะทั้งสองแบบให้ผลเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดมะขามที่ใกล้เคียงกันแต่ การกะเทาะเมล็ดมะขามนั้นควรเลือกใช้เครื่องกะเทาะแบบตีจะดีกว่าเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็กเพราะใช้เวลาการกะเทาะที่สั้นกว่า

จากการใช้การวิเคราะห์ผลในเชิงสถิติพบว่า ความเร็วรอบของแกนสีกับขนาดของน้ำหนักร่องมีความสัมพันธ์กันในทางสถิติ และ ความเร็วรอบที่ดีขึ้นอยู่กับน้ำหนักร่องที่เลือกใช้ด้วย เช่น ที่ความเร็วรอบที่ 200 รอบต่อนาที น้ำหนักร่องที่ดีและไม่แตกต่างกันที่ 150 , 200, 250 กรัม ในทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7.2 ข้อเสนอแนะ

1. เมล็ดมะขามควรทำความสะอาดก่อนที่ทำการเก็บและควรคัดทิ้งเมล็ดมะขามที่มีแมลงเจาะเพราะอาจมีไข่ของแมลงทำให้เมล็ดมะขามเสียหาย
2. ควรเลือกเมล็ดมะขามที่ใช้ในการทดลองที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เลือกใช้พันธุ์เดียวกัน
3. การเก็บรักษาเมล็ดมะขามหลังการคั่ว ควรระวังอย่าให้ความชื้นจากภายนอกเข้าทำให้การกะเทาะเป็นไปได้ยาก
4. การเลือกใช้ใบตีควรเลือกใช้วัสดุและขนาดที่เหมาะสม
5. การทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตีควรเพิ่มขนาดรูเจาะตะแกรงกะเทาะอีก 1 ขนาดเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ในทางสถิติชัดเจนเพิ่มมากขึ้น
6. แนวทางการเพิ่มสมรรถนะการกะเทาะอาจจะทำได้โดยการสร้างเครื่องที่มีการกะเทาะแบบตีและแบบสีกให้ทำงานต่อเนื่อง

รายการอ้างอิง

1. ชุติศักดิ์ สัจจงพงษ์ ,คำแนะนำการปลูกมะขามเปรี้ยว, ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://toihorticultural.blogspot.com/2013/02/v-behaviorurldefaultvmlo.html> 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556
2. ,คำศัพท์พฤกษศาสตร์, (ออนไลน์).แหล่งที่มา: <http://skybirder.blogspot.com> 3 November 2013
3. องค์การตลาดเพื่อเกษตรกร ,มะขาม, (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://www.mof.or.th/web/agriculture>. พ.ศ 2549
4. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร (ออนไลน์).แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php พฤศจิกายน พ.ศ. 2558
5. ศ.ดร.วิมล ตันติไชยากุลและนมนต์ ทิรัญผู้จัดการ Online | วิจัย | การแพทย์-สุขภาพ ใช้ แสงซินโครตรอน ,พบแป้งเม็ดมะขามเหมาะสมยารักษาโรค, (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9550000085746> 13 กรกฎาคม 2555
6. ,แป้งเม็ดมะขาม, หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจฉบับที่ 2,705 15-18 มกราคม พ.ศ. 2555 (ออนไลน์).แหล่งที่มา: <http://www.thanonline.com>
7. M. Hindun Pulungan, Sukardi, E.F. Sri Maryani, Nur Atifah and Sucipto2001 TAMARIND KERNEL POWDER (Tamarindus Indica) PROCESSING (REVIEWSONROASTING TEMPERATURE AND ROASTING DURATION)
8. ,ประโยชน์ของมะขามมะขามแปรรูป, (ออนไลน์).แหล่งที่มา: <http://www.มะขาม.com> มีนาคม 2009
9. รศ.พร้อมจิต ศรีลัมพ์ กาแฟโบราณ ,กาแฟเมล็ดมะขาม, สำนักข้อมูลสมุนไพร คณะสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2550)
10. วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน ดวงฤดี เขียววงศ์เจริญสุข ,ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว, (2554)
11. ชัยนุวัฒน์ วัชรพันธุ์อมต. ,การศึกษาการใช้ผงแป้งเมล็ดมะขามเป็นสารช่วยสร้างตะกอนร่วมกับสารส้มเพื่อลดความขุ่นของน้ำ, มหาวิทยาลัยมหิดล (2538)

12. ชัชชัย พูลดอนไพร ภาวรรณ ทรงโฉม ,การศึกษากระบวนการคั่วเมล็ดมะขาม, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2546)
13. กำพล แจ่มใส บุตรี ช้างสำลี ,การออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะขาม, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2546)
14. นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล พิมล วุฒิสินธุ์ เวียง อากรชี ปรีชา อานันท์รัตนกุล ยงยุทธ คงชำน
สุภัทร หนูสวัสดิ์การ ,พัฒนาเครื่องสีกาแฟกะลาโรบัสต้า, รายงานผลการวิจัย.
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร (2554)
15. ประชา บุญยวานิชกุล ,การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับขัดผิวเมล็ดถั่วลิสงโดยอาศัยแรง
เสียดทาน, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (2553)
16. ASAE STANDARDS ASAE S410.1 DEC97 Moisture Measurement-Peanuts
(1998)
17. ,การใช้สถิติกับงานวิจัยเกษตร, กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการเกษตร ศูนย์สารสนเทศ
กรมวิชาการเกษตร
18. ไตรภพ ประมาณพาณิชย์ พงษ์นรินทร์ ภัฏจนะ ,การศึกษาพฤติกรรมและกลไกการ
แตกหักของเมล็ดมะขาม, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2557)
19. ดร. ศรีประจักษ์ ครองสุข ,ฟิลิกส์ทั่วไป 1, ภาควิชาฟิลิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น หน้า 55-56 (2557)

ภาคผนวก ก

ตาราง ก.1 ขนาดและน้ำหนักเมสันต์มะขาม

เมสันต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมสันต์ (กรัม)
1	13.00	14.00	7.00	0.8	0.6	0.2
2	11.00	14.00	7.20	0.8	0.6	0.2
3	10.00	15.00	7.00	0.8	0.7	0.1
4	12.00	12.00	7.30	0.9	0.6	0.3
5	10.00	14.00	10.40	0.7	0.5	0.2
6	11.00	14.00	7.10	0.8	0.5	0.3
7	11.50	13.00	6.30	0.7	0.5	0.2
8	11.50	16.00	7.50	0.9	0.6	0.3
9	8.50	15.00	7.50	0.7	0.6	0.1
10	10.40	15.00	8.00	1.1	0.8	0.3
11	10.50	16.10	7.50	1.0	0.7	0.3
12	12.00	15.00	7.00	0.9	0.7	0.2
13	11.20	15.10	6.80	0.8	0.6	0.2
14	11.30	15.70	7.10	0.9	0.7	0.2
15	11.20	14.30	7.40	0.7	0.5	0.2
16	10.60	14.20	6.60	0.7	0.5	0.2
17	11.90	14.80	7.70	1.0	0.7	0.3
18	11.50	17.10	7.40	1.0	0.8	0.2
19	10.20	13.90	7.80	0.8	0.6	0.2
20	11.20	12.00	8.30	0.8	0.6	0.2
21	8.90	13.00	8.00	0.6	0.4	0.2
22	10.00	14.70	6.90	0.8	0.6	0.2
23	9.20	16.10	8.00	0.8	0.6	0.2
24	10.00	13.50	7.00	0.6	0.4	0.2
25	10.90	13.60	7.00	0.7	0.5	0.2
26	9.90	13.50	8.20	0.7	0.5	0.2
27	10.00	17.20	8.60	1.0	0.7	0.3
28	8.60	14.50	7.70	0.8	0.5	0.3
29	11.40	17.30	8.10	1.0	0.7	0.3
30	9.60	16.50	7.30	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
31	7.10	9.40	7.50	0.9	0.6	0.3
32	10.50	15.00	8.30	0.8	0.6	0.2
33	9.70	13.80	8.20	0.7	0.5	0.2
34	11.50	15.00	9.00	1.1	0.8	0.3
35	10.30	16.00	7.80	0.8	0.7	0.1
36	10.50	14.60	6.70	0.8	0.6	0.2
37	10.10	14.80	7.90	0.7	0.5	0.2
38	7.80	15.00	6.90	0.6	0.4	0.2
39	11.10	13.00	7.70	0.6	0.5	0.1
40	11.20	13.90	7.80	0.7	0.4	0.3
41	9.20	14.40	8.20	0.7	0.5	0.2
42	10.50	14.50	8.00	0.7	0.6	0.1
43	10.00	15.00	7.50	0.8	0.6	0.2
44	12.50	18.00	8.00	0.9	0.7	0.2
45	11.00	14.50	8.00	0.9	0.6	0.3
46	10.00	14.00	7.50	0.7	0.5	0.2
47	12.00	13.00	7.50	0.9	0.6	0.3
48	12.00	13.00	7.00	0.8	0.6	0.2
49	10.00	14.00	8.00	0.7	0.6	0.1
50	10.00	12.50	7.50	0.6	0.5	0.1
51	10.00	13.00	8.00	0.8	0.6	0.2
52	11.50	15.50	6.80	0.7	0.5	0.2
53	11.00	15.20	7.40	0.7	0.5	0.2
54	10.70	15.10	7.70	0.7	0.5	0.2
55	9.20	14.00	7.90	0.7	0.5	0.2
56	10.00	15.30	7.30	0.7	0.5	0.2
57	11.20	14.90	8.20	0.8	0.6	0.2
58	9.80	14.30	8.00	0.7	0.5	0.2
59	9.70	15.30	7.50	0.6	0.5	0.1
60	11.10	14.80	7.80	1.0	0.7	0.3
60	11.10	14.80	7.80	1.0	0.7	0.3
61	10.30	11.90	8.00	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
62	10.50	14.50	7.50	0.7	0.5	0.2
63	10.30	12.00	8.00	0.7	0.5	0.2
64	10.30	15.50	8.10	0.7	0.6	0.1
65	10.30	13.80	7.90	7.0	0.5	6.5
66	9.10	12.50	6.90	0.5	0.3	0.2
67	9.80	14.50	7.60	0.7	0.6	0.1
68	10.50	14.00	7.50	0.6	0.4	0.2
69	11.20	14.60	8.00	0.9	0.7	0.2
70	11.20	15.00	7.00	0.9	0.6	0.3
71	13.50	14.70	7.10	1.0	0.8	0.2
72	10.50	15.00	7.50	0.7	0.5	0.2
73	11.20	13.90	9.30	0.9	0.7	0.2
74	11.50	13.50	7.50	0.9	0.7	0.2
75	11.30	11.70	7.10	0.8	0.6	0.2
76	10.70	15.70	7.50	0.9	0.6	0.3
77	11.70	16.00	7.50	0.9	0.6	0.3
78	9.60	15.40	7.20	0.9	0.6	0.3
79	11.50	15.20	7.20	0.9	0.6	0.3
80	11.20	15.10	7.00	0.8	0.6	0.2
81	12.10	14.00	8.10	0.8	0.7	0.1
82	7.90	16.50	8.00	0.8	0.6	0.2
83	10.50	13.70	7.60	0.7	0.5	0.2
84	11.20	16.00	8.10	0.9	0.7	0.2
85	12.20	13.30	7.90	0.8	0.6	0.2
86	12.00	13.90	8.30	0.9	0.7	0.2
87	9.80	12.90	7.20	0.6	0.4	0.2
88	9.40	11.20	7.40	0.5	0.4	0.1
89	9.30	14.20	8.30	0.8	0.6	0.2
90	11.60	15.60	8.20	1.0	0.7	0.3
91	11.70	15.70	8.90	1.0	0.7	0.3
92	11.00	13.90	7.90	0.7	0.6	0.1
93	9.60	11.40	8.90	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
94	11.00	11.20	8.20	0.9	0.7	0.2
95	10.50	15.00	7.80	0.8	0.6	0.2
96	11.00	14.50	8.00	0.7	0.6	0.1
97	10.00	14.10	7.80	0.7	0.5	0.2
98	10.30	13.50	6.90	0.6	0.4	0.2
99	9.00	13.00	8.30	0.6	0.5	0.1
100	10.20	13.40	8.30	0.7	0.5	0.2
101	10.40	13.90	8.90	0.8	0.6	0.2
102	9.80	13.20	7.60	0.6	0.4	0.2
103	10.30	13.10	8.90	0.7	0.5	0.2
104	11.30	16.40	8.60	0.9	0.7	0.2
105	11.00	18.20	8.10	1.0	0.7	0.3
106	11.20	15.80	8.00	0.8	0.5	0.3
107	9.40	15.40	7.00	0.7	0.5	0.2
108	8.90	15.70	7.50	0.9	0.7	0.2
109	10.80	15.20	7.90	0.8	0.6	0.2
110	11.60	13.90	8.00	0.8	0.5	0.3
111	10.10	14.50	7.60	0.7	0.5	0.2
112	10.20	13.80	9.30	0.8	0.5	0.3
113	9.80	14.00	7.50	0.6	0.5	0.1
114	13.80	14.80	7.70	1.1	0.8	0.3
115	11.70	12.50	7.70	0.7	0.5	0.2
116	12.70	14.20	7.50	1.0	0.7	0.3
117	11.90	16.40	7.10	1.1	0.8	0.3
118	12.30	14.80	7.30	0.9	0.6	0.3
119	12.20	13.70	7.00	0.8	0.7	0.1
120	11.10	14.90	7.60	0.9	0.6	0.3
121	10.50	14.60	7.70	0.8	0.6	0.2
122	9.10	14.20	7.90	0.8	0.6	0.2
123	11.50	13.40	7.30	0.7	0.5	0.2
124	11.30	15.20	8.00	0.9	0.6	0.3
125	11.60	13.50	8.00	0.8	0.6	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
126	10.50	13.50	7.00	0.7	0.5	0.2
127	8.00	17.50	8.50	0.7	0.5	0.2
128	11.50	13.50	7.90	0.8	0.6	0.2
129	10.40	17.00	7.20	0.9	0.6	0.3
130	12.90	14.50	7.50	0.9	0.7	0.2
131	11.50	15.70	7.40	0.9	0.7	0.2
132	9.59	10.11	8.00	0.6	0.4	0.2
133	9.98	14.97	7.84	0.8	0.6	0.2
134	10.99	15.65	7.15	0.9	0.7	0.2
135	10.17	14.30	6.49	0.7	0.5	0.2
136	12.50	12.86	8.42	1.0	0.7	0.3
137	11.02	13.10	7.58	0.8	0.6	0.2
138	8.12	13.45	7.38	0.5	0.3	0.2
139	10.20	15.70	7.22	0.8	0.6	0.2
140	10.89	14.26	7.42	0.8	0.6	0.2
141	11.79	14.02	7.73	0.8	0.6	0.2
142	9.44	10.09	8.60	0.7	0.5	0.2
143	9.42	14.12	8.47	0.6	0.5	0.1
144	11.21	13.64	7.84	0.6	0.4	0.2
145	11.10	12.86	7.84	0.6	0.4	0.2
146	10.60	13.30	7.11	0.5	0.3	0.2
147	9.23	13.80	8.72	0.6	0.5	0.1
148	9.96	13.59	7.61	0.5	0.4	0.1
149	9.06	12.58	7.75	0.5	0.4	0.1
150	10.59	12.95	7.88	0.9	0.4	0.5
151	9.28	13.32	7.33	0.6	0.4	0.2
152	10.73	15.48	8.07	0.8	0.6	0.2
153	10.25	12.61	7.59	0.6	0.4	0.2
154	11.48	14.00	8.18	0.8	0.6	0.2
155	11.10	11.35	8.42	0.8	0.6	0.2
156	8.19	14.11	8.13	0.6	0.4	0.2
157	10.70	17.78	7.55	0.9	0.6	0.3

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
158	9.46	12.56	7.35	0.6	0.4	0.2
159	8.81	11.16	8.30	0.7	0.5	0.2
160	10.59	11.63	7.54	0.6	0.4	0.2
161	10.10	15.30	8.00	0.7	5	0.3
162	13.20	13.30	8.00	0.9	0.7	0.2
163	10.80	13.70	8.10	0.8	0.6	0.2
164	8.90	13.90	8.10	0.7	0.4	0.3
165	12.70	16.60	8.20	1.1	0.8	0.3
166	10.50	16.80	7.20	0.8	0.5	0.3
167	10.00	14.50	7.50	0.7	0.6	0.1
168	12.90	13.80	8.00	0.9	0.7	0.2
169	10.00	14.90	7.00	0.7	0.5	0.2
170	10.90	13.40	8.00	0.7	0.5	0.2
171	12.20	12.50	8.50	0.8	0.6	0.2
172	9.60	13.10	6.70	0.7	0.5	0.2
173	12.00	12.40	8.50	0.9	0.7	0.2
174	12.00	15.00	8.20	0.9	0.7	0.2
175	9.50	15.10	8.80	0.9	0.6	0.3
176	11.00	13.60	7.80	0.8	0.6	0.2
177	12.00	12.10	8.40	0.8	0.6	0.2
178	10.10	13.60	9.00	0.9	0.7	0.2
179	9.70	13.60	8.30	0.7	0.5	0.2
180	12.50	14.70	8.50	1.0	0.7	0.3
181	10.90	11.20	7.80	0.8	0.6	0.2
182	9.70	14.50	8.50	0.9	0.7	0.2
183	11.60	13.70	7.30	0.8	0.6	0.2
184	10.60	16.20	7.70	0.8	0.6	0.2
185	12.20	15.00	7.60	0.9	0.7	0.2
186	10.00	14.20	7.40	0.7	0.5	0.2
187	12.80	15.00	7.70	0.8	0.6	0.2
188	11.50	15.90	7.50	0.8	0.6	0.2
189	11.30	12.30	7.30	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
190	10.00	16.00	7.60	0.8	0.6	0.2
191	11.30	12.80	8.00	0.7	0.5	0.2
192	10.40	12.70	7.70	0.7	0.5	0.2
193	10.30	12.70	8.10	0.7	0.5	0.2
194	12.60	13.00	8.00	0.8	0.6	0.2
195	8.20	15.00	8.30	0.7	0.5	0.2
196	9.70	12.50	8.20	0.7	0.5	0.2
197	10.50	15.60	7.30	0.7	0.5	0.2
198	9.80	14.70	7.40	0.7	0.5	0.2
199	10.70	11.80	7.60	0.7	0.5	0.2
200	11.80	16.00	8.10	1.0	0.8	0.2
201	12.30	15.00	8.40	1.0	0.7	0.3
202	13.40	14.30	7.50	0.8	0.6	0.2
203	12.30	15.30	7.80	0.9	0.8	0.1
204	11.20	14.60	7.80	0.8	0.6	0.2
205	12.00	14.10	7.50	0.8	0.6	0.2
206	9.10	14.50	8.50	0.7	0.5	0.2
207	11.50	11.60	7.90	0.7	0.5	0.2
208	10.50	12.90	7.50	0.7	0.5	0.2
209	12.60	14.60	7.70	0.9	0.7	0.2
210	11.90	15.50	8.00	0.8	0.6	0.2
211	10.00	14.00	7.30	0.6	0.4	0.2
212	11.50	12.20	7.50	0.8	0.5	0.3
213	11.20	14.40	7.20	0.7	0.5	0.2
214	12.00	14.20	6.80	0.7	0.5	0.2
215	11.20	15.60	7.70	0.8	0.6	0.2
216	9.90	13.30	8.20	0.8	0.6	0.2
217	9.30	14.00	8.00	0.7	0.5	0.2
218	11.00	14.20	7.80	0.7	0.5	0.2
219	9.20	13.60	7.80	0.8	0.6	0.2
220	9.80	13.50	7.00	0.6	0.4	0.2
221	9.90	15.50	8.00	0.8	0.6	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมสันต์มะขาม

เมสันต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมสันต์ (กรัม)
222	11.40	14.00	8.00	0.8	0.6	0.2
223	11.80	14.60	7.10	0.8	0.6	0.2
224	10.70	14.00	8.50	1.0	0.7	0.3
225	9.50	13.60	8.50	0.8	0.6	0.2
226	11.60	13.10	6.50	0.6	0.4	0.2
227	9.00	15.40	7.40	0.7	0.5	0.2
228	9.70	12.80	8.30	0.7	0.5	0.2
229	9.20	13.30	7.50	0.6	0.4	0.2
230	9.40	14.70	8.10	0.6	0.4	0.2
231	9.70	10.00	8.00	0.6	0.4	0.2
232	9.80	12.00	7.40	0.6	0.4	0.2
233	9.50	14.80	8.00	0.8	0.5	0.3
234	10.60	13.60	7.20	0.6	0.4	0.2
235	10.70	13.70	8.30	0.9	0.7	0.2
236	12.20	15.90	7.50	0.9	0.7	0.2
237	11.90	14.80	7.10	0.9	0.6	0.3
238	11.80	14.20	7.30	0.7	0.5	0.2
239	10.10	12.60	7.00	0.5	0.4	0.1
240	9.00	15.50	7.80	0.8	0.5	0.3
241	12.00	13.50	7.00	0.7	0.5	0.2
242	12.00	16.00	7.80	1.0	0.7	0.3
243	10.40	14.00	7.40	0.7	0.6	0.1
244	12.30	16.20	7.90	1.0	0.8	0.2
245	12.00	13.50	7.40	0.8	0.6	0.2
246	9.90	14.80	7.40	0.7	0.5	0.2
247	9.80	12.00	8.40	0.7	0.5	0.2
248	10.00	13.90	7.90	0.6	0.4	0.2
249	10.60	13.80	7.00	0.7	0.5	0.2
250	10.00	14.60	6.80	0.6	0.4	0.2
251	10.60	14.90	8.10	1.0	0.6	0.4
252	9.10	13.90	7.80	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
253	10.00	16.00	7.60	0.7	0.6	0.1
254	10.20	13.70	6.30	0.6	0.4	0.2
255	9.30	14.10	7.80	0.8	0.5	0.3
256	10.50	16.20	7.60	0.8	0.6	0.2
257	10.40	16.50	7.80	0.8	0.5	0.3
258	11.60	15.78	6.20	0.7	0.5	0.2
259	11.90	14.90	7.50	0.8	0.6	0.2
260	10.30	12.90	6.30	0.5	0.4	0.1
261	11.50	12.10	7.80	0.6	0.5	0.1
262	9.50	10.60	9.00	0.7	0.5	0.2
263	10.20	11.40	8.30	0.6	0.4	0.2
264	10.30	12.99	7.90	0.6	0.4	0.2
265	11.60	15.20	7.80	0.8	0.6	0.2
266	10.60	12.60	7.80	0.7	0.5	0.2
267	10.40	13.40	7.60	0.7	0.5	0.2
268	12.90	14.90	7.80	0.8	0.6	0.2
269	12.90	17.00	7.60	1.1	0.8	0.3
270	11.90	15.60	7.60	0.8	0.6	0.2
271	9.50	12.30	7.50	0.6	0.4	0.2
272	11.10	13.30	7.20	0.7	0.5	0.2
273	11.30	14.90	8.00	0.9	0.7	0.2
274	9.90	13.50	7.70	0.8	0.5	0.3
275	10.50	10.80	8.00	0.8	0.5	0.3
276	10.40	12.20	7.30	0.6	0.5	0.1
277	10.60	13.40	7.40	0.7	0.6	0.1
278	11.60	14.50	7.70	0.9	0.7	0.2
279	11.40	14.80	7.30	0.8	0.6	0.2
280	13.00	14.90	7.40	0.8	0.6	0.2
281	10.90	15.30	8.10	0.8	0.7	0.1
282	11.20	13.20	7.60	0.7	0.5	0.2
283	10.80	12.00	7.90	0.7	0.5	0.2
284	9.00	13.30	7.40	0.6	0.4	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
285	7.90	12.70	8.70	0.6	0.5	0.1
286	11.00	13.10	6.70	0.7	0.5	0.2
287	10.60	15.00	7.50	0.8	0.6	0.2
288	12.30	15.30	7.50	0.9	0.6	0.3
289	11.00	14.50	7.50	0.9	0.7	0.2
290	10.60	15.80	7.70	0.8	0.6	0.2
291	12.50	16.20	7.60	0.8	0.6	0.2
292	10.90	13.50	7.90	0.6	0.5	0.1
293	10.60	15.50	8.40	0.8	0.6	0.2
294	11.00	14.00	7.70	0.7	0.5	0.2
295	11.60	14.80	7.60	0.9	0.6	0.3
296	10.70	13.60	8.20	0.7	0.6	0.1
297	10.00	15.60	7.50	0.7	0.5	0.2
298	10.50	17.00	8.00	1.0	0.7	0.3
299	12.90	14.00	7.00	0.7	0.5	0.2
300	10.80	14.20	7.00	0.8	0.5	0.3
301	10.00	16.55	7.80	0.8	0.6	0.2
302	10.18	14.36	7.03	0.6	0.4	0.2
303	9.19	15.48	8.39	0.8	0.6	0.2
304	13.24	14.09	7.06	0.9	0.6	0.3
305	8.90	14.49	6.13	0.5	0.4	0.1
306	9.61	13.62	7.79	0.6	0.5	0.1
307	11.73	15.80	6.40	0.6	0.4	0.2
308	8.68	12.60	7.58	0.4	0.3	0.1
309	11.19	15.00	7.33	0.6	0.4	0.2
310	8.43	11.37	8.30	0.4	0.2	0.2
311	9.79	12.90	7.33	0.4	0.2	0.2
312	11.00	13.50	7.46	0.5	0.4	0.1
313	9.73	15.75	7.49	0.5	0.4	0.1
314	10.10	14.35	7.55	0.7	0.6	0.1
315	11.52	14.70	6.80	0.7	0.5	0.2
316	10.10	11.00	8.10	0.6	0.5	0.1

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
317	8.54	13.15	7.69	0.5	0.4	0.1
318	9.26	11.26	6.16	0.4	0.3	0.1
319	9.95	12.70	7.36	0.6	0.4	0.2
320	8.85	10.90	5.31	0.3	0.2	0.1
321	9.20	10.00	8.30	0.6	0.4	0.2
322	9.10	12.90	7.00	0.5	0.3	0.2
323	9.40	13.60	8.20	0.6	0.4	0.2
324	9.30	12.30	8.20	0.6	0.5	0.1
325	9.90	12.20	7.50	0.5	0.4	0.1
326	10.90	12.70	8.00	0.8	0.6	0.2
327	9.00	13.60	8.00	0.7	0.5	0.2
328	10.20	13.00	6.70	0.6	0.4	0.2
329	11.00	12.00	8.20	0.7	0.5	0.2
330	10.60	14.40	7.70	0.8	0.6	0.2
331	10.70	14.80	8.10	0.8	0.6	0.2
332	10.30	15.40	7.40	0.8	0.6	0.2
333	10.90	11.40	7.20	0.6	0.4	0.2
334	10.90	15.90	7.10	0.8	0.6	0.2
335	13.00	17.00	6.70	0.9	0.6	0.3
336	11.70	15.10	7.70	0.9	0.7	0.2
337	10.00	14.80	8.50	0.8	0.6	0.2
338	10.20	14.20	8.00	0.7	0.5	0.2
339	10.80	12.40	7.70	0.8	0.6	0.2
340	9.50	11.60	7.70	0.7	0.5	0.2
341	9.70	12.80	8.10	0.6	0.4	0.2
342	10.20	14.60	7.60	0.7	0.5	0.2
343	11.20	14.90	7.20	0.7	0.6	0.1
344	10.50	13.80	7.50	0.6	0.5	0.1
345	9.90	14.50	7.40	0.8	0.5	0.3
346	12.50	16.70	7.80	0.9	0.7	0.2
347	9.10	16.00	8.90	1.0	0.8	0.2
348	12.50	12.90	6.10	0.7	0.6	0.1

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
349	10.70	14.40	7.80	0.7	0.5	0.2
350	7.90	14.20	8.00	0.7	0.5	0.2
351	11.60	14.90	5.00	0.7	0.5	0.2
352	9.80	14.50	8.10	0.9	0.6	0.3
353	9.90	14.80	8.50	0.8	0.6	0.2
354	11.80	13.90	7.60	0.8	0.5	0.3
355	9.60	13.90	7.80	0.7	0.5	0.2
356	12.00	12.90	6.90	0.8	0.6	0.2
357	11.20	15.10	7.10	0.7	0.6	0.1
358	10.40	14.20	7.60	0.8	0.6	0.2
359	10.30	14.90	8.40	0.8	0.6	0.2
360	10.80	13.80	8.20	0.9	0.6	0.3
361	13.00	13.00	6.80	0.8	0.6	0.2
362	11.50	12.90	10.20	0.7	0.5	0.2
363	10.00	12.60	8.50	0.8	0.6	0.2
364	11.10	12.40	7.00	0.9	0.7	0.2
365	9.50	13.40	8.00	0.7	0.5	0.2
366	10.40	15.60	7.20	0.7	0.5	0.2
367	10.80	15.10	8.20	0.9	0.6	0.3
368	11.20	13.50	7.80	0.7	0.5	0.2
369	11.30	11.30	8.10	0.7	0.5	0.2
370	11.00	14.50	8.00	0.8	0.6	0.2
371	12.50	16.30	6.60	0.9	0.6	0.3
372	9.80	13.20	8.40	0.7	0.5	0.2
373	10.80	13.70	7.80	0.8	0.6	0.2
374	10.50	16.50	8.00	1.0	0.7	0.3
375	13.10	15.00	7.80	0.9	0.6	0.3
376	11.30	13.80	8.10	0.9	0.6	0.3
377	10.40	15.70	8.00	0.8	0.6	0.2
378	10.80	13.00	8.00	0.7	0.5	0.2
379	8.90	14.60	8.80	0.9	0.6	0.3
380	11.60	14.80	8.50	0.9	0.7	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมสันต์มะขาม

เมสันต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมสันต์ (กรัม)
381	10.20	15.50	7.5	0.9	0.6	0.3
382	9.00	15.70	8.9	1.0	0.6	0.4
383	9.10	16.50	7.8	0.8	0.6	0.2
384	11.20	14.90	6.9	0.6	0.5	0.1
385	10.10	13.80	7.6	0.7	0.5	0.2
386	9.30	15.50	9.0	0.9	0.6	0.3
387	10.70	17.00	7.5	1.0	0.6	0.4
388	9.90	14.50	7.5	0.8	0.5	0.3
389	10.20	13.10	7.7	0.7	0.5	0.2
390	10.30	11.90	7.5	0.7	0.5	0.2
391	11.40	13.80	7.3	0.8	0.6	0.2
392	12.40	14.00	7.3	0.7	0.5	0.2
393	12.30	13.00	6.6	0.8	0.6	0.2
394	13.20	14.70	6.1	0.7	0.5	0.2
395	10.80	13.80	7.1	0.7	0.4	0.3
396	11.30	13.70	7.8	0.8	0.6	0.2
397	10.50	14.10	8.5	0.9	0.6	0.3
398	11.70	12.30	8.2	0.9	0.7	0.2
399	11.80	14.60	7.8	0.8	0.6	0.2
400	12.60	16.50	7.8	1.0	0.7	0.3
401	9.90	15.10	9.8	0.9	0.6	0.3
402	13.20	13.50	7.2	0.9	0.7	0.2
403	12.00	15.90	7.9	1.0	0.8	0.2
404	11.90	15.30	7.6	0.9	0.7	0.2
405	10.30	16.00	7.3	0.8	0.6	0.2
406	13.00	13.60	7.8	0.9	0.6	0.3
407	11.60	14.40	7.8	0.9	0.7	0.2
408	11.70	12.70	7.3	0.8	0.6	0.2
409	10.90	15.10	8.0	0.9	0.7	0.2
410	10.40	14.60	7.5	0.8	0.5	0.3
411	10.80	15.30	6.5	0.8	0.5	0.3
412	11.70	13.70	7.5	0.8	0.6	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
413	12.80	15.70	7.20	1.0	0.7	0.3
414	9.90	15.40	8.20	1.0	0.7	0.3
415	11.20	14.10	8.00	0.9	0.6	0.3
416	10.90	14.80	8.40	0.9	0.6	0.3
417	11.80	15.10	8.20	0.9	0.6	0.3
418	10.50	14.80	7.70	0.8	0.6	0.2
419	10.70	14.50	7.60	0.8	0.5	0.3
420	10.40	13.70	7.60	0.8	0.6	0.2
421	10.80	14.30	8.20	0.8	0.6	0.2
422	10.50	15.20	8.00	0.8	0.6	0.2
423	11.00	13.40	8.00	0.8	0.6	0.2
424	10.50	14.30	7.60	0.7	0.5	0.2
425	11.40	12.00	8.00	0.7	0.5	0.2
426	10.00	15.40	7.50	0.7	0.5	0.2
427	10.40	14.90	7.10	0.7	0.5	0.2
428	10.30	14.80	7.80	0.7	0.6	0.1
429	11.00	14.30	7.80	0.8	0.6	0.2
430	13.10	15.10	7.40	0.9	0.6	0.3
431	11.10	12.00	8.20	0.9	0.6	0.3
432	11.10	11.50	8.30	0.7	0.5	0.2
433	11.20	13.00	7.90	0.7	0.6	0.1
434	10.80	14.10	6.50	0.7	0.5	0.2
435	14.40	14.90	7.50	0.7	0.5	0.2
436	11.30	12.90	7.50	0.7	0.5	0.2
437	10.00	11.60	6.80	0.6	0.4	0.2
438	9.90	11.80	6.90	0.6	0.4	0.2
439	10.50	16.30	6.00	0.6	0.4	0.2
440	10.30	14.00	7.20	0.6	0.5	0.1
441	9.70	13.90	7.10	0.6	0.5	0.1
442	10.10	12.30	7.00	0.6	0.4	0.2
443	9.40	15.60	6.60	0.6	0.5	0.1
444	11.80	13.50	6.50	0.6	0.4	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมสันต์มะขาม

เมสันต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมสันต์ (กรัม)
444	11.80	13.50	6.50	0.6	0.4	0.2
445	9.80	15.10	7.60	0.6	0.5	0.1
446	11.20	11.90	7.60	0.6	0.5	0.1
447	11.20	13.60	6.60	0.6	0.5	0.1
448	9.80	13.20	7.20	0.6	0.4	0.2
449	11.10	14.30	7.90	1.0	0.8	0.2
450	12.20	15.50	7.70	0.9	0.7	0.2
451	12.40	17.70	8.00	1.2	0.9	0.3
452	11.40	17.00	7.70	0.9	0.6	0.3
453	10.60	15.60	7.70	0.8	0.6	0.2
454	12.30	15.80	7.90	1.0	0.7	0.3
455	11.60	13.40	7.90	0.7	0.5	0.2
456	11.70	13.60	7.60	0.8	0.6	0.2
457	11.00	13.80	8.70	0.8	0.6	0.2
458	10.70	15.10	7.60	0.9	0.6	0.3
459	11.20	13.80	7.90	0.7	0.6	0.1
460	11.10	12.90	9.10	0.8	0.7	0.1
461	11.70	14.40	7.10	0.9	0.6	0.3
462	9.00	15.80	7.60	0.8	0.5	0.3
463	8.30	18.00	7.70	0.8	0.5	0.3
464	9.70	14.40	7.10	0.7	0.5	0.2
465	11.50	13.70	7.30	0.8	0.5	0.3
466	10.70	13.30	7.50	0.8	0.6	0.2
467	12.50	14.30	7.00	0.7	0.6	0.1
468	9.70	13.70	7.20	0.6	0.4	0.2
469	10.80	13.00	7.70	0.7	0.5	0.2
470	11.10	13.20	0.80	0.8	0.6	0.2
471	10.50	14.30	7.80	0.8	0.6	0.2
472	12.10	15.20	7.60	0.9	0.7	0.2
473	11.10	15.10	8.40	0.8	0.6	0.2
474	12.30	13.80	7.20	0.8	0.6	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
475	10.60	12.10	8.30	0.7	0.6	0.1
476	9.50	11.80	8.40	0.6	0.4	0.2
477	9.40	14.70	7.30	0.7	0.5	0.2
478	12.30	14.70	9.00	0.8	0.7	0.1
479	11.20	14.60	8.50	0.8	0.6	0.2
480	12.00	13.40	7.80	0.8	0.6	0.2
481	11.00	16.50	6.90	0.9	0.6	0.3
482	11.70	15.50	7.70	0.9	0.7	0.2
483	11.10	16.30	7.80	0.8	0.6	0.2
484	10.00	15.60	7.20	0.7	0.6	0.1
485	10.90	14.80	7.80	0.8	0.6	0.2
486	11.20	13.70	7.80	0.9	0.7	0.2
487	11.90	14.10	6.90	0.7	0.5	0.2
488	10.50	15.70	7.60	0.8	0.6	0.2
489	11.00	15.50	7.50	0.8	0.6	0.2
490	11.00	13.30	7.70	0.8	0.5	0.3
458	10.70	15.10	7.60	0.9	0.6	0.3
490	11.00	13.30	7.70	0.8	0.5	0.3
491	11.40	13.50	7.00	0.8	0.5	0.3
492	10.50	15.70	7.00	0.7	0.5	0.2
493	10.80	12.90	7.80	0.8	0.5	0.3
494	10.50	14.10	7.00	0.7	0.5	0.2
495	11.00	13.60	8.60	0.9	0.6	8.4
496	9.40	15.50	8.10	0.7	0.6	0.1
497	11.00	12.40	7.40	0.7	0.5	0.2
498	10.60	13.10	8.10	0.7	0.5	0.2
499	10.90	11.20	6.80	0.6	0.5	0.1
500	10.70	13.20	8.00	0.8	0.5	0.3
501	10.30	11.90	7.50	0.7	0.5	0.2
502	11.40	13.80	7.30	0.8	0.6	0.2
503	12.40	14.00	7.30	0.7	0.5	0.2
504	12.30	13.00	6.60	0.8	0.6	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
505	13.20	14.70	6.10	0.7	0.5	0.2
506	10.80	13.80	7.10	0.7	0.4	0.3
507	11.30	13.70	7.80	0.8	0.6	0.2
508	10.50	14.10	8.50	0.9	0.6	0.3
509	11.70	12.30	8.20	0.9	0.7	0.2
510	11.80	14.60	7.80	0.8	0.6	0.2
511	12.60	16.50	7.80	1.0	0.7	0.3
512	9.90	15.10	9.80	0.9	0.6	0.3
513	13.20	13.50	7.20	0.9	0.7	0.2
514	12.00	15.90	7.90	1.0	0.8	0.2
515	11.90	15.30	7.60	0.9	0.7	0.2
516	10.30	16.00	7.30	0.8	0.6	0.2
517	13.00	13.60	7.80	0.9	0.6	0.3
518	11.60	14.40	7.80	0.9	0.7	0.2
519	11.70	12.70	7.30	0.8	0.6	0.2
520	10.90	15.10	8.00	0.9	0.7	0.2
521	10.40	14.60	7.50	0.8	0.5	0.3
522	10.80	15.30	6.50	0.8	0.5	0.3
523	11.70	13.70	7.50	0.8	0.6	0.2
524	12.80	15.70	7.20	1.0	0.7	0.3
525	9.90	15.40	8.20	1.0	0.7	0.3
526	11.20	14.10	8.00	0.9	0.6	0.3
527	10.90	14.80	8.40	0.9	0.6	0.3
528	11.80	15.10	8.20	0.9	0.6	0.3
529	10.50	14.80	7.70	0.8	0.6	0.2
530	10.70	14.50	7.60	0.8	0.5	0.3
531	10.40	13.70	7.60	0.8	0.6	0.2
532	10.80	14.30	8.20	0.8	0.6	0.2
533	10.50	15.20	8.00	0.8	0.6	0.2
534	11.00	13.40	8.00	0.8	0.6	0.2
535	10.50	14.30	7.60	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
536	11.40	12.00	8.00	0.7	0.5	0.2
537	10.00	15.40	7.50	0.7	0.5	0.2
538	10.40	14.90	7.10	0.7	0.5	0.2
539	10.30	14.80	7.80	0.7	0.6	0.1
540	11.00	14.30	7.80	0.8	0.6	0.2
541	13.10	15.10	7.40	0.9	0.6	0.3
542	11.10	12.00	8.20	0.9	0.6	0.3
543	11.10	11.50	8.30	0.7	0.5	0.2
544	11.20	13.00	7.90	0.7	0.6	0.1
545	10.80	14.10	6.50	0.7	0.5	0.2
546	14.40	14.90	7.50	0.7	0.5	0.2
547	11.30	12.90	7.50	0.7	0.5	0.2
548	10.00	11.60	6.80	0.6	0.4	0.2
549	9.90	11.80	6.90	0.6	0.4	0.2
550	10.50	16.30	6.00	0.6	0.4	0.2
551	10.30	14.00	7.20	0.6	0.5	0.1
552	9.70	13.90	7.10	0.6	0.5	0.1
553	10.10	12.30	7.00	0.6	0.4	0.2
554	9.40	15.60	6.60	0.6	0.5	0.1
555	11.80	13.50	6.50	0.6	0.4	0.2
556	9.80	15.10	7.60	0.6	0.5	0.1
557	11.20	11.90	7.60	0.6	0.5	0.1
558	11.20	13.60	6.60	0.6	0.5	0.1
559	9.80	13.20	7.20	0.6	0.4	0.2
560	11.10	14.30	7.90	1.0	0.8	0.2
561	12.20	15.50	7.70	0.9	0.7	0.2
562	12.40	17.70	8.00	1.2	0.9	0.3
563	11.40	17.00	7.70	0.9	0.6	0.3
564	10.60	15.60	7.70	0.8	0.6	0.2
565	12.30	15.80	7.90	1.0	0.7	0.3
566	11.60	13.40	7.90	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
567	11.70	13.60	7.60	0.8	0.6	0.2
568	11.00	13.80	8.70	0.8	0.6	0.2
569	10.70	15.10	7.60	0.9	0.6	0.3
570	11.20	13.80	7.90	0.7	0.6	0.1
571	11.10	12.90	9.10	0.8	0.7	0.1
572	11.70	14.40	7.10	0.9	0.6	0.3
573	9.00	15.80	7.60	0.8	0.5	0.3
574	8.30	18.00	7.70	0.8	0.5	0.3
575	9.70	14.40	7.10	0.7	0.5	0.2
573	9.00	15.80	7.60	0.8	0.5	0.3
574	8.30	18.00	7.70	0.8	0.5	0.3
575	9.70	14.40	7.10	0.7	0.5	0.2
576	11.50	13.70	7.30	0.8	0.5	0.3
577	10.70	13.30	7.50	0.8	0.6	0.2
578	12.50	14.30	7.00	0.7	0.6	0.1
579	9.70	13.70	7.20	0.6	0.4	0.2
580	10.80	13.00	7.70	0.7	0.5	0.2
581	11.10	13.20	8.00	0.8	0.6	0.2
582	10.50	14.30	7.80	0.8	0.6	0.2
583	12.10	15.20	7.60	0.9	0.7	0.2
584	11.10	15.10	8.40	0.8	0.6	0.2
585	12.30	13.80	7.20	0.8	0.6	0.2
586	10.60	12.10	8.30	0.7	0.6	0.1
587	9.50	11.80	8.40	0.6	0.4	0.2
588	9.40	14.70	7.30	0.7	0.5	0.2
589	12.30	14.70	9.00	0.8	0.7	0.1
590	11.20	14.60	8.50	0.8	0.6	0.2
591	12.00	13.40	7.80	0.8	0.6	0.2
592	11.00	16.50	6.90	0.9	0.6	0.3
593	11.70	15.50	7.70	0.9	0.7	0.2
594	11.10	16.30	7.80	0.8	0.6	0.2
595	10.00	15.60	7.20	0.7	0.6	0.1

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
596	10.90	14.80	7.80	0.8	0.6	0.2
597	11.20	13.70	7.80	0.9	0.7	0.2
598	11.90	14.10	6.90	0.7	0.5	0.2
599	10.50	15.70	7.60	0.8	0.6	0.2
600	11.00	15.50	7.50	0.8	0.6	0.2
601	11.00	13.30	7.70	0.8	0.5	0.3
602	11.40	13.50	7.00	0.8	0.5	0.3
603	10.50	15.70	7.00	0.7	0.5	0.2
604	10.80	12.90	7.80	0.8	0.5	0.3
605	10.50	14.10	7.00	0.7	0.5	0.2
606	11.00	13.60	8.60	0.9	0.6	8.4
607	9.40	15.50	8.10	0.7	0.6	0.1
608	11.00	12.40	7.40	0.7	0.5	0.2
609	10.60	13.10	8.10	0.7	0.5	0.2
610	10.90	11.20	6.80	0.6	0.5	0.1
611	10.70	13.20	8.00	0.8	0.5	0.3
612	10.00	16.55	7.80	0.8	0.6	0.2
613	10.18	14.36	7.03	0.6	0.4	0.2
614	9.19	15.48	8.39	0.8	0.6	0.2
615	13.24	14.09	7.06	0.9	0.6	0.3
616	8.90	14.49	6.13	0.5	0.4	0.1
617	9.61	13.62	7.79	0.6	0.5	0.1
618	11.73	15.80	6.40	0.6	0.4	0.2
619	8.68	12.60	7.58	0.4	0.3	0.1
620	11.19	15.00	7.33	0.6	0.4	0.2
621	8.43	11.37	8.30	0.4	0.2	0.2
622	9.79	12.90	7.33	0.4	0.2	0.2
623	11.00	13.50	7.46	0.5	0.4	0.1
624	9.73	15.75	7.49	0.5	0.4	0.1
625	10.10	14.35	7.55	0.7	0.6	0.1
626	11.52	14.70	6.80	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
627	10.10	11.00	8.10	0.6	0.5	0.1
628	8.54	13.15	7.69	0.5	0.4	0.1
629	9.26	11.26	6.16	0.4	0.3	0.1
630	9.95	12.70	7.36	0.6	0.4	0.2
631	8.85	10.90	5.31	0.3	0.2	0.1
632	9.20	10.00	8.30	0.6	0.4	0.2
633	9.10	12.90	7.00	0.5	0.3	0.2
634	9.40	13.60	8.20	0.6	0.4	0.2
635	9.30	12.30	8.20	0.6	0.5	0.1
636	9.90	12.20	7.50	0.5	0.4	0.1
637	10.90	12.70	8.00	0.8	0.6	0.2
638	9.00	13.60	8.00	0.7	0.5	0.2
639	10.20	13.00	6.70	0.6	0.4	0.2
640	11.00	12.00	8.20	0.7	0.5	0.2
641	10.60	14.40	7.70	0.8	0.6	0.2
642	10.70	14.80	8.10	0.8	0.6	0.2
643	10.30	15.40	7.40	0.8	0.6	0.2
644	10.90	11.40	7.20	0.6	0.4	0.2
645	10.90	15.90	7.10	0.8	0.6	0.2
646	13.00	17.00	6.70	0.9	0.6	0.3
647	11.70	15.10	7.70	0.9	0.7	0.2
648	10.00	14.80	8.50	0.8	0.6	0.2
649	10.20	14.20	8.00	0.7	0.5	0.2
650	10.80	12.40	7.70	0.8	0.6	0.2
651	9.50	11.60	7.70	0.7	0.5	0.2
652	9.70	12.80	8.10	0.6	0.4	0.2
653	10.20	14.60	7.60	0.7	0.5	0.2
654	11.20	14.90	7.20	0.7	0.6	0.1
655	10.50	13.80	7.50	0.6	0.5	0.1
656	9.90	14.50	7.40	0.8	0.5	0.3
657	12.50	16.70	7.80	0.9	0.7	0.2
658	9.10	16.00	8.90	1.0	0.8	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
659	12.50	12.90	6.10	0.7	0.6	0.1
660	10.70	14.40	7.80	0.7	0.5	0.2
661	7.90	14.20	8.00	0.7	0.5	0.2
662	11.60	14.90	5.00	0.7	0.5	0.2
663	9.80	14.50	8.10	0.9	0.6	0.3
664	9.90	14.80	8.50	0.8	0.6	0.2
665	11.80	13.90	7.60	0.8	0.5	0.3
666	9.60	13.90	7.80	0.7	0.5	0.2
667	12.00	12.90	6.90	0.8	0.6	0.2
668	11.20	15.10	7.10	0.7	0.6	0.1
669	10.40	14.20	7.60	0.8	0.6	0.2
670	10.30	14.90	8.40	0.8	0.6	0.2
671	10.80	13.80	8.20	0.9	0.6	0.3
672	13.00	13.00	6.80	0.8	0.6	0.2
673	11.50	12.90	10.20	0.7	0.5	0.2
674	10.00	12.60	8.50	0.8	0.6	0.2
675	11.10	12.40	7.00	0.9	0.7	0.2
676	9.50	13.40	8.00	0.7	0.5	0.2
677	10.40	15.60	7.20	0.7	0.5	0.2
678	10.80	15.10	8.20	0.9	0.6	0.3
679	11.20	13.50	7.80	0.7	0.5	0.2
680	11.30	11.30	8.10	0.7	0.5	0.2
681	11.00	14.50	8.00	0.8	0.6	0.2
682	12.50	16.30	6.60	0.9	0.6	0.3
683	9.80	13.20	8.40	0.7	0.5	0.2
684	10.80	13.70	7.80	0.8	0.6	0.2
685	10.50	16.50	8.00	1.0	0.7	0.3
686	13.10	15.00	7.80	0.9	0.6	0.3
687	11.30	13.80	8.10	0.9	0.6	0.3
688	10.40	15.70	8.00	0.8	0.6	0.2
689	10.80	13.00	8.00	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
690	8.90	14.60	8.80	0.9	0.6	0.3
691	11.60	14.80	8.50	0.9	0.7	0.2
692	10.20	15.50	7.50	0.9	0.6	0.3
693	9.00	15.70	8.90	1.0	0.6	0.4
694	9.10	16.50	7.80	0.8	0.6	0.2
695	11.20	14.90	6.90	0.6	0.5	0.1
696	10.10	13.80	7.60	0.7	0.5	0.2
697	9.30	15.50	9.00	0.9	0.6	0.3
698	10.70	17.00	7.50	1.0	0.6	0.4
699	9.90	14.50	7.50	0.8	0.5	0.3
700	10.20	13.10	7.70	0.7	0.5	0.2
701	11.80	16.00	8.10	1.0	0.8	0.2
702	12.30	15.00	8.40	1.0	0.7	0.3
703	13.40	14.30	7.50	0.8	0.6	0.2
704	12.30	15.30	7.80	0.9	0.8	0.1
705	11.20	14.60	7.80	0.8	0.6	0.2
706	12.00	14.10	7.50	0.8	0.6	0.2
707	9.10	14.50	8.50	0.7	0.5	0.2
708	11.50	11.60	7.90	0.7	0.5	0.2
709	10.50	12.90	7.50	0.7	0.5	0.2
710	12.60	14.60	7.70	0.9	0.7	0.2
711	11.90	15.50	8.00	0.8	0.6	0.2
712	10.00	14.00	7.30	0.6	0.4	0.2
713	11.50	12.20	7.50	0.8	0.5	0.3
714	11.20	14.40	7.20	0.7	0.5	0.2
715	12.00	14.20	6.80	0.7	0.5	0.2
716	11.20	15.60	7.70	0.8	0.6	0.2
717	9.90	13.30	8.20	0.8	0.6	0.2
718	9.30	14.00	8.00	0.7	0.5	0.2
719	11.00	14.20	7.80	0.7	0.5	0.2
720	9.20	13.60	7.80	0.8	0.6	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
721	9.80	13.50	7.00	0.6	0.4	0.2
722	9.90	15.50	8.00	0.8	0.6	0.2
723	11.40	14.00	8.00	0.8	0.6	0.2
724	11.80	14.60	7.10	0.8	0.6	0.2
725	10.70	14.00	8.50	1.0	0.7	0.3
726	9.50	13.60	8.50	0.8	0.6	0.2
727	11.60	13.10	6.50	0.6	0.4	0.2
728	9.00	15.40	7.40	0.7	0.5	0.2
729	9.70	12.80	8.30	0.7	0.5	0.2
730	9.20	13.30	7.50	0.6	0.4	0.2
731	9.40	14.70	8.10	0.6	0.4	0.2
732	9.70	10.00	8.00	0.6	0.4	0.2
733	9.80	12.00	7.40	0.6	0.4	0.2
734	9.50	14.80	8.00	0.8	0.5	0.3
735	10.60	13.60	7.20	0.6	0.4	0.2
736	10.70	13.70	8.30	0.9	0.7	0.2
737	12.20	15.90	7.50	0.9	0.7	0.2
738	11.90	14.80	7.10	0.9	0.6	0.3
739	11.80	14.20	7.30	0.7	0.5	0.2
740	10.10	12.60	7.00	0.5	0.4	0.1
741	9.00	15.50	7.80	0.8	0.5	0.3
742	12.00	13.50	7.00	0.7	0.5	0.2
743	12.00	16.00	7.80	1.0	0.7	0.3
744	10.40	14.00	7.40	0.7	0.6	0.1
745	12.30	16.20	7.90	1.0	0.8	0.2
746	12.00	13.50	7.40	0.8	0.6	0.2
747	9.90	14.80	7.40	0.7	0.5	0.2
742	12.00	13.50	7.00	0.7	0.5	0.2
743	12.00	16.00	7.80	1.0	0.7	0.3
742	12.00	13.50	7.00	0.7	0.5	0.2
743	12.00	16.00	7.80	1.0	0.7	0.3
744	10.40	14.00	7.40	0.7	0.6	0.1

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
745	12.30	16.20	7.90	1.0	0.8	0.2
746	12.00	13.50	7.40	0.8	0.6	0.2
747	9.90	14.80	7.40	0.7	0.5	0.2
742	12.00	13.50	7.00	0.7	0.5	0.2
743	12.00	16.00	7.80	1.0	0.7	0.3
744	10.40	14.00	7.40	0.7	0.6	0.1
745	12.30	16.20	7.90	1.0	0.8	0.2
746	12.00	13.50	7.40	0.8	0.6	0.2
747	9.90	14.80	7.40	0.7	0.5	0.2
748	9.80	12.00	8.40	0.7	0.5	0.2
749	10.00	13.90	7.90	0.6	0.4	0.2
750	10.60	13.80	7.00	0.7	0.5	0.2
751	10.00	14.60	6.80	0.6	0.4	0.2
752	10.60	14.90	8.10	1.0	0.6	0.4
753	9.10	13.90	7.80	0.7	0.5	0.2
754	10.00	16.00	7.60	0.7	0.6	0.1
755	10.20	13.70	6.30	0.6	0.4	0.2
756	9.30	14.10	7.80	0.8	0.5	0.3
757	10.50	16.20	7.60	0.8	0.6	0.2
758	10.40	16.50	7.80	0.8	0.5	0.3
759	11.60	15.78	6.20	0.7	0.5	0.2
760	11.90	14.90	7.50	0.8	0.6	0.2
761	10.30	12.90	6.30	0.5	0.4	0.1
762	11.50	12.10	7.80	0.6	0.5	0.1
763	9.50	10.60	9.00	0.7	0.5	0.2
764	10.20	11.40	8.30	0.6	0.4	0.2
765	10.30	12.90	7.90	0.6	0.4	0.2
766	11.60	15.20	7.80	0.8	0.6	0.2
767	10.60	12.60	7.80	0.7	0.5	0.2
768	10.40	13.40	7.60	0.7	0.5	0.2
769	12.90	14.90	7.80	0.8	0.6	0.2
770	12.90	17.00	7.60	1.1	0.8	0.3

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
771	11.90	15.60	7.60	0.8	0.6	0.2
772	9.50	12.30	7.50	0.6	0.4	0.2
773	11.10	13.30	7.20	0.7	0.5	0.2
774	11.30	14.90	8.00	0.9	0.7	0.2
775	9.90	13.50	7.70	0.8	0.5	0.3
776	10.50	10.80	8.00	0.8	0.5	0.3
777	10.40	12.20	7.30	0.6	0.5	0.1
778	10.60	13.40	7.40	0.7	0.6	0.1
779	11.60	14.50	7.70	0.9	0.7	0.2
780	11.40	14.80	7.30	0.8	0.6	0.2
781	13.00	14.90	7.40	0.8	0.6	0.2
782	10.90	15.30	8.10	0.8	0.7	0.1
783	11.20	13.20	7.60	0.7	0.5	0.2
784	10.80	12.00	7.90	0.7	0.5	0.2
785	9.00	13.30	7.40	0.6	0.4	0.2
786	7.90	12.70	8.70	0.6	0.5	0.1
787	11.00	13.10	6.70	0.7	0.5	0.2
788	10.60	15.00	7.50	0.8	0.6	0.2
789	12.30	15.30	7.50	0.9	0.6	0.3
790	11.00	14.50	7.50	0.9	0.7	0.2
791	10.60	15.80	7.70	0.8	0.6	0.2
792	12.50	16.20	7.60	0.8	0.6	0.2
793	10.90	13.50	7.90	0.6	0.5	0.1
794	10.60	15.50	8.40	0.8	0.6	0.2
795	11.00	14.00	7.70	0.7	0.5	0.2
796	11.60	14.80	7.60	0.9	0.6	0.3
797	10.70	13.60	8.20	0.7	0.6	0.1
798	10.00	15.60	7.50	0.7	0.5	0.2
799	10.50	17.00	8.00	1.0	0.7	0.3
800	12.90	14.00	7.00	0.7	0.5	0.2
801	10.80	14.20	7.00	0.8	0.5	0.3

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
802	10.40	13.90	8.90	0.8	0.6	0.2
803	9.80	13.20	7.60	0.6	0.4	0.2
804	10.30	13.10	8.90	0.7	0.5	0.2
805	11.30	16.40	8.60	0.9	0.7	0.2
806	11.00	18.20	8.10	1.0	0.7	0.3
807	11.20	15.80	8.00	0.8	0.5	0.3
808	9.40	15.40	7.00	0.7	0.5	0.2
809	8.90	15.70	7.50	0.9	0.7	0.2
810	10.80	15.20	7.90	0.8	0.6	0.2
811	11.60	13.90	8.00	0.8	0.5	0.3
812	10.10	14.50	7.60	0.7	0.5	0.2
813	10.20	13.80	9.30	0.8	0.5	0.3
814	9.80	14.00	7.50	0.6	0.5	0.1
815	13.80	14.80	7.70	1.1	0.8	0.3
816	11.70	12.50	7.70	0.7	0.5	0.2
817	12.70	14.20	7.50	1.0	0.7	0.3
818	11.90	16.40	7.10	1.1	0.8	0.3
819	12.30	14.80	7.30	0.9	0.6	0.3
820	12.20	13.70	7.00	0.8	0.7	0.1
821	11.10	14.90	7.60	0.9	0.6	0.3
822	10.50	14.60	7.70	0.8	0.6	0.2
823	9.10	14.20	7.90	0.8	0.6	0.2
824	11.50	13.40	7.30	0.7	0.5	0.2
825	11.30	15.20	8.00	0.9	0.6	0.3
826	11.60	13.50	8.00	0.8	0.6	0.2
827	10.50	13.50	7.00	0.7	0.5	0.2
828	8.00	17.50	8.50	0.7	0.5	0.2
829	11.50	13.50	7.90	0.8	0.6	0.2
830	10.40	17.00	7.20	0.9	0.6	0.3
831	12.90	14.50	7.50	0.9	0.7	0.2
832	11.50	15.70	7.40	0.9	0.7	0.2
833	9.59	10.10	8.00	0.6	0.4	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
834	9.98	14.97	7.84	0.8	0.6	0.2
835	10.99	15.65	7.15	0.9	0.7	0.2
836	10.17	14.30	6.49	0.7	0.5	0.2
826	11.60	13.50	8.00	0.8	0.6	0.2
827	10.50	13.50	7.00	0.7	0.5	0.2
828	8.00	17.50	8.50	0.7	0.5	0.2
829	11.50	13.50	7.90	0.8	0.6	0.2
830	10.40	17.00	7.20	0.9	0.6	0.3
831	12.90	14.50	7.50	0.9	0.7	0.2
832	11.50	15.70	7.40	0.9	0.7	0.2
833	9.59	10.11	8.00	0.6	0.4	0.2
834	9.98	14.97	7.84	0.8	0.6	0.2
835	10.99	15.65	7.15	0.9	0.7	0.2
836	10.17	14.30	6.49	0.7	0.5	0.2
837	12.50	12.86	8.42	1.0	0.7	0.3
838	11.02	13.10	7.58	0.8	0.6	0.2
839	8.12	13.45	7.38	0.5	0.3	0.2
840	10.20	15.70	7.22	0.8	0.6	0.2
841	10.89	14.26	7.42	0.8	0.6	0.2
842	11.79	14.02	7.73	0.8	0.6	0.2
843	9.44	10.09	8.60	0.7	0.5	0.2
844	9.42	14.12	8.47	0.6	0.5	0.1
845	11.21	13.64	7.84	0.6	0.4	0.2
846	11.10	12.86	7.84	0.6	0.4	0.2
847	10.60	13.30	7.11	0.5	0.3	0.2
848	9.23	13.80	8.72	0.6	0.5	0.1
849	9.96	13.59	7.61	0.5	0.4	0.1
850	9.06	12.58	7.75	0.5	0.4	0.1
851	10.59	12.95	7.88	0.9	0.4	0.5
852	9.28	13.32	7.33	0.6	0.4	0.2
853	10.73	15.48	8.07	0.8	0.6	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมสันต์มะขาม

เมสันต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมสันต์ (กรัม)
854	10.25	12.61	7.59	0.6	0.4	0.2
855	11.48	14.00	8.18	0.8	0.6	0.2
856	11.10	11.35	8.42	0.8	0.6	0.2
857	8.19	14.11	8.13	0.6	0.4	0.2
858	10.70	17.78	7.55	0.9	0.6	0.3
859	9.46	12.56	7.35	0.6	0.4	0.2
860	8.81	11.16	8.30	0.7	0.5	0.2
861	10.59	11.63	7.54	0.6	0.4	0.2
862	10.10	15.30	8.00	0.7	5	-4.3
863	13.20	13.30	8.00	0.9	0.7	0.2
864	10.80	13.70	8.10	0.8	0.6	0.2
865	8.90	13.90	8.10	0.7	0.4	0.3
866	12.70	16.60	8.20	1.1	0.8	0.3
867	10.50	16.80	7.20	0.8	0.5	0.3
868	10.00	14.50	7.50	0.7	0.6	0.1
869	12.90	13.80	8.00	0.9	0.7	0.2
870	10.00	14.90	7.00	0.7	0.5	0.2
871	10.90	13.40	8.00	0.7	0.5	0.2
872	12.20	12.50	8.50	0.8	0.6	0.2
873	9.60	13.10	6.70	0.7	0.5	0.2
874	12.00	12.40	8.50	0.9	0.7	0.2
875	12.00	15.00	8.20	0.9	0.7	0.2
876	9.50	15.10	8.80	0.9	0.6	0.3
877	11.00	13.60	7.80	0.8	0.6	0.2
878	12.00	12.10	8.40	0.8	0.6	0.2
879	10.10	13.60	9.00	0.9	0.7	0.2
880	9.70	13.60	8.30	0.7	0.5	0.2
881	12.50	14.70	8.50	1.0	0.7	0.3
882	10.90	11.20	7.80	0.8	0.6	0.2
883	9.70	14.50	8.50	0.9	0.7	0.2
884	11.60	13.70	7.30	0.8	0.6	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
885	10.60	16.20	7.70	0.8	0.6	0.2
886	12.20	15.00	7.60	0.9	0.7	0.2
887	10.00	14.20	7.40	0.7	0.5	0.2
888	12.80	15.00	7.70	0.8	0.6	0.2
889	11.50	15.90	7.50	0.8	0.6	0.2
890	11.30	12.30	7.30	0.7	0.5	0.2
891	10.00	16.00	7.60	0.8	0.6	0.2
892	11.30	12.80	8.00	0.7	0.5	0.2
893	10.40	12.70	7.70	0.7	0.5	0.2
894	10.30	12.70	8.10	0.7	0.5	0.2
895	12.60	13.00	8.00	0.8	0.6	0.2
896	8.20	15.00	8.30	0.7	0.5	0.2
897	9.70	12.50	8.20	0.7	0.5	0.2
898	10.50	15.60	7.30	0.7	0.5	0.2
899	9.80	14.70	7.40	0.7	0.5	0.2
900	10.70	11.80	7.60	0.7	0.5	0.2
901	13.00	14.00	7.00	0.8	0.6	0.2
902	11.00	14.00	7.20	0.8	0.6	0.2
903	10.00	15.00	7.00	0.8	0.7	0.1
904	12.00	12.00	7.30	0.9	0.6	0.3
905	10.00	14.00	10.40	0.7	0.5	0.2
906	11.00	14.00	7.10	0.8	0.5	0.3
907	11.50	13.00	6.30	0.7	0.5	0.2
908	11.50	16.00	7.50	0.9	0.6	0.3
909	8.50	15.00	7.50	0.7	0.6	0.1
910	10.40	15.50	8.00	1.1	0.8	0.3
911	10.50	16.10	7.50	1.0	0.7	0.3
912	12.00	15.00	7.00	0.9	0.7	0.2
913	11.20	15.10	6.80	0.8	0.6	0.2
914	11.30	15.70	7.10	0.9	0.7	0.2
915	11.20	14.30	7.40	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเม็ลต์มะขาม

เม็ลต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเม็ลต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเม็ลต์ (กรัม)
916	10.60	14.20	6.60	0.7	0.5	0.2
917	11.90	14.80	7.70	1.0	0.7	0.3
918	11.50	17.10	7.40	1.0	0.8	0.2
919	10.20	13.90	7.80	0.8	0.6	0.2
920	11.20	12.00	8.30	0.8	0.6	0.2
921	8.90	13.00	8.00	0.6	0.4	0.2
922	10.00	14.70	6.90	0.8	0.6	0.2
923	9.20	16.10	8.00	0.8	0.6	0.2
924	10.00	13.50	7.00	0.6	0.4	0.2
925	10.90	13.60	7.00	0.7	0.5	0.2
926	9.90	13.50	8.20	0.7	0.5	0.2
927	10.00	17.20	8.60	1.0	0.7	0.3
928	8.60	14.50	7.70	0.8	0.5	0.3
929	11.40	17.30	8.10	1.0	0.7	0.3
930	9.60	16.50	7.30	0.7	0.5	0.2
931	7.10	9.40	7.50	0.9	0.6	0.3
932	10.50	15.00	8.30	0.8	0.6	0.2
933	9.70	13.80	8.20	0.7	0.5	0.2
934	11.50	15.00	9.00	1.1	0.8	0.3
935	10.30	16.00	7.80	0.8	0.7	0.1
936	10.50	14.60	6.70	0.8	0.6	0.2
937	10.10	14.80	7.90	0.7	0.5	0.2
938	7.80	15.00	6.90	0.6	0.4	0.2
939	11.10	13.00	7.70	0.6	0.5	0.1
940	11.20	13.90	7.80	0.7	0.4	0.3
941	9.20	14.40	8.20	0.7	0.5	0.2
942	10.50	14.50	8.00	0.7	0.6	0.1
943	10.00	15.00	7.50	0.8	0.6	0.2
944	12.50	18.00	8.00	0.9	0.7	0.2
945	11.00	14.50	8.00	0.9	0.6	0.3
946	10.00	14.00	7.50	0.7	0.5	0.2

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมล็ดมะขาม

เมล็ด ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมล็ด (กรัม)
947	12.00	13.00	7.50	0.9	0.6	0.3
948	12.00	13.00	7.00	0.8	0.6	0.2
949	10.00	14.00	8.00	0.7	0.6	0.1
950	10.00	12.50	7.50	0.6	0.5	0.1
951	10.00	13.00	8.00	0.8	0.6	0.2
952	11.50	15.50	6.80	0.7	0.5	0.2
953	11.00	15.20	7.40	0.7	0.5	0.2
954	10.70	15.10	7.70	0.7	0.5	0.2
955	9.20	14.00	7.90	0.7	0.5	0.2
956	10.00	15.30	7.30	0.7	0.5	0.2
957	11.20	14.90	8.20	0.8	0.6	0.2
958	9.80	14.30	8.00	0.7	0.5	0.2
959	9.70	15.30	7.50	0.6	0.5	0.1
960	11.10	14.80	7.80	1.0	0.7	0.3
961	10.30	11.90	8.00	0.7	0.5	0.2
962	10.50	14.50	7.50	0.7	0.5	0.2
963	10.30	12.00	8.00	0.7	0.5	0.2
964	10.30	15.50	8.10	0.7	0.6	0.1
965	10.30	13.80	7.90	0.7	0.5	6.5
966	9.10	12.50	6.90	0.5	0.3	0.2
967	9.80	14.50	7.60	0.7	0.6	0.1
968	10.50	14.00	7.50	0.6	0.4	0.2
969	11.20	14.60	8.00	0.9	0.7	0.2
970	11.20	15.00	7.00	0.9	0.6	0.3
971	13.50	14.70	7.10	1.0	0.8	0.2
972	10.50	15.00	7.50	0.7	0.5	0.2
973	11.20	13.90	9.30	0.9	0.7	0.2
974	11.50	13.50	7.50	0.9	0.7	0.2
975	11.30	11.70	7.10	0.8	0.6	0.2
976	10.70	15.70	7.50	0.9	0.6	0.3
977	11.70	16.00	7.50	0.9	0.6	0.3

ตาราง ก.1 (ต่อ) ขนาดและน้ำหนักเมสันต์มะขาม

เมสันต์ ที่	กว้าง (มิลลิเมตร)	ยาว (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)	น้ำหนักเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักด้านในเมสันต์ (กรัม)	น้ำหนักเปลือกเมสันต์ (กรัม)
978	9.60	15.40	7.20	0.9	0.6	0.3
979	11.50	15.20	7.20	0.9	0.6	0.3
980	11.20	15.10	7.00	0.8	0.6	0.2
981	12.10	14.00	8.10	0.8	0.7	0.1
982	7.90	16.50	8.00	0.8	0.6	0.2
983	10.50	13.70	7.60	0.7	0.5	0.2
984	11.20	16.00	8.10	0.9	0.7	0.2
985	12.20	13.30	7.90	0.8	0.6	0.2
986	12.00	13.90	8.30	0.9	0.7	0.2
987	9.80	12.90	7.20	0.6	0.4	0.2
988	9.40	11.20	7.40	0.5	0.4	0.1
989	9.30	14.20	8.30	0.8	0.6	0.2
990	11.60	15.60	8.20	1.0	0.7	0.3
991	11.70	15.70	8.90	1.0	0.7	0.3
992	11.00	13.90	7.90	0.7	0.6	0.1
993	9.60	11.40	8.90	0.7	0.5	0.2
994	11.00	11.20	8.20	0.9	0.7	0.2
995	10.50	15.00	7.80	0.8	0.6	0.2
996	11.00	14.50	8.00	0.7	0.6	0.1
997	10.00	14.10	7.80	0.7	0.5	0.2
998	10.30	13.50	6.90	0.6	0.4	0.2
999	9.00	13.00	8.30	0.6	0.5	0.1
1000	10.20	13.40	8.30	0.7	0.5	0.2
เฉลี่ย	10.73	14.14	7.67	0.79	0.57	0.23

ภาคผนวก ข

ตาราง ข.1 ผลการวัดความชื้นของเมล็ดมะขามก่อนคั่วและหลังคั่ว

น้ำหนักก่อนอบ(กรัม)	น้ำหนักหลังอบ(กรัม)	น้ำหนักลดลง(กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น
ก่อนคั่ว			
103.53	91.42	12.11	11.69
98.93	87.53	11.39	11.51
102.64	90.53	12.11	11.80
หลังคั่ว			
105.38	96.97	8.40	7.97
104.99	96.09	8.90	8.47
100.57	91.90	8.66	8.61

ภาคผนวก ค

ตาราง ค.1 การยวบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านกว้าง

Extension (mm)	Load (N)
0	0.00426
0.00718	0.25547
0.02928	0.63882
0.04621	0.81656
0.06310	0.98554
0.07978	1.14982
0.09632	1.28026
0.11306	1.46188
0.12977	1.62755
0.14636	1.76079
0.16315	1.91268
0.17980	2.03113
0.19647	2.14956
0.21311	2.23421
0.22972	2.33870
0.24647	2.45109
0.26309	2.53484
0.27969	2.60486
0.29643	2.67022
0.31314	2.81986
0.32970	3.02524
0.34637	3.27799
0.36303	3.71368
0.37975	4.53803
0.39641	5.43684
0.41314	6.36309

ตาราง ค.1 (ต่อ) การยวบตัวของเปลือกเมลิตมะขามและแรงกดด้านกว้าง

Extension (mm)	Load (N)
0.42986	7.31229
0.44640	8.27647
0.46309	9.23851
0.47976	10.23593
0.49643	11.27272
0.51308	12.76403
0.52974	14.35831
0.54641	15.99072
0.56311	17.77593
0.57966	19.61007
0.59634	21.52238
0.61311	23.61713
0.62968	25.72123
0.64647	27.8783
0.66314	30.03265
0.67978	32.15464
0.69645	34.20607
0.71306	36.18332
0.72976	38.10063
0.74645	40.01936
0.76300	41.87356
0.77975	44.04557
0.79648	46.53913
0.81301	49.16656
0.82972	52.12873
0.84638	54.51540
0.86303	58.11555

ตาราง ค.1 (ต่อ) การยุบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านกว้าง

Extension (mm)	Load (N)
0.87980	62.20412
0.89646	66.50706
0.91318	70.97946
0.92973	75.30029
0.94642	79.47205
0.96310	83.38823
0.97979	87.40051
0.99637	93.38933
1.01309	99.76273
1.02978	106.7302
1.04643	114.2990
1.06300	121.8403
1.07966	129.7269
1.09645	138.2513
1.11303	146.9341
1.12980	156.7242

ตาราง ค.2 การยืงตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านยาว

Extension (mm)	Load (N)
0.00759	0.00008
0.02936	0.04483
0.04632	0.06645
0.06310	0.08522
0.07979	0.09796
0.09643	0.11213
0.11309	0.16682
0.12983	0.19132
0.14641	0.2124
0.16308	0.23322
0.17971	0.28123
0.19648	0.28667
0.21306	0.29851
0.22966	0.33827
0.24639	0.35319
0.26305	0.40290
0.27972	0.42260
0.29652	0.47512
0.31315	0.52592
0.32971	0.54488
0.34648	0.59659
0.36307	0.63421
0.37979	0.69792
0.39640	0.78001
0.41307	0.84339
0.42980	0.93553
0.44644	0.99667

ตาราง ค.2 (ต่อ) การยุบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านยาว

Extension (mm)	Load (N)
0.46298	1.05049
0.47973	1.10804
0.49642	1.18656
0.51301	1.25236
0.52980	1.29293
0.54645	1.36266
0.56312	1.41422
0.57976	1.44388
0.59639	1.48071
0.61315	1.54365
0.62978	1.58626
0.64635	1.61900
0.66312	1.66815
0.67980	1.69826
0.69635	1.74765
0.71302	1.80745
0.72971	1.83395
0.74642	1.89992
0.76308	1.93749
0.77980	1.98980
0.79652	2.02998
0.81304	2.08696
0.82974	2.14459
0.84643	2.21141
0.86310	2.26638
0.87974	2.33423
0.89641	2.37462

ตาราง ค.2 (ต่อ) การยวบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านยาว

Extension (mm)	Load (N)
0.91311	2.45608
0.92979	2.52103
0.94631	2.60816
0.96304	2.68828
0.97974	2.79574
0.99638	2.87764
1.01314	2.97387
1.02981	3.12944
1.04640	3.35278
1.06313	3.54910
1.07973	3.98492
1.09647	4.93101
1.14644	7.817670
1.16312	8.740010
1.17969	9.679220
1.19640	10.62890
1.21306	11.57154
1.22970	12.45939
1.24642	13.35889
1.26313	14.24709
1.27980	15.36911
1.29641	16.61830
1.31307	17.85805
1.32978	19.06342
1.34641	20.20854
1.36307	21.33280
1.37975	22.43004

ตาราง ค.2 (ต่อ) การยุบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านยาว

Extension (mm)	Load (N)
1.39646	23.53980
1.41308	24.63162
1.42964	25.81063
1.44637	27.10999
1.46309	28.62064
1.47973	30.27086
1.49647	32.03755
1.51317	33.80988
1.52974	35.58775
1.54644	37.14548
1.56306	39.23637
1.57980	41.25893
1.59645	43.21413
1.61300	45.18507
1.62976	47.40052
1.64646	48.41169
1.66300	51.03414
1.67970	53.55554
1.69643	56.09653
1.71304	59.05644
1.72980	62.54475
1.74648	66.25605
1.76315	70.10359
1.77976	74.04558

ตาราง ค.3 การยืบทัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านหนา

Extension (mm)	Load (N)
0.00052	0.00384
0.01971	0.67955
0.03839	1.29434
0.05527	1.79553
0.07190	2.31089
0.08860	2.82231
0.10529	3.40048
0.12195	4.07724
0.13860	4.79806
0.15522	5.65734
0.17190	6.98662
0.18864	9.32649
0.20517	13.95271
0.22185	21.27358
0.23862	30.72844
0.25520	42.47885
0.27194	57.00089
0.28866	74.03725
0.30532	93.25900
0.32191	114.7278
0.33856	138.7475
0.35525	165.5645
0.37196	194.7154
0.38852	225.8783
0.40522	259.8598
0.42197	295.4045
0.43858	332.1393

ตาราง ค.3 (ต่อ) การยุบตัวของเปลือกเมล็ดมะขามและแรงกดด้านหน้า

Extension (mm)	Load (N)
0.45516	370.0550
0.47184	409.6383
0.48856	450.4321
0.50526	491.9594
0.52197	533.8598
0.53860	575.6241
0.55527	617.6101
0.57194	659.2122
0.58856	699.8846
0.60529	740.4874
0.62191	779.5145
0.63853	818.0781
0.65528	856.1852
0.67190	892.5976
0.68853	928.4308
0.70516	963.4139
0.72188	997.8270
0.73852	1,031.03
0.75524	1,063.89
0.77199	1,096.12
0.78860	1,126.71
0.80522	1,157.12
0.82193	1,187.29
0.83860	1,216.65
0.85525	1,245.22

ภาคผนวก ง

ตาราง ง.1 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 800 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญญเสีย (%)
1	36.57	47.98	5.00	0.82
2	36.33	46.49	4.90	1.06
3	34.56	48.75	4.62	1.44
เฉลี่ย	35.82	47.74	4.84	1.11

ตาราง ง.2 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 900 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญญเสีย (%)
1	43.06	36.50	6.32	2.18
2	47.89	30.62	6.58	2.04
3	46.36	32.15	6.63	2.39
เฉลี่ย	45.77	33.09	6.51	2.20

ตาราง ง.3 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 1000 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่ กะเทาะ(%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	49.69	27.82	7.77	1.33
2	53.41	22.98	7.79	1.65
3	53.43	22.61	7.68	1.77
เฉลี่ย	52.18	24.47	7.75	1.58

ตาราง ง.4 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 4 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 1100 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	53.41	32.15	7.90	1.55
2	49.62	29.49	6.71	1.88
3	52.34	24.40	7.29	1.99
เฉลี่ย	51.79	28.68	7.30	1.81

ตาราง ง.5 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 800 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	21.50	66.25	5.45	0.18
2	21.29	67.70	5.07	0.16
3	22.71	65.28	5.32	0.53
เฉลี่ย	21.83	66.41	5.28	0.29

ตาราง ง.6 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 900 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	28.94	56.20	7.48	0.69
2	33.81	49.77	7.22	0.67
3	30.68	53.86	7.83	0.74
เฉลี่ย	31.14	53.28	7.51	0.70

ตาราง ง.7 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 1000 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	36.73	45.56	9.15	1.15
2	34.65	47.90	8.66	1.28
3	37.25	44.69	9.10	1.00
เฉลี่ย	36.21	46.05	8.97	1.14

ตาราง ง.8 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 5 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 1100 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	41.48	38.66	10.49	1.40
2	42.48	37.45	10.60	1.23
3	44.20	35.61	10.93	1.37
เฉลี่ย	42.72	37.24	10.67	1.33

ตาราง ง.9 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 800 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	24.74	62.33	4.85	1.28
2	22.08	65.88	4.78	1.15
3	25.92	61.06	4.95	1.03
เฉลี่ย	24.25	63.09	4.86	1.15

ตาราง ง.10 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 900 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	34.70	48.92	7.87	0.46
2	35.15	47.64	7.89	1.11
3	40.18	41.55	7.91	1.17
เฉลี่ย	36.68	46.04	7.89	0.91

ตาราง ง.11 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 1000 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	45.41	33.79	10.54	0.60
2	44.55	35.58	10.13	0.54
3	39.28	42.38	9.08	0.74
เฉลี่ย	43.08	37.25	9.92	0.63

ตาราง ง.12 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบตี เมื่อใช้ตะแกรงกะเทาะขนาดรู 6 มิลลิเมตร
ความเร็วรอบของใบตี 1100 รอบต่อนาที

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1	44.22	35.00	10.69	1.35
2	49.95	25.97	10.97	1.00
3	46.96	31.83	11.10	2.04
เฉลี่ย	47.04	30.93	10.92	1.46

ภาคผนวก จ

ตาราง จ.1 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 100 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 100 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญญเสีย (%)
1.00	26.11	51.49	18.42	2.58
2.00	23.71	56.72	17.19	1.20
3.00	41.78	30.21	25.34	2.25
เฉลี่ย	30.53	46.14	20.32	2.01

ตาราง จ.2 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 200 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 100 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญญเสีย (%)
1.00	28.45	48.15	18.21	4.63
2.00	21.01	57.36	16.60	4.47
3.00	24.70	56.18	12.54	6.13
เฉลี่ย	24.72	53.90	15.78	5.08

ตาราง จ.3 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 300 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 100 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	23.74	56.17	15.45	3.63
2.00	20.66	60.66	15.55	2.72
3.00	26.22	53.26	17.09	3.42
เฉลี่ย	23.54	56.70	16.03	3.26

ตาราง จ.4 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 400 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 100 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	48.93	17.78	27.15	3.42
2.00	42.22	32.25	22.13	3.20
3.00	33.25	42.19	20.93	3.11
เฉลี่ย	41.47	30.74	23.40	3.24

ตาราง จ.5 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 100 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 150 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	37.15	37.13	23.15	1.99
2.00	29.54	48.01	19.84	2.19
3.00	36.78	32.25	24.91	4.12
เฉลี่ย	34.49	39.13	22.63	2.77

ตาราง จ.6 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 200 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 150 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญญเสีย (%)
1.00	33.76	43.20	18.65	2.56
2.00	33.76	47.76	16.04	2.33
3.00	43.42	28.97	20.32	3.07
เฉลี่ย	36.98	39.98	18.34	2.65

ตาราง จ.7 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 300 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 150 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญญเสีย (%)
1.00	43.95	32.28	19.57	3.98
2.00	26.29	51.91	17.28	4.21
3.00	31.83	45.55	18.68	3.76
เฉลี่ย	34.02	43.25	18.51	3.98

ตาราง จ.8 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 400 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 150 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญญเสีย (%)
1.00	44.70	28.09	23.82	2.97
2.00	36.42	40.09	20.43	2.57
3.00	42.39	29.98	23.85	3.28
เฉลี่ย	41.17	32.72	22.70	2.94

ตาราง จ.9 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 200 รอบต่อนาที น้ำหนัก
ถ่วง 200 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	48.13	28.05	20.31	3.18
2.00	50.63	21.83	21.86	3.62
3.00	52.33	22.79	20.50	3.63
เฉลี่ย	50.36	24.22	20.89	3.48

ตาราง จ.10 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 300 รอบต่อนาที
น้ำหนักถ่วง 200 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	44.44	36.60	16.01	2.96
2.00	34.46	46.80	15.77	3.00
3.00	40.76	38.24	18.23	2.45
เฉลี่ย	39.89	40.55	16.67	2.80

ตาราง จ.11 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 400 รอบต่อนาที
น้ำหนักถ่วง 200 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	30.61	47.04	18.89	3.29
2.00	39.15	34.52	22.21	3.75
3.00	47.52	23.21	24.91	4.44
เฉลี่ย	39.09	34.92	22.00	3.83

ตาราง จ.12 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 200 รอบต่อนาที
น้ำหนักถ่วง 250 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	56.05	17.63	24.25	1.96
2.00	47.69	28.42	21.51	2.46
3.00	52.76	17.14	27.51	2.56
เฉลี่ย	52.17	21.06	24.42	2.33

ตาราง จ.13 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 300 รอบต่อนาที
น้ำหนักถ่วง 250 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	43.15	34.87	18.94	3.93
2.00	47.99	28.90	20.38	3.98
3.00	42.74	35.41	18.95	3.08
เฉลี่ย	44.63	33.06	19.42	3.66

ตาราง จ.14 ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะแบบสี ที่ความเร็วรอบแกนสี 400 รอบต่อนาที
น้ำหนักถ่วง 250 กรัม

ครั้งที่	น้ำหนักที่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่ไม่กะเทาะ (%)	น้ำหนักที่หลุดตะแกรง (%)	น้ำหนักมะขามสุญเสีย (%)
1.00	31.33	47.16	17.92	3.49
2.00	39.63	35.54	20.91	3.74
3.00	44.67	27.77	24.02	3.05
เฉลี่ย	38.54	36.82	20.95	3.43

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์เครื่องกะเทาะแบบตี

ANALYSIS OF VARIANCE

SPLIT PLOT DESIGN

REPLICATION (R) = 3

MAINPLOT FACTOR : MAIN PLOT (M) = 3

M1 = 4

M2 = 5

M3 = 6

SUBPLOT FACTOR : SUBPLOT (S) = 4

S1 = 800

S2 = 900

S3 = 1000

S4 = 1100

x1

		REP1	REP2	REP3
M1	S1	36.57	36.33	34.56
	S2	43.06	47.89	46.36
	S3	49.69	53.41	53.43
	S4	53.41	49.62	52.34
M2	S1	21.50	21.29	22.71
	S2	28.94	33.81	30.68
	S3	36.73	34.65	37.25

S4		41.48	42.48	44.20
M3	S1	24.74	22.08	25.92
S2		34.70	35.15	40.18
S3		45.41	44.55	39.28
S4		44.22	49.95	46.96
REP TOTALS		460.45	471.21	473.87
REP MEANS		38.37	39.27	39.49

ANALYSIS OF VARIANCE FOR x1

SV	DF	SS	MS	F
REP (R)	2	8.415267	4.207633	-
MAIN PLOT (M)	2	1108.900550	554.450275	-
ERROR (a)	4	0.960633	0.240158	
SUBPLOT (S)	3	2055.723697	685.241232	114.46 **
MxS	6	62.106028	10.351005	1.73 ns
ERROR (b)	18	107.764500	5.986917	
TOTAL	35	3343.870675		

cv(b) = 6.3% ** = significant at 1% level; ns = not significant

- = insufficient error df

MxS TABLE OF MEANS FOR x1

(AVE. OVER 3 REPS)

MAIN PLOT (M)	SUBPLOT (S)				M-MEAN
	800	900	1000	1100	
4	35.820	45.770	52.177	51.790	46.389a
5	21.833	31.143	36.210	42.720	32.977c
6	24.247	36.677	43.080	47.043	37.762b
S-MEAN	27.300c	37.863b	43.822a	47.184a	39.043
Comparison	S.E.D. LSD(5%) LSD(1%)				
2-S means at each M	1.998	4.197	5.751		
2-S means	1.153	2.423	3.320		

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์เครื่องกะเทาะแบบสี่

ANALYSIS OF VARIANCE

SPLIT PLOT DESIGN

REPLICATION (R) = 3

MAINPLOT FACTOR : MAIN PLOT (M) = 4

M1 = 100

M2 = 150

M3 = 200

M4 = 250

SUBPLOT FACTOR : SUBPLOT (S) = 4

S1 = 100

S2 = 200

S3 = 300

S4 = 400

x1

		REP1	REP2	REP3
M1	S1	26.11	23.71	41.78
	S2	28.45	21.01	24.70
	S3	23.74	20.66	26.22
	S4	48.93	42.22	33.25
M2	S1	0.00	0.00	0.00
	S2	33.76	33.76	43.42

S3	43.95	26.29	31.83
S4	44.70	36.42	42.39
M3 S1	0.00	0.00	0.00
S2	48.13	50.63	52.33
S3	44.44	34.46	40.76
S4	30.61	39.15	47.52
M4 S1	0.00	0.00	0.00
S2	56.05	47.69	52.76
S3	43.15	47.99	42.74
S4	31.33	39.63	44.67
REP TOTALS	503.35	463.62	524.37
REP MEANS	31.46	28.98	32.77

ANALYSIS OF VARIANCE FOR x1

SV	DF	SS	MS	F
REP (R)	2	118.97658	59.48829	3.72 ns
MAIN PLOT (M)	3	232.96424	77.65475	4.85 *
ERROR (a)	6	96.00727	16.00121	
SUBPLOT (S)	3	8997.51104	2999.17035	95.64 **
MxS	9	4107.94631	456.43848	14.56 **
ERROR (b)	24	752.60395	31.35850	
TOTAL	47	14306.00939		

cv(a) = 12.9%; cv(b) = 18.0%

** = significant at 1% level; * = significant at 5% level

ns = not significant

MxS TABLE OF MEANS FOR x1

(AVE. OVER 3 REPS)

SUBPLOT (S)	MAIN PLOT (M)				S-MEAN
	100	150	200	250	
100	30.533Ab	34.490Aa	0.000Bc	0.000Bc	16.255
200	24.720Cb	36.980Ba	50.363Aa	52.167Aa	41.058
300	23.540Cb	34.023Ba	39.887Ab	44.627Aab	35.519
400	41.467Aa	41.170Aa	39.093Ab	38.543Ab	40.068
M-MEAN	30.065	36.665	32.336	33.834	33.225

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Comparison	S.E.D.	LSD(5%)	LSD(1%)
2-M means at each S	4.283	9.079	12.547
2-S means at each M	4.572	9.437	12.789

ภาคผนวก ข

รายละเอียดการคำนวณ

พลังงานที่ใช้ในการทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกด้านกว้างจากสมการ (4.1)

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^{1.1} 164.02x^3 - 97.224x^2 + 33.785x - 1.4175 \, dx \\
 &= \left[\frac{164.02x^4}{4} - \frac{97.224x^3}{3} + \frac{33.785x^2}{2} - 1.4175x \right]_0^{1.1} \\
 &= 35.781 \, \text{J}
 \end{aligned}$$

พลังงานที่ใช้ในการทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกด้านหนาจากสมการ (4.2)

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^{0.8} 2051.2x - 95.943 \, dx \\
 &= \left[\frac{2051.2x^2}{2} - 95.943x \right]_0^{0.8} \\
 &= 579.62 \, \text{J}
 \end{aligned}$$

พลังงานที่ใช้ในการทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกด้านยาวจากสมการ (4.3)

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^{1.8} 9.0811x^4 + 4.0915x^3 - 19.302x^2 + 11.044x - 0.807 \, dx \\
 &= \left[\frac{9.0811x^5}{5} + \frac{4.0915x^4}{4} - \frac{19.302x^3}{3} - \frac{11.044x^2}{2} - 0.807x \right]_0^{1.8} \\
 &= 23.971 \, \text{J}
 \end{aligned}$$

การคำนวณความเร็วที่ทำให้เปลือกเมล็ดมะขามแตกออกคำนวณได้จากสมการ

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

E=พลังงาน (จูล)

m=มวล (กิโลกรัม)

v = ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)

แทนค่า

$$23.78 \text{ จูล} = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ กิโลกรัม} \times v^2$$

$$v = 9.735 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

หรือคิดเป็นความเร็วรอบจากสมการ

$$\mathbf{v} = \omega \mathbf{r}$$

$\mathbf{v}$ = ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)

ω = ความเร็วรอบ (รอบต่อวินาที)

$\mathbf{r}$ = รัศมี (เมตร)

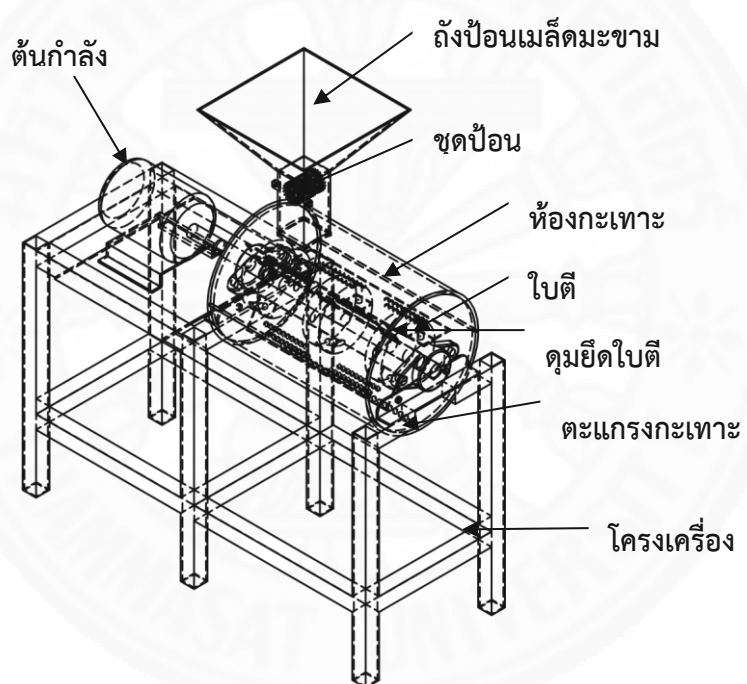
แทนค่า

$$\omega = \frac{9.753 \times 60}{2\pi 0.1}$$

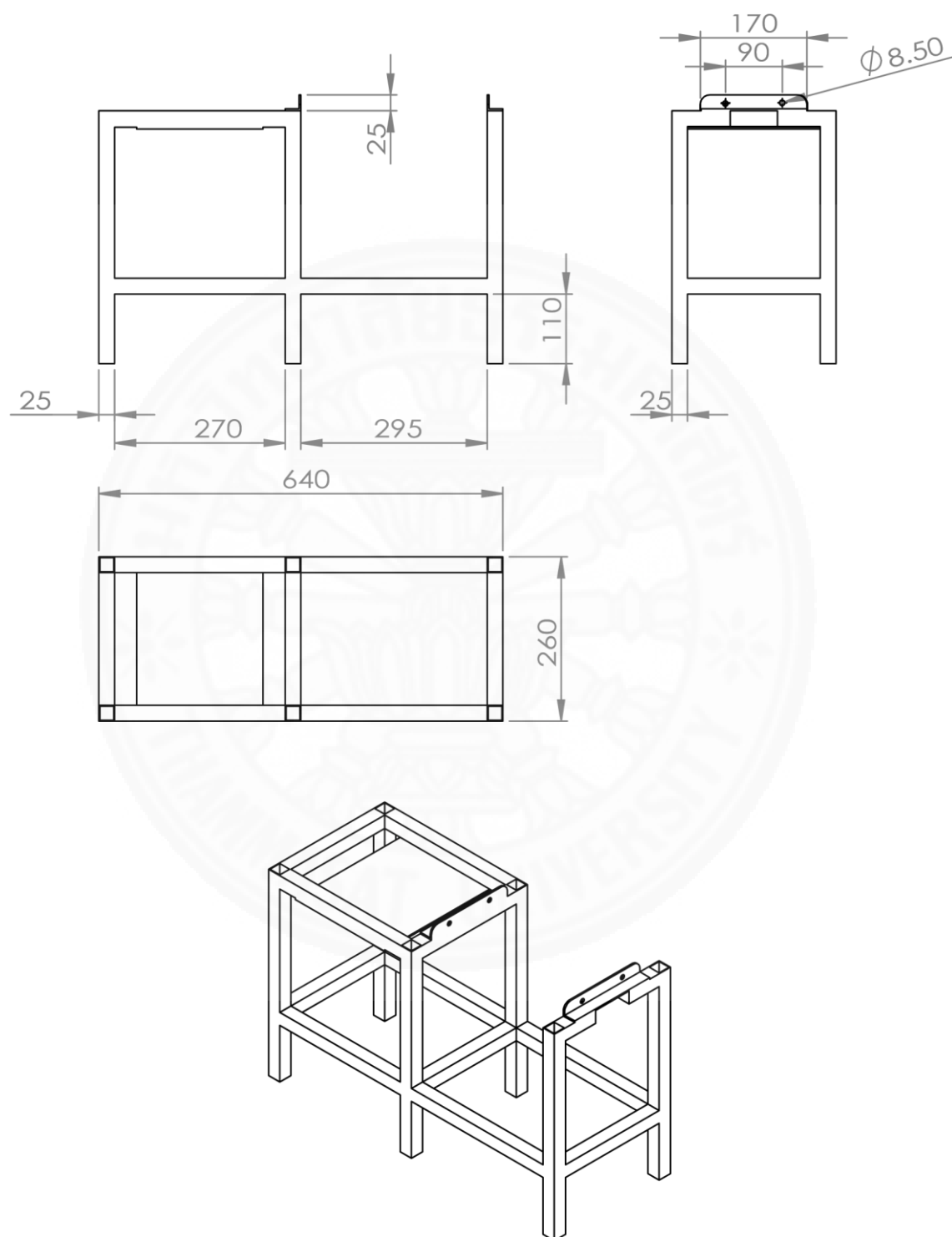
$$\omega = 929 \text{ รอบต่อวินาที}$$

ภาคผนวก ณ

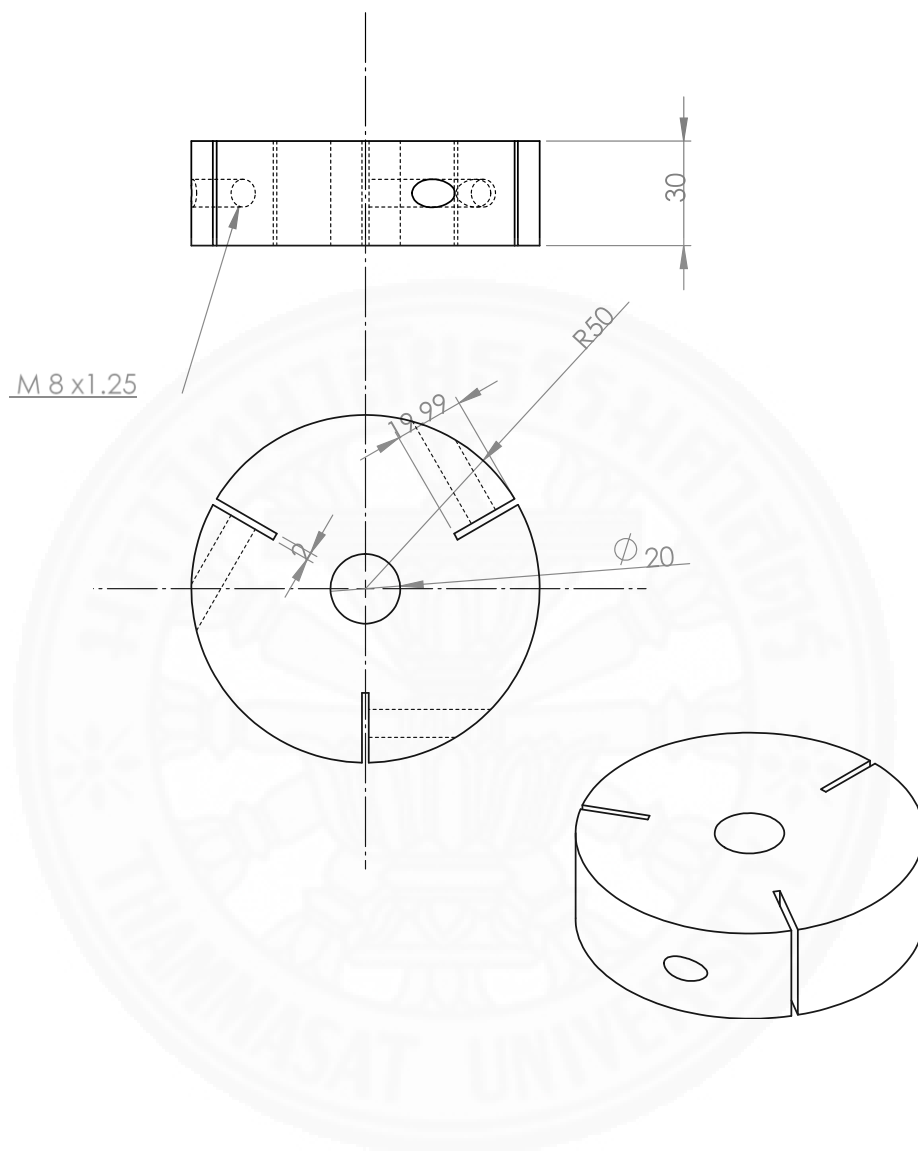
ภาพที่ ณ 1 รายละเอียดเครื่องกะเทาะแบบตี



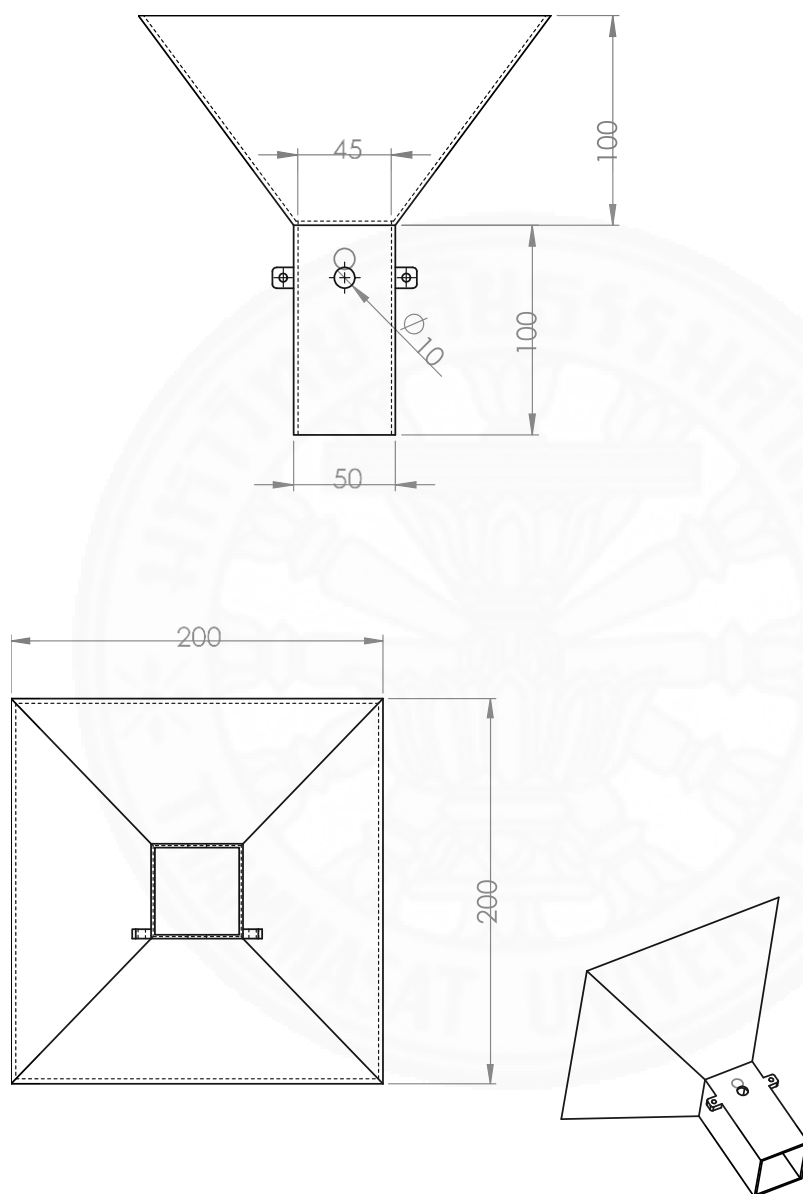
ภาพที่ ๓ ๒ รายละเอียดโครงสร้างกะเพาะแบบดี



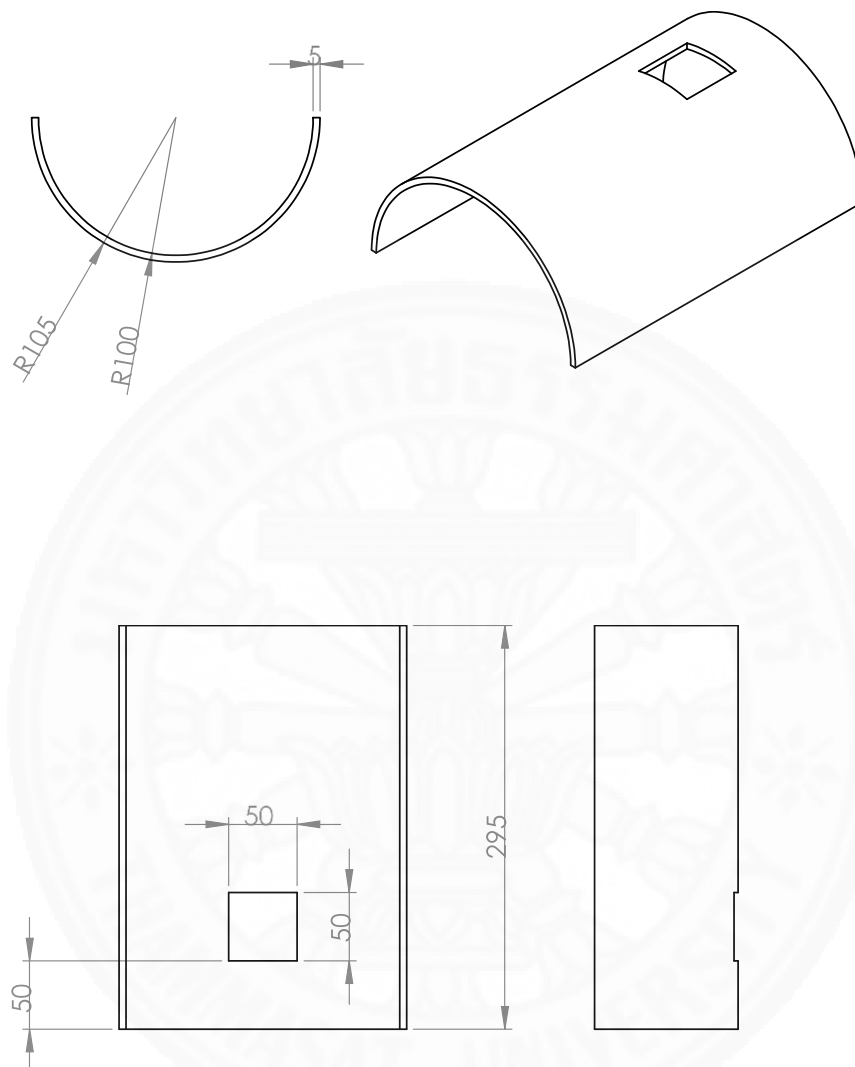
ภาพที่ ณ 3 รายละเอียดดุมยึดใบตีเครื่องกะเทาะแบบดี



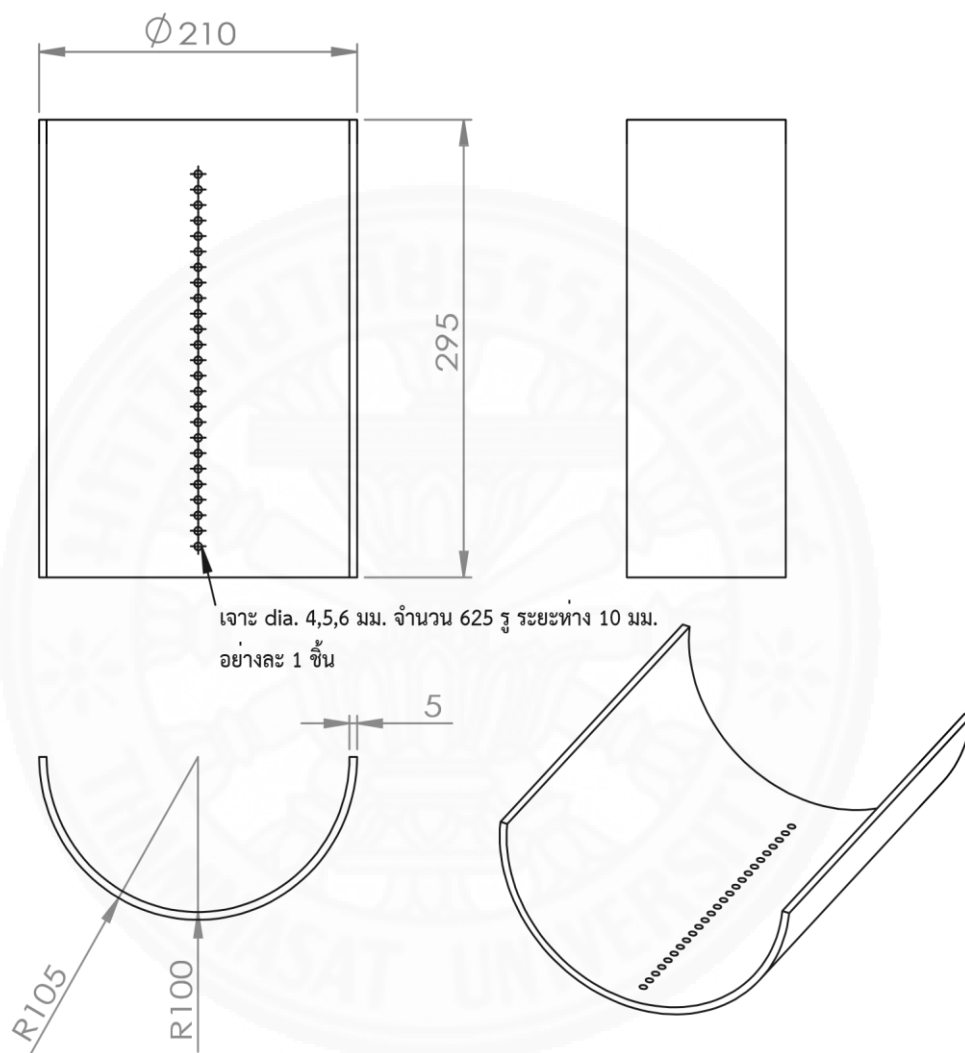
ภาพที่ ณ 4 รายละเอียดดงป้อนเมล็ดเครื่องกะเทาะแบบดี



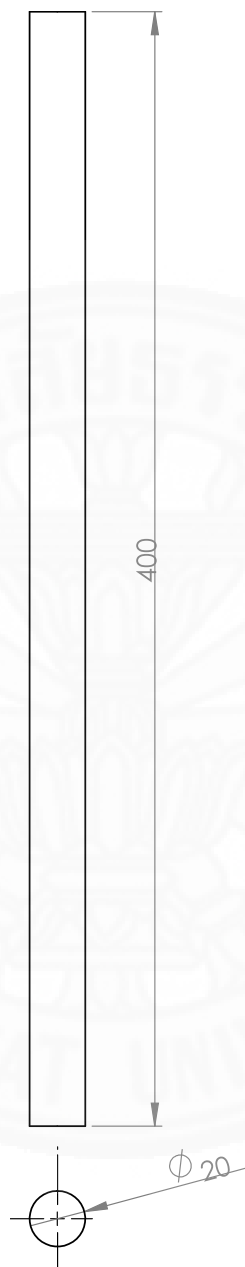
ภาพที่ ๕ รายละเอียดฝาบ้นห้องกะเพาะเครื่องกะเพาะแบบดี



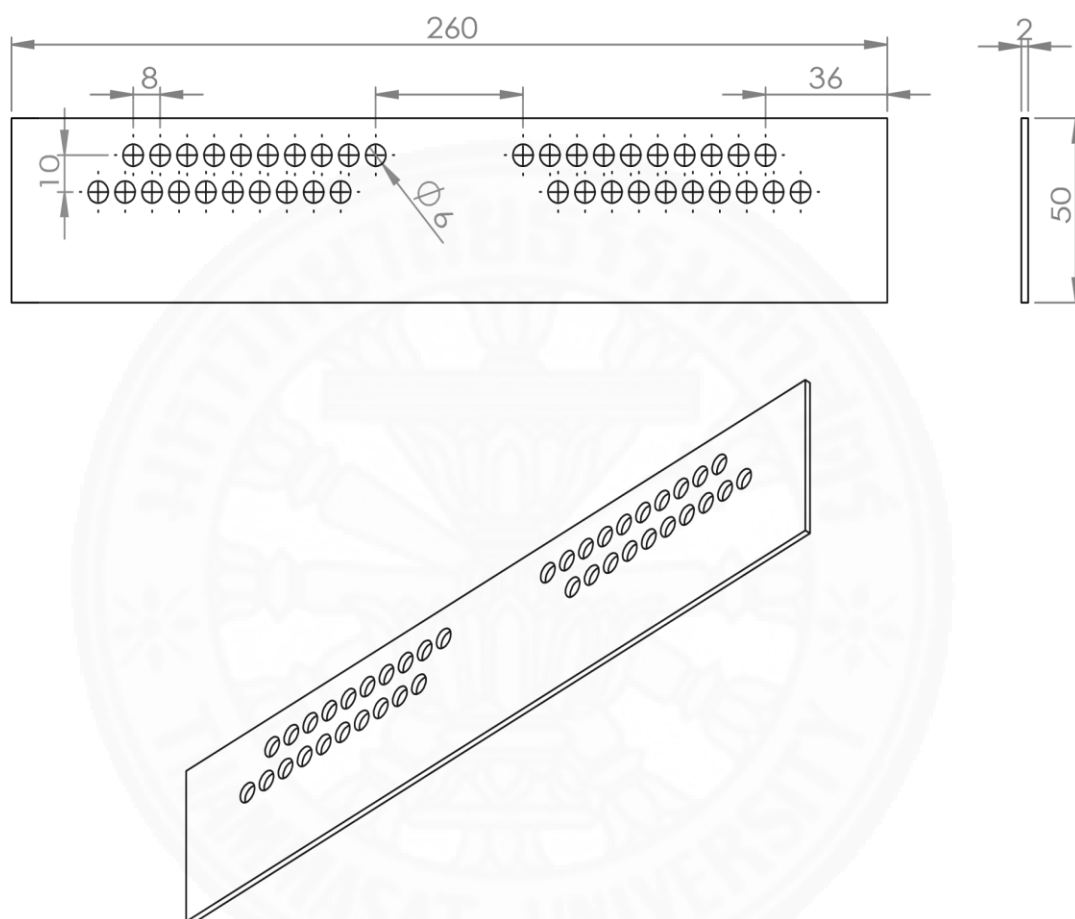
ภาพที่ ๖ รายละเอียดตะแกรงกะเทาะเครื่องกะเทาะแบบดี



ภาพที่ ๗ 7 รายละเอียดเพลารองกะเทาะแบบตี

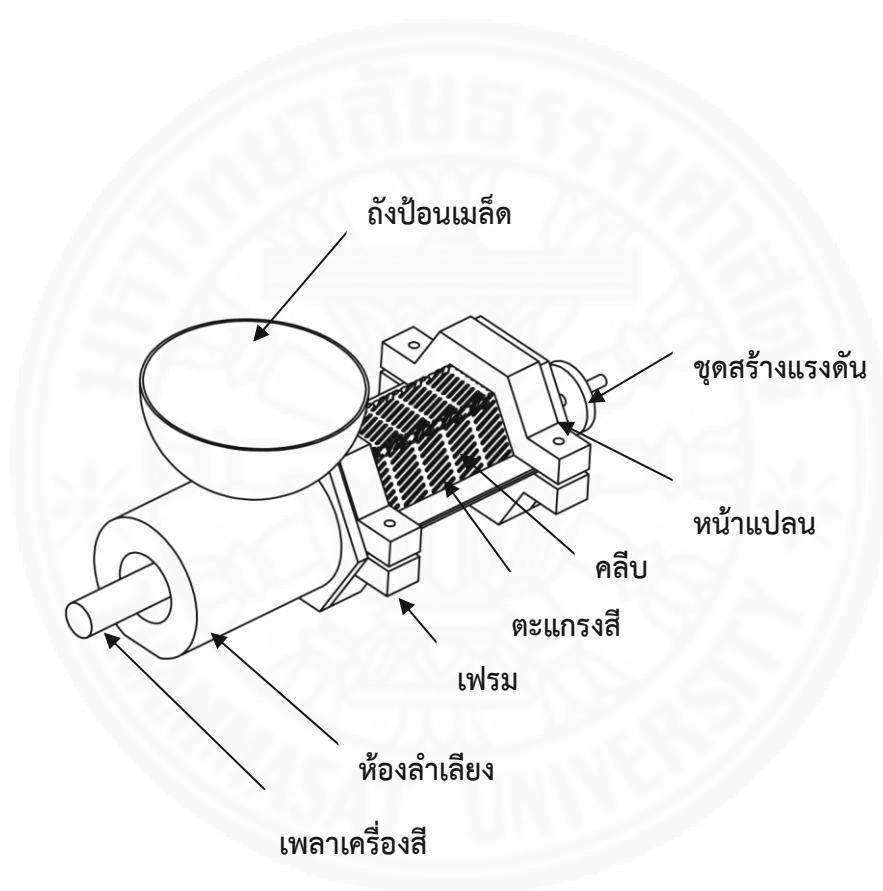


ภาพที่ ๘ รายละเอียดใบตีเครื่องกะเทาะแบบดี

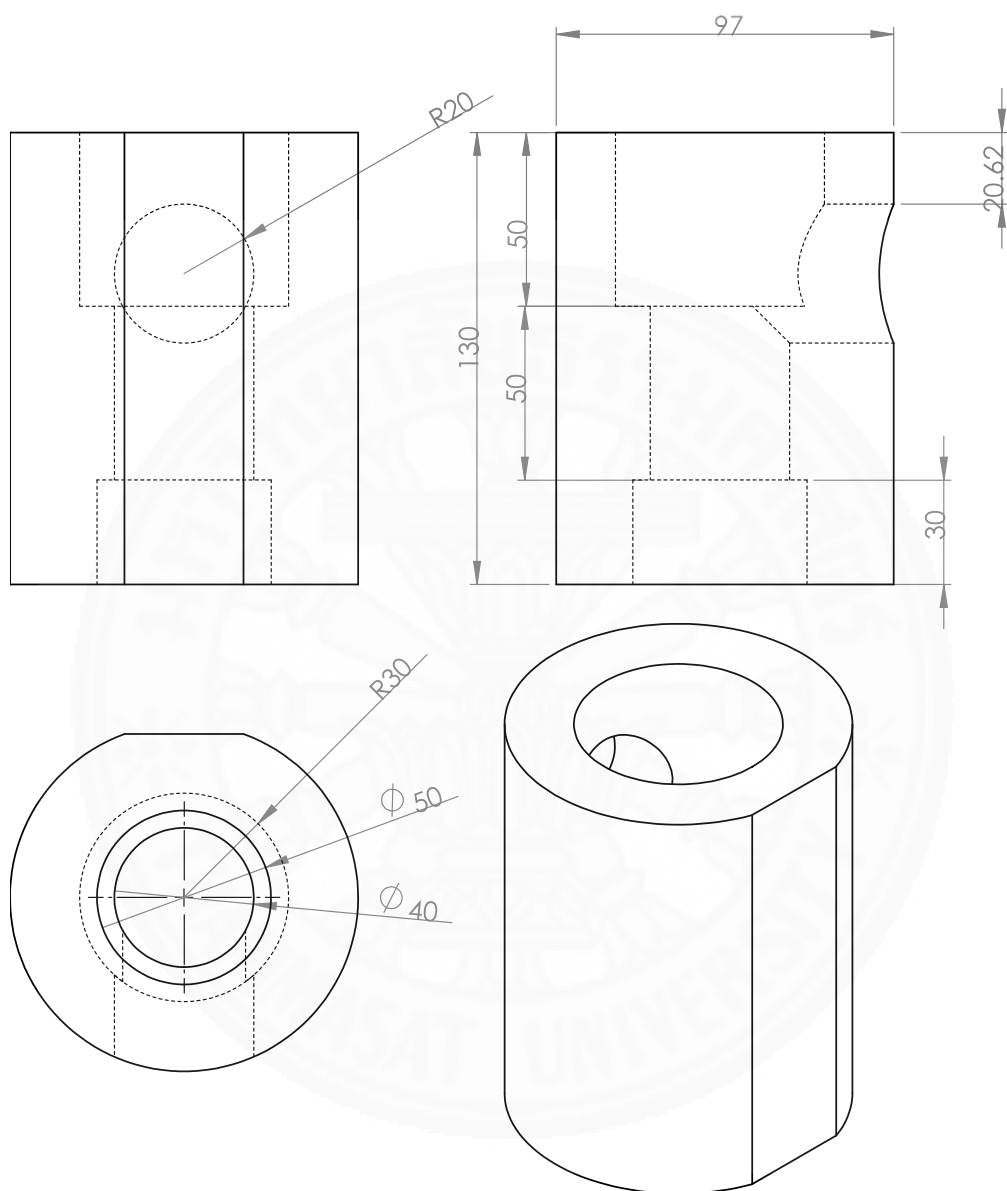


ภาคผนวก ญ

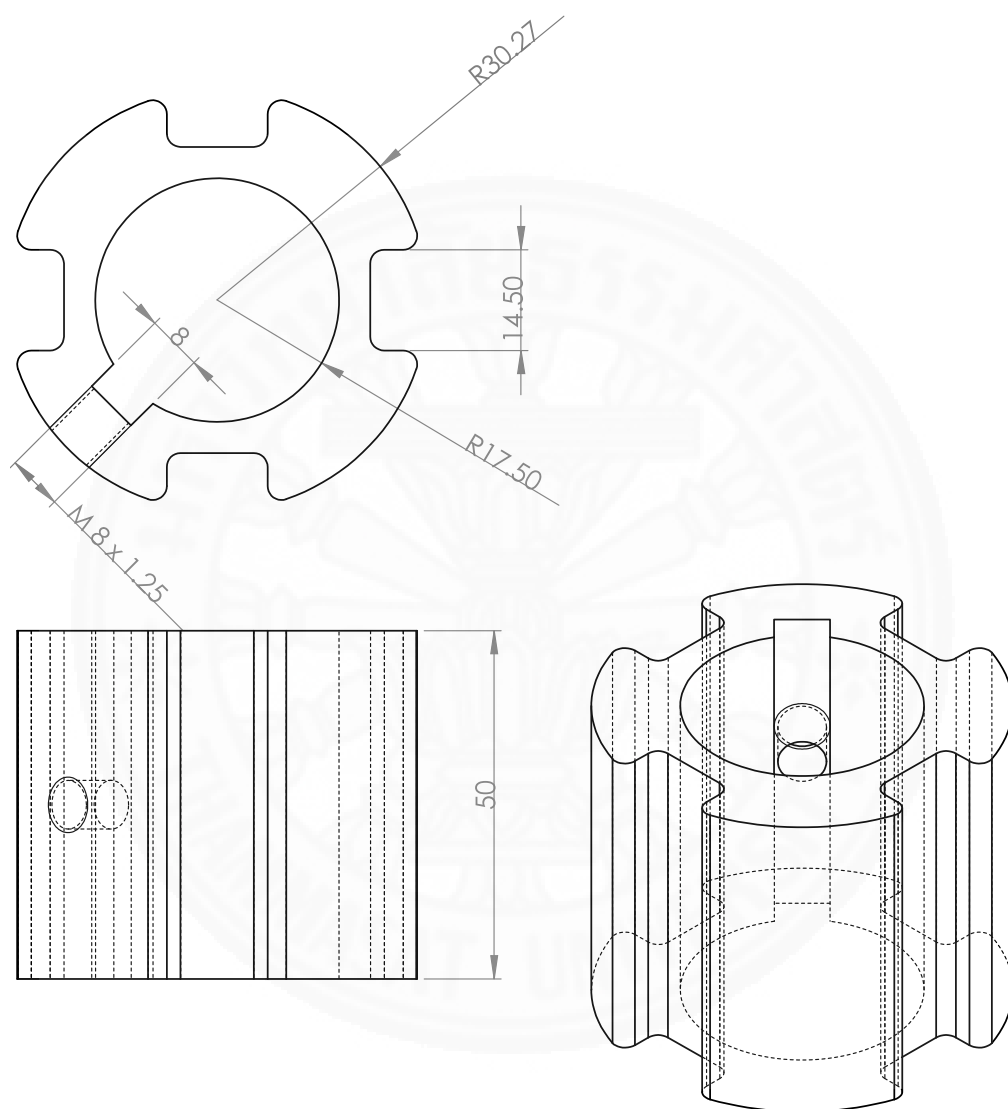
ภาพที่ ญ 1 รายละเอียดเครื่องกะเทาะแบบสีด้วยแกนเหล็ก



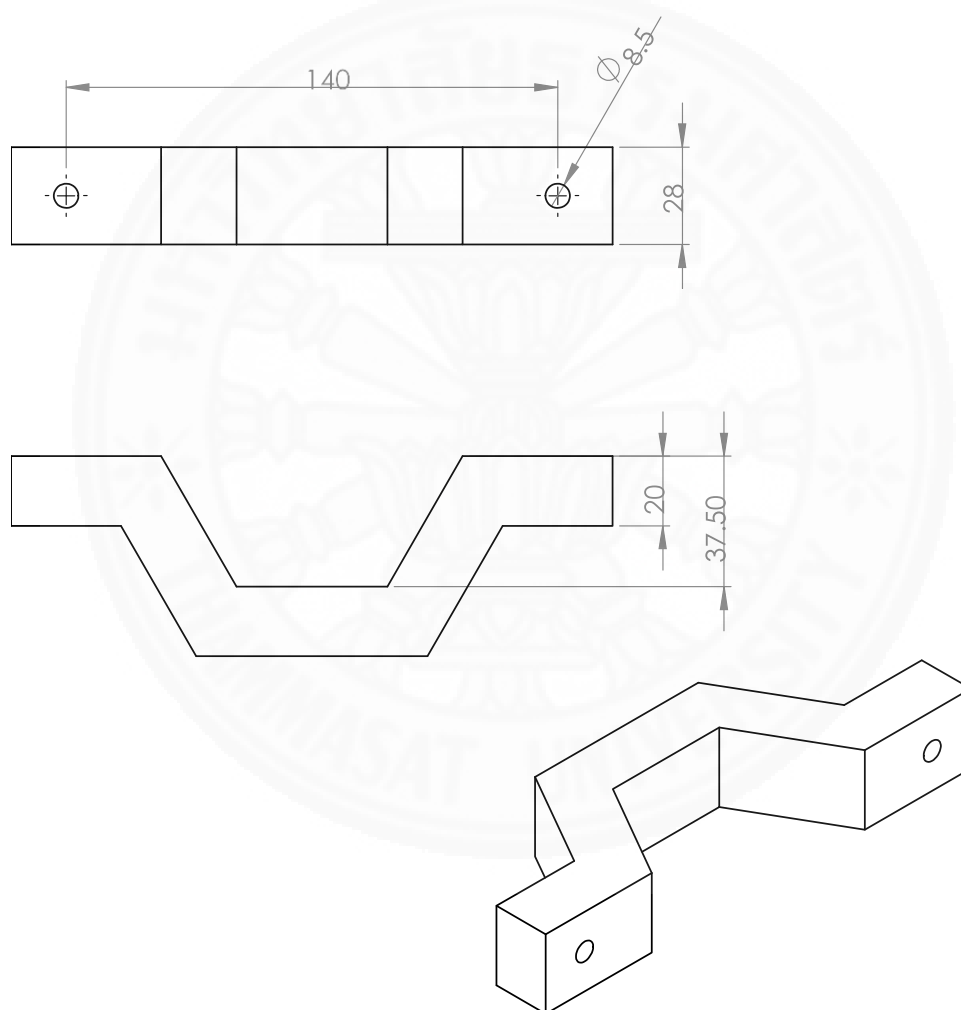
ภาพที่ ๒ รายละเอียดห้องลำเลียงเครื่องกะเทาะแบบสไลด์ด้วยแกนเหล็ก



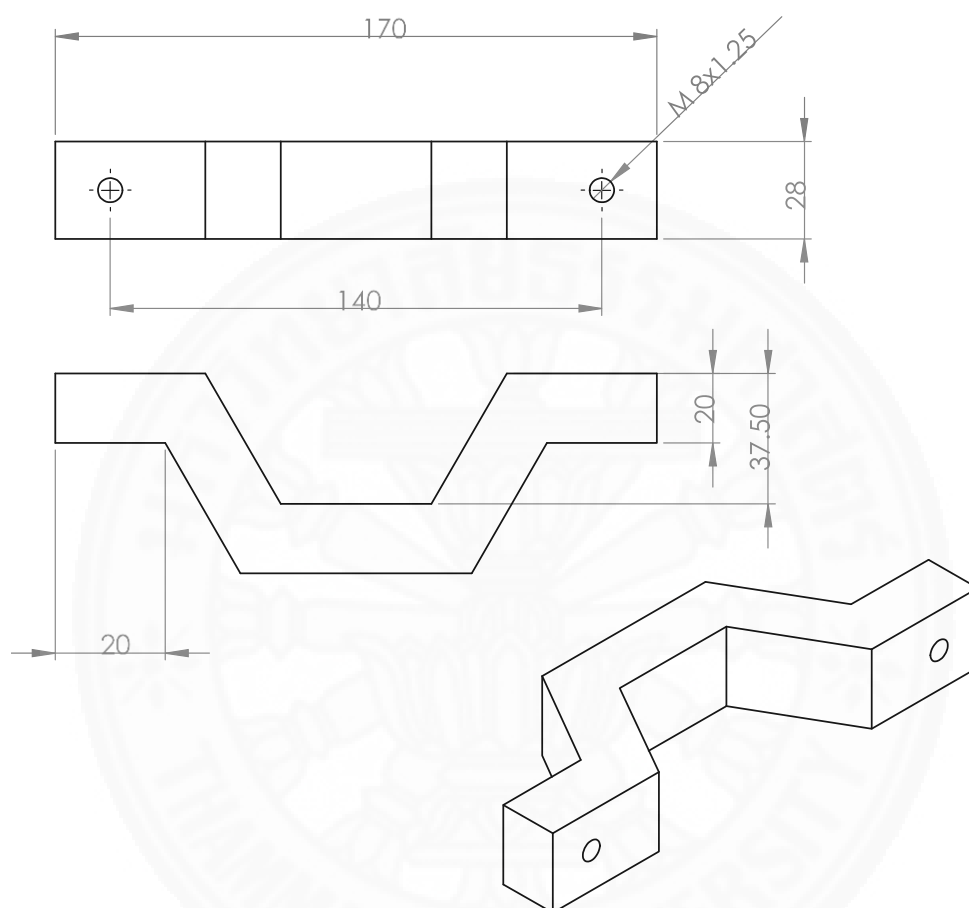
ภาพที่ ๓ รายละเอียดเกลียวป้อนเครื่องกะเทาะแบบสตีด้วยแกนเหล็ก



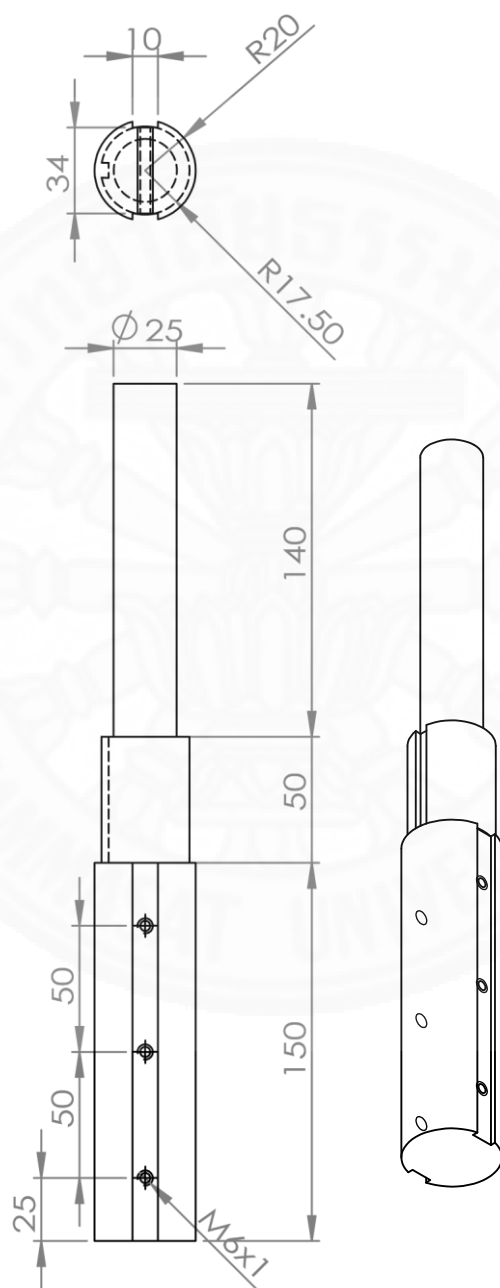
ภาพที่ ๓ ๔ รายละเอียดตัวประกอบกับบนเครื่องกะเพาะแบบสีด้วยแกนหลัก



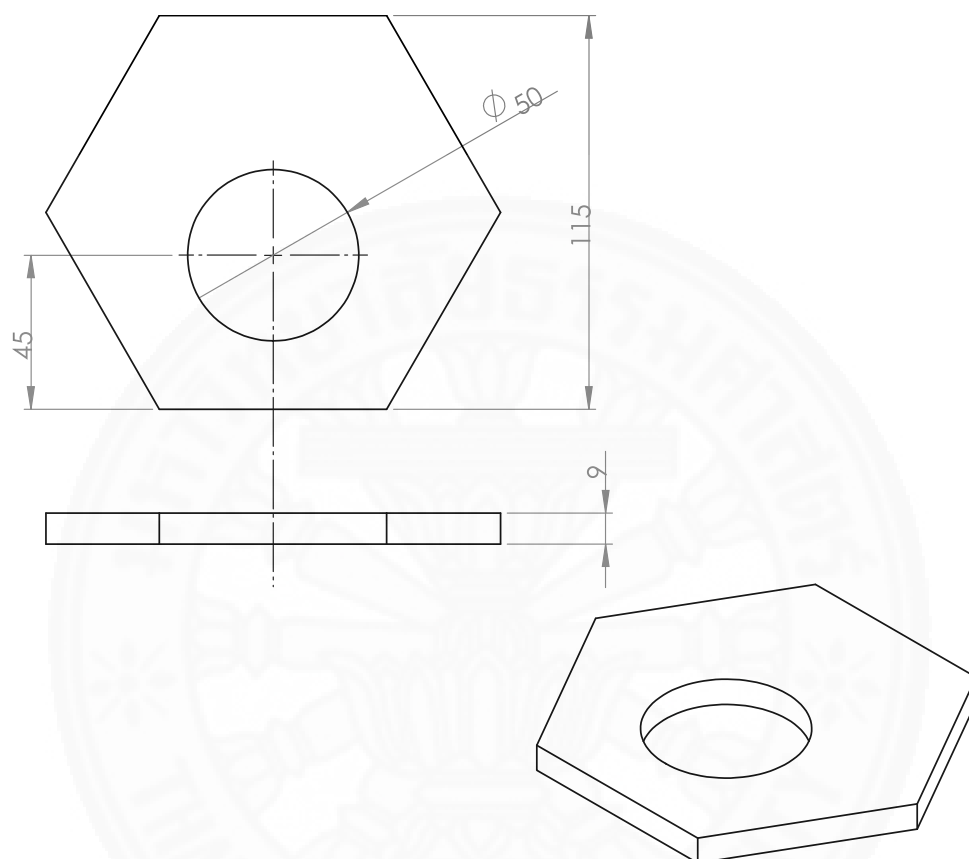
ภาพที่ ๕ รายละเอียดตัวประกอบกลางเครื่องกะเทาะแบบสตีด้วยแกนเหล็ก



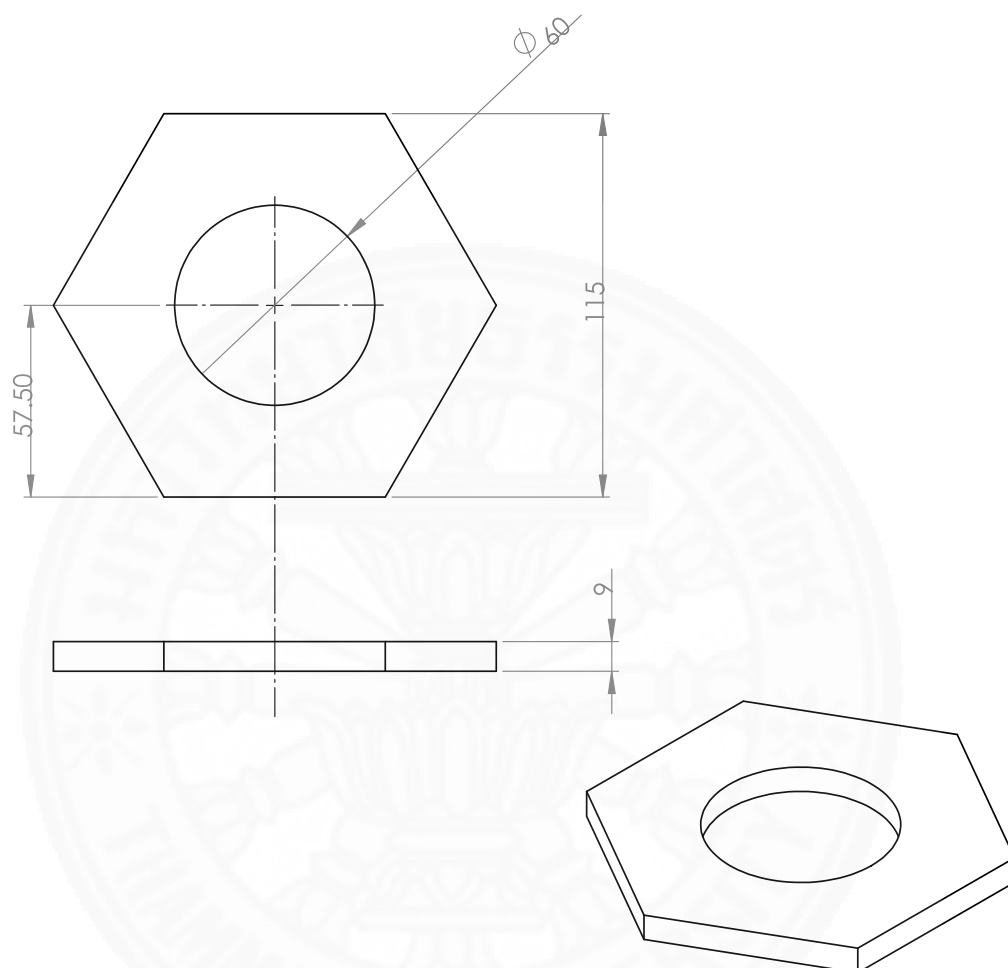
ภาพที่ ๖ รายละเอียดแกนเพลากร่องกะเทาะแบบสลีด้วยแกนเหล็ก



ภาพที่ ๗ 7 รายละเอียดฝ่าหน้าเครื่องกะเทาะแบบสตีด้วยแกนเหล็ก



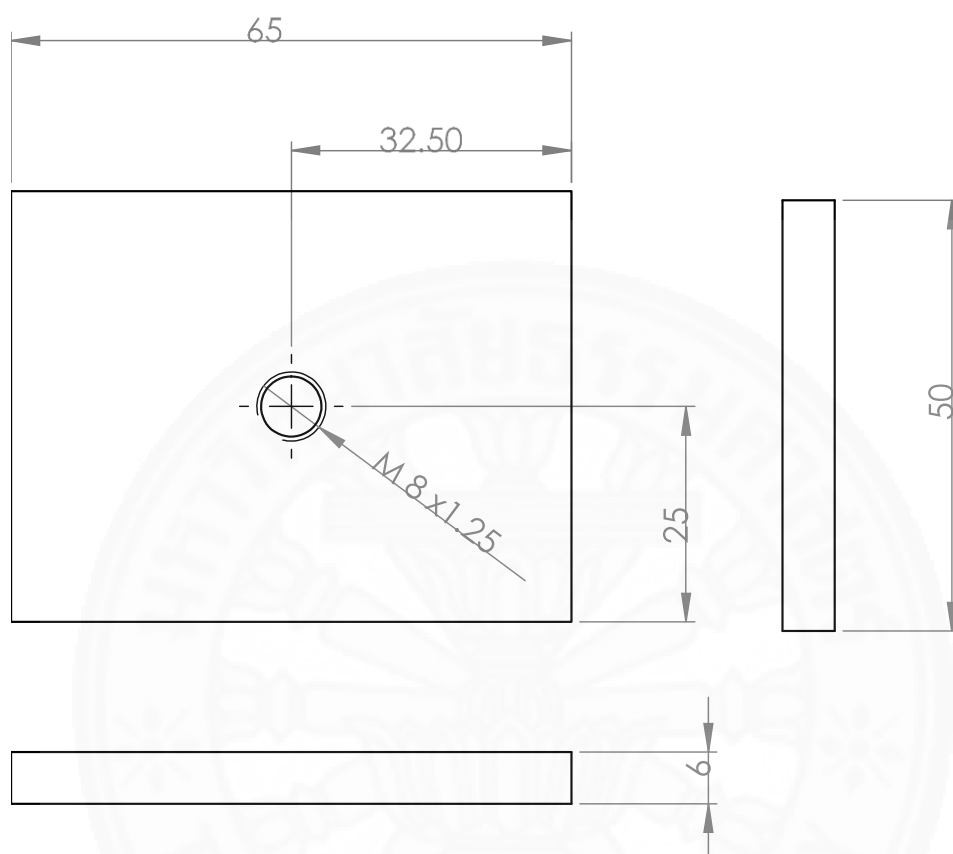
ภาพที่ ๘ รายละเอียดด้านหลังเครื่องกะเทาะแบบสลิด้วยแกนเหล็ก



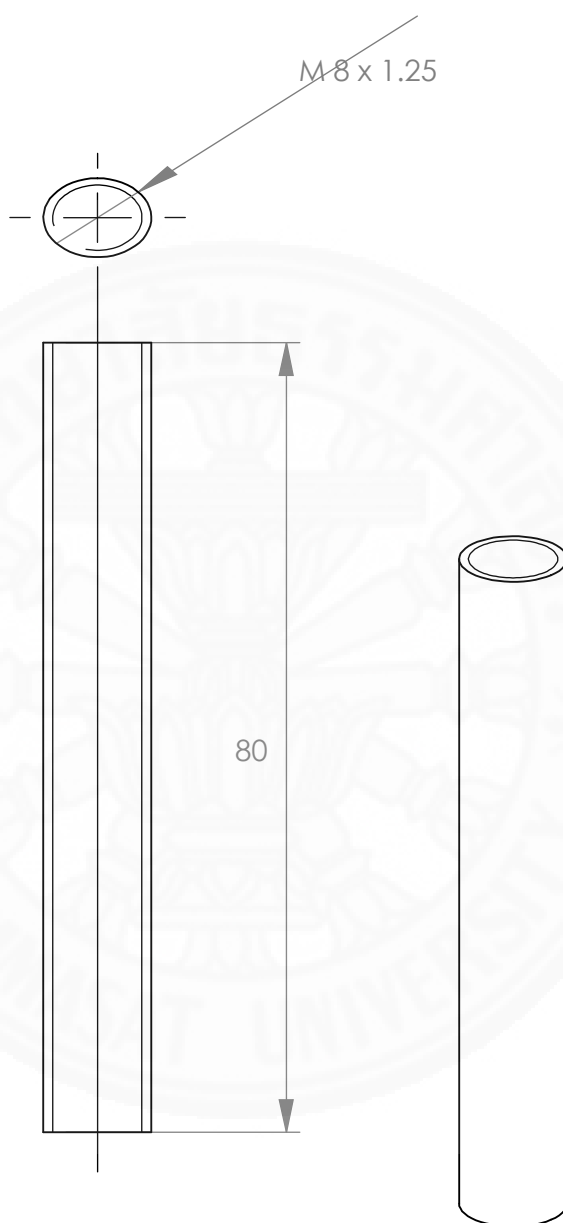
ภาพที่ ๙ ๙ รายละเอียดเพลสียัดเครื่องกะเทาะแบบสียัดด้วยแกนเหล็ก



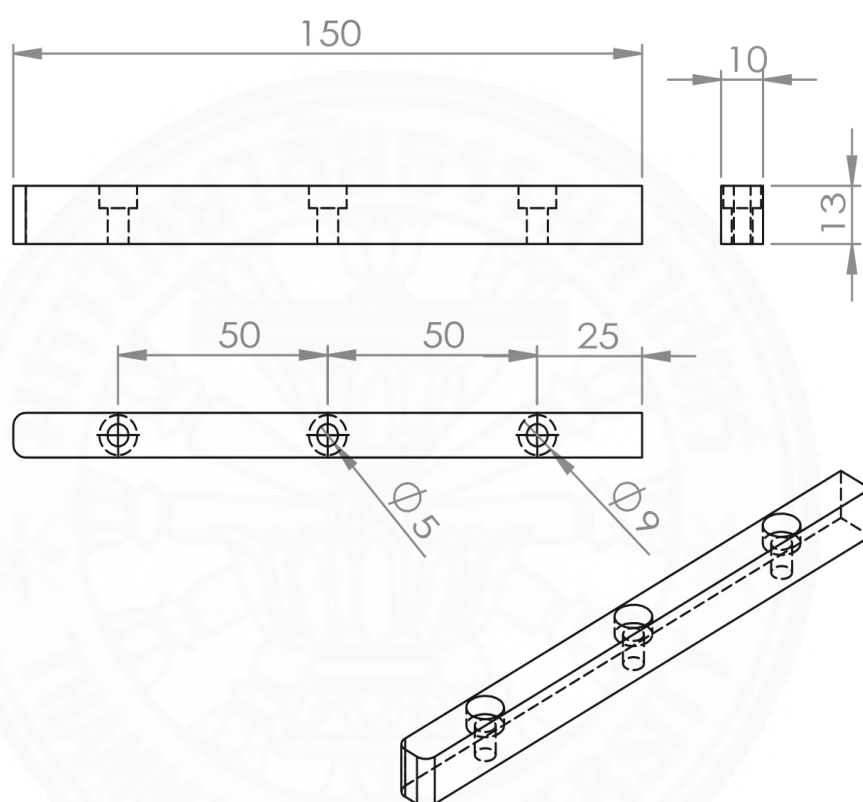
ภาพที่ ญ 10 รายละเอียดเพลสชุดสร้างแรงดันเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก



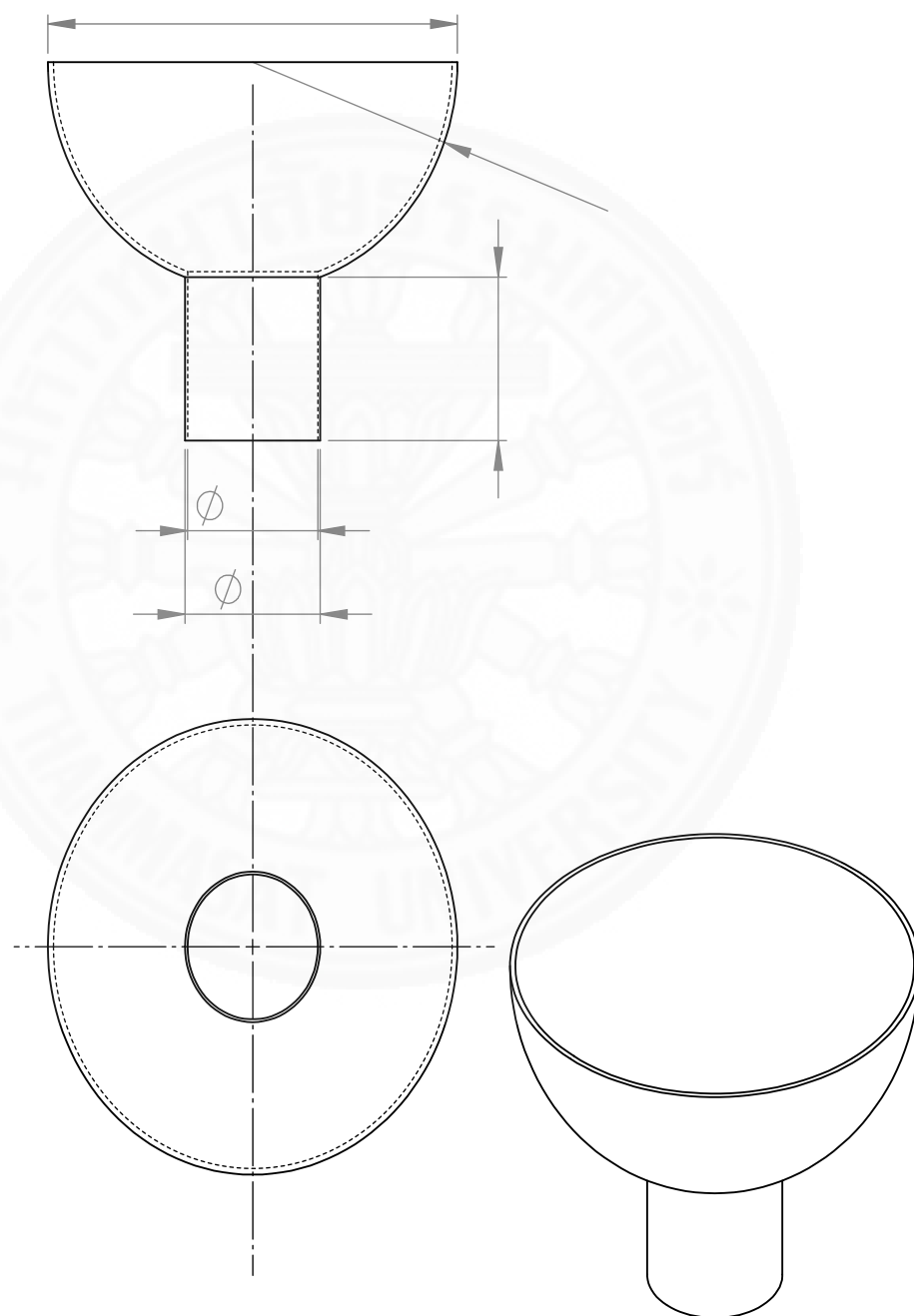
ภาพที่ ญ 11 รายละเอียดตัดเกลียวชุดสร้างแรงดันเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก



ภาพที่ ญ 12 รายละเอียดครีบสี่เครื่องกะเทาะแบบสตีด้วยแกนเหล็ก



ภาพที่ ญ 13 รายละเอียดถึงป้อนเครื่องกะเทาะแบบสีกด้วยแกนเหล็ก



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย วิโรจน์ ตริมงคล
วันเดือนปีเกิด	28 มีนาคม 2522
ตำแหน่ง	หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุง บริษัท โปรโมท เอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด
ผลงานทางวิชาการ	วิโรจน์ ตริมงคล, ดุลยโชติ ชลสิทธิ์ และ พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์ การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ด มะขาม การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 9 เรื่อง ผลงานวิจัยและนวัตกรรมสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัย ศรีปทุม 16 ธันวาคม 2557 หน้า 729-734