การออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวครัวเรือน

A design and fabrication of Small-scale rice milling machine

นราธิป ภูผา

นลินี เจริญสมบัติ

ธนกร คิดส่า

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

A design and fabrication of Small-scale rice milling machine

NARATIP PUPHA

NALINEE JAROENSOMBUT

THANAKORN KIDSA-NGA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

A design and fabrication of Small-scale rice milling machine

นักศึกษาผู้จัดทำ นายนราธิป ภูผา 60010507

นางสาวนลินี เจริญสมบัติ 60010517

นายธนกร คิดสง่า 60011298

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

ปีการศึกษา 2563

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
ผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

นักศึกษาผู้จัดทำ นายนราธิป ภูผา 60010507

นางสาวนนิลี เจริญสมบัติ 60010517

นายธนกร คิดสง่า 60011298

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

การสีข้าว เป็นการทำให้เปลือกข้าวและชั้นรำหลุดออกมาจากเมล็ดข้าว โดยจะส่งผลให้ข้าวมีความขาวและมีกลิ่นหอมน่ารับประทานมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามหลังการสีข้าวจะเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประสบการณ์การรับประทานข้าวที่มีคุณภาพดี เครื่องสีข้าวขนาดเล็กจึงเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหานี้ ปัจจุบันเครื่องสีข้าวขนาดเล็กส่วนใหญ่ใช้หลักการของเกลียวอัด ซึ่งเหมาะสำหรับข้าวเมล็ดสั้นและกลม ดังนั้นเมื่อใช้กับข้าวไทยที่มีลักษณะเป็นเมล็ดยาวจึงส่งผลให้เกิดการแตกหักสูงกว่าที่ควรจะเป็น ในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่เหมาะสมกับข้าวเมล็ดยาว และทำการทดสอบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่ได้สร้างขึ้น โดยเครื่องสีข้าวที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วย 1) ชุดตะแกรงสีข้าว 2) ชุดยางสีข้าว 3) ชุดเกลี่ยข้าว และ4) ระบบส่งกำลัง การทดสอบได้ออกแบบให้มีปัจจัยที่ในการทดลองดังนี้ 1) ปริมาณข้าวเปลือก 2 ระดับ 2) ความเร็วเชิงเส้นที่ผิวที่ 3 ระดับ และ 3) ระยะเวลาที่ใช้ในการสี 2 ระดับ ผลการทดสอบได้สรุปออกเป็น 7 แนวทางคือ 1) ร้อยละของข้าวเปลือกที่ถูกกะเทาะมีสูงสุด ใช้ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 g ความเร็วที่ผิว 2.5 m/s ระยะเวลา 7 นาที มีค่าข้าวเปลือกที่ถูกกะเทาะเท่ากับ 98.08 เปอร์เซ็นต์ 2) ระดับการขัดสีมีค่าสูงสุด ใช้ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 g ความเร็วที่ผิว 3 m/s ระยะเวลา 7 นาที ได้ระดับการขัดสีเท่ากับ 8.11 และ 3) ร้อยละข้าวหักต่ำที่สุด ใช้ปริมาณข้าวเปลือก 300 g ความเร็วที่ผิว 3.5 m/s ระยะเวลา 3 นาที มีร้อยละข้าวหักเท่ากับ 28.62 4) ประสิทธิภาพการสีสูงสุด ใช้ปริมาณข้าวเปลือก 200 g ความเร็วที่ผิว 2.5 m/s ระยะเวลา 5 นาทีมีประสิทธิภาพการสีเท่ากับ 67.10 5) ร้อยละต้นข้าวสูงสุด ใช้ปริมาณข้าวเปลือก 200 g ความเร็วที่ผิว 3.5 m/s ระยะเวลา 3 นาที มีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 36.93 6) ดัชนีความขาวมีค่าสูงสุดใช้ปริมาณข้าวเปลือก 200 g ความเร็วที่ผิว 3.5 m/s ระยะเวลา 7 นาที มีดัชนีความขาวเท่ากับ 47.63 และ 7) เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสสูงสุด ใช้ปริมาณข้าวเปลือก 200 g ความเร็วที่ผิว 3.5 m/s ระยะเวลา 7 นาที มีเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสเท่ากับ 1.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title	A design and fabrication of Small-scale rice milling machine	
Authors	Naratip Pupha	60010507
	Nalinee Jaroensombut	60010517
	Thanakorn Kidsa-nga	60011298
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Prasan Choomjaihan	
Year	2020	

Abstract

Rice milling is the process of removing the outer (husk) and aleurone layer (bran) of single kernel paddy remaining the white starchy endosperm (milled rice). After being milled rice is the chemical degradation process of rice kernel is accelerated. Consuming right after milling helps consumer obtain the high quality of rice. Currently, small scale rice milling has been designed for short grain rice using the polishing screw which give higher percentage of broken rice for Thai long grain rice. Therefore, this study focuses on design and fabricate the small scale, as well as testing the small scale rice milling machine. The small scale rice milling machine composes by 1) milling sieve 2) milling rubber break 3) rice leveling and 4) power and transmission unit. The factors for experiment design are 1) two levels of amount of rice 2) three levels of peripheral speed and 3) two levels of milling time. The results are concluded in 7 perspectives which are 1) for high percentage of hulling, 98.08%, using 200g of rice with 2.5 m/s peripheral speed for 7 min 2) for high milling degree, 8.11%, using 300 g of rice with 3 m/s peripheral speed for 7 min 3) for low percentage broken kernel, 28.62 % using 300 g of rice with 3.5 m/s peripheral speed for 3 min 4) for high milling recovery, 67.10% using 200g with 2.5m/s peripheral speed for 5 min 5) for high percentage of head rice yield, 36.93, using 200g of rice with 3.5m/s for 5 min 6) for high whiteness index, 46.63, using 200g of rice with 3.5m/s peripheral speed for 7 min and 7) for high transparency index, 1.54, using 200g of rice with 3.5m/s peripheral speed for 7 min.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษาผศ.ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ ที่ให้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะ และช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีผู้แก่วิจัย รวมทั้งความช่วยเหลือด้านวัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้การทดลอง

ขอขอบคุณนายกฤษณ์ ผลโพธิ์และนายธราธิป นวมยากูลที่คอยให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์และเครื่องมือภายในอาคารปฏิบัติการตลอดการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรวิศวกรมมเกษตรทุกท่านที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือและคำแนะนำทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสำหรับการอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย รวมไปถึงเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดการดำเนินงานวิจัย

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณครอบครัว คณาจารย์ทุกท่านผู้ซึ่งเคยประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้พื้นฐานให้กับผู้วิจัย และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนตลอดจนคอยให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา สำหรับ

คุณงาม ความดี และประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน

นายนราธิป ภูผา 60010507

นางสาวนลินี เจริญสมบัติ 60010517

นายธนกร คิดสง่า 60011298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับข้าว 5

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของข้าว 5

2.1.2 พันธุ์ข้าวในประเทศไทย 7

2.2 วิธีการสีข้าวเปลือก 10

2.2.1 ระบบการทำความสะอาด 11

2.2.2 ระบบการกะเทาะข้าวเปลือก 11

2.2.3 ระบบแยกแกลบ 11

2.2.4 ระบบการขัดขาวและการขัดมัน 11

2.2.5 ระบบการคัดขนาด 12

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการขัดขาวข้าว 13

2.3.1 เวลาที่ใช้ในการขัดขาว 13

2.3.2 ความเร็วที่ผิวของลูกหินขัดขาว 14

2.3.3 ความหนาแน่นในห้องขัดขาว 14

2.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว 14

2.4.1 ประสิทธิผลการสีข้าว 14

2.4.2 ประสิทธิภาพการสีข้าว 14

2.4.3 ร้อยละการแตกหัก 14

2.4.4 ปริมาณการขัดสี 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 ลูกยางสีข้าว 15
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสีข้าว 16
2.6.1 เครื่องขัดขาวแบบกรวยหินแกนตั้ง 16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 17
3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 17
3.1.1 การออกแบบตะแกรง 18
3.1.2 การออกแบบชุดยางสีข้าว 19
3.1.3 การออกแบบชุดเกลี่ยข้าว 19
3.1.4 การออกแบบชุดส่งกำลัง 20
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ 20
3.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดลอง 21
3.4 วิธีการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 21
บทที่ 4 ผลการทดลอง 23
4.1 ผลการทดลอง 23
4.1.1 ร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะที่สภาวะต่าง ๆ 23
4.1.2 ระดับการขัดสีที่สภาวะต่าง ๆ 25
4.1.3 ร้อยละข้าวหักที่สภาวะต่าง ๆ 27
4.1.4 ประสิทธิการสีข้าวที่สภาวะต่าง ๆ 29
4.1.5 ร้อยละต้นข้าวที่สภาวะต่าง ๆ 31
4.1.6 ดัชนีความขาวของข้าวที่สภาวะต่าง ๆ 33
4.1.7 เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสของข้าวที่สภาวะต่าง ๆ 35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 38
5.1 สรุปผลการทดลอง 38
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข 38
บรรณานุกรม 40
ภาคผนวก 42
ภาคผนวก ก 43
ภาคผนวก ข 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและทดสอบเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 3
ตารางที่ 1.2 งบประมาณและค่าใช้จ่าย 3
ตารางที่ 4.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ 24
ตารางที่ 4.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของระดับการขัดสี 26
ตารางที่ 4.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละข้าวหัก 28
ตารางที่ 4.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของประสิทธิภาพการสีข้าว 30
ตารางที่ 4.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละต้นข้าว 32
ตารางที่ 4.6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของดัชนีความขาว 34
ตารางที่ 4.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใส 36
ตารางที่ ก.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 เครื่องสีข้าวแบบใช้เกลียวอัด 1
รูปที่ 1.2 เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยางกะเทาะเปลือก 2
รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของดอกข้าว (Spikelet) 5
รูปที่ 2.2 แสดงรูปตัดขวางของเมล็ดข้าวและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว 7
รูปที่ 2.3 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 8
รูปที่ 2.4 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์กข 6 8
รูปที่ 2.5 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์เหลืองปะทิว 123 9
รูปที่ 2.6 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์เจ๊กเชย 1 9
รูปที่ 2.7 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี 10
รูปที่ 2.8 ลักษณะข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดพัทลุง 10
รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบความยาวของเมล็ดข้าว 13
รูปที่ 2.10 ยางกะเทาะเปลือก 15
รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงานสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 17
รูปที่ 3.2 ภาพสามมิติของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 18
รูปที่ 3.3 ภาพสามมิติของตะแกรงสีข้าว 18
รูปที่ 3.4 ภาพสามมิติของชุดยางสีข้าว 19
รูปที่ 3.5 ภาพสามมิติของชุดเกลี่ยข้าว 20
รูปที่ 4.1 แสดงร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ 24
รูปที่ 4.2 แสดงระดับการขัดสีที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ 26
รูปที่ 4.3 แสดงร้อยละข้าวหักที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ 28
รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการสีข้าวที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ 30
รูปที่ 4.5 ร้อยละต้นข้าวที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ 32
รูปที่ 4.6 ดัชนีความขาวที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ 34
รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ 36
รูปที่ ข.1 แบบสามมิติด้านหน้าของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 45
รูปที่ ข.2 แบบสามมิติด้านข้างของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 45
รูปที่ ข.3 แบบสามมิติด้านบนของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 46
รูปที่ ข.4 ภาพฉายของชุดยางสีข้าว 46
รูปที่ ข.5 ภาพฉายของชุดตะแกรงสีข้าว 47
รูปที่ ข.6 ภาพฉายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

“ข้าว” เป็นอาหารหลักที่คนไทยรับประทานมาเป็นระยะเวลานาน การที่จะนำข้าวมารับประทานได้นั้นจะต้องผ่านขั้นตอนที่สำคัญคือ การสีข้าว โดยจะเป็นการทำให้เปลือกข้าว (แกลบ) และชั้นรำหลุดออกมาจากเมล็ดข้าว ซึ่งจะส่งผลให้ข้าวมีความขาวและมีกลิ่นหอมน่ารับประทานมากขึ้น ข้าวที่ผ่านการสีแล้วจะถูกเรียกว่า “ข้าวสาร”

ข้าวสารที่ผ่านการสีแล้วจะเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว เนื่องจากชั้นแกลบและรำที่คอยปกป้องเมล็ดข้าวถูกขัดออกไป ทำให้ไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักเกิดการเสื่อมสภาพและเหม็นหืนขึ้น นอกจากนี้การเก็บข้าวสารเป็นระยะเวลานานจะทำให้คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพเปลี่ยนไปอีกด้วย เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประสบการณ์การรับประทานข้าวที่มีคุณภาพดี โดยที่ผู้บริโภคสามารถควบคุมคุณลักษณะของข้าวสารที่จะบริโภคได้ (ข้าวกล้อง หรือข้าวสาร) เป็นแนวทางการแก้ไขได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กถือว่าเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคสามารถมีได้ในครัวเรือน และผู้บริโภคสามารถกำหนดระดับการขัดสีข้าวได้ด้วยตนเอง ตามความต้องการทั้งในด้านคุณภาพการหุงต้ม และคุณค่าทางอาหารแล้วนั้น เครื่องสีข้าวขนาดเล็กยังเป็นจุดเริ่มต้นในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการซื้อขายข้าวในประเทศไทย จากเดิมที่ผู้บริโภคซื้อข้าวในรูปแบบข้าวสาร มาเป็นการซื้อในรูปแบบข้าวเปลือก ซึ่งการซื้อในรูปแบบข้าวเปลือกนี้ไม่จำเป็นต้องผ่านคนกลาง ทำให้ชาวนาผู้ผลิตสามารถเป็นผู้ขายได้โดยตรง อาจส่งผลให้เกิดกลุ่มชุมชนชาวนาขายข้าวในลักษณะ SME ได้ ก่อให้เกิดความเข้มแข็งและประโยชน์ในระดับชุมชน

ปัจจุบันเครื่องสีข้าวขนาดเล็กมีใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ส่วนใหญ่ใช้หลักการของเกลียวอัด (รูปที่ 1.1) และเครื่องส่วนใหญ่นำเข้าจากประเทศจีน หรือประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเครื่องดังกล่าวออกแบบมาใช้สำหรับข้าวเมล็ดสั้นและเมล็ดกลม ดังนั้นเมื่อใช้กับข้าวไทยที่มีลักษณะเป็นเมล็ดยาวจึงส่งเกิดการแตกหักที่สูงกว่าที่ควรจะเป็น การออกแบบเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่เหมาะสมกับข้าวเมล็ดยาวจึงยังไม่มีการผลิตขึ้นมา ยกเว้นเครื่องสีข้าวขนาดใหญ่ที่ใช้ในโรงสีข้าว นอกจากนี้ยังมีการผลิตเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่ทำจากลูกยาง 2 หรือ 3 ลูก (รูปที่ 1.2) เพื่อให้สามารถกะเทาะเปลือกข้าวได้หมด แต่อย่างไรก็ตามเครื่องสีข้าวขนาดเล็กนี้ยังไม่สามารถขัดขาวได้ภายในเครื่องเดียว ต้องผ่านกระบวนการขัดขาวอีกครั้ง ซึ่งยังไม่มีเครื่องขัดขาวขนาดเล็กถูกผลิตขึ้นมา

รูปที่ 1.1 เครื่องสีข้าวแบบใช้เกลียวอัด

ที่มา: ราชาเพาเวอร์ทูลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 1.2 เครื่องสีข้าวแบบใช้ลูกยางกะเทาะเปลือก

ที่มา: มินเซนแมชีนเนอรี่

ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวครัวเรือน ที่มีความสามารถทั้งการกะเทาะเปลือกและขัดขาวได้ในตัวเอง โดยอาศัยหลักการสีข้าวที่เหมาะสมสำหรับข้าวเมล็ดยาว และต้องมีขนาดและน้ำหนักเหมาะสมกับการใช้งานในระดับครัวเรือน ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่เหมาะสมกับครัวเรือน 2) ทดสอบหาปัจจัยที่มีผลต่อการสีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยค่าชี้ผลของการทดสอบคือ 1) เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าว 2) ปริมาณข้าวสารรวม และ 3) ระดับการสี ซึ่งขอบเขตของการทดสอบคือใช้ข้าวเปลือกพันธ์ขาวมะลิ 105 ที่มีขนาดความกว้างของเมล็ดกว้างกว่า 2 mm

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวที่มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานภายในครัวเรือน โดยที่ปริมาณการสีข้าวภายใน 1 ครั้ง จะต้องเพียงพอต่อการบริโภคของผู้บริโภคจำนวน 2 คนต่อหนึ่งมื้อ

2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยใช้ร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ ระดับการขัดสี ร้อยละข้าวหัก ประสิทธิภาพการสีข้าว ร้อยละต้นข้าว ดัชนีความขาว และเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสของข้าวเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1) ออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

2) ตัวอย่างสายพันธุ์ข้าวเปลือกที่ใช้คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105

3) ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าว ได้แก่ ปริมาณข้าวเปลือก 200, และ 300 กรัม เวลาที่ใช้ในการสีข้าว 3, 5, และ 7 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4) สมบัติทางกายภาพของข้าวที่ศึกษา ได้แก่ ร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ (Percentage of Unhull Rice), ระดับการขัดสี (Milling Degree), ร้อยละข้าวหัก (Percentage of Broken Rice), ประสิทธิภาพการสีข้าว (Milling Recovery), ร้อยละต้นข้าว (Head Rice Yield), ดัชนีความขาว (Whiteness Index), และเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใส (Percentage of Transparency)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่มีขนาดเหมาะสม สามารถควบคุมปริมาณการสีและเลือกระดับการขัดสีตามที่ต้องการ และในการสีข้าว 1 ครั้ง ต้องได้ข้าวขาวที่มีปริมาณเพียงพอต่อการบริโภคของผู้บริโภคจำนวน 2 คนต่อหนึ่งมื้อ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและทดสอบเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

ขั้นตอนดำเนินงาน	ปี / เดือน									
	พ.ศ. 2563					พ.ศ. 2564				
	ส.ค.	ก.ย	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←	—								
2. ออกแบบเครื่องสีข้าวครัวเรือน	←	—								
3. เขียนแบบสามมิติของเครื่องสีข้าวครัวเรือน	←	—								
4. สร้างเครื่องสีข้าวครัวเรือน		←	—	—	→					
5. ทดสอบการทำงานของเครื่องสีข้าวครัวเรือน			←	—	→					
6. วัดค่าสีของข้าว milling meter					←	—	→			
7. วัดปริมาณต้นข้าว โดยใช้ตะแกรงร่อน					←	—	—	→		
8. วัดระดับการขัดสี โดยการชั่งน้ำหนัก					←	—	—	→		
9. วัดการใช้พลังงานของเครื่องสีข้าว							←	—	→	
10. ทำเล่มปริญญานิพนธ์								←	—	→

1.6 งบประมาณ

ตารางที่ 1.2 งบประมาณและค่าใช้จ่าย

ที่	รายการ	จำนวนเงิน (บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1	**ค่าวัสดุ**	
	- แผ่นสแตนเลส ขนาด 30×30 เซนติเมตร (4 แผ่น)	2,000
	- เหล็กฉาก หนา 1.2 มิลลิเมตร 6 เมตร (1 เส้น)	200
	- คัปปิ้ง นิ้ว	321
	- สายพาน B-32 (1 เส้น)	85
	- น็อต นิ้ว	139
	- สตัด นิ้ว	30
	- ยางขัดขาว ขนาด นิ้ว (1 เส้น)	299
	- ข้าวเปลือก พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 70 กิโลกรัม	1,890
	- ถุงซิป ขนาด 15×25 เซนติเมตร (9 แพ็ค)	820
	รวม	**5784**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับข้าว

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของข้าว

ข้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ Oryza sativa เป็นพืชจำพวกหญ้าในวงศ์ Gramineae มีลักษณะเป็นพืชล้มลุก อายุสั้น เป็นผลเดี่ยวที่เกิดจากรังไข่อันเดียวชนิดลอยตัว (Superior ovary) ของดอกเดี่ยวในแต่ละดอกย่อยที่รวมกันเป็นช่อดอก ผลเดี่ยวนี้จะติดอยู่กับผนังของรังไข่ หรือเยื้อหุ้มผล (Pericarp) เมื่อผลสุกจะแห้ง กลายเป็นเมล็ด (Caryopsis grain) โดยมีเยื่อหุ้มผลและเปลือกหุ้มเมล็ด (Seed coat) เชื่อมติดกันตลอดเมล็ดข้าว ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างตามแต่ละสายพันธุ์ ในด้านขนาด รูปร่าง สี การมีหาง (Awn) และขน (Pubescence) หรือไม่มีขนบนเปลือกแข็ง (Hull หรือ Husk) (จำรัส, 2534; เครือวัลย์, 2536)

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของดอกข้าว (Spikelet)

ที่มา: สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว

จากรูปที่ 2.2 เมล็ดข้าวจะมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

1) ส่วนห่อหุ้มเมล็ดหรือแกลบ (Hull หรือ Husk) มีส่วนประกอบ 6 ส่วน ดังนี้

1.1) เปลือกใหญ่ (Lemma) เป็นเปลือกหุ้มเมล็ดเนื้อผลด้านท้อง (Dorsal side) มีรอยเส้น (Nerves) ตามความยาวของเปลือก โดยประมาณมี 5 เส้น อาจมีหางหรือไม่มี โดยเปลือกใหญ่จะหุ้มเปลือกเล็กทั้ง 2 ด้าน

1.2) เปลือกเล็ก (Palea) มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ประมาณ 1/3 ของเปลือกทั้งหมด โดยอยู่ภายใต้เปลือกใหญ่ ที่ผิวของเปลือกเล็กจะมีรอยเส้นประมาณ 3 เส้น ตามความยาวของเปลือก ซึ่งอาจทำให้เกิดเป็นรอยเส้นบนข้าวกล้องบางสายพันธุ์แม้จะผ่านกระบวนการขัดขาวแล้วก็อาจยังหลงเหลือรอยเส้นนี้อยู่ เรียกว่า สาแหรกข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3) ขน เป็นเซลล์ผิวนอก (Epidermal cell) ที่เจริญเป็นขน ช่วยลดการระเหยของน้ำ ป้องกันอันตรายจากภายนอก และช่วยกระจายการแพร่พันธุ์ของเมล็ดข้าว โดยส่วนใหญ่ขนจะอยู่บนเปลือกใหญ่และเปลือกเล็ก ซึ่งอาจมีบางสายพันธ์ที่ไม่มีขน

1.4) หาง เกิดจากส่วนปลายของเปลือกใหญ่ที่ยาวเกินตำแหน่งยอดดอก (Apiculus) โดยความขาวขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละพันธุ์หรืออาจไม่มี และสามารถกระจายพันธุ์ได้เหมือนขน

1.5) ขั้วเมล็ด (Rachilla) เป็นก้านสั้น ๆ ติดกับเมล็ดข้าวเปลือก อยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับเปลือกใหญ่

1.6) กลีบรองเมล็ด (Sterile lemmas) เป็นกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่บริเวณใต้สุดของเมล็ด

2) ส่วนเนื้อผลหรือเนื้อแท้ (True fruit หรือ Caryopsis grain) หรือ ข้าวกล้อง (Caryopsis หรือ Brown rice) ประกอบด้วย

2.1) เยื่อหุ้มผล เป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน มีสารสีและรงควัตถุเจือปนอยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ข้าวกล้องมีสี โดยแตกต่างกันตามสายพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีเฮมิเซลลูโลส ที่เป็นโปรตีนองค์กอบสำคัญ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้นย่อย ได้แก่

1) เอพคาร์พ หรือ เอกโซคาร์พ (Epicarp หรือ Exocarp) ประกอบไปด้วยเซลล์ชั้นเดียว ที่เป็นเปลือกอยู่ชั้นนอกสุด มีลักษณะเรียบ เหนียว และเป็นมัน

2) เมโซคาร์พ หรือ ไฮพอเดิร์ม (Mesocarp หรือ Hypoderm) เป็นผนังของผลชั้นกลาง

3) เอนโดคาร์พ (Endocarp) เป็นเนื้อเยื่อชั้นใน

2.2) เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ด้านล่างเยื่อหุ้มผล ประกอบไปด้วยเซลล์ 2 ชั้น มีลักษณะยาวเรียงตามขวาง และมีผนังบางประมาณ 0.5 ไมครอน กั้นไว้ ภายในเซลล์มีไขมันและสารสีแบบเดียวกับเยื่อหุ้มผล

2.3) นิวเซลลัส (Necellus) อยู่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่เป็นพันธะที่ไม่ติดแน่น ทำให้แยกออกจากกันได้ง่าย มีความหนาประมาณ 0.8 ถึง 2.5 ไมครอน

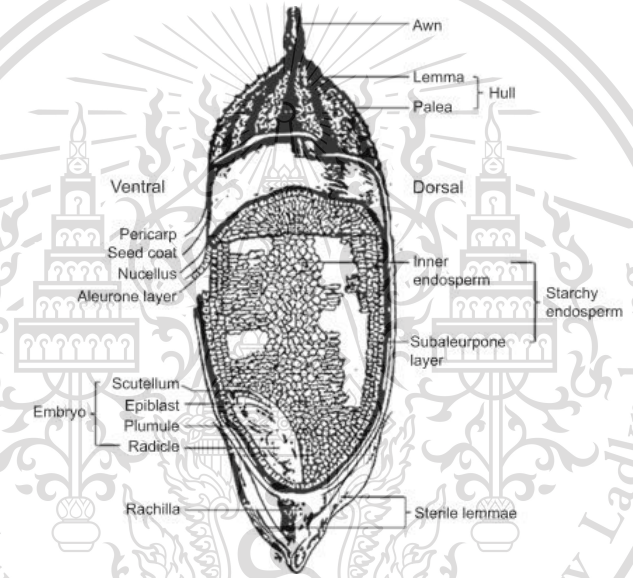
2.4) เยื่อชั้นแอลิวโรน (Aleurone layer) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด แต่ไม่เชื่อมติดกับคัพภะในส่วนของใบเลี้ยงด้านท้องจนถึงจุดเชื่อมระหว่างใบเลี้ยงกับเยื่อหุ้มรากอ่อน ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ 1 ถึง 7 ชั้น เยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มด้านท้อง ลักษณะของเซลล์แอลิวโรนมี 2 ลักษณะ คือ 1. เซลล์ส่วนที่หุ้มรอบเนื้อของเมล็ด มีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ และมีไซโทรพลาซึม (Cytoplasm) อยู่หนาแน่น มีกลุ่มโปรตีน (Protein bodies) กลุ่มไขมัน (Lipid bodies)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และสารอื่น ๆ 2. เซลล์ที่ห่อหุ้มคัพภะ มีลักษณะบาง ยาว มีไซโทรพลาซึม กลุ่มไขมัน และกลุ่มโปรตีนน้อย มีเวสิเคิลมาก

2.5) คัพภะ หรือ เชื้อชีวิต เป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับต้นอ่อน จึงมีส่วนประกอบของโปรตีนและไขมันจำนวนมาก โดยคัพภะจะอยู่ที่โคนด้านเปลือกใหญ่ มีรากอ่อน, ต้นอ่อน, เยื่อหุ้มรากอ่อน, เยื่อหุ้มต้อนอ่อน, ท่อน้ำท่ออาหาร, และใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ที่บริเวณส่วนท้อง

2.6) เนื้อเมล็ด หรือ เนื้อข้าว (Endosperm) มีประมาณร้อยละ 80 ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1. ชั้นซับแอลิวโรน (Subaleurone layer) เป็นเซลล์ 2 ชั้น อยู่ถัดจากชั้นแอลิวโรน มีกลุ่มโปรตีนอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ กลมใหญ่ (1 - 2 ไมครอน), กลมเล็ก (0.5 - 0.75 ไมครอน), และเป็นผลึกติดกัน (2 – 3.5 ไมครอน) และ 2. ส่วนที่เป็นสตาร์ช (Starchy endosperm) ในเนื้อเมล็ด (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)



รูปที่ 2.2 แสดงรูปตัดขวางของเมล็ดข้าวและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

ที่มา: Bienvenido O.Juliano, Arvin Paul P.Tuaño, 2561

2.1.2 พันธุ์ข้าวในประเทศไทย

พันธุ์ข้าวของประเทศไทย มีมากกว่า 100 สายพันธุ์ เกิดจากการปรับปรุงและพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ลักษณะพื้นที่ รวมทั้งสามารถทนต่อศัตรูพืชและโรคพืช เพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวที่ดีกว่าเดิมและสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ โดยมีวิธีการแบ่งชนิดของพันธุ์ข้าว 2 แบบ ได้แก่ 1. แบ่งตามนิเวศน์การปลูก และ 2. แบ่งตามการตอบสนองต่อช่วงแสง สายพันธุ์ที่เป็นที่นิยมปลูกและบริโภคในประเทศ เช่น

1) ขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105) มีลักษณะลำต้นอ่อน ทรงกอตั้ง ความยาวลำต้นประมาณ 140 ซม. หูใบสีเขียวอ่อน แผ่นใบและกาบใบสีเขียว อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 25 พฤศจิกายน ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก 10.6 x 2.5 x 1.9 มิลลิเมตร และเมล็ดข้าวกล้อง 7.5 x 2.1 x 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

มิลลิเมตร (ย x ก x ส) เมื่อสีแล้วเมล็ดเรียวข้าวสารใส คุณภาพการสีดี ข้าวสุกนุ่ม มีกลิ่นหอม ปริมาณอะมิโลส 15 - 17% มีความทนต่อสภาพดินเปรี้ยว และดินเค็ม

รูปที่ 2.3 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว

2) กข6 (RD6) เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาจากข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีลักษณะเมล็ดยาวเรียว เปลือกสีน้ำตาล เมล็ดมีขนสั้น ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก 9.9 x 2.7 x 2.0 มิลลิเมตร และเมล็ดข้าวกล้อง 7.2 x 2.2 x 1.7 มิลลิเมตร (ย x ก x ส) ลำต้นสูงประมาณ 154 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 21 พฤศจิกายน มีความไวต่อช่วงแสง ทนแล้ง และเป็นข้าวเหนียวที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่นิยมปลูกกันแพร่หลายในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รูปที่ 2.4 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์กข 6

ที่มา: งานรวบรวมพืชพันธุ์กลายในประเทศไทย, 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) เหลืองปะทิว 123 เป็นพันธุ์ข้าวเจ้า มีลำต้นสีเขียว สูงประมาณ 150 เซนติเมตร ใบกว้างและยาว อายุเก็บเยวประมาณ 19 ธันวาคม ข้าวเปลือกมีสีเหลือง ยาว มีขนาดเมล็ดข้าวเปลือก 10.1 x 2.6 x 2.0 มิลลิเมตร และเมล็ดข้าวกล้อง 7.6 x 2.3 x 1.8 มิลลิเมตร (ย x ก x ส) คุณภาพการสีดี เมื่อสีแล้วมีความเลื่อมมัน

รูปที่ 2.5 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์เหลืองปะทิว 123

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว

4) เจ๊กเชย 1 เกิดจากการผสมข้าวเหลืองทองนาปรังกับไออาร์8 (IR8) เป็นข้าวเจ้าที่ไวต่อช่วงแสง ใบธงหักลง คอรวงยาว ทรงกอตั้ง ลำต้นมีความสูงประมาณ 160 – 170 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวช่วง 10 ธันวาคม เมล็ดข้าวเปลือกมีสีฟาง ขนสั้น ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก 10.3 x 2.5 x 2.0 มิลลิเมตร และเมล็ดข้าวกล้อง 7.7 x 2.1 x 1.7 มิลลิเมตร (ย x ก x ส) สามารถปลูกในพื้นที่น้ำท่วมได้ดี เมื่อหุงแล้วขึ้นหม้อ ร่วน ไม่ติดกันเป็นก้อน ปริมาณอะไมโลสสูง 27.1%

รูปที่ 2.6 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์เจ๊กเชย 1

ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว

5) ไรซ์เบอร์รี เป็นผลงานการปรับปรุงสายพันธุ์ของ รศ.ดร.อภิชาติ และทีมนักวิจัยจากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และความร่วมมือจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยเป็นการผสมข้าวเจ้าหอมนิลกับขาวดอกมะลิ 105 มีลักษณะเรียวยาว มันวาว เป็นข้าวเจ้าที่มีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ม่วงเข้มคล้ายกับลูกเบอร์รี มีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี

รูปที่ 2.7 ลักษณะเมล็ดข้าวพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี

ที่มา: ข้าวหงษ์ทองไลฟ์, 2560

6) สังข์หยดพัทลุง เป็นข้าวเจ้าที่ไวต่อช่วงแสงอ่อน ทรงกอตั้ง เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก 9.3 x 2.1 x 1.7 มิลลิเมตร และเมล็ดข้าวกล้องมีสีแดงขนาด 6.7 x 1.8 x 1.6 มิลลิเมตร (ย x ก x ส) ข้าวซ้อมมือมีสีแดงปนขาว ข้าวจากรวงเดียวกันเมื่อขัดสีบางเมล็ดจะมีสีขาวใส แต่ส่วนมากจะขาวขุ่น เป็นข้าวกล้องที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีปริมาณไนอาซิน (Niacin) 6.46 มิลลิกรัม ใยอาหาร 4.81 กรัม ธาตุเหล็ก 0.52 มิลลิกรัม และปริมาณอะไมโลสต่ำ 15 ± 2%

รูปที่ 2.8 ลักษณะข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดพัทลุง

ที่มา: Lemon Farm

2.2 วิธีการสีข้าวเปลือก

การสีข้าวเป็นการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเบื้องต้น โดยการแปรรูปข้าวเปลือกที่ผ่านการลดความชื้นให้เหลือความชื้นเพียงร้อยละ 13 - 15 เข้าสู่กระบวนการการสีข้าวจนได้ออกมาเป็นข้าวกล้องหรือข้าวขาว ซึ่งมีกระบวนการการผลิต 5 กระบวนการหลัก ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.1 ระบบการทำความสะอาด

เป็นการแยกสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับข้าวเปลือก ซึ่งมีวิธีการหลายวิธีที่ให้แยกสิ่งแปลกปลอมขนาดต่าง ๆ ออกจากข้าวเปลือก เครื่องทำความสะอาดด้วยลมเป่าและตะแกรงโยกระบบปิด เหมาะกับการแยกสิ่งแปลกปลอมขนาดไม่ใหญ่มาก โดยจะมีส่วนลมเป่าเพื่อดูดสิ่งเจือปนที่เบากว่าออกจากข้าวเปลือก สิ่งเจือปนอื่น ๆ และข้าวเปลือกจะตกลงไปที่ตะแกรงเอียง 2 ชั้น เพื่อแยกสิ่งเจือปนที่ใหญ่กว่าข้าวเปลือกออก (Shengyan, 1998) เครื่องแยกก้อนหินและลมเป่า ก้อนหินที่มีขนาดเท่ากับข้าวเปลือกจะมีน้ำหนักมากกว่า โดยข้าวเปลือกที่มีน้ำหนักเบากว่าจะเคลื่อนที่ลงสู่ด้านล่าง ก้อนหินที่มีน้ำหนักมากกว่าจะเคลื่อนที่ไปด้านบน และระหว่างการเคลื่อนที่นั้นจะมีลมคอยเป่าสิ่งเจือปนที่เบากว่าข้าวเปลือกออกด้วยเช่นกัน เครื่องแยกเศษเหล็ก เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น เนื่องจากเศษเหล็กที่ปนมามักจะมีขนาดใกล้เคียงกับข้าวเปลือก จึงผ่านการทำความสะอาดเบื้องต้นมาได้ ดังนั้นเครื่องทำความสะอาดหลายเครื่องจึงมีการติดแม่เหล็กไว้เพื่อแยกเศษเหล็กดังกล่าวออกจากข้าวเปลือก

2.2.2 ระบบการกะเทาะข้าวเปลือก

ข้าวเปลือกที่สะอาดแล้วจะถูกกะเทาะเปลือกหรือที่เรียกว่า แกลบ ออกโดยไม่ทำให้เมล็ดข้าวเสียหาย ซึ่งมีวิธีการที่หลากหลาย เช่น เครื่องกะเทาะเปลือกแบบลูกยาง ใช้ลูกยางเบรกสองลูกหมุนเข้าหากัน ที่อัตราการหมุนแตกต่างกัน ทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของลูกยางเบรกทั้งสองและดึงเปลือกให้แยกออกจากเมล็ดข้าว ทั้งยังช่วยชะลอเมล็ดข้าวให้อยู่บริเวณที่มีการกะเทาะเปลือกและทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างเมล็ดข้าวมากขึ้น ซึ่งขั้นตอนนี้จะได้ข้าวที่ยังมีชั้นรำเกาะอยู่เรียกว่า ข้าวกล้อง

2.2.3 ระบบแยกแกลบ

ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกจะมีแกลบและข้าวกล้องผสมกันอยู่ จึงจำเป็นต้องมาการแยกแกลบออก สามารถทำได้หลายวิธี เช่น เครื่องแยกแกลบด้วยลมดูด โดยจะมีลมดูดแกลบที่เบากว่าข้าวกล้องและข้าวเปลือกออกไป

2.2.4 ระบบการขัดขาวและการขัดมัน

เป็นการขัดชั้นรำของข้าวกล้องออก ให้เหลือแค่เมล็ดข้าว หรือ เอนโดสเปิร์ม (Endosperm) มี 2 วิธี คือ 1. วิธีการขัดแบบเสียดสี (Friction type) เป็นวิธีการที่ให้เมล็ดข้าวเสียดสีกันเองเพื่อเป็นการขัดขาว เหมาะกับข้าวสายพันธุ์ประเทศญี่ปุ่น เพราะมีลักษณะสั้น และแบน จึงมีความสามารถในการหมุนและพลิกตัวได้ดี 2. วิธีการขัดแบบการขัดสี (Abrasive) เป็นวิธีการขัดที่ใช้วัสดุมีคมมาช่วยในการขัด ที่นิยมใช้จะเป็นกรวยหินและตะแกรงในการขัด การขัดแบบนี้เหมาะกับข้าวสายพันธุ์ของประเทศไทย เนื่องจากข้าวไทยส่วนมากมีลักษณะเรียว ยาว ทำให้เกิดการแตกหักน้อย เพราะข้าวลักษณะนี้มีการหมุนและพลิกตัวไม่ดี จึงไม่เหมาะที่จะใช้วิธีการขัดแบบเสียดสี ดังนั้นจึงต้องเลือกวิธีการขัดขาวให้เหมาะกับข้าวแต่ละสายพันธุ์ เพื่อลดการแตกหักของข้าว เครื่องขัดขาวแนวตั้งแบบขูดผิวเมล็ดข้าว มีลักษณะคล้ายกรวย มีรูตะแกรงครอบลูกหินอีกที จึงทำให้ข้าวถูกขูดเปลือกออกทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational purposes only. Commercial use is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ด้านที่สัมผัสกับลูกหินและตะแกรง ทำให้เปลือกข้าวกล้อง หลุดออกมาเป็นรำข้าว ส่วนข้าวขาวจะถูกแยกไปอีกทาง (Hadziyev, 1991; Satake, 1994) เครื่องขัดขาวแนวนอน มีส่วนประกอบหลักในการขัดคือ ลูกหินขัดขาวและตะแกรง เป็นเครื่องขัดขาวที่มีการใช้ทั้งความเร็วสูงและความเร็วต่ำ โดยความเร็วสูงใช้สำหรับการขัดขาว และความเร็วต่ำใช้สำหรับการขูดผิวเมล็ดข้าว ซึ่งเครื่องนี้ใช้หลักการการเสียดสีระหว่างเมล็ดข้าว (Satake, 1994)

2.2.5 ระบบการคัดขนาด

เนื่องจากข้าวที่ผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกและการขัดขาว ทำให้เกิดการแตกหักของข้าว จึงจำเป็นจะต้องมีการคัดขนาดเพื่อแยกข้าวสารเต็มเมล็ด หรือที่เรียกว่าข้าวต้น (Head rice) ออกจากข้าวหัก และปลายข้าว การคัดขนาดข้าว จึงหมายถึง การแยกข้าวหักออกจากต้นข้าว แล้วจึงนำส่วนที่หัก ไปแยกเป็นข้าวหักและปลายข้าวอีกที นิยมแบ่งสัดส่วนของขนาดเมล็ดข้าวเป็น 10 ส่วน ดังนี้ ข้าวเต็มเมล็ด มีความยาว 10 ส่วนของเมล็ดข้าว ต้นข้าว มีความยาว 8-9.9 ส่วนของเมล็ดข้าว ข้าวหักใหญ่ มีความยาว 5-7.9 ส่วนของเมล็ดข้าว ข้าวหัก มีความยาว 2.5-4.9 ส่วนของเมล็ดข้าว และปลายข้าว มีความยาวน้อยกว่า 2.5 ส่วนของเมล็ดข้าว (Van Ruiten, 1981) วิธีการคัดขนาดข้าวมีหลักการค่อนข้างหลากหลาย เช่น การคัดขนาดโดยใช้หลักความหนา และความหนาร่วมกับความกว้าง โดยใช้ตะแกรงหมุนเพื่อแยกส่วนที่ค้างบนร่องออกจากส่วนที่ผ่านตะแกรงไปได้ และการคัดขนาดโดยใช้แผ่นเหล็กเจาะเป็นร่องทึบ ให้มีขนาดและรูปร่างต่างกัน ข้าวที่สามารถอยู่ในร่องเหล่านั้นได้ แสดงว่าข้าวมีขนาดเล็กกว่าร่องนั้น จึงสามารถคัดข้าวได้ 3 ระดับ คือ ข้าวที่ไม่ลงร่อง ลงร่องขนาดเล็ก และลงร่องได้พอดี เป็นต้น (Van Ruiten, 1981; Hadziyed, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบความยาวของเมล็ดข้าว

ที่มา: รวมมาตรฐานสินค้าข้าวไทย, 2560

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการขัดขาวข้าว

ปัจจัยที่มีผลต่อการขัดขาวข้าวด้วยเครื่องทดสอบการขัดขาวแบบลูกหิน SATAKE รุ่น TM-05 (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, 2548) ดังนี้

2.3.1 เวลาที่ใช้ในการขัดขาว

ระยะเวลาทั้งหมดที่ข้าวอยู่ในกระบวนการการขัดขาว เมื่อเพิ่มเวลาในการขัดขาว จะทำให้ข้าวมีระดับการขัดขาวและร้อยละการแตกหักเพิ่มขึ้น เมื่อลดระยะเวลาในการขัดขาวลง ข้าวที่ได้ก็มีร้อยละการแตกหักและระดับการขัดขาวลดลงเช่นกัน แต่ไม่มีผลกับรูปร่างของเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.2 ความเร็วที่ผิวของลูกหินขัดขาว

เมื่อเพิ่มความเร็วที่ผิวของหินขัด จะทำให้เมล็ดข้าวถูกขัดทางด้านยาวมากขึ้น ข้าวที่ผ่านการขัดจึงมีลักษณะค่อนข้างสั้น และยังมีผลต่อร้อยละการแตกหักของข้าว ระดับการขัดขาว โดยจะทำให้ร้อยละการแตกหักของข้าวและระดับการขัดขาวเพิ่มมากขึ้น

2.3.3 ความหนาแน่นในห้องขัดขาว

เมื่อเพิ่มความหนาแน่นในการขัดให้มากขึ้นจะทำให้ข้าวมีความขาวมากขึ้น ร้อยละการแตกหักลดลง เมล็ดข้าวที่ได้จะมีลักษณะเรียวยาว เนื่องจากเกิดการบีบ การอัด และการขัดสีระหว่างเมล็ดข้าว ความหนาแน่นในการทำงานของการขัดขาวเกิดจากความเร็วรอบนอกที่ผิวของตะแกรงขัดขาวเสียดสีกับเมล็ดข้าว โดยขอบเขตความเร็วรอบนอกของตะแกรงจะอยู่ที่ 600 เมตรต่อนาที และขอบเขตของความหนาแน่นคือ 100 กรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทความหนาแน่นสูง (High pressure type Whitening) มีความหนาแน่นมากกว่า 100 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ความเร็วต่ำกว่า 600 เมตรต่อนาที และประเภทความเร็วสูง (High speed type Whitening) มีความหนาแน่นต่ำกว่า 100 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ความเร็วมากกว่า 600 เมตรต่อนาที (Yamashita, 1993)

2.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว

เป็นคุณสมบัติภายนอกที่สามารถวัดได้ เช่น การชั่ง, ตวง, และ วัด เป็นต้น สามารถใช้ในการจำแนกเกรดข้าว ซึ่งจะรวดเร็วกว่ากานจำแนกตามความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ดข้าว มีคุณสมบัติและวิธีการคำนวณ ดังนี้

2.4.1 ประสิทธิผลการสีข้าว หรือ ร้อยละต้นข้าว (Head rice yield, HRY)

สามารถหาได้จากการชั่งน้ำหนักข้าวที่ได้หลังการสีและมีวิธีการคำนวณดังสมการที่ 1

$$\text{ประสิทธิผลการสีข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (1)$$

2.4.2 ประสิทธิภาพการสีข้าว หรือ ปริมาณข้าวที่ได้หลังการสี (Milling Recovery)

สามารถหาได้จากการชั่งน้ำหนักข้าวที่ได้หลังการสีและมีวิธีการคำนวณดังสมการที่ 2

$$\text{ประสิทธิภาพการสีข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด} + \text{น้ำหนักข้าวหัก}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (2)$$

2.4.3 ร้อยละการแตกหัก (Percent of Broken rice)

สามารถหาได้จากการชั่งน้ำหนักข้าวที่ได้หลังการสีและมีวิธีการคำนวณดังสมการที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\text{ร้อยละการข้าวหัก} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวหัก}}{\text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด} - \text{น้ำหนักข้าวหัก}} \times 100 \quad (3)$$

2.4.4 ปริมาณการขัดสี หรือ ระดับการขัดสี (Milling Degree)

สามารถหาได้จากการชั่งน้ำหนักข้าวที่ได้หลังการสีจำนวน 1,000 เมล็ด และมีวิธีการคำนวณดังสมการที่ 4

$$\text{ระดับการขัดสี} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้อง} - \text{น้ำหนักข้าวสาร}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (4)$$

2.5 ลูกยางสีข้าว

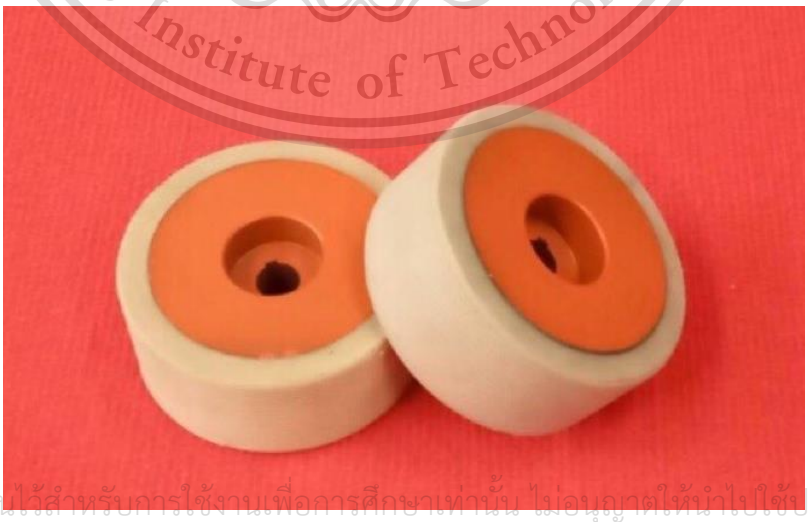
โดยทั่วไปในการกะเทาะเปลือกนิยมใช้ลูกยาง ซึ่งจากข้อมูลผู้ใช้ในประเทศ พบว่า ลูกยาง 1 คู่ สามารถกะเทาะข้าวเปลือกได้ประมาณ 3 ตัน ขนาดของลูกยางคือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว และหน้ากว้าง 2.5 นิ้ว ทำจากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ ทำให้ใช้งานได้นาน ต้านทานการสึกหรอได้ดี และข้าวสารหลังกะเทาะจะไม่มีสีคล้ำ มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ลูกยางสีข้าว (มอก.633-2531) มีคุณสมบัติ ดังนี้

1) ความหนาของยางต้องหนาสม่ำเสมอ

2) ความต้านแรงดึงไม่น้อยกว่า 9.8 เมกาปาสกาล

3) ความยืดไม่น้อยกว่าร้อยละ 200

4) ความแข็งของยาง 80 – 95 shore คลาดเคลื่อนไม่เกิน ±3 shore เมื่อทดสอบแล้วจะต้องมีความแข็งมากกว่า 72 shore และลดลงจากความแข็งเดิมไม่เกิน 10 shore



รูปที่ 2.10 ยางกะเทาะเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสีข้าว

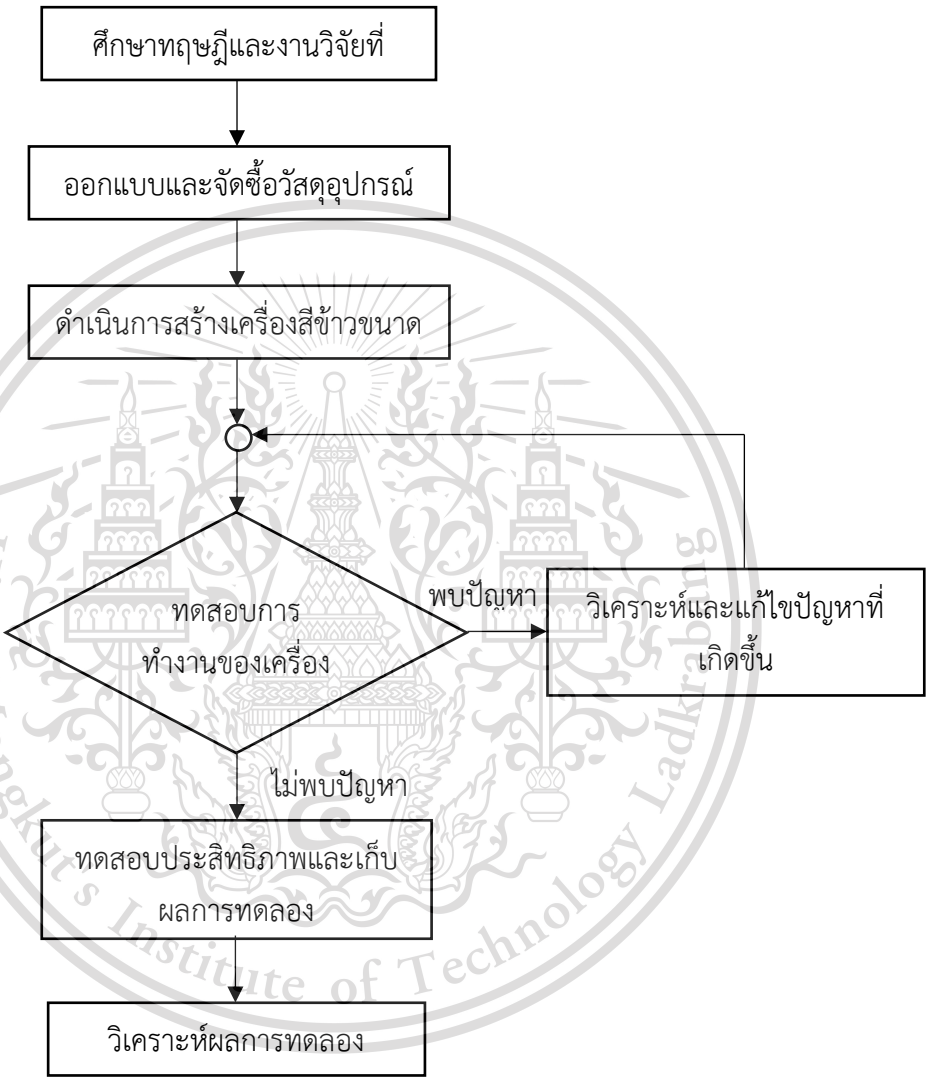
2.6.1 เครื่องขัดขาวแบบกรวยหินแกนตั้ง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขัดขาวข้าวด้วยเครื่องขัดขาวแบบกรวยหินแกนตั้ง พบว่า ที่การขัดขาวครั้งที่ 1 ระยะห่างระหว่างหินขัดขาวกับตะแกรงขนาดขาวที่เหมาะสม คือ 10 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างหินขัดขาวกับแท่งยางขัดขาวเท่ากับ 1 - 2 มิลลิเมตร ความเร็วเชิงเส้นที่ผิวขอบด้านบนของหินขัดขาวเท่า 13 เมตรต่อวินาที ถ้าหากเพิ่มความเร็วเชิงเส้นที่ผิวขอบด้านบนของหินขัดขาวเป็น 12 - 15 เมตรต่อวินาที จะทำให้ค่าดัชนีความขาว ร้อยละข้าวหัก และระดับการขัดสีมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับการเพิ่มระยะห่างระหว่างหินขัดขาวกับแท่งยางขัดขาวเป็น 1 - 4 มิลลิเมตร จะส่งผลให้ค่าดัชนีความขาว ร้อยละข้าวหัก และระดับการขัดสีมีค่าลดลง นอกจากนี้ที่ระยะห่างระหว่างหินขัดขาวกับแท่งยางขัดขาวเท่ากับ 3 และ 4 มิลลิเมตร ค่าร้อยละข้าวหักไม่แตกต่างกัน แต่ระดับการขัดสีที่ระยะห่าง 3 มิลลิเมตร มีค่าสูงกว่าระยะ 4 มิลลิเมตร ดังนั้นระยะห่างระหว่างหินขัดขาวกับกับตะแกรงขัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 2 มิลลิเมตร (ประสันต์ ชุ่มใจหาญ, 2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกะเทาะเปลือก การขัดขาว และคุณสมบัติทางกายภาพของข้าว รวมไปถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นในการทดลอง เพื่อให้การดำเนินงานมีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการวางแผนการดำเนินงานตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.1

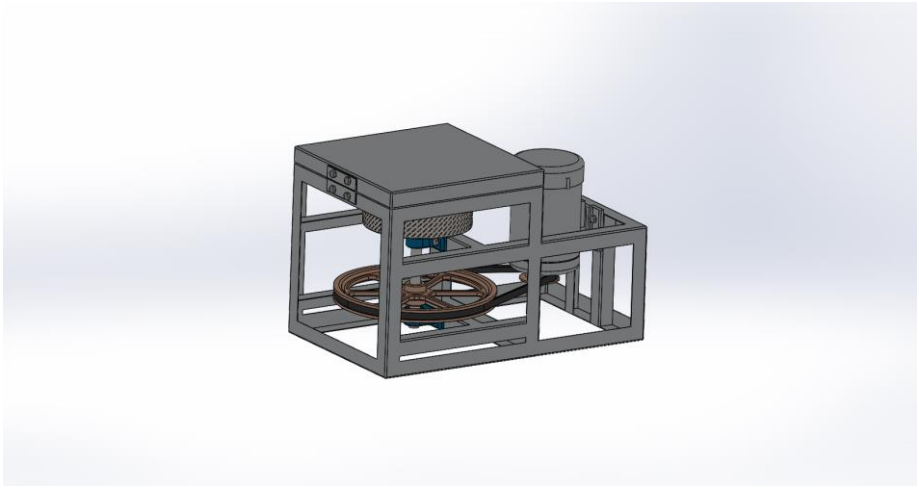


รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงานสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

หลักการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก เป็นการนำหลักการขัดขาวด้วยการขัดสี (Abrasive) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งปกติแล้วจะใช้ลูกหินในการขัดขาว ที่มีน้ำหนักมากและเกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงใช้ตะแกรงสีข้าวสแตนเลสที่มีรูสล็อตขนาด 1 มิลลิเมตร (mm) ซึ่งมีความทนทานและมีน้ำหนักเบามาทดแทนลูกหินขัดขาว และเพื่อให้ข้าวเปลือกเกิดการกะเทาะเปลือกจึงมีการติดตั้งชุดยางสีข้าว ที่ช่วยสร้างแรงบิดและแรงเสียดทานบนเมล็ดข้าวเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.2 ภาพสามมิติของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

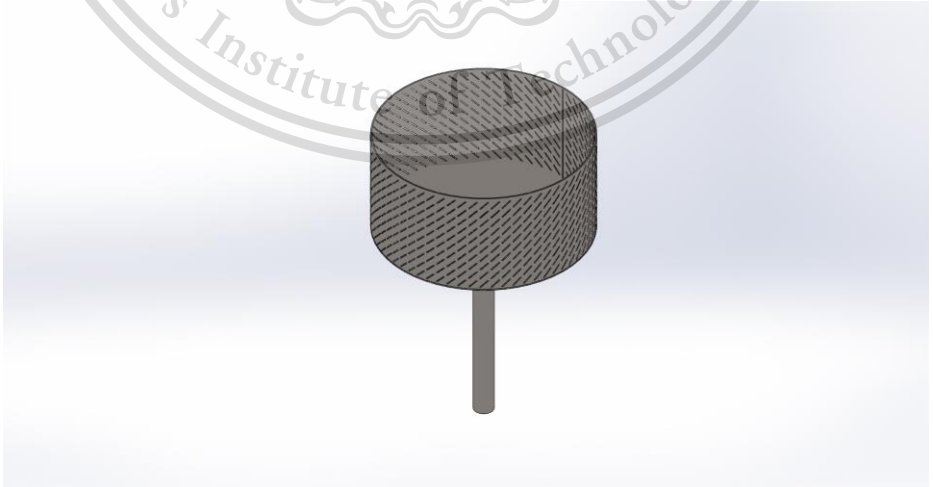
3.1.1 การออกแบบตะแกรง

ชุดตะแกรงสีข้าวถูกออกแบบให้เป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20 เซนติเมตร (cm) ความสูง 10 เซนติเมตร (cm) โดยทำจากตะแกรงสแตนเลสที่มีรูสล็อตขนาด 1 มิลลิเมตร (mm) หนา 1.2 มิลลิเมตร (mm) โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) นำแผ่นสแตนเลสที่มีรูสล็อตมาตัดให้มีขนาด 10×63 เซนติเมตร (cm) (ก×ย) โดยให้ลายตะแกรงมีลักษณะเอียง 45 องศา จากนั้นใช้เครื่องม้วนเหล็ก เพื่อม้วนตะแกรงให้เป็นทรงกระบอก

2) ตัดแผ่นสแตนเลสหนา 1.2 มิลลิเมตร (mm) เป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร (cm)

3) นำแผ่นสแตนเลสกลมที่ตัดไว้เชื่อมติดกับตะแกรงสแตนเลสที่ม้วนไว้ โดยใช้การเชื่อมแบบอาร์กอน จากนั้นเชื่อมเพลาขนาด 19 มิลลิเมตร (mm) ยาว 15 เซนติเมตร (cm) เข้ากับจุดศูนย์กลางของแผ่นสแตนเลสกลมโดยใช้วิธีการเชื่อมแบบเดียวกัน



รูปที่ 3.3 ภาพสามมิติของตะแกรงสีข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2 การออกแบบชุดยางสีข้าว

ชุดยางสีข้าวมีการออกแบบให้มีลักษณะเป็นแถบโค้ง และเป็นช่องเตเปอร์ (Tapered Hole) เพื่อช่วยให้ข้าวเปลือกเกิดการอัดตัวมากขึ้นส่งผลให้กะเทาะเปลือกและขัดขาวโดยตะแกรงสีข้าว โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ตัดแผ่นสแตนเลสให้มีขนาด 8.5×15 เซนติเมตร (cm) (ก×ย) จำนวน 2 แผ่น จากนั้นใช้เครื่องม้วนเหล็กม้วนแผ่นสแตนเลสให้มีลักษณะเป็นโค้ง

2) นำแผ่นเหล็กขนาด 3×12 เซนติเมตร (cm) (ก×ย) หนา 1.2 มิลลิเมตร (mm) เจาะรูขนาด 10 มิลลิเมตร (mm) ที่ตรงกลางของแผ่นเหล็ก และนำไปเชื่อมติดกับแผ่นสแตนเลสโค้งโดยใช้การเชื่อมแบบ Spot

3) ตัดยางสีข้าวให้มีขนาด 8.5×15 เซนติเมตร (cm) (ก×ย) หนา 5 มิลลิเมตร (mm) ติดลงบนผิวของสแตนเลสโค้งด้วยกาวยาง

รูปที่ 3.4 ภาพสามมิติของชุดยางสีข้าว

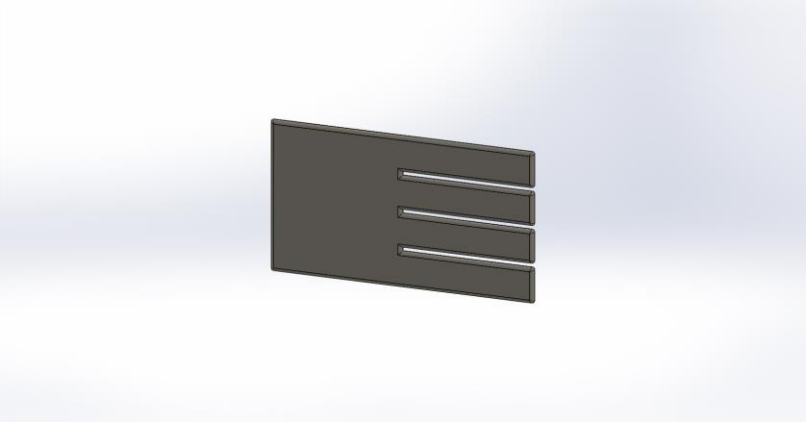
3.1.3 การออกแบบชุดเกลี่ยข้าว

ในระหว่างกระบวนการสีจะเกิดแรงหนีศูนย์กลางขึ้นที่เมล็ดข้าว ทำให้เมล็ดข้าวไต่ขึ้นตามตะแกรงและกระเด็นหลุดไปภายนอก ซึ่งชุดเกลี่ยข้าวจะทำหน้าที่คอยปัดข้าวที่ไต่ขึ้นมาให้ตกลง ทำให้การกระเด็นของเมล็ดข้าวลดน้อยลง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ตัดแผ่นยางขนาด 4×7 มิลลิเมตร (mm) (ก×ย) จากนั้นตัดส่วนปลายของแผ่นยางให้เป็นแถบริ้ว เพื่อให้ยางมีความอ่อนตัวลง

2) นำแผ่นยางติดกับแผ่นเหล็กที่ทำมุมเอียง 45 องศา โดยใช้กาวยาง ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.5 ภาพสามมิติของชุดเกลี่ยข้าว

3.1.4 การออกแบบชุดส่งกำลัง

ระบบต้นกำลังที่ใช้คือ มอเตอร์ส 3 เฟส ขนาด ½ แรงม้า (HP) ความเร็วรอบสูงสุด 1370 รอบต่อนาที (rpm) ที่ความถี่ 50 เฮิร์ต (Hz) โดยใช้สายพานในการส่งกำลังให้กับชุดตะแกรงสีข้าว ซึ่งมีอัตราการทดเท่ากับ 5:1 เพื่อให้ได้ความเร็วที่ผิวที่ใช้ในการสีข้าวสูงสุดคือ 3.5 เมตรต่อวินาที และต่ำสุดคือ 2.5 เมตรต่อวินาที

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก
3.2.2 อินเวอร์เตอร์
3.2.3 ข้าวเปลือก
3.2.4 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3.2.5 นาฬิกาจับเวลา
3.2.6 ถุงซิปล็อคสำหรับเก็บตัวอย่าง
3.2.7 เครื่องชั่งดิจิตอล
3.2.8 เครื่องทดสอบความอ้วนผอม
3.2.9 เครื่องทดสอบการคัดขนาดเมล็ดข้าว
3.2.10 เครื่องกะเทาะเปลือกแบบลูกยาง
3.2.11 เครื่องขัดขาวข้าวแบบหมุนตามแนวนอน
3.2.12 เครื่องวัดความขาวข้าว
3.2.13 เครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือก
3.2.14 ถาดนับเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลองคือข้าวเปลือกสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ทำการปลูกและจัดซื้อที่จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งผ่านการคัดขนาดโดยใช้เครื่องทดสอบความอ้วนผอมขนาดตะแกรง 2 มิลลิเมตร (mm) จากนั้นหาพื้นข้าวโดยใช้ข้าวเปลือกปริมาณ 300 กรัม (g) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) นับข้าวเปลือกจำนวน 1,000 เมล็ด ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าที่ได้

2) นำข้าวเปลือกผ่านกระบวนการกะเทาะโดยใช้เครื่องกะเทาะเปลือกแบบลูกยาง จากนั้นนับเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกจำนวน 1,000 เมล็ด ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าที่ได้

3) นำข้าวกล้องผ่านกระบวนการขัดขาวโดยใช้เครื่องขัดขาวแบบหมุนตามแนวนอนที่เวลา 15 นาที จากนั้นนำข้าวสารที่ได้ผ่านเครื่องทดสอบการคัดขนาดเมล็ดข้าวเพื่อคัดแยกข้าวหัก ชั่งน้ำหนักข้าวหักและบันทึกค่าที่ได้

4) นับข้าวสารเมล็ดจำนวน 1,000 เมล็ด ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าที่ได้

จากข้อมูลข้างต้นสามารถคำนวณหาพื้นข้าวได้ดังนี้ 1. ความชื้น 12.37 %wb 2. ร้อยละการแตกหักของข้าวหลังผ่านการขัดสีที่เวลา 15 นาที เท่ากับ 14.32 และ 3. ปริมาณแกลบและรำร้อยละ 20.04 และ 8.02 ของน้ำหนักข้าวเปลือกตามลำดับ

3.4 วิธีการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

ในการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กและปัจจัยที่มีผลในการสีข้าว ได้ใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiment) และใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยมีปัจจัยที่มีผลในการกะเทาะเปลือกและขัดขาวข้าว ดังนี้ 1. ปริมาณข้าวเปลือกในเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 200 และ 300 กรัม (g) 2. ความเร็วที่ผิว (Peripheral Velocity) ของตะแกรง 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) และ 3. ระยะเวลาที่ใช้ในการสีข้าว 3, 5, และ 7 นาที โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) ใช้โปรแกรมสุ่มตัวเลขในการสุ่มลำดับการทดลองของตัวอย่างข้าวที่ปัจจัยต่าง ๆ

2) ทำการสีข้าวตามลำดับการทดลองในข้อที่ 1. และเก็บตัวอย่างที่ผ่านการสี

3) นำตัวอย่างข้าวที่ผ่านการสีแล้วเข้าเครื่องทดสอบการคัดขนาดเมล็ดข้าวตั้งมุม +2.8 เพื่อแยกข้าวหัก

4) แยกข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะออกจากข้าวสารเต็มเมล็ดที่ผ่านการคัดแยกข้าวหัก

5) นับข้าวสารเต็มเมล็ดจำนวน 1000 เมล็ด

6) ทำการชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ ข้าวหัก ข้าวสารเต็มเมล็ด และข้าวสารเต็มเมล็ด 1000 เมล็ด บันทึกผลที่ได้

7) วัดค่า Whiteness Index และ Transparency โดยใช้เครื่องวัดความขาวข้าวตัวอย่างละ 3 ซ้ำ บันทึกผลที่ได้

8) วัดค่าความชื้นของข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องวัดความชื้นข้าวเปลือกตัวอย่างละ 3 ซ้ำ บันทึกผลการทดลองที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

9) วิเคราะห์ประสิทธิภาพและปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการสีของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปวน (Analysis of Variance: ANOVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

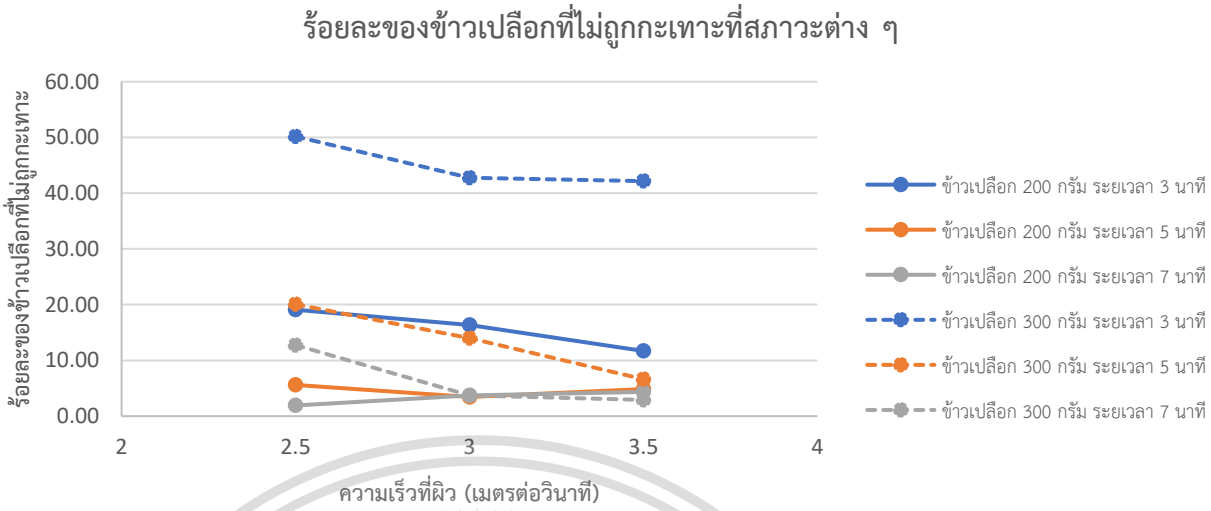
4.1.1 ร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะที่สภาวะต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) สามารถคำนวณหาร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ โดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักของข้าวเปลือกที่ป้อน}} \times 100$$

และนำมาสร้างความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่า ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละของข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะเท่ากับ 19.10, 16.36, และ 11.70 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละของข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะเท่ากับ 5.60, 3.45, และ 4.86 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละของข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะเท่ากับ 1.92, 3.72, และ 4.35 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละของข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะเท่ากับ 50.18, 42.76, และ 42.17 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละของข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะเท่ากับ 20.06, 13.99, และ 6.63 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละของข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะเท่ากับ 12.75, 3.74, และ 2.92 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.1 แสดงร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) วิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะโดยใช้โปรแกรม SPSS ดังตารางที่ 4.1 พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการสี น้ำหนักข้าวเปลือก และปัจจัยร่วมระหว่างระยะเวลากับน้ำหนักข้าวเปลือกที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจากรูปที่ 4.1 ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ร้อยละของข้าวที่ไม่ถูกกะเทาะเปลือกลดน้อยลง แต่น้ำหนักข้าวเปลือกที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ความเร็วที่ผิวและปัจจัยร่วมอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Percentage of Unhull Rice

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11658.165[a]	17	685.774	5.368	0.000
Intercept	11818.690	1	11818.690	92.511	0.000
Peripheral speed	358.876	2	179.438	1.405	0.259
Time	6717.204	2	3358.602	26.290	0.000
Weight rice	2567.905	1	2567.905	20.100	0.000
Peripheral speed * Time	30.778	4	7.695	0.060	0.993
Peripheral speed * Weight rice	178.357	2	89.178	0.698	0.504
Time * Weight rice	1702.255	2	851.128	6.662	0.003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Peripheral speed * Time * Weight rice	102.790	4	25.697	0.201	0.936
Error	4599.144	36	127.754		
Total	28076.000	54			
Corrected Total	16257.310	53			
a. R Squared = 0.717 (Adjusted R Squared = 0.584)					

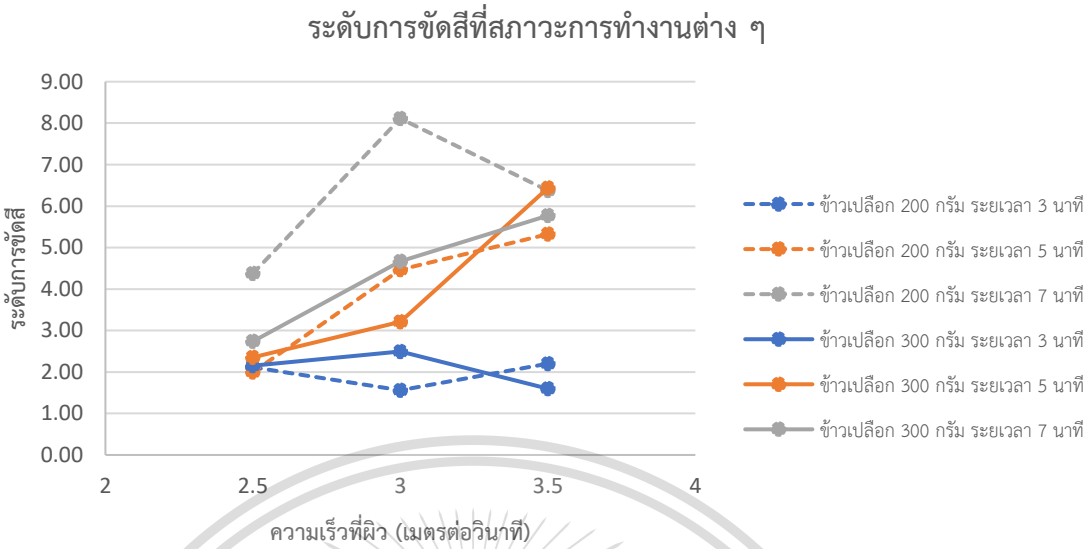
4.1.2 ระดับการขัดสีที่สภาวะต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) สามารถคำนวณระดับการขัดสีโดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ระดับการขัดสี} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้อง } 1{,}000 \text{ เมล็ด} - \text{น้ำหนักข้าวสาร } 1{,}000 \text{ เมล็ด}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก } 1{,}000 \text{ เมล็ด}} \times 100$$

และนำมาสร้างความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่า ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีระดับการขัดสีเท่ากับ 2.11, 1.56, และ 2.20 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีระดับการขัดสีเท่ากับ 2.00, 4.47, และ 5.32 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีระดับการขัดสีเท่ากับ 4.38, 8.11, และ 6.37 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีระดับการขัดสีเท่ากับ 2.15, 2.50, และ 1.60 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีระดับการขัดสีเท่ากับ 2.35, 3.21, และ 6.44 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีระดับการขัดสีเท่ากับ 2.74, 4.67, และ 5.77 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.2 แสดงระดับการขัดสีที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) วิเคราะห์ความแปรปวนของระดับการขัดสีโดยใช้โปรแกรม SPSS ดังตารางที่ 4.2 พบว่าเวลาที่ใช้ในการสีและความเร็วที่ผิวที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ระดับการขัดสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจากรูปที่ 4.2 ระยะเวลาและความเร็วที่ผิวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ระดับการขัดสีมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณข้าวเปลือกและปัจจัยร่วมอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของระดับการขัดสี

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Milling Degree

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	199.275[a]	17	11.722	2.251	0.020
Intercept	769.383	1	769.383	147.736	0.000
Weight rice	4.341	1	4.341	0.833	0.367
Peripheral speed	38.489	2	19.245	3.695	0.035
Time	100.274	2	50.137	9.627	0.000
Weight rice * Peripheral speed	3.531	2	1.765	0.339	0.715
Weight rice * Time	11.899	2	5.950	1.142	0.330
Peripheral speed * Time	31.889	4	7.972	1.531	0.214
Weight rice * Peripheral speed * Time	8.852	4	2.213	0.425	0.790

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Error	187.482	36	5.208
Total	1156.140	54	
Corrected Total	386.757	53	

a. R Squared = 0.515 (Adjusted R Squared = 0.286)

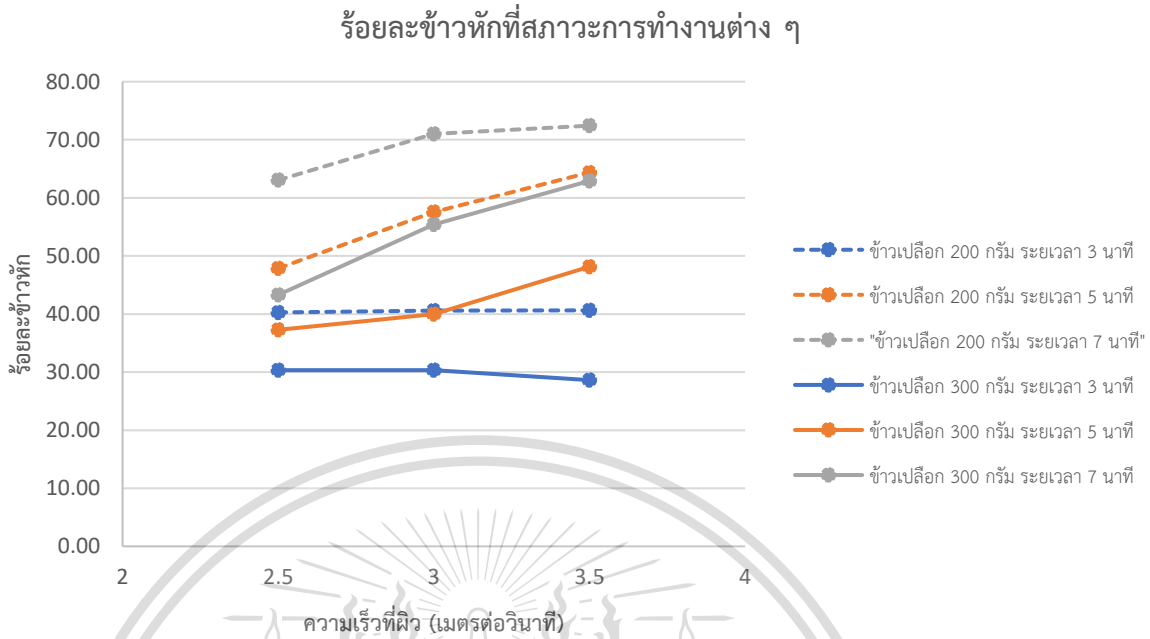
4.1.3 ร้อยละข้าวหักที่สภาวะต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) สามารถคำนวณร้อยละข้าวหักโดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ร้อยละข้าวหัก} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวหัก}}{\text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด} - \text{น้ำหนักข้าวหัก}} \times 100$$

และนำมาสร้างความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่า ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละข้าวหักเท่ากับ 40.28, 40.57, และ 40.63 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละข้าวหักเท่ากับ 47.87, 57.56, และ 64.37 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละข้าวหักเท่ากับ 63.06, 71.00, และ 72.43 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละข้าวหักเท่ากับ 30.32, 30.33, และ 28.62 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละข้าวหักเท่ากับ 37.27, 39.97, และ 48.15 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละข้าวหักเท่ากับ 43.30, 55.41, และ 62.92 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.3 แสดงร้อยละข้าวหักที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) วิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละข้าวหักโดยใช้โปรแกรม SPSS ดังตารางที่ 4.3 พบว่า เวลาที่ใช้ในการสี ปริมาณข้าวเปลือก และความเร็วที่ผิวที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ร้อยละข้าวหักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจากรูปที่ 4.3 ระยะเวลาและความเร็วที่ผิวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ร้อยละข้าวหักมากขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณข้าวเปลือกจะทำให้ร้อยละข้าวหักลดลง ในขณะที่ปัจจัยร่วมอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละข้าวหัก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Broken Rice

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10066.080[a]	17	592.122	6.552	0.000
Intercept	127330.147	1	127330.147	1409.041	0.000
Peripheral speed	765.918	2	382.959	4.238	0.022
Weight rice	2459.295	1	2459.295	27.215	0.000
Time	6203.738	2	3101.869	34.325	0.000
Peripheral speed * Weight rice	8.069	2	4.034	0.045	0.956
Peripheral speed * Time	461.073	4	115.268	1.276	0.298
Weight rice * Time	51.402	2	25.701	0.284	0.754

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Peripheral speed * Weight rice * Time	116.585	4	29.146	0.323	0.861
Error	3253.195	36	90.367		
Total	140649.422	54			
Corrected Total	13319.275	53			

a. R Squared = 0.756 (Adjusted R Squared = 0.640)

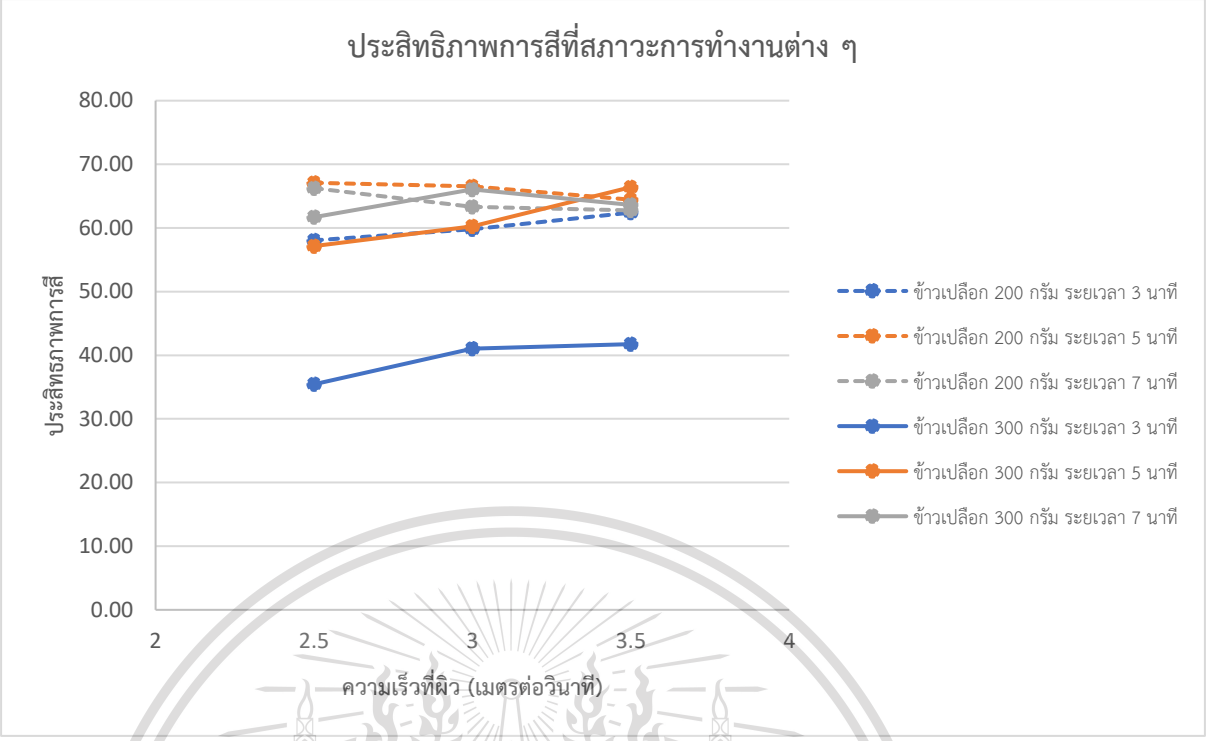
4.1.4 ประสิทธิการสีข้าวที่สภาวะต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) สามารถคำนวณประสิทธิภาพการสีโดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการสี} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด} + \text{น้ำหนักข้าวหัก}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100$$

และนำมาสร้างความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่า ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีประสิทธิภาพการสีข้าวเท่ากับ 58.05, 59.81, และ 62.41 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีประสิทธิภาพการสีข้าวเท่ากับ 67.10, 66.54, และ 64.44 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีประสิทธิภาพการสีข้าวเท่ากับ 66.25, 63.32, และ 62.76 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีประสิทธิภาพการสีข้าวเท่ากับ 35.44, 41.05, และ 41.75 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีประสิทธิภาพการสีข้าวเท่ากับ 57.15, 60.27, และ 66.40 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีประสิทธิภาพการสีข้าวเท่ากับ 61.69, 66.06, และ 63.61 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการสีข้าวที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) วิเคราะห์ความแปรปวนของประสิทธิภาพการสีข้าวโดยใช้โปรแกรม SPSS ดังตารางที่ 4.4 พบว่า เวลาที่ใช้ในการสี ปริมาณข้าวเปลือก ความเร็วที่ผิว และปัจจัยร่วมระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับระยะเวลาที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการสีข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจากรูปที่ 4.4 ระยะเวลา ปริมาณข้าวเปลือก และความเร็วที่ผิวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการสีข้าวมากขึ้น ในขณะที่ความเร็วที่ผิวและปัจจัยร่วมอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของประสิทธิภาพการสีข้าว

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Milling Recovery

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4691.244[a]	17	275.956	4.831	0.000
Intercept	188720.500	1	188720.500	3303.916	0.000
Weight rice	995.195	1	995.195	17.423	0.000
Time	2369.520	2	1184.760	20.742	0.000
Peripheral speed	65.716	2	32.858	0.575	0.568
Weight rice * Time	1031.274	2	515.637	9.027	0.001
Weight rice * Peripheral speed	101.739	2	50.869	0.891	0.419

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Time * Peripheral speed	63.826	4	15.957	0.279	0.889
Weight rice * Time * Peripheral speed	63.974	4	15.994	0.280	0.889
Error	2056.329	36	57.120		
Total	195468.073	54			
Corrected Total	6747.573	53			

a. R Squared = 0.695 (Adjusted R Squared = 0.551)

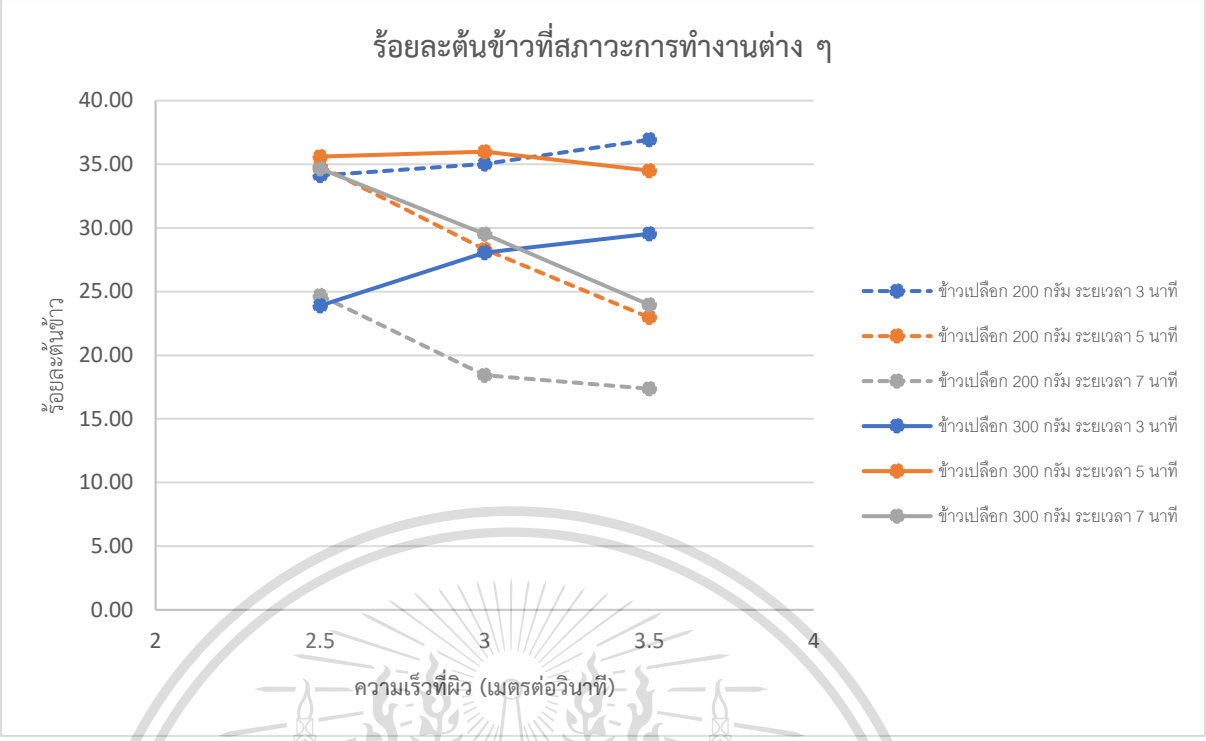
4.1.5 ร้อยละต้นข้าวที่สภาวะต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) สามารถคำนวณร้อยละต้นข้าวโดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ร้อยละต้นข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100$$

และนำมาสร้างความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่า ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 34.12, 35.03, และ 36.93 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 34.86, 28.31, และ 22.97 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 24.70, 18.44, และ 17.37 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 23.90, 28.06, และ 29.54 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 35.62, 35.99, และ 34.51 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 34.66, 29.51, และ 23.96 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.5 ร้อยละต้นข้าวที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) วิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละต้นข้าวโดยใช้โปรแกรม SPSS ดังตารางที่ 4.5 พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการสี และปัจจัยร่วมระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับระยะเวลาที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ร้อยละต้นข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจากรูปที่ 4.5 ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ร้อยละต้นข้าวน้อยลง ในขณะที่น้ำหนักข้าวเปลือก ความเร็วที่ใช้ในการสี และปัจจัยร่วมอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของร้อยละต้นข้าว

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Head Rice Yield

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2002.389[a]	17	117.788	2.639	0.007
Intercept	46550.867	1	46550.867	1043.128	0.000
Weight rice	88.116	1	88.116	1.975	0.169
Peripheral speed	127.932	2	63.966	1.433	0.252
Time	573.412	2	286.706	6.425	0.004
Weight rice * Peripheral speed	38.948	2	19.474	0.436	0.650
Weight rice * Time	795.067	2	397.533	8.908	0.001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

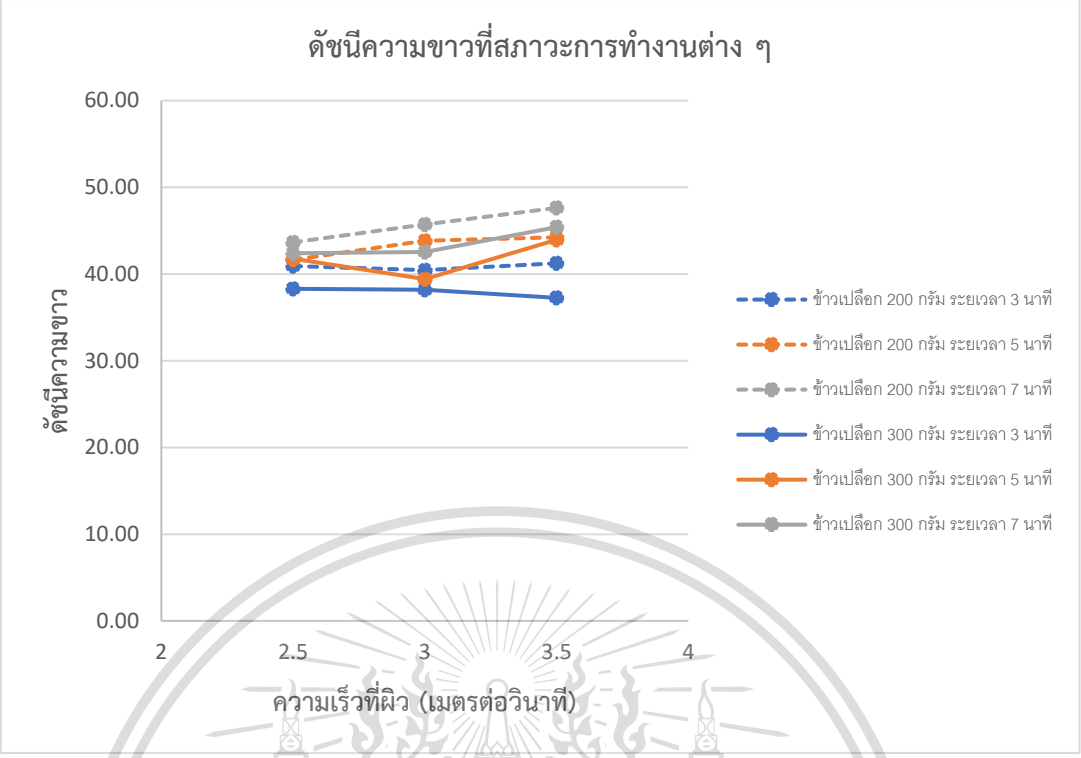
Peripheral speed * Time	302.685	4	75.671	1.696	0.172
Weight rice * Peripheral speed * Time	76.229	4	19.057	0.427	0.788
Error	1606.544	36	44.626		
Total	50159.800	54			
Corrected Total	3608.933	53			

a. R Squared = 0.555 (Adjusted R Squared = 0.345)

4.1.6 ดัชนีความขาวของข้าวที่สภาวะต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) นำค่าดัชนีความขาวของข้าวมาสร้างความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่า ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีดัชนีความขาวเท่ากับ 40.92, 40.46, และ 41.24 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีดัชนีความขาวเท่ากับ 41.64, 43.84, และ 44.24 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีดัชนีความขาวเท่ากับ 43.67, 45.72, และ 47.63 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีดัชนีความขาวเท่ากับ 38.30, 38.19, และ 37.26 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีดัชนีความขาวเท่ากับ 41.79, 39.42, และ 43.96 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีดัชนีความขาวเท่ากับ 42.40, 42.56, และ 45.41 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.6 ดัชนีความขาวที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) วิเคราะห์ความแปรปวนของดัชนีความขาวโดยใช้โปรแกรม SPSS ดังตารางที่ 4.6 พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการสี น้ำหนักข้าวเปลือก ความเร็วที่ผิว และปัจจัยร่วมระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับระยะเวลาที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ดัชนีความขาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจากรูปที่ 4.6 ระยะเวลาและความเร็วที่ผิวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ดัชนีความขาวเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณข้าวเปลือกจะส่งผลให้ดัชนีความขาวลดลง ในขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของดัชนีความขาว

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Whiteness Index

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	402.017[a]	17	23.648	5.229	0.000
Intercept	95925.813	1	95925.813	21210.064	0.000
Weight rice	116.747	1	116.747	25.814	0.000
Time	41.237	2	20.619	4.559	0.017
Peripheral speed	35.755	2	17.877	3.953	0.028
Weight rice * Time	157.755	2	78.877	17.441	0.000
Weight rice * Peripheral speed	22.873	2	11.436	2.529	0.094

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

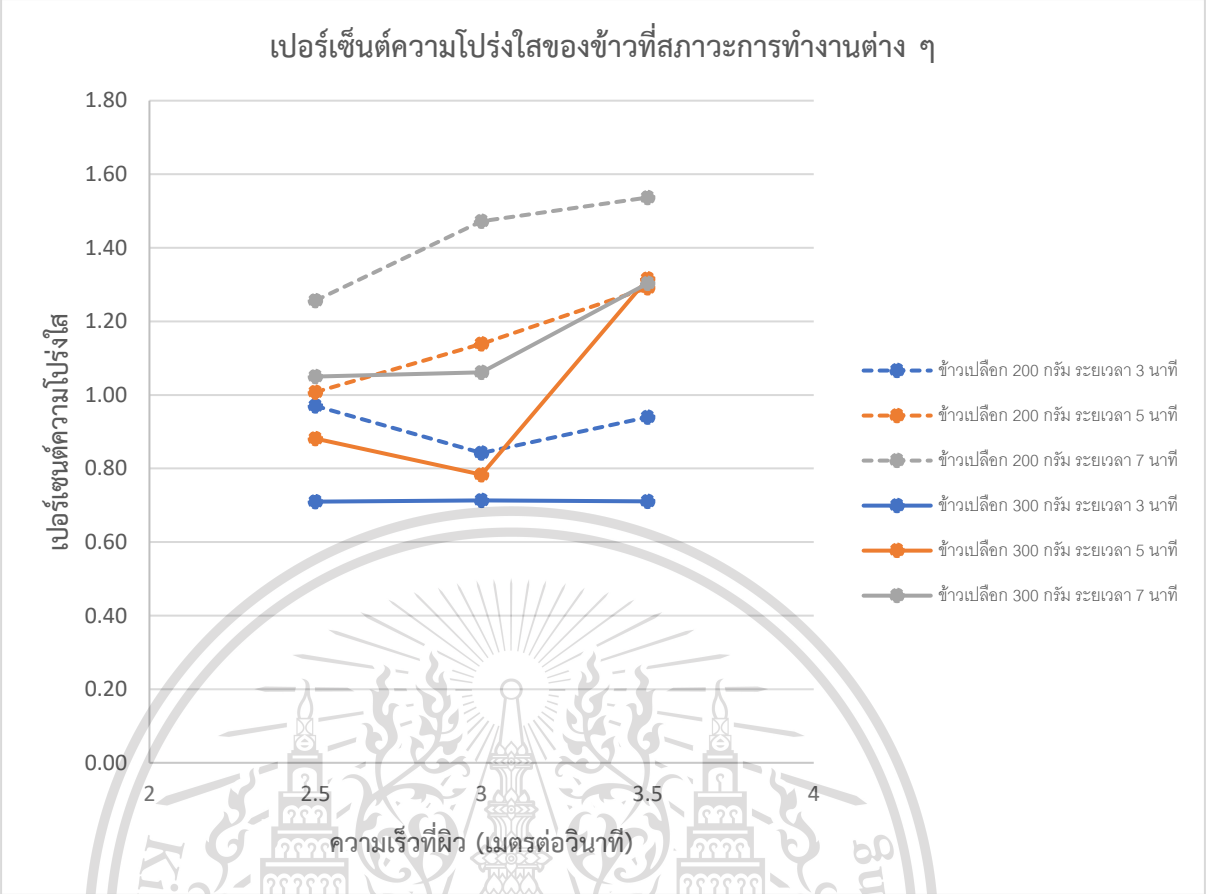
Time * Peripheral speed	15.943	4	3.986	0.881	0.485
Weight rice * Time * Peripheral speed	11.706	4	2.927	0.647	0.633
Error	162.816	36	4.523		
Total	96490.646	54			
Corrected Total	564.832	53			

a. R Squared = 0.712 (Adjusted R Squared = 0.576)

4.1.7 เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสของข้าวที่สภาวะต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) นำค่าดัชนีความขาวของข้าวมาสร้างความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่า ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสเท่ากับ 0.97, 0.84, และ 0.94 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสเท่ากับ 1.01, 1.14, และ 1.29 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสเท่ากับ 1.26, 1.47, และ 1.54 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 3 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสเท่ากับ 0.71, 0.71, และ 0.71 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 5 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีเปอร์เซ็นต์โปร่งใสเท่ากับ 0.88, 0.78, และ 1.32 ตามลำดับ ที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ที่ระยะเวลา 7 นาที ความเร็วที่ผิว 2.5, 3.0, และ 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) มีเปอร์เซ็นต์โปร่งใสเท่ากับ 1.05, 1.06, และ 1.30 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1) วิเคราะห์ความแปรปวนของเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสโดยใช้โปรแกรม SPSS ดังตารางที่ 4.7 พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการสี น้ำหนักข้าวเปลือก ความเร็วที่ผิว ปัจจัยร่วมระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับระยะเวลา และปัจจัยร่วมระหว่างน้ำหนักข้าวเปลือกกับความเร็วที่ผิวที่แตกต่างกันส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจากรูปที่ 4.7 ระยะเวลาและความเร็วที่ผิวที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณข้าวเปลือกจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสลดลง ในขณะที่ปัจจัยร่วมอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปวนของเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใส

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Transparency

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.491[a]	17	0.205	11.325	0.000
Intercept	60.061	1	60.061	3312.534	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Weight rice	0.905	1	0.905	49.903	0.000
Peripheral speed	0.444	2	0.222	12.250	0.000
Time	0.317	2	0.159	8.746	0.001
Weight rice * Peripheral speed	0.147	2	0.073	4.049	0.026
Weight rice * Time	1.390	2	0.695	38.322	0.000
Peripheral speed * Time	0.155	4	0.039	2.141	0.096
Weight rice * Peripheral speed * Time	0.133	4	0.033	1.831	0.144
Error	.653	36	0.018		
Total	64.205	54			
Corrected Total	4.144	53			

a. R Squared = 0.842 (Adjusted R Squared = 0.768)

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวด้านต่าง ๆ จะมีสภาวะในการทำงานที่ดีที่สุดแตกต่างกัน ดังนี้ 1) ร้อยละของข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ความเร็วที่ผิว 2.5 เมตรต่อวินาที (m/s) ระยะเวลา 7 นาที มีร้อยละของข้าวเปลือกที่ถูกไม่กะเทาะเท่ากับ 1.92 2) ระดับการขัดสีมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ความเร็วที่ผิว 3 เมตรต่อวินาที (m/s) ระยะเวลา 7 นาที มีระดับการขัดสีเท่ากับ 8.11 3) ร้อยละข้าวหักมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ปริมาณข้าวเปลือก 300 กรัม (g) ความเร็วที่ผิว 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) ระยะเวลา 3 นาที มีร้อยละข้าวหักเท่ากับ 28.62 4) ประสิทธิภาพการสีมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ความเร็วที่ผิว 2.5 เมตรต่อวินาที (m/s) ระยะเวลา 5 นาที มีประสิทธิภาพการสีเท่ากับ 67.10 5) ร้อยละต้นข้าวมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ความเร็วที่ผิว 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) ระยะเวลา 3 นาที มีร้อยละต้นข้าวเท่ากับ 36.93 6) ดัชนีความขาวมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ความเร็วที่ผิว 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) ระยะเวลา 7 นาที มีดัชนีความขาวเท่ากับ 47.63 7) เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ปริมาณข้าวเปลือก 200 กรัม (g) ความเร็วที่ผิว 3.5 เมตรต่อวินาที (m/s) ระยะเวลา 7 นาที มีเปอร์เซ็นต์ความโปร่งใสเท่ากับ 1.54

จากวัตถุประสงค์ข้างต้นพบว่า เครื่องสีข้าวขนาดเล็กที่สร้างยังไม่ตอบโจทย์ต่อการใช้งานในระดับครัวเรือน เนื่องจากวัสดุที่ใช้สร้างมีน้ำหนักมากและยังไม่สะดวกในการใช้งานจริง แต่สามารถสีข้าวได้เพียงต่อการบริโภคของผู้บริโภคจำนวน 2 คน โดยอิงจากประสิทธิภาพการสีข้าว

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

1) จากการทดลองพบว่า ในระหว่างการสีมีการกระเด็นหลุดออกจากเครื่องสีข้าวของข้าวหักที่มีขนาดเล็กกว่ารูตะแกรง ทำให้ร้อยละข้าวหัก และประสิทธิภาพการสีน้อยลงกว่าที่ควรจะเป็น

2) เครื่องสีข้าวขนาดเล็กมีโครงสร้างที่มีน้ำหนักมาก เนื่องจากวัสดุที่ใช้เป็นเหล็กฉากหนา 1.2 มิลลิเมตร (mm) เพื่อแก้ปัญหาควรลดความหนาของเหล็กลงหรือเปลี่ยนไปใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าเพื่อลดน้ำหนักของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก หรืออาจจะลดขนาดของมอเตอร์ลงเพื่อเป็นการลดน้ำหนักได้อีกด้วย

3) เครื่องสีข้าวขนาดเล็กไม่มีระบบที่ช่วยในการถ่ายข้าวที่ผ่านการสีแล้วออก ทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4) จากตารางบันทึกผลการทดลองพบว่า ผลที่ได้ของคุณภาพทางกายภาพของข้าวบางสภาวะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งด้วยสถานการณ์โควิค – 19 ทำให้ไม่สามารถแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้

5) จากการทดลองพบว่า ความเร็วที่ผิวต่ำจะเหมาะสำหรับการกะเทาะเปลือกข้าว แต่ในขณะที่ความเร็วที่ผิวสูงจะเหมาะสำหรับการขัดขาว ดังนั้นเพื่อให้เครื่องสีข้าวขนาดเล็กทำงานได้ดียิ่งขึ้นควรมีระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, สุชาญ อาลีอุสมาน และ จตุรงค์ ลังกาพิน. 2560. **การทดสอบและประเมินผลเครื่องสีข้าวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**.
[Online]. Available: http://www.tsae.asia/downloads/2017proceeding/Proceedingst2017-172-177.pdf. 7 สิงหาคม 2563

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. มปป. **สรีรวิทยาของข้าว**.
[Online]. Available: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=112.htm. 7 สิงหาคม 2563

ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี. 2546. **ลักษณะประจำพันธุ์ดีเด่น.**
[Online]. Available: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=112.htm. 7 สิงหาคม 2563

Lemon Farm Organic & Sustainable. 2560. **ข้าวสังข์หยด**.
[Online]. Available: https://www.lemonfarm.com/?page_id=2522. 7 สิงหาคม 2563

จิ๋วหิวโซ. 2561. **12 สายพันธุ์ข้าวและประเภทของข้าวในประเทศไทย**.
[Online]. Available: https://www.wongnai.com/food-tips/12-rice-in-thailand. 7 สิงหาคม 2563

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. มปป. **พันธุ์ข้าว**.
[Online]. Available: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php.htm. 7 สิงหาคม 2563

กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2559. **รวมมาตรฐานสินค้าข้าวไทย.**
[Online]. Availiable: http://ocs.dft.go.th/thairice/mobile/index.html#p=270. 7 สิงหาคม 2563

รังสรรค์ ไชยเชษฐ์ และ สุขอังคณา ลี. มปป. **อิทธิพลของสมดุลการหมุนของลูกหินขัดขาวต่อการแตกหักของข้าวสารในเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก.**
[Online]. Available: http://app.eng.ubu.ac.th/~app/resproject/upload/p1/22.papaer_l_sukangkana.pdf

วารสารยางพารา. 2557. **ลูกยางสีข้าวจากยางพารา.**
[Online]. Available: https://km.raot.co.th/uploads/dip/userfiles/intra_สถาบันวิจัยยาง/20170921155938--PRB-2557-14.pdf. 7 สิงหารคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประสันต์ ชุ่มใจหาญ. **การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขัดขาวข้าวด้วยเครื่องขัดขาวแบบกรวยหินแกนตั้ง.** วิทยานิพนธ์ (วศ.ม.) สาขาวิชาเครื่องจักรกลการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2544. 141 หน้า. 7 สิงหาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

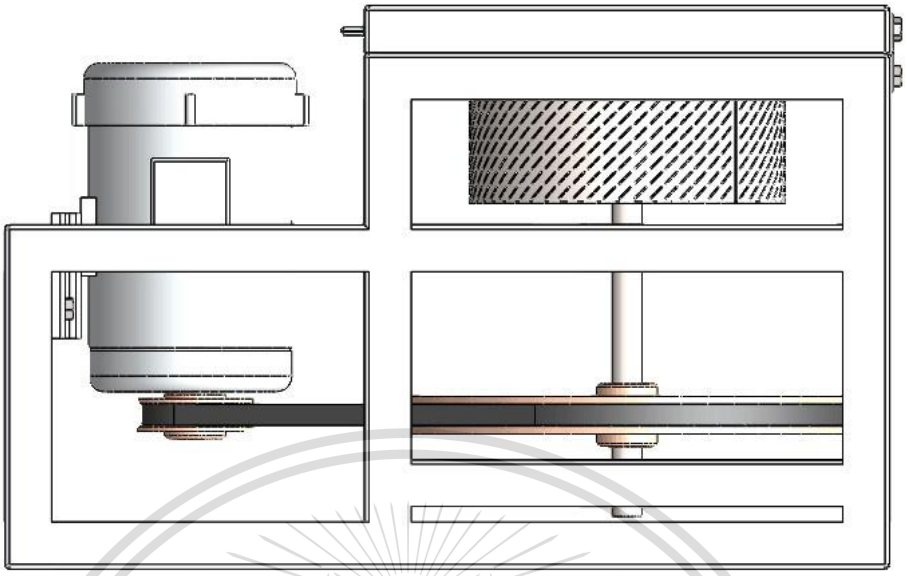
ครั้งที่	เวลา (นาที)	น้ำหนักข้าวเปลือก (กรัม)	ความเร็วที่ผิว(เมตร/วินาที)	น้ำหนักข้าวหัก (กรัม)	น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด (กรัม)	น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด 1000 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักข้าวเปลือกที่ไม่ถูกสี (กรัม)	ดัชนีความขาว	เปอร์เซ็นต์ความโปร่งใส
1	3	200.02	2.50	57.71	54.38	19.99	15.71	42.17	1.08
1	3	200.05	3.00	73.06	41.71	19.87	8.66	43.03	0.96
1	3	200.05	3.50	66.88	39.65	19.72	12.18	43.83	1.09
1	3	300.01	2.50	62.67	84.39	19.80	63.89	38.97	0.71
1	3	300.00	3.00	60.60	84.98	20.13	62.00	40.13	0.73
1	3	300.03	3.50	50.18	81.50	20.36	88.13	37.87	0.67
1	5	200.04	2.50	79.34	37.28	19.69	2.86	42.93	1.11
1	5	200.02	3.00	80.68	30.96	19.53	6.57	44.90	1.19
1	5	200.02	3.50	88.23	21.60	19.12	8.39	44.13	1.38
1	5	300.01	2.50	76.27	89.97	19.79	32.60	44.07	1.00
1	5	300.03	3.00	86.12	83.82	19.84	15.33	40.83	0.83
1	5	300.00	3.50	125.93	51.34	19.21	10.31	46.40	1.47
1	7	200.03	2.50	92.78	16.72	19.07	5.41	46.33	1.36
1	7	200.02	3.00	95.62	10.39	17.26	6.96	42.93	1.48
1	7	200.00	3.50	96.08	7.13	18.77	8.93	48.43	1.47
1	7	300.04	2.50	109.97	69.18	19.84	6.64	44.73	1.30
1	7	300.00	3.00	140.36	35.46	18.91	5.87	43.97	1.18
1	7	300.04	3.50	136.62	20.42	18.34	8.71	45.23	1.23
2	3	200.02	2.50	57.64	53.53	20.46	14.33	42.37	1.08
2	3	200.01	3.00	36.54	53.31	20.69	46.14	39.63	0.77
2	3	200.02	3.50	49.77	60.13	20.47	18.17	41.87	0.96
2	3	300.03	2.50	25.97	43.06	20.73	178.75	37.83	0.70
2	3	300.02	3.00	35.13	61.98	20.09	139.88	37.60	0.68
2	3	300.01	3.50	36.24	72.16	20.46	122.47	38.53	0.74
2	5	200.05	2.50	64.24	53.57	20.60	8.84	40.83	0.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

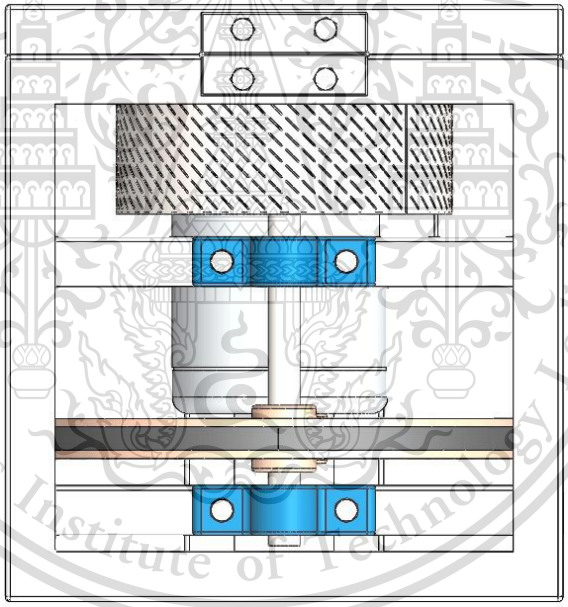
2	5	200.01	3.00	82.09	29.89	19.70	6.77	42.93	1.16
2	5	200.04	3.50	82.89	25.05	19.64	9.75	43.70	1.21
2	5	300.01	2.50	45.54	71.57	20.61	112.64	39.57	0.72
2	5	300.02	3.00	77.64	93.20	20.09	33.00	38.17	0.69
2	5	300.00	3.50	82.37	98.92	18.01	17.71	43.83	1.44
2	7	200.01	2.50	88.11	22.23	19.62	1.83	44.90	1.28
2	7	200.07	3.00	88.67	18.11	19.33	8.85	48.93	1.66
2	7	200.06	3.50	90.67	16.40	19.35	8.38	49.33	1.69
2	7	300.02	2.50	74.01	90.61	20.19	43.79	42.27	1.01
2	7	300.03	3.00	110.24	72.44	19.46	8.23	42.57	0.99
2	7	300.03	3.50	122.93	56.61	19.35	7.44	48.27	1.44
3	3	200.01	2.50	28.20	35.98	20.39	84.54	38.23	0.75
3	3	200.00	3.00	39.07	53.87	20.71	43.38	38.70	0.80
3	3	200.03	3.50	36.23	61.03	20.58	39.83	38.03	0.77
3	3	300.00	2.50	15.24	26.80	20.28	209.00	38.10	0.72
3	3	300.02	3.00	21.16	45.05	20.32	182.95	36.83	0.73
3	3	300.05	3.50	23.45	50.95	20.42	168.91	35.37	0.72
3	5	200.04	2.50	49.86	57.35	20.64	21.91	41.17	0.94
3	5	200.08	3.00	66.61	50.03	19.77	7.34	43.70	1.07
3	5	200.00	3.50	77.70	32.85	19.57	11.03	44.90	1.28
3	5	300.03	2.50	71.96	98.37	20.25	35.33	41.73	0.92
3	5	300.02	3.00	54.80	86.91	20.05	77.61	39.27	0.83
3	5	300.02	3.50	78.78	102.84	20.24	31.64	41.63	1.04
3	7	200.06	2.50	68.39	50.18	20.38	4.26	39.77	1.13
3	7	200.04	3.00	84.99	25.97	19.56	6.51	45.33	1.28
3	7	200.04	3.50	85.61	23.16	19.39	8.81	45.13	1.44
3	7	300.00	2.50	59.31	91.82	20.32	64.32	40.20	0.84
3	7	300.04	3.00	78.29	98.88	20.47	19.57	41.13	1.01
3	7	300.02	3.50	97.22	80.67	20.29	10.11	42.73	1.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข.

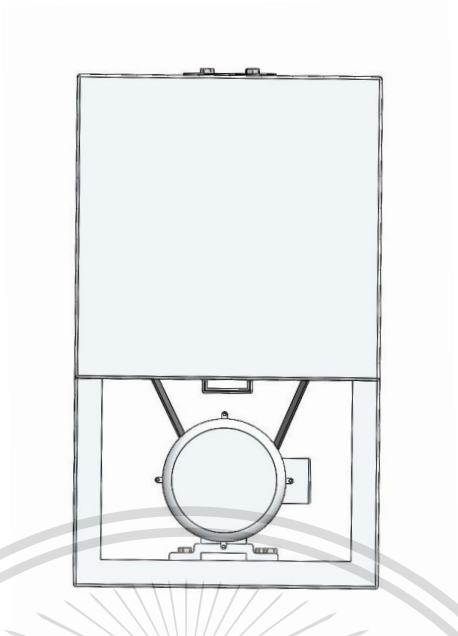


รูปที่ ข.1 แบบสามมิติด้านหน้าของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

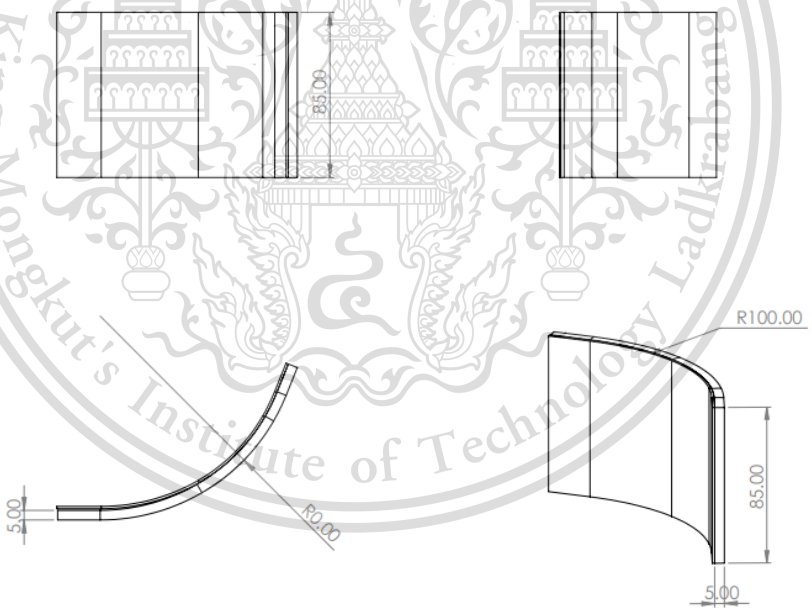


รูปที่ ข.2 แบบสามมิติด้านข้างของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

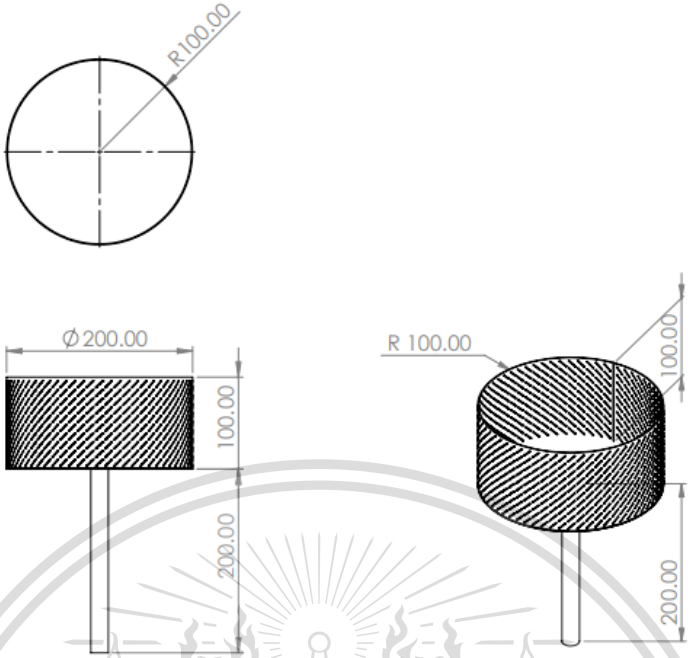


รูปที่ **ข.3** แบบสามมิติด้านบนของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

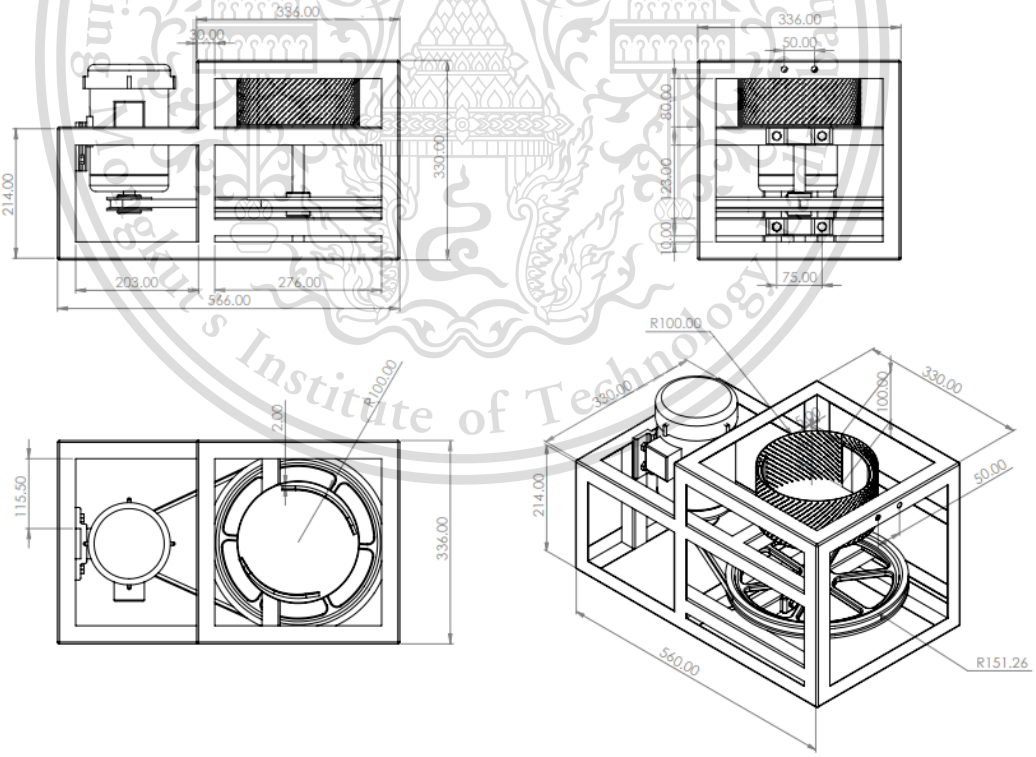


รูปที่ ข.4 ภาพฉายของชุดยางสีข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ข.5 ภาพฉายของชุดตะแกรงสีข้าว



รูปที่ ข.6 ภาพฉายของเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.