สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบสร้างเครื่องขัดขาวและประเมินผล

Design and Evaluation on the Rice Whitening

T049938

โดย

นายไพศาล เนินกลาง

นายภาณุวัฒน์ ชัยมงคล

นายเอกภัทร จินดาอินทร์

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49938
วัน,เดือน,ปี 2 เม.ย. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2545

การออกแบบสร้างเครื่องขัดขาวและประเมินผล

Design and Evaluation on The Rice Whitening

โดย

นายไพศาล เนินกลาง

นายภาณุวัฒน์ ชัยมงคล

นายเอกภัทร จินดาอินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์พิชิต คิตตินนท์

อาจารย์สุคารัตน์ แคว้นเขาเม็ง

อาจารย์ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบสร้างเครื่องขัดขาวและประเมินผล

ผู้จัดทำ

นายไพศาล เนินกลาง

นายภาณุวัฒน์ ชัยมงคล

นายเอกภัทร จินดาอินทร์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พิชิต กิตตินนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุดารัตน์ แดวันเขาเม็ง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ประสันต์ ชุ่มใจหาญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ สร้างเครื่องขัดขาวและประเมินผล

ไพศาล เนินกลาง
ภาณุวัฒน์ ชัยมงคล
เอกภัทร จินดาอินทร์
อ. พิชิต กิตตินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. สุดารัตน์ แคว้นเขาเม็ง อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. ประสันต์ ชุ่มใจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเครื่องขัดขาว ซึ่งประกอบไปด้วย มุมเอียงของหินขัดขาวที่ 0 , 5 , 10 , 15 และ 20 องศา และความเร็วเชิงเส้นที่ 12 , 13 , 14 และ 15 เมตรต่อวินาที จากการศึกษาพบว่า ที่มุมเอียงที่ 0 องศา กับความเร็วเชิงเส้น ที่ 12 เมตรต่อวินาที ซึ่งปัจจัยที่เหมาะสมนั้นให้เปอร์เซ็นต์ ข้าวหักเท่ากับ 11.843 เปอร์เซ็นต์และมีระดับการขัดสีเท่ากับ 4.28 เปอร์เซ็นต์ และเครื่องมีความสามารถในการป้อนเท่ากับ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่งผลทำให้การศึกษานี้สามารถนำไปสู่การปรับปรุงการขัดสีในโรงสีขนาดเล็กได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Evaluation on the Rice Whitening

Paisan Noenklang
Panuwat Chaimongkol
Akkaphat jindain
Pichit kittinon Advisor
Sudarat keankaomeng
Prasan choomjaihan

Abstract

The project aimed to study the factors affecting rice whitening using a machine with an inclined angle of 0, 5, 10, 15, and 20 degree and at the speed of 12, 13, 14, and 15 m/s. The experimental results revealed that the machine with the inclined angle of 0 degree and 12 m/s speed is the most suitable because it causes the least damage to the grain with only 11.843%, 4.28% scrubbing and 100 kg/hr feed rate. These factors lead to the development of scrubbing in small rice mill.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
บทที่ 1 บทนำ	
1. ความสำคัญและที่มาของโครงงาน	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. ขอบเขตโครงงาน	2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว	3
2. มาตรฐานข้าว	9
3. ขนาดของเมล็ดข้าว	10
4. โรงสีข้าว	12
5. การสีข้าว	13
6. การขัดขาว	15
7. ชุดเครื่องขัดขาว SATAKE TM 05	23
บทที่ 3 การออกแบบ	
1. ขั้นตอนการสร้าง	25
2. ขั้นตอนการประกอบ	27
3. ขั้นตอนการทดลอง	29
4. วิธีการทดลอง	29
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	
1. ผลการศึกษามุมเอียงของหินขัดขาว และความเร็วเชิงเส้นที่มีผลต่อการขัดขาว	30
2. ความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาวที่มีผลต่อการขัดขาว	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการทดลอง 34
2. ปัญหาและอุปสรรค 34
3. ข้อเสนอแนะ 34

เอกสารอ้างอิง 35

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ข.

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบโดยน้ำหนักของข้าวเปลือก	5
ตารางที่ 2.2 ขนาดของเมล็ดข้าว	7
ตารางที่ 2.3 รูปร่างของเมล็ดข้าว	8
ตารางที่ 2.4 แสดงชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานข้าวไทยและสหรัฐอเมริกา	10
ตารางที่ 2.5 แสดงขนาดของเมล็ดข้าวกล้อง	11
ตารางที่ 2.6 ปริมาณลมที่เหมาะสมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกหินขัดขาว	20
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักสำหรับการทดสอบขัดขาวข้าว ที่มุมเอียงของหินขัดขาวและความเร็วเชิงเส้นของหินขัดข้าวที่ระดับแตกต่างกัน	30
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการสีข้าวสำหรับการทดสอบขัดขาวข้าว ที่มุมเอียงของหินขัดขาวและความเร็วเชิงเส้นของหินขัดข้าวที่ระดับแตกต่างกัน	31
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและระดับการสี ที่มุมเอียงของหินขัดขาวต่างๆ	32
ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและระดับการสี ที่ความเร็วเชิงเส้นที่ระดับต่างๆ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว	3
ภาพที่ 2.2 เครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนตั้ง	17
ภาพที่ 2.3 ลักษณะของตะแกรงขัดข้าว	18
ภาพที่ 2.4 เครื่องขัดขาวแบบลูกหินแกนนอน	21
ภาพที่ 2.5 เครื่องขัดขาวของ SATAKE TM 05	24
ภาพที่ 3.1 โครงเครื่องขัดขาว	25
ภาพที่ 3.2 แกนเพลาของลูกหินขัดขาว	26
ภาพที่ 3.3 เกลียวปรับระดับองศาชุดลูกหินขัดขาว	26
ภาพที่ 3.4 ถังขัดขาว	27
ภาพที่ 3.5 ลูกหินขัดขาวเบอร์ 24 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว	28
ภาพที่ 3.6 มอเตอร์และพูลเล่ย์	28
ภาพที่ 3.7 เครื่องขัดขาว	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ธุรกิจการค้าข้าวของประเทศไทยในปัจจุบันเริ่มประสบปัญหามากขึ้น โดยเฉพาะด้านการส่งออกไปยังต่างประเทศ ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่างๆ โดยเฉพาะประเทศที่เคยซื้อข้าวไว้เพื่อการบริโภคแต่กลับสามารถผลิตข้าวได้เพียงพอต่อความต้องการและยังเหลือไปจำหน่ายต่างประเทศอีกด้วย เช่น เวียดนาม และจีน เป็นต้น จากสภาวะดังกล่าวส่งผลให้ข้าวไทยไม่สามารถส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศได้ เนื่องจากข้าวไทยมีราคาสูงกว่าข้าวประเทศดังกล่าว อันเนื่องมาจากต้นทุนในการผลิตข้าวในประเทศไทยซึ่งสูงกว่าประเทศอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวที่มีปัญหาในการส่งออกนั้นเป็นตลาดข้าวคุณภาพต่ำ โดยยังไม่มีปัญหากับตลาดข้าวคุณภาพสูงซึ่งไทยเป็นผู้ครองตลาดรายใหญ่อยู่ ซึ่งตลาดในระดับนี้ไทยยังมีคู่แข่งไม่มากนัก และยังมีช่องว่างในตลาดอยู่อีก

นอกจากนี้ ในส่วนของคณะกรรมการนโยบายข้าวจึงได้ตั้งเป้าหมายการส่งออกข้าวคุณภาพดีเพิ่มจาก 37 เปอร์เซ็นต์ เป็น 50 เปอร์เซ็นต์ และลดการส่งออกข้าวคุณภาพปานกลางและต่ำจาก 31 เปอร์เซ็นต์ เป็น 19 เปอร์เซ็นต์

ในกระบวนการผลิตข้าวสารเพื่อการส่งออก และการบริโภคภายในประเทศนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่เข้ามาเกี่ยวข้อง และที่เป็นปัญหาคือ คุณภาพข้าวเปลือกที่นำมาแปรรูป หากข้าวเปลือกมีคุณภาพดีแนวโน้มที่จะสีข้าวสารคุณภาพดีก็จะเป็นไปได้มากเช่นกัน ซึ่งคุณภาพข้าวเปลือกนั้นจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว วิธีการปลูก วิธีการเก็บเกี่ยว และวิธีการเก็บรักษาซึ่งเป็นปัจจัยแวดล้อมที่เกิดขึ้นก่อนการแปรรูป แต่อีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ สภาวะแวดล้อมระหว่างการแปรรูปหรือการขัดสีซึ่งจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวสารที่ขัดได้เพราะว่า การขัดขาวข้าวจะทำให้ข้าวเมล็ดที่สวยงามเป็นที่นิยมรับประทานกันและสามารถเก็บไว้ได้นานกว่าข้าวกล้อง

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการขัดขาวข้าว เพื่อการส่งออกไปขายยังต่างประเทศเพื่อการเก็บรักษาข้าวสารให้นานขึ้น ข้าวที่ยังไม่ได้ขัดขาวซึ่งจะมีชั้นรำที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 5 ชั้น ในรำนี้จะมีน้ำมันพวก Poly unsaturated อยู่มากดังนั้นเมื่อส่วนของเปลือกหรือส่วนที่ปกคลุมเนื้อเยื่อถูกทำลายจะทำให้ไขมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะทำให้เกิดมีกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งจะทำให้ข้าวกล้องเก็บรักษาไม่ได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัตถุประสงค์

2.1 สร้างและประเมินผลเครื่องขัดขาว

2.2 ศึกษาความเร็วเชิงเส้นและมุมเอียงของหินขัดที่เหมาะสมในการขัดขาว

3. ขอบเขตโครงงาน

3.1 ทำการออกแบบและสร้างเครื่องขัดขาว

3.2 ทดสอบความสามารถในการขัดขาวของเครื่องขัดขาว

3.3 หาประสิทธิภาพและประเมินผลของเครื่องขัดขาว

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

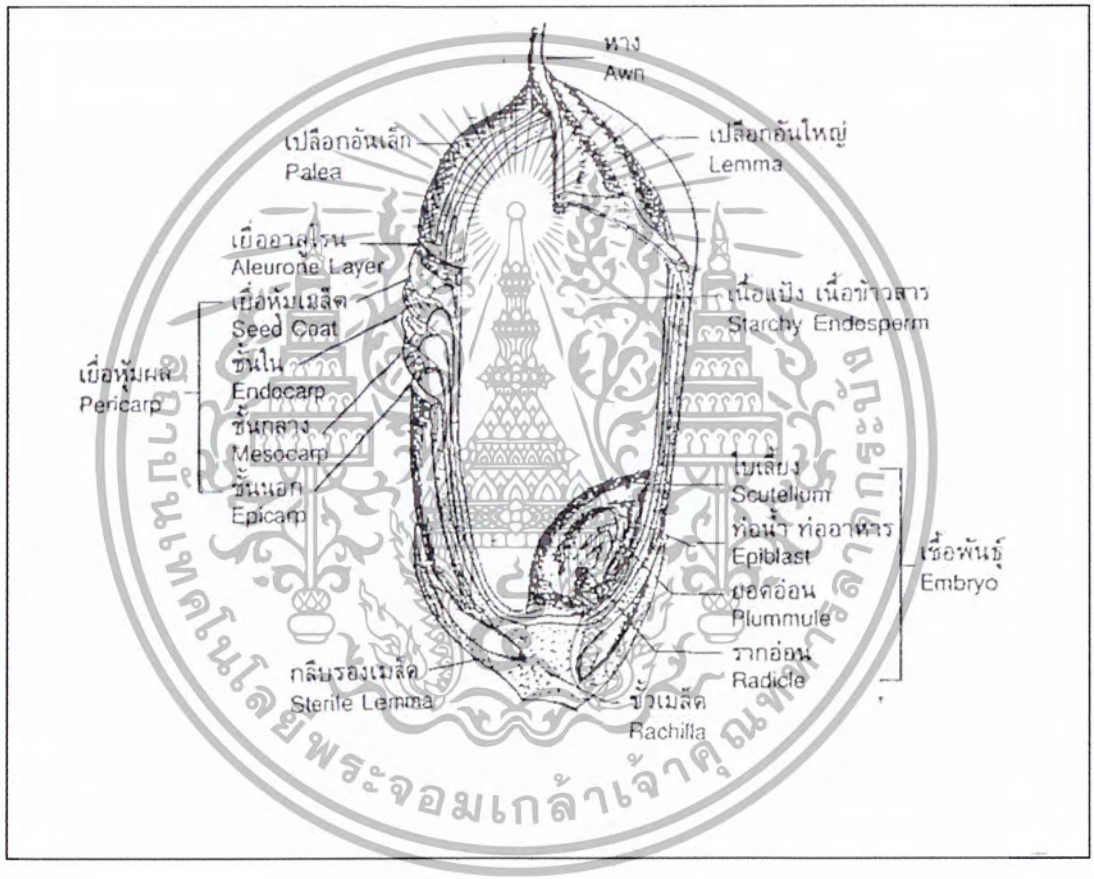
ได้เครื่องขัดขาวต้นแบบและสามารถนำไปพัฒนาให้ดีขึ้นต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว

ข้าวเป็นพืชล้มลุก(annual) ใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในสกุล(genus) Oryza ชนิด (species) sativa สามารถเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น,2530)



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวเป็นผลชนิดคาริออปซิส(caryopsis) เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ เปลือกหรือแกลบ (husk) และเมล็ดข้าวกล้อง (caryopsis or brow rice) เปลือกของเมล็ดข้าวมีอยู่สองส่วน คือ เปลือกใหญ่ (lemma) และเปลือกเล็ก (pelea) ประกบติดกันแบบตะขอฟัน (interlocking fold) ทั้งสองข้างตลอดความยาวของเมล็ดข้าว ภายในเปลือกที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องนี้มีช่องว่างระหว่างเมล็ดและเปลือกที่ปลายทั้งสองด้าน ผิวของเปลือกข้าวทั้งสองส่วนจะมีหนามแข็งเล็กๆ(triohomes) ติดอยู่

โดยรอบทั่วไป เปลือกข้าวนี้จะประกอบด้วยสารพวกซิลิก้าและเส้นใยเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถให้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้อยู่ระหว่าง 3000 - 3500 Kcal/kg เนื่องจากเปลือกข้าวประกอบด้วยสารพวกซิลิก้า จึงทำให้ข้าวมีความคมทำความสึกหรอแก่เครื่องมือลำเลียงและเครื่องมือลำเลียงและเครื่องมือแปรรูปได้อย่างรวดเร็ว

1.2 ส่วนประกอบภายนอก

ส่วนที่ห่อหุ้มนอกสุดของเมล็ด โดยทั่วไปเรียกว่าแกลบ (husk) หรือเปลือกดอกอันใหญ่ (lemma) ซึ่งเป็นเปลือกที่มีร่องสาแหรก 5 ร่องหุ้มเมล็ดด้านหลังเมล็ดและเปลือกดอกอันเล็ก (palea) ซึ่งเป็นเปลือกดอกมี 3 ร่องสาแหรกหุ้มเมล็ดด้านท้องทั้งสองเปลือกหุ้มซ้อนกันอยู่อย่างหลวมๆ และหลุดออกจากกันง่าย ในระหว่างกระบวนการกะเทาะเปลือก แกลบประกอบขึ้นเซลลูโลสและเนื้อเยื่อไฟบรัสและปกคลุมด้วยขนแหลมแข็งเปราะ

นอกจากนี้มีขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemma) ซึ่งคือเปลือกเล็กๆหุ้มขั้วเมล็ดและเปลือกอันใหญ่อันเล็กไว้ตรงโคนเมล็ดเปลือกแข็งหนาจะทำให้เครื่องกะเทาะสึกหรอง่าย

1.3 ส่วนประกอบภายใน

ส่วนภายในเมื่อแกะเอาเปลือก(แกลบ)ออกเรียกว่าข้าวกล้องประกอบด้วย

เยื่อหุ้มผล (pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกันคือชั้นนอก เอพิคาร์พ (epicarp) ชั้นกลาง มีโซคาร์พ (mesocarp) และเอ็นโดคาร์พ (endocarp) ชั้นใน เยื่อหุ้มผลนี้มีลักษณะเป็นไฟบรัส (fibrous) และอ่อนนุ่มนับเป็นส่วนแข็งที่ป้องกันการซึมของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือไอน้ำซึ่งขณะที่เยื่อหุ้มผลนี้คงลักษณะดีอยู่มันจะช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อรา การทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหรือกระบวนการเสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาของเอ็มไซม์ ผนังเซลล์ประกอบด้วยโปรตีน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ความหนาของเยื่อผันแปรได้

เยื่อหุ้มเมล็ด (tegumen หรือ seed coat) เป็นเนื้อเยื่อ 2 ชั้นเรียงกันเป็นแถว ชั้นนอกจะประกอบด้วยไขมันและโปรตีนและมีส่วนแป้งเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เยื่ออาลูโรน (aleurone) หรือชั้นรำเยื่อนี้มีโปรตีนสูงมีไขมันและวิตามินแต่มีแป้งเล็กน้อย ชั้นนี้จำนวนชั้นจะขึ้นอยู่กับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศระหว่างการสุกแก่

ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือข้าวสารประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่มีโปรตีนเล็กน้อย ในแกนกลางของเมล็ดเซลล์เมล็ดแป้งเป็นรูปหกเหลี่ยมแต่ระหว่างแกนและด้านนอกเซลล์ยืดยาวออกเป็นรัศมีจากแกนในระหว่างกระบวนการปฏิบัติการกับเมล็ดผนังเซลล์ของเซลล์เมล็ดแป้งที่เป็นรัศมีจะกำเนิดพลังแยกเป็นพันๆ ซึ่งจะทำให้เมล็ดแตกร้าวง่ายต่อแรงดันของเครื่องจักรหรืออุณหภูมิและความชื้นที่สูง (stress) ส่วนประกอบของแป้งมี 2 ชนิดคืออนัยโลสและอมัยโลสมากกว่าคือ 7-33 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักข้าวสาร

ส่วนเชื้อพันธุ์ (embryo) หรือตา ข้าวหรือ จมูกข้าว หรือคัพพะ อยู่ติดกับส่วนเอ็นโดสเปิร์มทางด้านเปลือกอันใหญ่ (lemma) เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป ประกอบไปด้วยต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhaiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) ส่วนเชื้อพันธุ์หรือคัพพะนี้มีโปรตีนไขมันสูง

เมล็ดข้าวกล้อง ถ้าตัดตามขวางจะเห็นเป็นลูกคลื่นตามร่องสาแหรกของแกลบ รูปร่างเมล็ดที่เป็นคลื่นนับเป็นเรื่องสำคัญในการขัดสีให้ขาว ส่วนที่เป็นรำจะถูกขัดออกไปได้เกือบหมดต่อเมื่อเมล็ดข้าวสารถูกขัดจนไม่มีลักษณะลูกคลื่นกลายเป็นราบเรียบ ซึ่งต้องใช้เวลานานและส่วนที่เป็นข้าวสารจะถูกคัดทิ้งออกไปด้วยอย่างง่ายดายถ้าร่องนั้นลึก

<u>ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบโดยน้ำหนักของข้าวเปลือก</u>

ส่วนประกอบโดยน้ำหนักของข้าวเปลือก	เปอร์เซ็นต์
แกลบ	22 – 25
เยื่อลูโรนและเยื่อหุ้มเมล็ด (Testa)	4 – 6
ส่วนเชื้อพันธุ์ (คัพพะ)	2 – 3
ท่อน้ำ ท่ออาหาร (Epiblast)	0.26
เยื่อหุ้มรากอ่อน (Coleorhiza)	0.18
ต้นอ่อน (Plumule)	0.34
รากอ่อน (Radicle)	0.18
ใบเลี้ยง (Scutellum)	1.14 – 1.18
ส่วนแป้ง (Endosperm)	66 - 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ความสำคัญของส่วนประกอบของข้าวต่อกระบวนการขัดสี

ส่วนห่อหุ้มส่วนนอกสุดของเมล็ดข้าวเปลือกที่เรารู้จักดีคือแกลบนั้นประกอบด้วยสารซิลิก้า (ที่มีความแข็ง) 15 – 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะสะสมอยู่มากบริเวณภายในและส่วนนอกสุดของเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลลูโลส–ซิลิก้า และการที่ประกอบด้วยซิลิก้ามากๆ ทำให้แกลบลักษณะเป็นตัวขัดถูอย่างดี และทำให้เครื่องขนย้ายชนิดกระพ้อสึกหรอง่าย

เมื่อเมล็ดข้าวเปลือกแห้งแล้วจะมีช่องว่างระหว่างแกลบและข้าวกล้อง ช่องว่างนี้จะช่วยให้การกะเทาะเอาแกลบออกโดยเครื่องกะเทาะที่ลูกขัดทำด้วยยางง่ายมากและไม่มีรอยขีดข่วนบนเยื่อหุ้มผล หรือมีเพียงเล็กน้อยทั้งนี้เพราะลูกขัดทำด้วยยางและมีผิวเรียบด้วย และเพราะเปลือกอันใหญ่ (lemma) และเปลือกอันเล็ก (palea) แยกออกจากกันง่ายมากเพียงใช้แรงเพียงเล็กน้อยจากเครื่องขัดที่ปรับมาดีแล้ว การใช้ลูกขัดทำด้วยยางจึงมีประสิทธิภาพมากในการกะเทาะโดยไม่มีรอยขีดข่วนบนผิวข้าวกล้องได้เพราะความแข็งของหิน และการที่เกิดรอยขีดข่วนบนส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดที่ประกอบด้วยน้ำมันที่จะปลดปล่อยเอ็นไซม์ของน้ำมัน ซึ่งจะก่อให้เกิดการผลิตกรดไขมันอิสระซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืน จึงต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้ขัดผิวข้าวกล้องเป็นอันตรายระหว่างการกะเทาะเปลือก โดยเฉพาะถ้าเก็บรักษาข้าวในรูปข้าวกล้องแทนที่จะเก็บในรูปข้าวเปลือก

ข้อควรคำนึงข้อหนึ่งคือการที่เซลล์เมล็ดแป้งบริเวณส่วนนอก ในส่วนที่เป็นแป้งหรือข้าวสารเกาะตัวกันเป็นรัศมีออกจากแกน (radiating configuration) จะทำให้เมล็ดแตกหักง่าย ถ้ามีแรงกระทบด้านข้างเมล็ดและจะทำให้เมล็ดหักง่ายกว่ามีแรงกระทบด้านปลายเมล็ด มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการนวดข้าวโดยใช้วิธีฟาดด้วยมือขณะที่ความชื้นสูง 20 เปอร์เซ็นต์ก็ตาม การหักจะสูงกว่าการนวดด้วยเครื่องที่มีแรงกระทบที่ปลายเมล็ด

เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องเลี่ยงการแตกหักของเมล็ดข้าวให้มากเพราะในการขัดสี ผิวหน้าที่จะถูกขัดจะมีพื้นผิวมากและจะทำให้เปอร์เซ็นต์การขัดสีข้าวต่ำได้ข้าวสารน้อย

1.5 คุณลักษณะเมล็ดทางกายภาพและทางเคมี

การรู้ถึงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวทั้งกายภาพและทางเคมีจะช่วยในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีตามต้องการของผู้บริโภคได้ถูกต้องเหมาะสม

คุณลักษณะเมล็ดทางกายภาพ หมายถึงคุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดข้าวที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา หรือชั่งตวงวัดได้ คุณลักษณะทางกายภาพได้แก่ สีข้าวกล้อง น้ำหนักเมล็ด ขนาดเมล็ด ลักษณะท้องไข่ความในของเมล็ดความแกร่งของเมล็ด ความขาวของข้าวสารและคุณภาพการขัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีของเปลือกหรือเมล็ดข้าว เมื่อยังอ่อนแตกต่างจากเมล็ดเมื่อแก่ เมื่อยังอ่อนเปลือกมีสีขาว เมื่อแก่จะมีสีเข้มขึ้น เช่นสีเหลืองทอง น้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้ม ดำหรือม่วง ลักษณะอย่างนี้จะเกิดขึ้นในทางกลับกันได้ข้าวเปลือกที่มีสีอ่อนเมื่อทำเป็นข้าวนึ่งจะได้ข้าวสารนึ่งสีอ่อนกว่าพวกที่มีสีเข้ม ข้าวนึ่งสีอ่อนเป็นที่ต้องการของตลาด การปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อใช้ทำข้าวนึ่งจึงต้องพิจารณาสีของเปลือกด้วย ข้าวไทยใหญ่มี 2 สีคือสีอ่อนหรือสีฟางมักเรียกว่า ข้าวเหลืองส่วนสีดำแดงหรือเขียวแกมเทาก็มีอยู่บ้าง

สีข้าวกล้อง สีของข้าวกล้องจะปรากฏที่เนื้อเยื่อชั้นเยื่อหุ้มผล (pericarp) ส่วนที่เป็นแป้ง (endospem) จะมีสีขาวทั้งนั้น แม้ข้าวกล้องจะมีสีอื่นก็ตามสีข้าวกล้องมีตั้งแต่ ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทาและม่วงเกือบดำ ข้าวมาตรฐานสูงไม่ยอมให้มีข้าวเมล็ดแดงปนอยู่เลย รวมทั้งในการทำข้าวนึ่งต้องเป็นข้าวที่มีสีข้าวกล้องสีอ่อน เพราะข้าวกล้องสีเข้มเมื่อผ่านกระบวนการนึ่งสีจะซึมเข้าไปในเอ็นโดสเปิร์มทำให้ข้าวสารมีสีเข้มไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ข้าวกล้องที่มีสีเข้มในการขัดสีไม่ว่าจะเป็นข้าวธรรมดาหรือข้าวนึ่งจะต้องใช้ระยะเวลานานและใช้แรงกดสูงเพื่อทำให้ส่วนของรำที่มีสีเข้มหลุดออกทำให้ได้ปริมาณข้าวสารน้อย สีข้าวกล้องในพันธุ์ข้าวไทยได้แก่ สีขาว น้ำตาล แดงและดำ แต่ส่วนใหญ่มีสีขาว

น้ำหนักเมล็ด น้ำหนักเมล็ดถูกควบคุมโดยพันธุกรรมเป็นส่วนใหญ่ จะแปรปรวนไปตามขนาดและรูปร่างเมล็ด ความชื้น ชนิดของดินที่ปลูก การใส่ปุ๋ย สภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อน้ำหนักเมล็ด น้ำหนักเมล็ดดีจะให้ผลผลิตสูง

ขนาดรูปร่างเมล็ด ขนาดรูปร่างจะถูกควบคุมโดยพันธุกรรมเป็นส่วนใหญ่แปรปรวนตามไปตามสิ่งแวดล้อมน้อยขนาดและรูปร่างเมล็ดมีลักษณะหนึ่งที่ใช้จำแนกพันธุ์ข้าวซึ่งได้แก่ความยาว ความกว้าง ความหนาและความป้อมหรือความเรียวของเมล็ด ได้มีการจำแนกขนาดและเมล็ดข้าวไว้

<u>ตารางที่ 2.2 ขนาดของเมล็ดข้าว</u>

ขนาดเมล็ด	ความยาว (มม.)
ยาวมาก	ยาวกว่า 7.50
ยาว	6.61 – 7.50
ยาวปานกลาง	5.51 – 6.60
สั้น	ตั้งแต่ 5.50 ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างเมล็ด วัดจากอัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้าง แบ่งได้ 3 ประเภทคือ

ตารางที่ 2.3 รูปร่างของเมล็ดข้าว

รูปร่างเมล็ด	อัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้าง
เรียว	มากกว่า 3.0 ขึ้นไป
ปานกลาง	2.1 – 3.0
ป้อม	ตั้งแต่ 2.0 ลงไป

ลักษณะของท้องไข่ คือจุดขาวขุ่นที่เกิดขึ้นในส่วนแป้งที่เมล็ดข้าว อาจจะอยู่ด้านท้องเมล็ด ด้านหลังเมล็ดหรือตรงกลางเมล็ด ลักษณะท้องไข่นี้เกิดขึ้นจากการจับตัวหลวมๆของเม็ดแป้งกับตัวโปรตีนในส่วนที่เป็นแป้งข้าวสารและถูกควบคุมโดยพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมในพันธุ์ที่เป็นมากสิ่งแวดล้อม เช่น สถานที่ปลูกและปุ๋ยมีผลต่อลักษณะท้องไข่นี้ ข้าวจะเป็นท้องไข่เพิ่มขึ้นเมื่อระบายน้ำออกเร็วเกินไป ลักษณะท้องไข่เป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของวงการค้าข้าวเพราะทำให้ข้าวสารดูไม่งาม ในการขัดสีจะทำให้ข้าวหักมากตรงท้องไข่เพราะเม็ดแป้งจับตัวกันหลวมข้าวไทยส่วนใหญ่เป็นท้องไข่น้อยยกเว้นพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำและมักเป็นชนิดที่ท้องเมล็ดด้านเดียวกับ คัพพะ

ลักษณะความใสขุ่นของเมล็ดข้าว เมล็ดที่ขาวเป็นที่ต้องการของวงการค้าข้าว นักปรับปรุงพันธุ์พยายามปรับปรุงพันธุ์ใหม่ๆ ให้มีลักษณะขาวใสยกเว้นพันธุ์ข้าวเหนียวซึ่งมีเมล็ดข้าวสีขาวขุ่น

ความแข็งของเมล็ด เมล็ดข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีความแข็งแรงและความขาวใสมากกว่าเมล็ดที่มีปริมาณโปรตีนต่ำและในเมล็ดที่มีปริมาณโปรตีนสูงมีแนวโน้มที่จะขัดสียากกว่าและให้มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดหรือต้นข้าวมากกว่าในข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ

คุณภาพการขัดสี พันธุ์ข้าวที่ดีหรือข้าวเปลือกคุณภาพดีต้องการคุณภาพการขัดสีที่ดีจึงจะปลูกเป็นการค้าได้ คุณภาพในการขัดสีที่ดีคือ เมื่อขัดสีแล้วจะต้องได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดหรือต้นข้าวมากและได้ปลายข้าวหรือข้าวหักแต่น้อย และจะต้องได้ปริมาณข้าวสารซึ่งหมายถึงข้าวเต็มเมล็ดหรือต้นข้าว ข้าวหัก ปลายข้าวในปริมาณสูง ได้แกลบและรำปริมาณน้อย

คุณภาพในการขัดสีที่จะได้ต้นข้าวสูง ได้ปริมาณข้าวสารสูงมีความผันแปรมากโดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหรือเหตุผลหลายอย่างเช่น พันธุ์ข้าว ขนาดของเมล็ด ลักษณะของท้องไข่ การปฏิบัติดูแลระหว่างการปลูก สภาพแวดล้อมอื่นๆ ตลอดจนสภาพการตากข้าวหรืออบข้าวเพื่อลดความชื้นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บรักษาสภาพการขัดสีปริมาณข้าวสารที่ได้จากการขัดสีที่สูงก็ขึ้นอยู่กับส่วนของแกลบและส่วนของข้าวที่ถูกขัดให้ข้าวปนไปอยู่ในส่วนของรำต้องมีปริมาณต่ำ

คุณภาพการขัดสีของพันธุ์ข้าวที่จะส่งเสริมให้ปลูกจึงสำคัญและต้องมีการทดสอบก่อนที่จะใช้เป็นพันธุ์ส่งเสริม นักปรับปรุงพันธุ์ต้องคัดพันธุ์ข้าวให้มีคุณภาพในการขัดสีดีที่สุดเท่าที่จะดีได้

1.6 ในการสีข้าวจะได้สิ่งต่างๆ คือ

แกลบ คือส่วนของเปลือกเล็ก เปลือกใหญ่ หางข้าว กลีบเลี้ยงและขั้นเมล็ด ส่วนนี้จะมีประมาณร้อยละ 20 - 25 ใช้ทำประโยชน์ได้หลายอย่างในทางอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

รำข้าว คือส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งมีส่วนของเยื่อหุ้มผล 3 ชั้น เยื่อหุ้มเมล็ด 2 ชั้น อาลูโรน (Aleurone Layer) 1 ชั้น และเชื้อพันธุ์ (Embryo หรือ Germ) ส่วนนี้มีโปรตีนสูงรวมทั้งน้ำมันและกากเส้นใยส่วนนี้จะมีโปรตีนร้อยละ 10

ส่วนแป้ง คือส่วนของเมล็ดข้าวสาร มีอยู่ประมาณร้อยละ 70 ของข้าวเปลือก ข้าวสารที่ได้ทั้งหมดจากการสีต้องคัดแยกออกเป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าวและข้าวหัก ซึ่งปริมาณของแต่ละส่วนที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนสี ถ้าข้าวเปลือกมีคุณภาพดีจะได้ปริมาณข้าวหักน้อยและได้ข้าวไม่หักหรือหักใหญ่ปริมาณมาก

2. มาตรฐานข้าว

จากประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่องการกำหนดมาตรฐานข้าว ใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 30 มกราคม 2517 ได้ให้ความหมายมาตรฐานข้าวว่า คุณภาพตามประเภทหรือชนิดของข้าว โดยพิจารณาจากลักษณะของพื้นข้าวและส่วนผสมของเมล็ดข้าวตลอดจนการสีตามที่ได้กำหนดไว้สำหรับข้าวแต่ละประเภทหรือชนิด ทั้งนี้คุณภาพของข้าวย่อมผันแปรตามฤดูกาลตามตัวอย่างที่กำหนดเป็นระยะๆ เพื่อประโยชน์แก่การพิจารณาเปรียบเทียบ

ข้าว (rice) หมายความว่า เมล็ดข้าวที่สีเอาเปลือกออกแล้วรวมตลอดถึง ข้าวกล้องข้าวขาว ข้าวเหนียว และข้าวนึ่ง ทั้งนี้เป็นข้าวเต็มเมล็ด ก้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหัก และปลายข้าว

ข้าวกล้อง (Cargo rice, brow rice, Husked rice, Loonzain rice) หมายความว่า ข้าวที่ได้จากการสี ข้าวเปลือกจ้าว ข้าวเปลือกเหนียวเพื่อเอาเปลือกออกเท่านั้นทั้งที่เป็นเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหักและปลายข้าว

ข้าวขาว (white rice) หมายความว่า ข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือกจ้าวโดยสีเอาเปลือกออกและซักรำออกจนมีสีข้าวทั้งที่เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ และปลายข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเหนียว (white glutineous rice) หมายความว่า ข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือกเหนียว โดยสีเอาเปลือกออกและขัดเอารำออกจนมีสีขาว ทั้งที่เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหักและปลายหัก

ข้าวนึ่ง (Boiled rice) หมายความว่า ข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือกเจ้าที่ผ่านการแช่น้ำและอบด้วยความร้อนแล้วทำการให้แห้งก่อนสี ถ้าสีโดยการเอารำออกหมด เรียกว่าข้าวนึ่ง หากการสีโดยเอาเปลือกออกเท่านั้นให้เรียกว่า ข้าวนึ่งกล้อง

2.1 มาตรฐานข้าวขาว

แบ่งออกเป็น 10 เกรดด้วยกันคือ ข้าว 100 5 10 15 20 25 30 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างเช่น 100 เปอร์เซ็นต์ แบ่งออกเป็นอีก 3 อย่างคือ ข้าวขาว 100 ชั้น 1 ข้าวขาว 100 ชั้น2 ข้าวขาว 100 ชั้น 3

3. ขนาดของเมล็ดข้าว

ขนาดของเมล็ดข้าวอาจวัดจากความยาว กว้าง และหนาของเมล็ด แต่ในการพิจารณาคุณภาพทั่วไปจะหมายถึงความยาวของเมล็ด มาตรฐานข้าวไทย ได้กำหนดชั้นของเมล็ดเป็น 4 ขนาด ตามตาราง การกำหนดขนาดของเมล็ดข้าวของประเทศต่างๆจะแตกต่างกันเช่นประเทศอเมริกาได้แบ่งความยาวของเมล็ดข้าวของสหรัฐอเมริกาออกเป็น 4 ขนาดเช่นกันแต่มีขนาดแตกต่างจากมาตรฐานข้าวไทย

ตารางที่ 2.4 แสดงชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานข้าวไทยและสหรัฐอเมริกา

ชั้นของเมล็ด	ไทย (มม.)	สหรัฐอเมริกา (มม.)
เมล็ดยาวชั้น 1 (Extra long)	>7.0	>7.50
เมล็ดยาวชั้น2 (Long)	6.6-7.0	6.61-7.50
เมล็ดยาวชั้น2 (Medium)	6.2-6.6	5.51-6.60
เมล็ดสั้น (Short)	<6.2	<5.50

ที่มา งามชื่น คงเสรี "คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก" ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการรักษาคุณภาพข้าวสาร ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี.

นอกจากความยาวตามมาตรฐานดังกล่าวแล้ว ยังนิยมกำหนดรูปร่างเมล็ดโดยประเมินจากอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นข้าว (Head rice) เมล็ดข้าวที่บางส่วนจะเป็นหัวหรือท้ายหรือทั้งหัวทั้งท้ายของเมล็ดข้าวหักได้และมีความยาวเหลือตั้งแต่ 8 ส่วนขึ้นไป ตามมาตรฐานของนิยมข้าวที่ได้กำหนดไว้

ข้าวหักใหญ่ (Big broken) เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5 ส่วนขึ้นไปของเมล็ดเต็มข้าว ตามมาตรฐานของชนิดที่ข้าวกำหนดไว้ แต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว

ข้าวหัก (Brokens) เมล็ดข้าวที่หักความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปของข้าวเต็มเมล็ด ตามมาตรฐานของข้าวที่กำหนดไว้ แต่ไม่ถึงความยาวของข้าวหักใหญ่

ปลายข้าว (Small Broken) เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวของของข้าวต่ำกว่า 2.5 ส่วนของข้าวเต็มเมล็ด และมีขนาดมาตรฐานของชนิดปลายข้าวที่กำหนดไว้

3.1 ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง

ตารางที่ 2.5 แสดงขนาดของเมล็ดข้าวกล้อง

ชื่อพันธุ์	เมล็ดข้าวกล้อง (มม.)		
	หนา	กว้าง	ยาว
พวงไร่ 2	1.9	2.3	7.5
นางพญา 132	1.7	2.2	7.6
กข 1	1.8	2.2	7.0
กข 5	1.8	2.2	7.15
ข้าวดอกมะลิ 105	1.8	2.4	7.6
เก้ารวง 88	1.7	2.2	7.3
ขาวปากหม้อ 148	1.9	2.3	7.6
เหลืองประทิว 123	1.8	2.3	7.6

ที่มา กรมส่งเสริมการเกษตร, ชุดพืชศาสตร์ที่ 4 เรื่องข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โรงสีข้าว

ประเทศไทยเป็นอู่ข้าวอู่น้ำมาตั้งแต่ดั้งเดิมตามที่คนโบราณพูดว่า ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว หมายถึง ในแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง จะมีปลาต่างๆ มากมาย ในทุ่งนาจะมีรวงข้าวขจีเต็มไปหมดและเมื่อข้าวออกรวงแก่จัดก็จะเป็นสีเหลืองทองอร่ามไปทั่วท้องทุ่งนา หรือที่เรียกกันว่า ทุ่งรวงทอง และชาวนาก็จะเก็บเกี่ยวข้าวเปลือกนี้ขายให้ฉางข้าวเปลือก และขายให้โรงสีข้าวเพื่อทำการแปรรูปเป็นข้าวสารต่อไป

โรงสีข้าวมีบทบาทสำคัญในการแปรรูปวัตถุดิบ (ข้าวเปลือก) จากผู้ผลิต (ชาวนา) ไปเป็นสินค้า (ข้าวสาร) เพื่อขายให้แก่ผู้บริโภค (ประชาชน) ทั่วไป โดยอาศัยระบบกลไกทางตลาดทำการขายข้าวไปยังประชาชนในประเทศเกือบทั้งหมด ซึ่งบริโภคข้าวสารเป็นหลักและที่เหลือจะส่งออกไปขายประเทศต่างๆ ประเทศไทยนับว่าเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุดในโลก โดยส่งออกปีละประมาณ4-5 ล้านตัน มาตลอดหลายๆปีแล้ว นำรายได้เข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท

อย่างไรก็ตาม กระบวนการแปรรูปจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสารเรียกว่า โรงสีข้าว ของไทยเรายังไม่ค่อยมีการเผยแพร่ทางด้านวิชาการหรือมีการกล่าวถึงทางด้านโรงงานอุตสาหกรรมมากนัก ทั้งๆที่โรงสีข้าวนี้ถ้าจะถือว่าเป็นโรงงานแล้วก็จะนับว่ามีจำนวนมากที่สุดในประเทศไทย

จากสถิติของกรมโรงงานอุตสาหกรรมเมื่อปี 2535 ในประเทศไทยมีโรงสีทั้งหมดตั้งแต่ขนาดเล็กคือ 10 เกวียน/วัน ถึงขนาดใหญ่ 200 เกวียน/วัน รวมกันประมาณ 4000 โรงงาน กระจายอยู่ทั่วประเทศไทย จังหวัดที่มีโรงสีมากที่สุดจะเป็นจังหวัดทางภาคอีสาน รองลงมาก็ทางภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคใต้ซึ่งมีน้อยมาก

โรงสีข้าวในสมัยก่อนนั้น ส่วนมากจะเป็นโรงสีขนาดเล็กๆ กำลังผลิตไม่เกิน 50 เกวียน/วัน (1 เกวียนข้าวเปลือกประมาณ 1000 กิโลกรัม) ต่อมาในช่วงระยะประมาณปี 2520-2530 โรงสีได้มีการพัฒนาปรับปรุงเพิ่มขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม โดยจะเป็นขนาด 80-150 เกวียน/วัน และต่อมาหลังจากปี 2530 จนถึงปัจจุบัน ได้มีการพัฒนา ปรับปรุงขนาดโรงสี ระบบการสีข้าวตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพการสี การแข่งขันต่างๆ ทำให้โรงสีมีการเปลี่ยนแปลงการก้าวหน้าไปมาก บางแห่งใช้ระบบอิเล็กทรอนิค หรือระบบคอมพิวเตอร์ควบคุม

4.1 ขนาดของโรงสีข้าว

สำหรับโรงสีข้าวของไทย จะแบ่งออกเป็น 3 ขนาดตามกำลังผลิตของโรงสีดังนี้

- ขนาดเล็ก 10-40 เกวียน/วัน
- ขนาดกลาง 50-80 เกวียน/วัน
- ขนาดใหญ่ 100-250 เกวียน/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงสีขนาด 50 เกวียน/วัน หมายถึง กำลังผลิตที่สามารถสีข้าวเปลือกได้ประมาณ 50000 กิโลกรัม

ข้าวเปลือกหนัก 1 ตัน = 1 เกวียน = 1000 กิโลกรัม แต่ถ้าใช้เรียกข้าวสารจะใช้คำว่าตัน (ไม่ใช่เกวียน) หรือกระสอบหรือลูก (1 กระสอบ = 1 ลูก = 100 กิโลกรัม)

การสร้างโรงสีจะไม่นิยมสร้างใหญ่กว่า 250 เกวียน/วัน เพราะจะมีปัญหาเรื่องการลงทุนสูง และการหาซื้อวัสดุดิบ (ข้าวเปลือก) มาป้อนโรงสี ซึ่งจะหายากเนื่องจากจำนวนโรงสีข้าวในแต่ละจังหวัดมีจำนวนมาก กำลังผลิตสูงกว่าปริมาณข้าวเปลือกที่ผลิตจากท้องที่นั้น จึงต้องมีการแย่งกันซื้อข้าวเปลือกเพื่อสีข้าว โดยเฉพาะบางปีถ้าเกิดฝนแล้ง หรือฝนทิ้งช่วงแล้วจะทำให้ข้าวเปลือกเสียหายได้ผลผลิตน้อย ก็จะทำให้เกิดการแย่งกันซื้อข้าวเปลือกมาก ทำให้ข้าวเปลือกขึ้นราคา ชาวนาก็จะขายได้ราคาดีซึ่งเป็นหลักธรรมดาของการตลาดในเรื่องดีมานด์และซัพพลาย

ปกติโรงสีทั่วๆไป จะสามารถสีข้าวได้เต็มที่โดยเฉลี่ยปีละประมาณ 6-8 เดือน ที่เหลือก็จะหยุดซ่อมหรือรอข้าวเปลือกฤดูใหม่ออกมา

4.2 การแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร

ข้าวเปลือกเมื่อเอามาแปรรูป (สี) เป็นข้าวสารจะได้ผลผลิต และผลพลอยได้ ตามอัตราส่วนคือ ข้าวเปลือกคุณภาพดี 100 กิโลกรัม เมื่อนำมาแปรรูปเข้ากระบวนการโรงสีจะได้ผลผลิตต่างๆออกมาคือ

1. รำหยาบ 1%-2%
2. สิ่งเจือปนต่างๆ (หิน,กรวด,ทราย) 2% - 3%
3. แกลบ 20% - 22%
4. รำอ่อน 8% - 10%
5. ข้าวต้น 55% -57%
6. ข้าวหัก 12 % - 14%

5. การสีข้าว

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวขาว

1. ลักษณะข้าวที่เหมาะสมต่อการสี การสีข้าวเป็นการแปรสภาพผลิตผลทางการเกษตรวิธีหนึ่ง ในการสีข้าวให้มีลักษณะที่ดี กล่าวคือมีเปอร์เซ็นต์แตกหักน้อยและคุณภาพทางอาหารที่ดีต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้านหรือเรียกว่า"คุณภาพข้าว" ดังนี้

(ก) มีความชื้นระหว่าง 11-13% หรือไม่เกิน 14%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ไม่มีเศษหิน ดินทราย เศษหญ้า หรือเศษฟางปน

(ค) มีลักษณะรูปร่าง และขนาดของเมล็ดใกล้เคียงกัน

(ง) ไม่มีหรือมีเมล็ดวัชพืชปนอยู่น้อย

(จ) มีลักษณะเป็นข้าวเปลือกประเภทเดียวกัน

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการสี ผลการสีข้าวของข้าวแต่ละพันธ์อาจผิดแผกแตกต่างไปได้แล้วแต่สาเหตุดังนี้

(ก) เกี่ยวกับพันธุ์ ข้าวแต่ละพันธุ์จะให้ผลการสีออกมาต่างกัน

(ข) เกี่ยวกับการเก็บเกี่ยว เวลาในการเก็บเกี่ยวแต่ละช่วงมีผลต่อการสี

(ค) เกี่ยวกับความชื้นขณะสี ในการสีความชื้นควรอยู่ระหว่าง 13-14%

(ง) เกี่ยวกับศัตรูข้าว เช่น หนูแมลงต่าง กัดกินเมล็ดข้าวทำให้ลักษณะข้าวเสียไป

(จ) ตัวเครื่องสีเองอาจมีส่วนชำรุดเสียหายเมื่อนำมาใช้ ทำให้การสีเสียหายมาก

5.2 ขั้นตอนการสีข้าว

1. การทำความสะอาดก่อนที่จะนำข้าเปลือกเข้าสู่กระบวนการสีข้าว ข้าวเปลือกจะต้องได้รับการทำความสะอาด เพื่อแยกเอาสิ่งเจือปนต่างๆ เช่นฝุ่น ทราย ดินเศษหินเล็กๆ ออกไป เพื่อป้องกันอันตรายกับเครื่องมือ และเป็นการปรับปรุงคุณภาพผลผลิต

2. การกะเทาะเปลือกเป็นการนำเอาเปลือกออกจากข้าวเปลือกโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นรำและต้องไม่ทำให้เมล็ดข้าวกล้องแตกหัก

3. การขัดขาวและขัดเงา การขัดขาวจะใช้หินขัดที่มีส่วนผสมของหินกากเพชรเพื่อเอาเนื้อเยื่อของส่วนที่เป็นชั้นรำของข้าวกล้องออกไปหลังจากนั้นจะผ่านขั้นตอนการขัดเงาโดยใช้แผ่นหนังเป็นการดึงเอาส่วนของรำที่ยังเกาะติดอยู่กับข้าวให้หลุดออกไป

4. การคัดขนาดข้าวโดยจุดประสงค์ของการคัดขนาดเมล็ดข้าว เนื่องจากในกระบวนการสีและการขัดขาวทำให้ได้ข้าวหักที่มีขนาดแตกต่างกันปนกันออกมาซึ่งถ้ามีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวน้อย ก็จะไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคและทำให้ขายข้าวได้ราคาต่ำ ถ้าการคัดข้าวออกเป็นต้นข้าว,ข้าวหักใหญ่,ข้าวหักเล็กและปลายข้าวออกจากกันก่อนการสีและนำไปผสมกันตามอัตราส่วนผสมต่างๆ เป็นเปอร์เซ็นต์ตามที่ตลาดต้องการสามารถที่จะขายข้าวได้ราคาสูงขึ้น ส่วนข้าวที่มีราคาต่ำหากได้ทำการผสมเป็นข้าวเปอร์เซ็นต์ต่างๆแล้วก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวที่ไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การขัดขาว (whitening)

ในกระบวนการขัดขาวเนื้อเยื่อที่เป็นชั้นรำของข้าวกล้องจะถูกขัดออกไป ส่วนในกระบวนการขัดเงาจะเป็นการดึงเอาส่วนของรำที่ยังเกาะติดอยู่กับข้าวให้หลุดออกจนข้าวขาวที่ได้ภายหลังการขัดเงาจะมีลักษณะใสจนขึ้นเงา การขัดเงาโดยทั่วไปจะกระทำภายหลังการขัดขาวแล้ว เครื่องมือที่ใช้ในการขัดขาวข้าว มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด

1. ลูกหินขัดขาวแบบกรวยแกนตั้ง (vertical abrasive whitening cone)
2. ลูกหินขัดขาวแกนนอน (holizontal whitening machine)
3. ลูกเหล็กขัดขาวแกนนอน (holizontal jet pearler)

เครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนตั้งเป็นแบบที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ในการผลิตข้าวทั้งเพื่อการบริโภค และการส่งออกไปจำหน่าย ส่วนเครื่องขัดขาวเป็นลูกหินแกนนอนได้รับการพัฒนาในประเทศญี่ปุ่นภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นแบบที่เหมาะสมกับข้าวที่มีเมล็ดสั้น แต่อย่างไรก็ตามก็สามารถปรับให้ใช้ได้ดีกับข้าวที่มีเมล็ดปานกลางและยาวได้ ส่วนเครื่องขัดขาวแบบลูกเหล็กแกนนอน เป็นแบบที่มีการออกแบบแตกต่างไปจากแบบลูกหินแกนนอน โดยเครื่องแบบนี้จะทำงานอยู่ระหว่างการขัดขาวและการขัดเงา โดยอาศัยแรงเหวี่ยงของลูกเหล็กและแรงลมที่เป่าเข้าไปในชั้นข้าวภายในเครื่อง

ส่วนเครื่องขัดเงาจะมีอยู่ 2 แบบ ที่มีการใช้กันในโรงสีข้าว คือ เครื่องขัดเงาแบบกรวยแกนตั้ง (vertical cone type polisher) และเครื่องขัดเงาแบบแกนนอน (holizontal polisher) เครื่องขัดเงาแบบกรวยแกนตั้ง มีลักษณะคล้ายกับลูกหินขัดขาวแบบกรวยแกนตั้ง แต่ส่วนที่เป็นหินกากเพชรเปลี่ยนเป็นแผ่นหนัง (leather strips) และไม่มีลูกยางช่วยในการขัด ส่วนเครื่องขัดเงาแบบแกนนอนได้รับการพัฒนาในญี่ปุ่น แต่หลักการทำงานก็คล้ายกับแบบกรวยแกนตั้ง

6.1 เครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนตั้ง (vertical whitening cone)

เครื่องขัดขาวแบบนี้โดยทั่วไปประกอบด้วย เหล็กหล่อรูปกรวยที่เคลือบด้วยหินกากเพชรติดอยู่บนเพลาที่อยู่ในแนวดิ่ง ซึ่งอาจจะหมุนตามหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ รอบ ๆ ลูกหินขัดขาวจะเป็นตะแกรงลวดถัก ซึ่งมีขนาดรูขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่นำมาสี ระยะห่างระหว่างตะแกรงกับลูกหินขัดขาวเฉลี่ยประมาณ 10 มิลลิเมตร ตะแกรงจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ โดยลูกยางเบรกซึ่งมีหน้ากว้าง 30 – 50 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่อง จำนวนลูกยางเบรก ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกหินขัดขาว ในเยอรมันจำนวนของลูกยางเบรกสามารถคำนวณได้จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

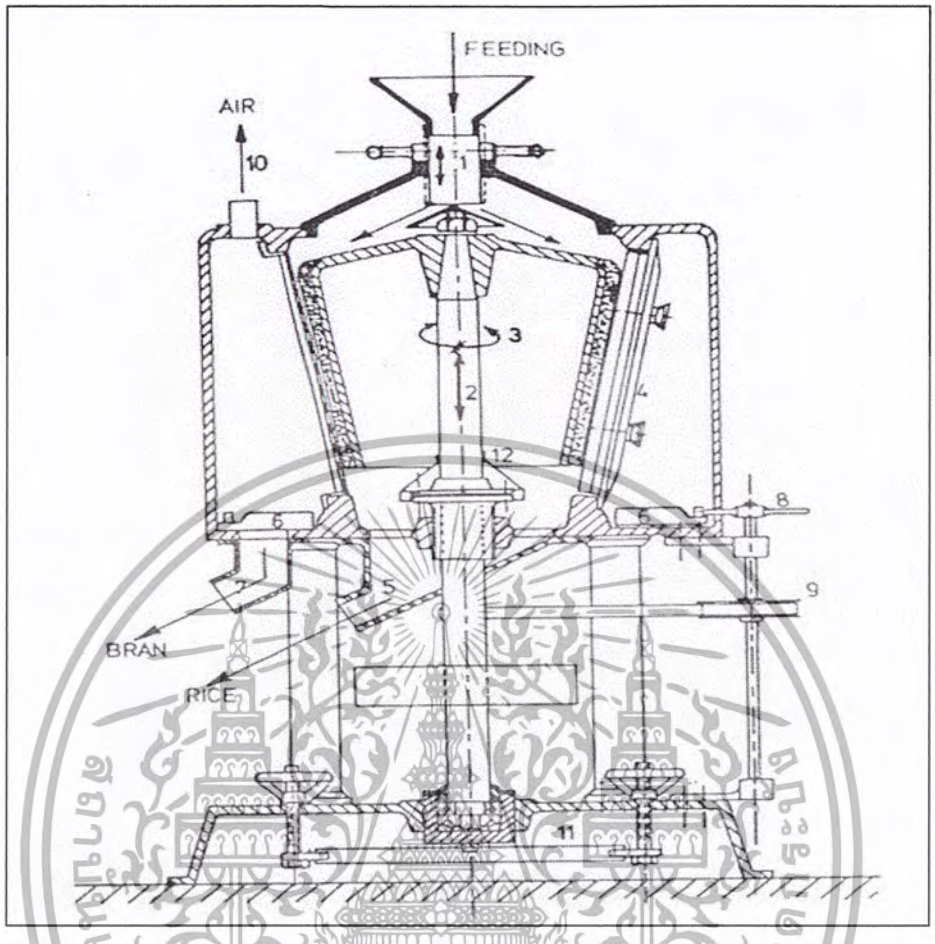
n = D/100-2 เมื่อ D คือเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกหินขัด ตัวอย่าง เช่น ถ้า D = 800 mm ดังนั้นจำนวนของลูกยางเบรกที่ใช้เท่ากับ 800/100-2 = 6 ลูก แต่ในอิตาลีไม่ลบด้วยสอง ดังนั้นจำนวนลูกยางเบรก ดังนั้นจำนวนลูกยางเบรกจึงเท่ากับ 8 ลูก

การปรับระยะห่างระหว่างลูกหินขัดขาวกับตะแกรง ทำได้โดยการปรับในแนวดิ่ง โดยปรับให้ลูกหินขัดขาวเลื่อนลง เมื่อต้องการให้ระยะห่างแคบเข้า ซึ่งการปรับขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว สภาพของเมล็ดส่วนลูกยางปรับได้โดยการหมุนปรับให้ลูกยางเคลื่อนเข้าหา หรือออกจากลูกหินขัดขาว โดยระยะห่างของลูกยางเบรกกับลูกหินควรอยู่ระหว่าง 2-3 มิลลิเมตร

ข้าวกล้องจะถูกป้อนเข้าทางถังพักด้านบน และถูกเหวี่ยงลงระหว่างตะแกรงกับลูกหินขัดขาวแต่ถ้าไม่มีลูกยางเบรกข้าวกล้องจะไม่ไหลลงระหว่างช่องว่างของลูกหินขัดขาวกับตะแกรงอย่างรวดเร็ว ทำให้ข้าวกล้องไม่ถูกขัด ดังนั้น ลูกยางเบรกจึงเป็นตัวป้องกันการไหลของข้าวกล้อง แรงต้านทานที่เกิดขึ้นจะทำให้เมล็ดข้าวเกิดแรงดันกับลูกหินขัดขาวและตะแกรงซึ่งแรงเสียดสีนี้เป็นตัวดึงเอาเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นรำออกมา โดยรำจะลอดผ่ารูตะแกรงและตกลงด้านล่างของห้องขัดขาวและถูกใบปาดซึ่งหมุนปาดเอารำไปออกตรงทางออกของรำ ส่วนข้าวขาวที่ขัดแล้วจะไหลลงด้านล่างออกทางช่องปล่อยข้าวขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.2 เครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนตั้ง

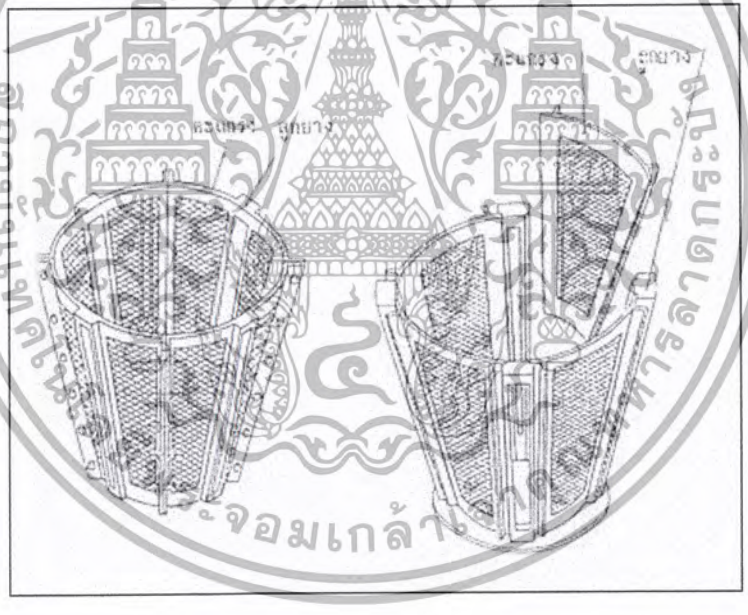
ความเร็วในการหมุน ความเร็วที่ผิวของกรวยขัดขาวจะมีค่ามากที่สุด ที่จุดบนสุดที่กรวยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุดและลดลงเรื่อยๆ จากบนลงล่าง โดยขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูงของกรวยและความเร็วรอบเป็นปัจจัยที่จะทำให้เมล็ดเกิดการไหลหมุนเป็นเกลียวรอบกรวยขัดขาว โดยทั่วไปความเร็วที่ผิวสูงสุดที่จุดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดจะมีค่าไม่เกิน 15 เมตรต่อวินาทีสำหรับข้าวพันธุ์ที่มีเมล็ดยาวต้องการความเร็วที่ผิวต่ำเพื่อเลี่ยงการแตกหัก

รูปร่างและขนาดกรวยขัดขาว รูปร่างของกรวยขัดขาวจะถูกกำหนดโดยเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน และด้านล่างและความสูงบางเครื่องความห่างของผิวขัดขาวกับผิวตะแกรงดานบนจะใหญ่กว่าด้านล่าง ผิวขัดขาวกับตะแกรงไม่ขนานกัน เพื่อให้เมล็ดไหลและกระจายอย่างสม่ำเสมอ การลดการแตกหักของเมล็ดขณะขัดขาว อันเนื่องมาจากความร้อนสามารถทำได้โดยการลดความสูงและความเร็วเชิงมุม และโดยการเพิ่มจำนวนของเครื่องขัดขาวเข้าไปในโรงสีข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
49938

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกรวยขัดขาวด้านบน จะมีค่าระหว่าง 40-60 เซนติเมตร แต่มีค่าสูงสุดถึง 2 เมตร หรือมากกว่า เครื่องที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กจะสามารถสร้างโดยง่ายและมีการสั่นน้อย แต่จะสึกเร็วทำให้ต้องมีการพอกหินกากเพชรใหม่บ่อยขึ้น ในทางตรงข้าม ถ้ากรวยมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ เมล็ดจะต้องสัมผัสกับผิวขัดขาวได้มากกว่า แต่ความเร็วที่ผิวเท่านั้นผลผลิตที่มีการม้วนตัวและขัดข้าวได้ดีกว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ได้รับการยอมรับจะมีค่าประมาณ 100-150 เซนติเมตร

ตะแกรง (the crip) ตะแกรงจะทำหน้าที่อัดให้เมล็ดสัมผัสกับผิวของลูกหินขัดขาว เพื่อทำการขัดเอาเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นรำออกจากเมล็ด และทำหน้าที่แยกส่วนของรำออกจากชั้นเมล็ดโดยรำจะลอดผ่านรูตะแกรงออกไปด้านนอก และร่วงลงตรงส่วนล่างด้านนอกของตะแกรงส่วนข้าวลอดผ่านไม่ได้จะค่อยๆ ไหลลงสู่ส่วนล่างด้านในของตะแกรง นอกจากนั้นลักษณะของรูตะแกรงยังช่วยในการขัดโดยแรงเสียดสีอีกด้วย



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของตะแกรงขัดข้าว

ตะแกรงขัดขาวส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้แบ่งเป็น 3 ส่วน หรือมากกว่า ขันติดกันด้วยน๊อตโดยมีช่องว่างสำหรับใส่ลูกยางเบรกอยู่ระหว่างกลางของตะแกรงแต่ละแผ่น โดยตะแกรงจะติดอยู่กับโครงเครื่อง แต่ตะแกรงบานแบบจะประกอบด้วยช่องสำหรับใส่ลูกยางเบรกซึ่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกูรติดอยู่กับโครงเครื่องทั้งด้านบนและด้านล่าง ส่วนตะแกรงจะสอดไว้ระหว่างช่องใส่ลูกยางโดยการเลื่อนขึ้นทางด้านบน ตะแกรงที่ใช้จะมีทั้งแบบตะแกรงลวดถักและตะแกรงเหล็กแผ่นเจาะรูโดยการติดตะแกรงกับโครงไม้หรือเหล็กแล้วแต่กรณี เช่น ถ้าเป็นตะแกรงเหล็กแผ่นเจาะรูก็อาจจะติดกับโครงเหล็กแต่อย่างไรก็ตาม ที่สำคัญคือ รอยต่อของตะแกรงจะต้องเรียบเพื่อหลีกเลี่ยงการแตกหักของส่วนปลายของเมล็ด ตะแกรงแบบลวดถักที่มีรูขนาดที่เหมาะสมจะใช้งานได้เหมาะสมมากกว่าตะแกรงเหล็กแผ่นในแง่ของการขัดขาว และมีช่องว่างมากพอให้รำลอดผ่านได้ง่าย แต่แบบตะแกรงเหล็กแผ่นจะลดความเสี่ยงในเรื่องความแตกหัก ตะแกรงเหล็กแผ่นที่ใช้อาจจะเจาะเป็นรูสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้าและรูกลม รูสี่เหลี่ยมจัตุรัสควรใช้กับลูกหินขัดเขาตัวแรก ขณะที่ตะแกรงรูกลมและรูสี่เหลี่ยมผืนผ้าควรใช้กับลูกหินขัดขาวต่อๆ ไป

ลูกยางเบรก (the rubber brakes) ลูกยางเบรกเป็นตัวส่วนที่ทำหน้าที่ชะลอการไหลของข้าว ขณะที่ข้าวหมุนไปตามแรงดึงของลูกหินขัดขาวไปรอบแกน ลูกยางเบรกทำขึ้นจากยางหรืออีลาสโตเมอร์ เพื่อป้องกันการแตกหักของเมล็ดเมื่อเคลื่อนที่ผ่านระหว่างลูกยางเบรกกับลูกหินขัดขาว จำนวนลูกยางเบรกขึ้นอยู่กับความสามารถและเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกหินขัดขาว ลูกยางเบรกทำจากแท่งยางที่มีความหนาที่เหมาะสม โดยมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านหนึ่งของแท่งยางบากให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูหงายเพื่อสอดเข้าในช่องของแท่งโลหะที่ทำจากไม้หรือเหล็ก แท่งลูกยางจะติดอยู่กับตะแกรงสามารถเคลื่อนเข้าและออกได้โดยมีมือหมุนปรับ แท่งยางหนึ่งแท่งจะมีมือหมุนปรับระยะห่างและแนวขนานของลูกยางกับลูกหินขัดขาว

ปกติแท่งยางจะมีความยาวมากกว่าความยาวของลูกหินขัดขาว เพราะว่าเมื่อลูกหินเกิดการสึกหรอจะต้องเลื่อนลูกหินลงด้านล่าง เพื่อปรับระยะห่างของลูกหินกับตะแกรง ตัวอย่างเช่น เมื่อลูกหินยังใหม่ เมื่อทำงานไประยะเวลาหนึ่งส่วนบนของลูกยางจะสึกเนื่องจากการปรับขณะทำงาน ส่วนด้านล่างจะไม่สึกแต่พอทำงานไปนานขึ้น ส่วนของลูกหินขัดขาวเกิดการสึก ทำให้ระยะห่างระหว่างลูกหินกับตะแกรงผิดไป จึงต้องเลื่อนลูกหินขัดขาวด้านล่าง และเมื่อทำงานไปสักระยะหนึ่งลูกยางส่วนล่างจะเกิดการสึก ส่วนด้านบนจะไม่สึก ดังนั้นในการทำงานจะต้องมีการถอดแท่งยางออกมาตัดส่วนที่ไม่สึกออกหรือการกลับหัวกลับหางลูกยางใหม่ จากปัญหาดังกล่าวเครื่องบางแบบจะมีแท่งยางขนาดความยาวเท่ากับความยาวของลูกหินขัดขาว และมีแผ่นซิมรองจำนวนหนึ่งเพื่อปรับตำแหน่งของแท่งยางให้อยู่ในแนวกับลูกหินตลอดเวลา เมื่อลูกหินยังใหม่แผ่นซิมทั้งหมดจะอยู่ด้านล่าง แต่พอลูกหินเกิดการสึกและต้องเลื่อนลูกหินลงด้านล่าง ก็ทำการเลื่อนแผ่นซิมจากด้านล่างขึ้นไปไว้ด้านบนจนแนวของแท่งยางอยู่ในแนวเดียวกับลูกหินขัดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ในการทำงานเนื่องจากความเร็วที่ผิวด้านบนของลูกหินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า จะมีค่ามากกว่าด้านล่างทำให้ลูกยางด้านบนและตรงกลางลึกมากกว่าด้านล่าง จึงต้องมีการปรับอยู่ตลอดเวลา การปรับลูกยางเบรกจะต้องปรับให้ยื่นเลยผิวด้านหน้าตะแกรงเข้าไปหาลูกหิน โดยทั่วไปลูกยางจะยื่นเข้าไปมากขึ้นก็ได้ การปรับระยะห่างของลูกยางกับลูกหินขัดขาวจะมีความสัมพันธ์คุณภาพการขัด ความสามารถของเครื่อง เนื้อเยื่อของเมล็ดข้าว และความหยาบของผิวหินขัด

ลมดูด (air aspiration) จากผลสืบเนื่องมาจากการพลิกตัว และการบีบตัวทำให้เมล็ดเกิดความร้อน และเกิดการสูญเสียความชื้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดการแตกหักและทำให้ไขมันที่ผิวเกิดการละลาย ความร้อน ความชื้นและไขมัน ที่ละลายออกมาทำให้รำจับกันเป็นก้อนอุดตันในท่อส่งและตะแกรงขัดขาว ซึ่งจะเป็นการลดสมรรถนะการทำงานของเครื่องให้น้อยลง เพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งนี้เกิดขึ้นในขณะเดียวกัน เพื่อให้ห้องขัดปราศจากฝุ่น จึงจำเป็นต้องมีลมดูดจากภายในเครื่องในปริมาณที่เหมาะสมดังนี้

ตารางที่ 2.6 ปริมาณลมที่เหมาะสมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกหินขัดขาว

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกหิน (ม.ม.)	ปริมาณลม ($ม^3$/นาที)
500	8
600	10
800	12
1000	15
1250	20
1500	25

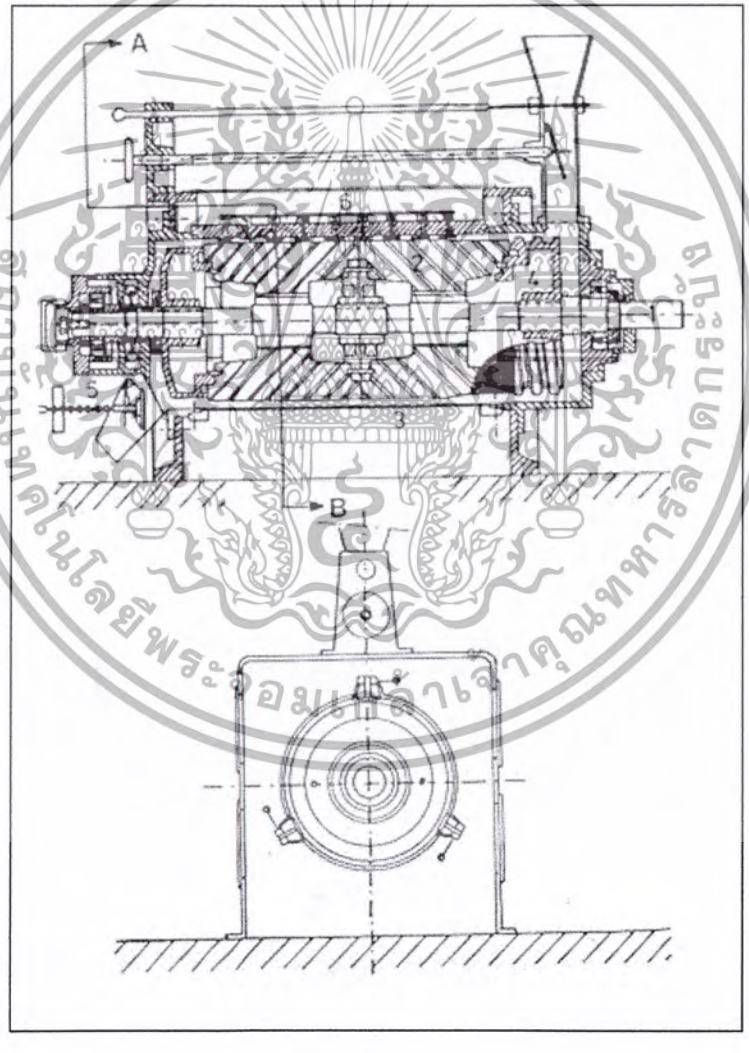
เมื่อใช้ในการขัดข้าวนึ่ง จะต้องใช้ปริมาณลมมากกว่านี้หรืออาจใช้ถึงสองเท่าถ้าจำเป็น

6.2 เครื่องขัดขาวแบบลูกหินแกนนอน (The holizontal whitening machine)

เป็นเครื่องขัดขาวที่ได้รับการพัฒนาในญี่ปุ่น มีโครงสร้างที่กะทัดรัด โดยทั่วไปประกอบด้วยลูกหินขัดขาวทรงกระบอก (ภาพที่ 2.6) ติดอยู่บนเพลาในแนวราบที่ขบด้วยความเร็วประมาณ 1000 รอบต่อนาที หมุนอยู่ภายในตะแกรงทรงกระบอกที่มีรูยาวรี ด้านหัวของลูกหินขัดขาวจะเป็นเกลียวป้อนเหล็กหล่อ ทำหน้าที่ป้อนข้าวกล้องเข้าไปในห้องขัดขาวระหว่างลูกหินขัดขาวกับตะแกรง แรงดันในการขัดข้าวจะเกิดขึ้นจากลิ้นควบคุมตรงบริเวณทางออกของข้าวขาว ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีตุ้มน้ำหนักติดอยู่ โดยสามารถเพิ่มหรือลดแรงของลิ้นควบคุมให้อัดข้าวจนเกิดแรงดันขึ้นภายในห้องขัด ถ้าต้องการให้ข้าวขัดมากก็เพิ่มน้ำหนักให้กับลิ้นควบคุม ในทางตรงกันข้าม ถ้าต้องการให้ข้าวขัดน้อยก็ทำได้โดยการลดน้ำหนักที่ลิ้นควบคุมให้ย้อยลง แต่อย่าลืมว่าข้าวที่ขัดนานก็ยิ่งจะเกิดการแตกหักได้มาก เพราะในขณะขัดข้าวจะมีอุณหภูมิสูง ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ข้าวแตกหักได้ง่าย ตลอดความยาวของตะแกรงทรงกระบอกกลมจะมีแผ่นเหล็กเบรก (adjustable steel brakes) ที่สามารถปรับความอียงได้ตั้งแต่ 0 องศา ตามแนวแกนจนถึง 90 องศา ตามแนวรัศมี แผ่นเหล็กเบรกเหล่านี้จะทำหน้าที่วางตำแหน่งของเมล็ดข้าวภายในห้องขัดระหว่างกระบวนการขัดข้าว เพื่อให้การขัดทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2.4 เครื่องขัดขาวแบบลูกหินแกนนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับข้าวพันธุ์เมล็ดยาว ตำแหน่งของแผ่นเหล็กเบรกอยู่ที่ 0 องศา ทำให้เมล็ดข้าวที่ยาววางขนานกับแนวแกนของลูกหินขัดขาวแล้วหมุนขัดไปภายในห้องขัดขาว แต่สำหรับข้าวเมล็ดสั้นตำแหน่งของแผ่นเหล็กเบรกอยู่ที่ 90 องศา ในกรณีนี้ข้าวจะเรียงขนานกับแนวรัศมีของลูกหินขัดขาว แล้วหมุนขัดไปภายในห้องขัด ถ้าเอาข้าวเมล็ดยาวมาขัดขาวในเครื่องที่ปรับแผ่นเหล็กเบรกไว้ที่ 90 องศา จะทำให้เมล็ดข้าวยาวเกิดการแตกหักมากขึ้น มุมในการปรับที่ถูกต้องขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่จะขัดขาว ซึ่งการปรับหมุนนี้เป็นงานที่ละเอียดอ่อนต้องอาศัยความชำนาญในการปรับ เครื่องขัดขาวแบบนี้มีข้อเสียเปรียบ คือ ระยะห่างระหว่างลูกหินขัดขาวกับตะแกรงไม่สามารถปรับได้ ถ้าลูกหินขัดขาวขนาด 250 มิลลิเมตร ได้รับการสึกหรอลดลงประมาณ 6 มิลลิเมตร จะต้องถอดเปลี่ยนไปเลยโดยไม่สามารถทำการพอกลูกหินได้

6.3 เครื่องขัดขาวแบบลูกเหล็กแกนนอน (the jet pearler)

เครื่องขัดขาวแบบนี้ในประเทศญี่ปุ่น จะต้องเอาไว้ทำการขัดขาวเป็นตัวสุดท้าย โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะดึงเอาเศษรำที่ติดอยู่กับเมล็ดข้าวขาวออกไป และทำให้เมล็ดเย็นลงจากกระแสอากาศที่เป่าเข้าไปในห้องขัด โดยอากาศมีอุณหภูมิปกติ

เครื่องประกอบด้วยลูกเหล็กหล่อทรงกระบอกภายในกลวง ที่ผิวเจาะเป็นรูและมีขอบเหล็กยาววางในแนวนอน ด้านหลังของขอบเหล็ก ซึ่งมีอยู่ 2 ขอบ จะเจาะเป็นรูยาว สำหรับเป็นทางออกของอากาศ โดยลูกเหล็กทรงกระบอกนี้หมุนอยู่ภายในตะแกรงทรงกระบอกรูปหกเหลี่ยมมีรูยาวตรงด้านหัวของลูกเหล็กทรงกระบอกจะเป็นเกลียวป้อน ทำหน้าที่ป้อนข้าวเข้าไปในห้องขัด แรงดันในการขัดข้าวจะเกิดจากแรงอัดตัวของลิ้นควบคุมการไหลตรงทางออกข้าวขาวมีตุ้มน้ำหนักเป็นตัวปรับ กระแสลมที่เป่าเข้าไปจะไหลผ่านรูกลวงของเพลาลูกเหล็ก แล้วไหลออกทางรูเปิดของลูกเหล็กทรงกระบอก อากาศจะไหลผ่านชั้นข้าวที่หมุนไปภายใต้แรงดันในห้องขัด ดึงเอารำออกมาแล้วลอดผ่านรูตะแกรงหกเหลี่ยมดูดออกไป โดยปริมาณของกระแสอากาศสามารถปรับได้

ระยะห่างระหว่างลูกเหล็กทรงกระบอก กับตะแกรงทรงกระบอกหกเหลี่ยมสามารถปรับได้โดยปรับที่สกรูควบคุมระยะห่างระหว่างตะแกรงทั้งสองซีก แม้ว่าแรงดันการป้อนของเกลียวจะคงที่ แต่แรงดันภายในห้องขัดจะไม่คงที่ขึ้นอยู่กับแรงดันของลิ้นควบคุมที่ติดอยู่ปลายท่อออกของข้าวขาว โดยการปรับตุ้มน้ำหนักที่กด ดังนั้นแรงดันที่แท้จริงที่เกิดเมล็ดจะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันในการป้อนและแรงดันต้าน เมื่อข้าวผ่านการขัดโดยเครื่องนี้แล้วจะปราศจากรำมีลักษณะใสและเย็น อย่างไรก็ตามสำหรับข้าวที่มีเมล็ดยาวและปานกลาง จะมีสมรรถนะการขัดดีสู้ข้าวเมล็ดสั้นไม่ได้และมีการแตกหักมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันนอกจากใช้ลมช่วยในการขัดแล้ว ยังใช้น้ำผสมกับลมที่เป่าเข้าไปในลักษณะเป็นไอน้ำ ก็จะทำให้คุณภาพการขัดดียิ่งขึ้น แต่จะต้องระวังเรื่องส่วนผสมของลมและน้ำจะต้องเหมาะสม ถ้ามีน้ำมากเกินไปก็จะทำให้ข้าวที่ขัดจับกันเป็นก้อนติดอัดแน่นในเครื่องเกิดการสูญเสียได้

7. ชุดเครื่องขัดขาว (SATAKE TM 05)

เครื่องทดสอบ SATAKA เป็นเครื่องที่กะทัดรัดและเครื่องจักรนี้สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยหาปริมาณการขัดสีทั้งหมดของกระบวนการขัดสี และเป็นเครื่องที่ใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะใช้ในห้องปฏิบัติการ

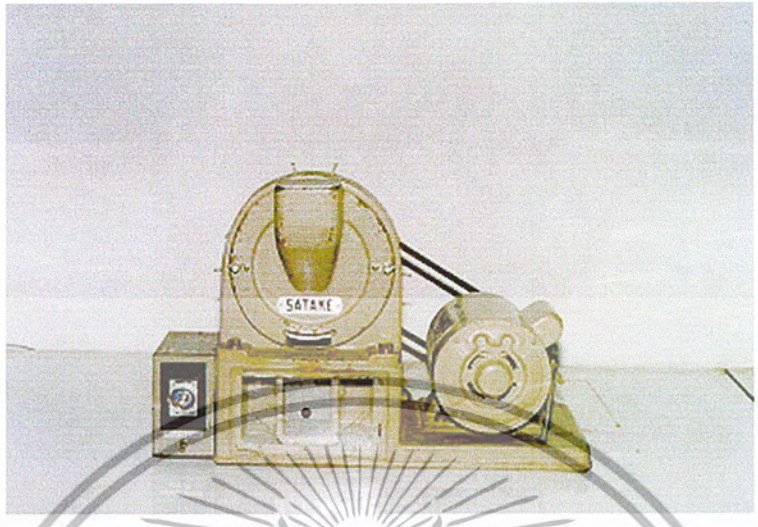
ลักษณะและคุณสมบัติของเครื่อง SATAKA TM 05

1. ต้องการตัวอย่างของเมล็ดข้าวที่ใช้ในการทดสอบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
2. สามารถกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบที่เหมาะสมกับพันธ์ข้าว
3. สามารถขัดสีได้อย่างเหมาะสม
4. มีความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบหลายความเร็วรอบ
5. มีสวิตช์ควบคุมสามารถทำงานอัตโนมัติ

เครื่องขัดขาว (SATAKE TM 05) จะมีส่วนประกอบ

1. มีหินขัดขาวเบอร์ 38
2. มอเตอร์ใช้ขนาด 2 Hp ที่ 1440 rpm
3. เส้นผ่าศูนย์กลางของพุลเล่ย์ที่มอเตอร์ 4.18 นิ้ว
4. เส้นผ่าศูนย์กลางที่หินขัดของพุลเล่ย์ที่หินขัดขาว 4.72 นิ้ว
5. ตะแกรงใช้เป็นตะแกรงรี มีรูขนาด 1 มม.
6. ลูกยางเบรกที่ใช้เป็นเหล็กเบรก
7. ความห่างระหว่างหินขัดขาวกับตะแกรง 1 ซม.
8. เวลาที่ใช้ในการขัดขาวของเครื่อง SATAKE ประมาณ 50-90 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 เครื่องขัดขาวของ SATAKE TM 05

วิธีการทดสอบของเครื่อง SATAKE TM 05

1. นำตัวอย่างข้าว 200 กรัม มาชั่งน้ำหนัก
2. ใส่ตัวอย่างข้าวลงในช่องใส่ข้าว (hopper)
3. ตั้งเวลาของการขัดประมาณ 60 - 90 วินาที
4. นำตัวอย่างข้าวที่ขัดได้ใส่ภาชนะ
5. นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล

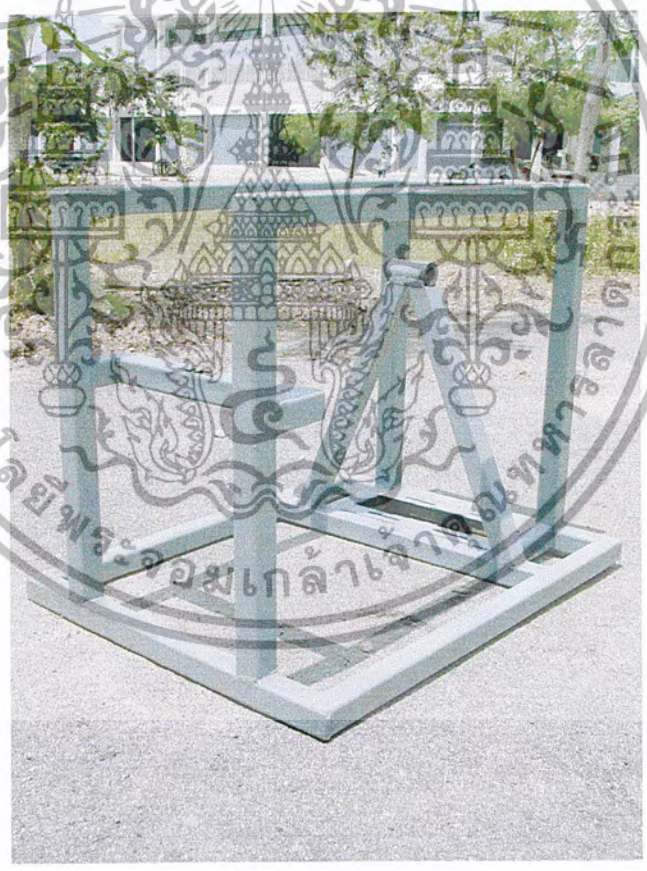
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ สร้าง และ วางแผนการทดลอง

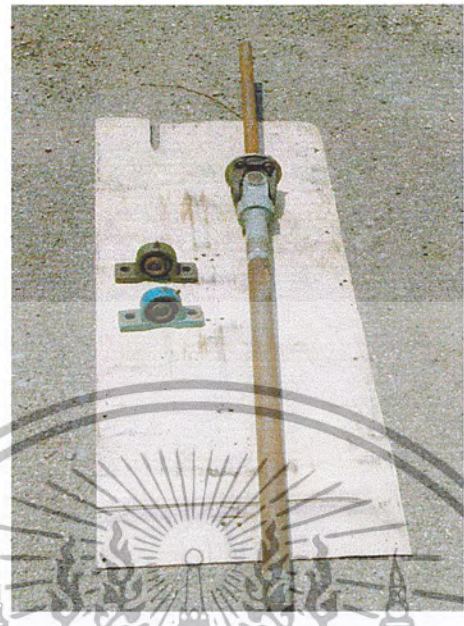
1. ขั้นตอนการสร้าง

1. ออกแบบเครื่องขัดขาวข้าว
2. โครงสร้าง ใช้เหล็กกล่อง 2X2 นิ้ว ความสูงของเครื่อง 80 ซม. ยาว 1 เมตร (ภาพที่ 3.1)
3. เพลาใช้เหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วครึ่ง (ภาพที่ 3.2)
4. เกลียวปรับระดับ (ภาพที่ 3.3)
5. แกนเพลาขับจากมอเตอร์ขนาด 1 นิ้ว
6. ช่องใส่ข้าว 15x15 ซม.



ภาพที่ 3.1 โครงเครื่องขัดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แกนเพลาของลูกหินขัดขาว

ภาพที่ 3.3 เกลียวปรับระดับองศาชุดลูกหินขัดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการประกอบ

1. ประกอบโครงการเชื่อม การเชื่อมโครงสร้างต้องเชื่อมให้ได้ฉากและแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้ได้

2 ประกอบถังขัดขาวข้าวโดยใช้สกรูยึดกับตัวพักถัง

3. ประกอบเกลียวปรับระดับเข้ากับโครงโดยการเชื่อม

4. ใส่แบริ่งข้างถังทั้งสองข้าง

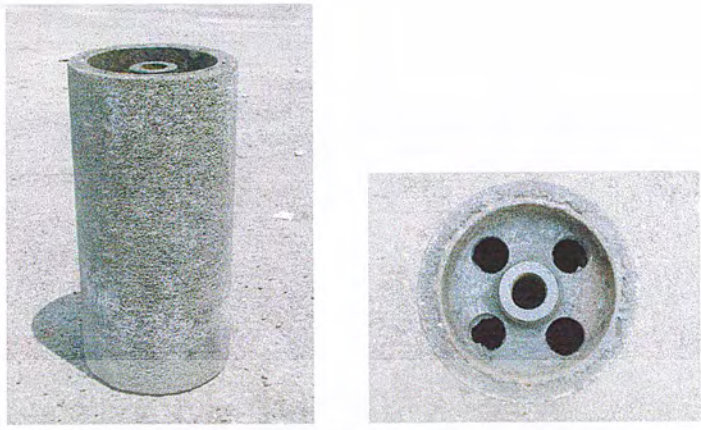
5. ใส่ตะแกรงพร้อมลูกยางเบรค

6. ใส่หินขัดข้าวเข้าไปในตัวถังโดยใช้แกนเพลา 1 $^{1}/_{2}$ นิ้ว

7. ยึดเพลาขนาด 1 นิ้วเข้ากับโครงโดยใช้แบริ่ง 2 ตัวยึดเข้ากับโครงแล้วแกนเพลาจะต่อกับเพลาขนาด 1 นิ้วครึ่ง โดยใช้เพลาขนาด 1 นิ้วเป็นเพลาขับ

ภาพที่ 3.4 ถังขัดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 ลูกหินขัดขาวเบอร์ 24 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว

ภาพที่ 3.6 มอเตอร์และพูลเล่ย์

ภาพที่ 3.7 เครื่องขัดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนการทดลอง

1. นับข้าวเปลือกจำนวน 1000 เมล็ดแล้วมาชั่งน้ำหนัก
2. นับข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกมาจำนวน 1000 เมล็ดแล้วมาชั่งน้ำหนัก
3. นับข้าวกล้องที่ผ่านการขัดขาวแล้วมาจำนวน 1000 เมล็ดแล้วมาทำการชั่งน้ำหนัก
4. หาเปอร์เซ็นต์การสี ทำได้จากการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของแกลบและเปอร์เซ็นต์รำการหาเปอร์เซ็นต์ของแกลบจากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของแกลบ} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก} - \text{น้ำหนักข้าวกล้อง}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของรำที่ขัดออก} = \left\{ \frac{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก} - \text{น้ำหนักข้าวขาว}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \right\} - \text{เปอร์เซ็นต์ของแกลบ}$$

5. หาเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวขาว

$$\text{เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก} = \left\{ \frac{\text{ข้าวหัก} \times 100}{\text{ต้นข้าว} + \text{ข้าวหัก}} \right\}$$

4. วิธีการทดลอง

1. กำหนดความเร็วเชิงเส้นที่ระดับแตกต่างกัน 4 ความเร็ว โดยปรับความเร็วรอบที่เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Inverter) ที่ความเร็วเชิงเส้น 12 13 14 และ 15 เมตรต่อวินาที
2. แต่ละความเร็วรอบปรับมุม 5 ระดับที่มุม 0, 5, 10, 15 และ 20 องศา
3. เก็บตัวอย่างข้าวพร้อมทั้งบันทึกเวลาในการเก็บตัวอย่าง
4. นำข้าวที่ผ่านการขัดขาวมาคัดแยกต้นข้าวออกจากข้าวหัก
5. หาปริมาณข้าวขาว
6. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

เครื่องขัดขาวที่ได้ทำการสร้างมีปัจจัยในการทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย มุมเอียงของหินขัดขาว 5 ระดับคือ 0 , 5, 10, 15 และ 20 องศา และความเร็วเชิงเส้น 4 ระดับคือ 12, 13, 14 และ 15 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและระดับการสีเป็นค่าชี้ผล ดังมีรายระเอียดต่อไปนี้

1. ผลการศึกษามุมเอียงของหินขัดขาว และความเร็วเชิงเส้นที่มีผลต่อการขัดขาว

ผลการศึกษาและการอภิปรายผลจะแบ่งการอธิบายเป็น 2 ส่วนคือ 1) มุมเอียงของหินขัดขาวที่มีผลต่อการขัดขาว และ 2) ความเร็วเชิงเส้นที่มีผลต่อการขัดขาว

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก สำหรับการทดสอบขัดขาวข้าว ที่มุมเอียงของหินขัดขาว และความเร็วเชิงเส้นของหินขัดข้าวที่ระดับแตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F-value	
มุมเอียงของหินขัดขาว (A)	4	6787.878	1696.969	384.0595	**
ความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาว (B)	3	309.978	13.326	23.3848	**
AB	12	566.072	47.173	10.6761	**
Error	40	176.740	4.419		
Total	59	7840.667			

Coefficient of Variation = 6.68 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการสีข้าว สำหรับการทดสอบขัดขาวข้าว ที่มุมเอียงของหินขัดขาว และความเร็วเชิงเส้นของหินขัดข้าวที่ระดับแตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F-value	
มุมเอียงของหินขัดขาว (A)	4	56.46	14.102	10.2563	**
ความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาว (B)	3	34.738	11.579	8.4219	**
AB	12	41.101	3.425	2.4912	**
Error	40	54.996	1.375		
Total	59	187.242			

Coefficient of Variation = 21.26 %

1.1 มุมเอียงของหินขัดขาวที่มีผลต่อการขัดขาว

จากตาราง 4.1 และ 4.2 พบว่ามุมเอียงของหินขัดขาวมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และระดับการสีที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่าทั้ง 2 มาเปรียบเทียบกันในทางสถิติที่มุมเอียงของหินขัดที่ระดับต่างๆ ดังตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อมีการปรับมุมเอียงของหินขัดขาวให้มีค่าสูงขึ้นจาก 0 10 15 และ 20 องศา ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักมีค่ามากขึ้นเท่ากับ 19.96 22.92 27.11 38.93 และ 48.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับสำหรับระดับการสีที่มุมเอียงของหินขัดขาวเท่ากับ 0 , 5 และ 10 องศา มีระดับการสีซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และที่มุมเอียงของหินขัดขาวที่ 15 และ 20 องศา มีระดับการสีซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเช่นกัน

แต่ในการศึกษาต้องการมุมเอียงของหินขัดขาวที่ให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวต่ำ และให้ระดับการสีสูง พบว่าที่ มุมเอียง 0 องศา ให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวต่ำที่สุด และให้ระดับการสีไม่แตกต่างกับที่มุมเอียง 0 5 และ 10 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และระดับการสี ที่มุมเอียงของหินขัดขาวต่างๆ

มุมเอียงของหินขัดขาว (องศา)	เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก (เปอร์เซ็นต์)		ระดับการสี (เปอร์เซ็นต์)	
0	19.96	e	4.963	b
5	22.92	d	4.974	b
10	27.11	c	4.635	b
15	38.93	b	6.245	a
20	48.36	a	7.058	a

หมายเหตุ : ในตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่อท้าย เหมือนกันในแนวตั้ง ของแต่ละมุมเอียงของหินขัดขาว ไม่แตกต่างกันในทางสถิติโดยใช้วิธี LSD ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

2. ความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาวที่มีผลต่อการขัดขาว

จากตาราง ข.1 และ ข.2 พบว่าความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาวมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและระดับการสีที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบกันในทางสถิติดังตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อความเร็วของหินขัดขาวมีค่าสูงขึ้นตั้งแต่ 12 , 13 , 14 และ 15 เมตรต่อวินาที ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักเฉลี่ยเท่ากับ 28.99 , 30.69 , 30.97 และ 35.17 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งที่ความเร็วเชิงเส้นความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาวเท่ากับ 13 และ 14 เมตรต่อวินาที เปอร์เซ็นต์ข้าวหักที่ได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่ในการศึกษาต้องการความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาวที่ให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวต่ำและมีระดับการสีสูงพบว่าที่ความเร็วเชิงเส้น 12 เมตรต่อวินาทีในเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวต่ำที่สุดและในระดับการสีข้าวไม่แตกต่างกับความเร็วเชิงเส้น 12 , 13 และ14 เมตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และระดับการสี ที่ความเร็วเชิงเส้นที่ระดับต่างๆ

ความเร็วเชิงเส้น (เมตรต่อวินาที)	เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก (เปอร์เซ็นต์)		ระดับการสี (เปอร์เซ็นต์)	
12	28.99	c	5.322	b
13	30.69	b	5.217	b
14	30.97	b	4.747	b
15	35.17	a	6.778	a

หมายเหตุ : ในตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่อท้าย เหมือนกันในแนวตั้ง ของแต่ละระดับความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาว ไม่แตกต่างกันในทางสถิติโดยใช้วิธี LSD ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษามุมเอียงและความเร็วเชิงเส้นของหินขัดขาวที่เหมาะสม สามารถสรุปผลการทดลองและได้ข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าเครื่องขัดขาวมีความสามารถในการขัดขาวข้าวประมาณ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สำหรับมุมเอียงของหินขัดขาวที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 0 องศา กับแนวระดับ หรือหมายความว่าหินขัดขาวติดตั้งในระนาบที่ขนานกับพื้น ส่วนความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมเท่ากับ 12 เมตร/วินาที ซึ่งปัจจัยที่เหมาะสมนั้นให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักเท่ากับ 11.843 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับการสีเท่ากับ 4.28 เปอร์เซ็นต์ แต่รำมีปริมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำหนักข้าวเปลือก ทำให้จำเป็นต้องขัดขาวเพิ่มอีกอย่างน้อย 2-3 ครั้ง เพื่อให้ปริมาณรำที่ถูกขัดออกได้ตามความต้องการ

2. ปัญหาและอุปสรรค

ในการทดสอบต้องอาศัยความสัมพันธ์ของหลายปัจจัยในการขัดสีทำให้ไม่สามารถทดสอบได้ตามต้องการ เช่น ไม่สามารถปรับระดับมุมองศาได้มากนักจึงทำให้ขัดสีได้ตามความต้องการ

3. ข้อเสนอแนะ

หลังจากทำการทดลอง พบว่านอกจากปัจจัยที่ทำการศึกษามีผลกับค่าชี้ผลแล้วควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆเพิ่มเติมอีก เช่น ระยะของยางเบรคที่เหมาะสม และควรมีการทดสอบปรับค่ามุมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ควรเพิ่มค่าดัชนีความขาวมาเป็นค่าชี้ผลอีกหนึ่งค่าเพื่อให้ผลการทดลองน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. มาตรฐานสินค้าข้าว.กองควบคุมข้าว กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์; 2540.

กรมวิชาการเกษตร. ความรู้เรื่องข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2539.

กรมส่งเสริมการเกษตร,เอกสารวิชาการ "ชุดพืชศาสตร์ที่ 4 เรื่องข้าว"

กรมส่งเสริมสหกรณ์,กองช่าง.2529 "คู่มือโรงสี เล่ม 1 "

งามชื่น คงศรี,เอกสารประกอบฝึกอบรมหลักสูตรการรักษาคุณภาพข้าวสารและข้าวสุก"ศูนย์วิจัยพืชไร่ข้าวปทุมธานี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง,"การจัดการโรงสีข้าว 2535", ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตบางพระ

ทวี คุปต์กาญจนากุล. ความรู้เรื่องข้าวและเทคโนโลยีการผลิตข้าว. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี. กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมสหกรณ์; 2541.

ประภาส วีระแพทย์. ความรู้เรื่องข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพาณิชย์; 2531.

สนั่น จอกลอย. สถิติเพื่อการวิจัยทางการเกษตร. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. เรื่องของข้าว. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 2527.

สมชาย ปกรโณดม. กระบวนการผลิตเกษตรทางวิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2520.

Araullo E.V., Padua D.B de, and Graham Michael. Rice Postharvest Technology. Ottawa: International Development Research Centre; 1976.

Rajinder. P. Kachru. Proceeding of Training Course on Farm Machinery and Processing Equipment March 31-May 31, Central Institute of Agricultural Engineering. India; 1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก. 1 การทดสอบที่มุมเอียง 0 องศา

ความเร็วรอบ	ซ้ำ	เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก	เปอร์เซ็นต์การขัดรำออก
12	1	9.985	4.796
	2	13.542	4.258
	3	12.004	3.820
13	1	21.533	4.931
	2	19.900	4.426
	3	21.093	4.763
14	1	21.551	4.830
	2	21.059	5.234
	3	21.938	4.830
15	1	25.702	6.278
	2	25.278	6.177
	3	26.335	5.268

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 2 การทดสอบที่มุมเอียง 5 องศา

ความเร็วรอบ	ซ้ำ	เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก	เปอร์เซ็นต์การขัดรำออก
12	1	16.026	4.796
	2	17.847	4.258
	3	19.610	3.820
13	1	20.219	4.931
	2	20.675	4.426
	3	20.018	4.763
14	1	18.551	4.830
	2	23.157	5.234
	3	28.910	4.830
15	1	28.841	6.278
	2	29.164	6.177
	3	32.415	5.26

ตารางที่ ก. 3 การทดสอบที่มุมเอียง 10 องศา

ความเร็วรอบ	ซ้ำ	เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก	เปอร์เซ็นต์การขัดรำออก
12	1	21.142	4.796
	2	24.618	4.258
	3	25.510	3.820
13	1	27.444	4.931
	2	26.519	4.426
	3	23.347	4.763
14	1	28.664	4.830
	2	29.523	5.234
	3	27.961	4.830
15	1	26.734	6.278
	2	31.114	6.177
	3	33.101	5.268

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 4 การทดสอบที่มุมเอียง 15 องศา

ความเร็วรอบ	ซ้ำ	เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก	เปอร์เซ็นต์การขัดรำออก
12	1	41.169	4.796
	2	43.313	4.258
	3	39.931	3.820
13	1	35.623	4.931
	2	42.058	4.426
	3	40.123	4.763
14	1	31.797	4.830
	2	33.216	5.234
	3	31.279	4.830
15	1	43.269	6.278
	2	43.928	6.177
	3	42.054	5.268

ตารางที่ ก. 5 การทดสอบที่มุมเอียง 20 องศา

ความเร็วรอบ	ซ้ำ	เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก	เปอร์เซ็นต์การขัดรำออก
12	1	49.848	4.796
	2	50.891	4.258
	3	49.934	3.820
13	1	45.542	4.931
	2	50.216	4.426
	3	46.598	4.7632
14	1	48.535	4.830
	2	48.527	5.234
	3	50.664	4.830
15	1	48.672	6.278
	2	47.025	6.177
	3	44.421	5.268

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 6 อัตราการป้อนที่ข้าว

ทดครั้งที่	ปริมาณข้าวใน 10 วินาที
1	278.203
2	297.333
3	301.132
ค่าเฉลี่ย	288.468
	293.569
ปริมาณข้าวใน 1 ชั่วโมง	0.29356
ความสามารถเท่ากับ	105.684 กิโลกรัม/ ชั่วโมง

ตารางที่ ก. 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ข้าวหักที่มุมต่างๆ แบบ Least Significant Difference Test

Original Order			Ranked Order		
Mean 1 =	19.96	E	Mean 5 =	48.36	A
Mean 2 =	22.92	D	Mean 4 =	38.93	B
Mean 3 =	27.11	C	Mean 3 =	27.11	C
Mean 4 =	38.93	B	Mean 2 =	22.92	D
Mean 5 =	48.36	A	Mean 1 =	19.96	E

Error Mean Square = 4.419

Error Degrees of Freedom = 40

No. of observations to calculate a mean = 12

LSD value = 1.734 at alpha = 0.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ข้าวหักที่ความเร็วเชิงเส้นต่างๆ แบบ Least Significant Difference Test

Original Order			Ranked Order		
Mean 1 =	28.99	C	Mean 4 =	35.17	A
Mean 2 =	30.69	B	Mean 3 =	30.97	B
Mean 3 =	30.97	B	Mean 2 =	30.69	B
Mean 4 =	35.17	A	Mean 1 =	28.99	C

Error Mean Square = 4.419

Error Degrees of Freedom = 40

No. of observations to calculate a mean = 15

LSD value = 1.551 at alpha = 0.050

ตารางที่ ก. 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์รำที่มุมต่างๆ แบบ Least Significant Difference Test

Original Order			Ranked Order		
Mean 1 =	4.963	B	Mean 5 =	7.058	A
Mean 2 =	4.674	B	Mean 4 =	6.245	A
Mean 3 =	4.635	B	Mean 1 =	4.963	B
Mean 4 =	6.245	A	Mean 2 =	4.674	B
Mean 5 =	7.058	A	Mean 3 =	4.635	B

Error Mean Square = 1.375

Error Degrees of Freedom = 40

No. of observations to calculate a mean = 12

LSD value = 0.9675 at alpha = 0.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์รำที่ความเร็วเชิงเส้นต่างๆ แบบ Least Significant Difference Test

Original Order				Ranked Order			
Mean	1 =	5.322	B	Mean	4 =	6.778	A
Mean	2 =	5.217	B	Mean	1 =	5.322	B
Mean	3 =	4.744	B	Mean	2 =	5.217	B
Mean	4 =	6.778	A	Mean	3 =	4.744	B

Error Mean Square = 1.375

Error Degrees of Freedom = 40

No. of observations to calculate a mean = 15

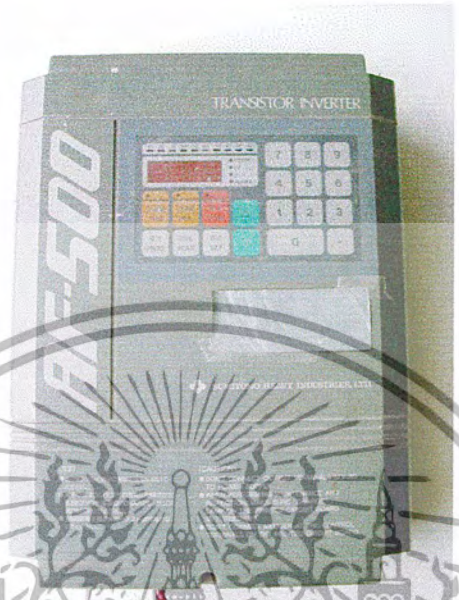
LSD value = 0.8654 at alpha = 0.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

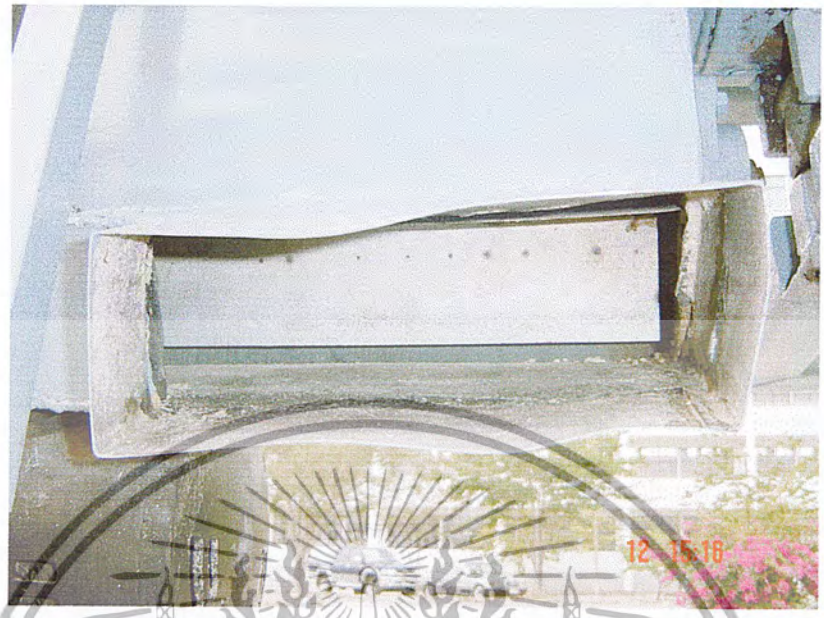
ภาคผนวก ข



ภาพที่ ข. 1 เครื่องปรับความเร็วรอบ (INVERTER)

ภาพที่ ข. 2 ช่องทางออกข้าว

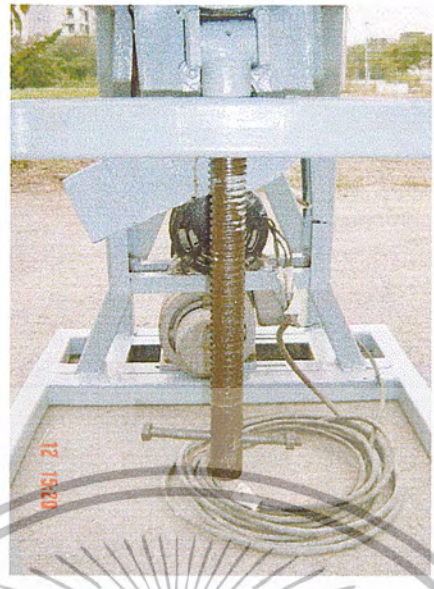
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข. 3 ช่องทางออกของรำ

ภาพที่ ข. 4 ภายในห้องเครื่องขัดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข. 5 เกลียวปรับมุมองศา

ภาพที่ ข.6 ชุดตะแกรงและเหล็กเบรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือ และได้รับคำปรึกษา คำแนะนำที่เป็นประโยชน์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบพระคุณอาจารย์พิชิต กิตตินนท์ อาจารย์สุดารัตน์ แคว้นเขาเม็ง อาจารย์ประสันต์ ชุ่มใจหาญ และอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ และเพื่อนทุกคนที่ช่วยสนับสนุนให้กำลังใจจนทำให้งานสำเร็จสมบูรณ์ นอกจากนี้ ยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

นายไพศาล เนินกลาง
นายภาณุวัฒน์ ชัยมงคล
นายเอกภัทร จินดาอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้