สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและสภาวะการกะเทาะเปลือกต่างกัน

A STUDY ON EFFECTS OF STORAGE DURATIONS AND HULLING CONDITIONS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BROWN RICE KERNEL

เรณู ชิงชัย
RENU CHINGCHAI

วพ.
ร7657
2554

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน....120110
วัน, เดือน, ปี....-3 ก.พ. 2555

ที่ en
b.19374313
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2554
KMITL-2011-EN-M-100-129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY ON EFFECTS OF STORAGE DURATIONS AND HULLING CONDITIONS ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BROWN RICE KERNEL

RENU CHINGCHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2011

KMITL-2011-EN-M-100-129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2011
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและสภาวะการกระเทาะเปลือกต่างกัน

Thesis Title A Study on Effects of Storage Durations and Hulling Conditions on Physical and Mechanical Properties of the Brown Rice Kernal

นักศึกษา นางสาวเรณู ชิงชัย

รหัสประจำตัว 52611512

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2011-EN-M-100-129

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ปานมนัส	ศิริสมบูรณ์	
รศ.ดร.วินัย	กล้าจริง	
รศ.ดร.อนุพันธ์	เทอดวงศ์วรกุล	
ผศ.ดร.ณัตวิภา	เจียระไนวชิระ	
ดร.ประสันต์	ชุ่มใจหาญ	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพุธที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2554 เวลา 13.00-15.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและสภาวะการกะเทาะเปลือกต่างกัน
นักศึกษา นางสาวเรณู ชิงชัย
รหัสประจำตัว 52611512
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ. 2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

บทคัดย่อ

การกะเทาะเปลือกข้าวเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการสีข้าวที่ออกแรงกระทำกับเมล็ดข้าวโดยตรง ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกอาจมีการเก็บรักษาในเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลถึงความแกร่งของเมล็ดข้าวทำให้ทนต่อการแตกหัก ดังนั้นระยะเวลาในการเก็บรักษาจึงมีผลต่อการกำหนดรูปแบบในการกะเทาะเปลือก จากเหตุผลดังกล่าวทำให้การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางกลของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ การทดลองครั้งนี้ทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นระยะเวลา 180 วัน แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างมากะเทาะเปลือกด้วยเครื่องทดสอบการกะเทาะเปลือกทุกๆ 30 วัน เพื่อทำการวัดค่าคุณภาพการสี คุณภาพการหุงต้ม และคุณภาพเชิงกลของเมล็ดข้าวกล้อง ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อขนาด และความขาวของข้าวกล้อง สำหรับในช่วงแรกของการเก็บรักษา ข้าวเปลือกสามารถถูกกะเทาะได้มากขึ้นและจะมีอัตราการกะเทาะคงที่เมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น (90 วันขึ้นไป) แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักสูงกว่าเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ เมื่อทดสอบคุณภาพการหุงต้มพบว่า ข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มเมล็ดข้าวกล้องมีการขยายตัวทางด้านกว้างมากกว่าทางด้านยาวที่ทุกระยะการเก็บรักษาและที่ทุกระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ และจากการพิจารณาถึงสัดส่วนของการกะเทาะเปลือกที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวกล้องลดลง และมีผลทำให้อัตราการขยายตัวโดยรวมของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มมีแนวโน้มลดลง พิจารณาที่การขยายตัวเชิงเมล็ดเดี่ยวตามความกว้างพบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวน้อยกว่า 110 วัน และเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวมากกว่า 110 วันการทดสอบสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างกว่ายังมีความสามารถในการรับแรงดัดได้สูงกว่าเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางที่แคบกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	A Study on Effects of Storage Durations and Hulling Conditions on Physical and Mechanical Properties of Brown Rice Kernel
Student	Miss Renu Chingchai
Student ID.	52611512
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2011
Thesis Advisor	Dr. Prasan Choomjaihan

ABSTRACT

Hulling is the first stage of the rice milling process that the rice kernel has been forced by the equipment. The paddy stored in different duration affects the hardness of the kernel which relevant to the breakage tolerance. Then the storage duration affects to the determination of the hulling formation. The objective of this study is; therefore, study on the both physical and mechanical property changing of the paddy under the storage duration. The Pathum Thani 1 used in this study was stored for 180 days and was randomly collected to be hulled for checking the milling quality, cooking quality and mechanical quality of hulled paddy every 30 days. The results showed that the storage duration did not affect with the size and the whitening index of the hulled paddy kernel. Under the first period of storage, hulling rate of the paddy was high and kept the constant hulling rate after 90^{th} days storage. However, keeping the longer storage obtained higher percentage of broken kernel than decreasing the gap between the rubber rolls. The cooking quality of brown rice was also examined and the results was shown that the brown rice kernel was more expanded in width than in length throughout storage duration and all roll gaps. The increasing of the hulling ratio decreased the percentage of broken kernel and the total cooked rice expansion. The expansion of the single cooked rice was decreased during the storage duration was before 110^{th} days and was increased during the storage duration longer than 110^{th} days. Furthermore, the paddy hulled under larger roll gap was more tolerance on receiving the bending load than smaller roll gap.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาและให้ประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการใช้เครื่อง Texture Analyzer และเอื้อเฟื้อสถานที่รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในการทดลองตลอดงานวิจัย

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนโครงการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้แก่ข้าพเจ้า

กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนตลอดจนกำลังใจด้วยดีเสมอมา และครูอาจารย์ ผู้ให้วิชาความรู้ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆนักศึกษาสาขาวิศวกรรมเกษตรที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เรณู ชิงชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ข้าว.....4

2.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว.....11

2.3 คุณภาพของเมล็ดข้าว.....13

2.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการสี.....16

2.5 คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว.....17

2.6 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมล็ดในระหว่างการเก็บ.....18

2.7 คุณภาพข้าวเปลือกกับการสีข้าว.....22

2.8 การสีข้าวและระบบโรงสี.....23

2.9 การกะเทาะข้าวเปลือก.....25

2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะข้าวเปลือก.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....35

3.1 ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง.....35

3.2 คุณภาพการกะเทาะ.....37

3.3 คุณภาพการหุงต้ม.....41

3.4 การศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว.....43

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปราย.....47

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนกาทดลอง.....47

4.2 ผลของคุณภาพการกะเทาะ.....48

4.3 ผลของคุณภาพการหุงต้ม.....51

4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว.....58

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....60

5.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง.....60

5.2 ผลของคุณภาพการกะเทาะ.....60

5.3 ผลของคุณภาพการหุงต้ม.....61

5.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว.....61

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง.....63

ภาคผนวก.....67

ภาคผนวก ก.....68

ภาคผนวก ข.....72

ภาคผนวก ค.....82

ภาคผนวก ง.....91

ภาคผนวก จ.....100

ภาคผนวก ฉ.....109

ภาคผนวก ช.....118

ประวัติผู้เขียน.....127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลสในข้าวขาว.....18

2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลูกยางสองลูกและความเร็วรอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือก.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว 11

2.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา 21

2.3 องค์ประกอบที่ได้จากการสีข้าว....24

2.4 ลักษณะโครงสร้างของเครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน 27

2.5 หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบลูกยางและสายพานยาว 28

2.6 หลักการกะเทาะของเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง 29

2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางลูกยางและความสามารถของเครื่องกะเทาะ 29

2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความคงทนของลูกยางและอายุการเก็บรักษาลูกยาง 30

3.1 เครื่อง Moisture Tester Model TA-5....36

3.2 แสดงวิธีการวัดขนาดของเมล็ดข้าว ด้านยาว กว้าง และหนา....36

3.3 เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง Ohaus Adventurer Balance AR2140....37

3.4 เครื่องกะเทาะ Satake Husk Tester รุ่น THU 38

3.5 เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ 600g X 0.01g NHB-600+Tscale 38

3.6. ตะแกรงกลมคัดเปอร์เซ็นต์ข้าวตัวยาว BBS-L100....39

3.7 เครื่องวัดความขาวข้าว Satake Rice milling Meter รุ่น MM1D 40

3.8 แสดงการวัดความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องหลังการหุงต้ม....42

3.9 แสดงการวัดด้านยาวของเมล็ดข้าวกล้องหลังการหุงต้ม....42

3.10 เครื่องทดสอบการรับแรงกดของเมล็ดข้าว (Texture Analyzerรุ่น TA.HDPlus)....44

3.11 แสดงการกดของเมล็ดข้าวในทิศทางแนวตั้งฉาก....44

3.12 แสดงการกดของเมล็ดข้าวในทิศทางแนวนอน....45

3.13 แสดงการกดแบบ Compression (Vertical)....45

3.14 แสดงการกดแบบ Bending (Horizontal)....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.1 ขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน.....47

4.2 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวต่อคุณภาพการสีข้าวที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร ก) เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก ข) เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง ค) เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และ ง) เปอร์เซ็นต์แกลบ.....48

4.3 ขนาดของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ก) ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 0.1 มิลลิเมตร ข) ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 0.5 มิลลิเมตร ค) ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 1 มิลลิเมตร.....50

4.4 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการขยายตัวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการหุงต้มในภาพรวมที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเปลือกแตกต่างกัน.....51

4.5 สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวและความกว้างที่เพิ่มขึ้นหลังการหุงต้มข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆและที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร ก) สัดส่วนการขยายตัวตามความยาว ข) สัดส่วนการขยายตัวตามความกว้าง.....53

4.6 ผลของสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ก) เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก ข) เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก.....54

4.7 ผลของสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ก) สัดส่วนการขยายตัวของข้าวกล้อง

ข) สัดส่วนการดูดซึมน้ำ.....56

4.8 ผลของสัดส่วนการกะเทาะต่ออัตราการขยายตัวของเมล็ดข้าวกล้อง ก) สัดส่วนการขยายตัวด้านยาวของข้าวกล้องจากการหุงต้ม ข) สัดส่วนการขยายตัวด้านกว้างของข้าวกล้องจากการหุงต้มภายใต้ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ.....57

4.9 แรงกด และแรงดัดสูงสุดที่เมล็ดข้าวกล้องสามารถรับได้ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆและที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ประเทศไทยถือว่าเป็นครัวของโลก ทั้งนี้เพราะว่าสินค้าที่ส่งออกส่วนใหญ่นั้นเป็นผลผลิตทางการเกษตร โดยมีการสร้างรายได้กับประเทศอย่างมหาศาล ผลผลิตทางการเกษตรนั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการเพื่อทำการเก็บรักษา แปรรูป หรือแปรสภาพ ก่อนการส่งออก ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เรียกว่า กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว แต่เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้ของประเทศไทยยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จึงมีผลทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพไม่สูงมากนัก ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับผลผลิตเป็นอย่างมาก ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการส่งออก ที่ซึ่งเป็นรายได้ของประเทศ

ข้าวถือได้ว่าเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของประเทศจากการสรุปสาระสำคัญการบรรยายเรื่อง “ตลาดส่งออกข้าว: โอกาสและอุปสรรคของไทย” โดยคุณกอบสุข เอียมสุรีย์ นายกสมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย ณ ห้องประชุมกรมเอเชียตะวันออก วันที่ 15 มิถุนายน 2553 ไทยถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตข้าวมากเป็นอันดับ 6 ของโลก (ประมาณ 19 ล้านตัน/ปี) และเป็นผู้ส่งออกข้าวอันดับ 1 ของโลก [1] เนื่องจากประเทศที่มีการปลูกข้าวมากเป็นลำดับต้นๆของโลกอย่างเช่นประเทศจีนถึงแม้การผลิตข้าวจะมากแต่ประชากรภายในประเทศมากจึงเก็บไว้สำหรับการบริโภคของประชากร อาจมีการส่งขายบ้างแต่เป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้นแต่สำหรับประเทศไทยถึงแม้จะเป็นประเทศที่ไม่ใหญ่มากนักผลผลิตข้าวที่ได้ในแต่ละปีมีปริมาณสูงเมื่อเก็บไว้สำหรับบริโภคภายในประเทศแล้วก็ยังเหลืออีกมากจึงส่งขายเป็นรายได้หลักให้แก่เกษตรกร ซึ่งข้าวที่ส่งออกจะอยู่ในรูปของข้าวสาร ที่ต้องผ่านกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวโดยประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ กระบวนการเก็บรักษาและกระบวนการสีข้าว

เมื่อข้าวผ่านกระบวนการเก็บเกี่ยวแล้ว ข้าวเปลือกต้องมีการเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลาหนึ่งเสียก่อนที่จะนำมาสี โดยการเก็บรักษาข้าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงข้าวใหม่ และช่วงข้าวเก่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บรักษากล่าวคือ ข้าวเก่าจะมีเวลาในการเก็บรักษาประมาณ 4-6 เดือนขึ้นไป [2] ซึ่งความแตกต่างของข้าวเก่าและใหม่นั้นจะเห็นได้ชัดเมื่อข้าวได้ผ่านกระบวนการสีและการหุงต้มเพราะเมื่อมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่นานขึ้นเมล็ดข้าวจะค่อยๆ แข็งขึ้น [3] [4] [5] และเมื่อผ่านการกะเทาะข้าวใหม่จะมีมีสีขาวและใสกว่าข้าวเก่า [6] การดูดซึมน้ำและการขยายตัวเนื่องจากการหุงต้มจะมีค่าสูงขึ้น [5] [7] จากที่กล่าวข้างต้นทำให้ทั้งสองส่วน (กระบวนการเก็บรักษาและกระบวนการสีข้าว) มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เมื่อข้าวเก็บรักษามาได้ระยะหนึ่ง ข้าวจะผ่านกระบวนการที่แปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสารที่เรียกว่ากระบวนการสีข้าว โดยที่กระบวนการนี้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการทำความสะอาด 2) ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก 3) แยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง 4) ขั้นตอนการขัดขาว และ 5) ขั้นตอนการคัดขนาดเมล็ดข้าว [8] ขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ ของกระบวนการสีข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก เพราะขั้นตอนการกะเทาะเปลือกเป็นขั้นตอนแรกที่เมล็ดข้าวได้รับแรงเฉือนจากเครื่องมือเพื่อให้เปลือกที่ติดอยู่กับเมล็ดฉีกขาดออกกัน [9] โดยผลที่ได้รับจากการกะเทาะเปลือกประกอบไปด้วย ข้าวกล้อง ข้าวเปลือก ข้าวหัก และแกลบ ระบบการกะเทาะเปลือกข้าวที่ดีจะให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสูงและให้ปริมาณข้าวหักต่ำ ในทางตรงกันข้าม ถ้าข้าวถูกกะเทาะเปลือกด้วยระบบที่ไม่มีคุณภาพก็ย่อมส่งผลให้ได้รับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกต่ำ และปริมาณข้าวหักสูง ซึ่งจะส่งผลต่อระบบการสีข้าวที่เหลือโดยมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดเปอร์เซ็นต์การแตกหักเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ

ข้าวเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้เมล็ดข้าวมีความแกร่งขึ้นมีความสามารถในการทนการแตกหักระหว่างกระบวนการสีข้าวได้มากซึ่งการกะเทาะเปลือกนับว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญลำดับแรกที่จะทำให้เมล็ดข้าวเกิดการเสียหายได้หากว่าใช้ระยะห่างของลูกยางกะเทาะไม่เหมาะสมเพื่อหวังเพียงให้ได้ข้าวกล้องที่มาก ซึ่งในความเป็นจริงนั้นทราบหรือไม่ว่าในแต่ละกระบวนการนั้นมีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้องที่แสดงออกทางกายภาพ คือที่สามารถมองเห็นได้ และที่ต้องตรวจสอบจากภายในด้วยเครื่องมือ ดังนั้นในงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเมล็ด ข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60, 90, 110, 130, 150 และ 180 วัน

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณภาพการหุงต้มของข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและที่รูปแบบการกะเทาะที่แตกต่างกัน

1.2.4 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและที่รูปแบบการกะเทาะที่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องกะเทาะเปลือก Satake Husk Tester รุ่น THU โดยใช้พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 จากศูนย์วิจัยข้าวชลบุรี เก็บเกี่ยวของปีการเพราะปลูก 2552-2553 ซึ่งการดำเนินการวิจัยนี้อยู่ในระดับห้องปฏิบัติการเท่านั้น และไม่ครอบคลุมถึงการศึกษาในสถานประกอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ภายหลังเสร็จสิ้นการศึกษาคาดว่าข้อมูลที่ได้นี้ จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการโรงสีข้าวหรือผู้ส่งออกข้าว เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการสีข้าวต่อไป เพื่อเพิ่มคุณภาพข้าวและลดเปอร์เซ็นต์การแตกหักให้น้อยที่สุด อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังสามารถเป็นแนวทางกับผู้ที่สนใจศึกษาเรื่องข้าวสามารถทำการศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อทำให้เกิดความรู้ใหม่ๆในกระบวนการสีข้าวเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว (Rice)

ข้าวที่เรารับประทานถือเป็นเมล็ดพืชชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในตระกูลหญ้า เนื่องจากต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่างคล้ายต้นหญ้า เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และราก [10] ข้าวที่เกิดขึ้นในท้องที่ต่างๆของโลกแบ่งออกได้เป็น 3 พวก คือ Oryza Sativa มีปลูกกันทั่วไป Oryza Glaberrima มีการปลูกเฉพาะในแอฟริกาเท่านั้น และข้าวป่าซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ข้าวพวก Oryza Sativa มีการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศที่ปลูกข้าว แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด [11] นอกจากนี้ข้าวยังสามารถแบ่งตามคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ดเพื่อจำแนกออกเป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว สำหรับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 นั้นนับว่าเป็นข้าวพันธุ์ใหม่ที่กรมวิชาการเกษตรกำลังแนะนำให้เกษตรกรปลูกเนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ที่ปลูกได้ดีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ แต่ในการที่จะได้เป็นเมล็ดข้าวเปลือกนำมาแปรสภาพเป็นข้าวสารนั้นหากจะให้ได้ข้าวที่คุณภาพดีแล้วต้องคำนึงถึงขบวนการตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งถึงการเก็บเกี่ยวเพราะทุกขั้นตอนถือได้ว่ามีความสำคัญยิ่งกับการที่จะได้ข้าวเปลือกที่มีคุณภาพดีก่อนที่จะนำไปแปรสภาพในกระบวนการต่อๆไป ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ตั้งแต่ความเป็นมาของข้าวที่ใช้ปลูกจนกระทั่งเป็นเมล็ดข้าวเปลือกพร้อมที่จะนำไปแปรสภาพมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1.1 ข้าวชนิด Sativa แบ่งย่อยออกเป็น 3 พวก ดังนี้

1) อินดิคา (indica type) เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดเรียวยาว ให้ผลผลิตที่ค่อนข้างต่ำ แต่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ง่ายปลูกมากในประเทศเขตร้อน เช่น ประเทศไทย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย อินเดีย และจีน

2) จาปอนิกา (japonica type) เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดป้อมสั้น ปลูกมากในประเทศเขตอบอุ่น เช่น ประเทศจีน เกาหลี ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา

3) จาวานิกา (javanica type) เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ด ระหว่างเมล็ดอินดิคาและจาปอนิกา มีปลูกในประเทศอินโดนีเซีย [11]

2.1.1.1 การจำแนกคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ดข้าว

1) ข้าวเหนียว (glutinous rice) ประกอบด้วย ประกอบด้วยอมิโลแพกทิน ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ มีอมิโลสน้อยมากบางครั้งพบว่าไม่มีเลย [11] ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวเมื่อหุงสุก ข้าวเหนียวมีลักษณะเนื้อของเมล็ดข้าวสารสีขุ่น เมื่อนำมานึ่งให้สุก ข้าวสุกจะจับตัวติดกันแน่น เหนียวติดมือ จึงเรียกว่า ข้าวเหนียว เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทสตาร์ช จะประกอบด้วย อมิโลแพกทินเกือบทั้งหมดที่ให้ลักษณะเหนียวแก่ข้าวเหนียว [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) ประกอบด้วย (starch) ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแป้งนี้มีส่วนประกอบใหญ่ๆ 2 ส่วนด้วยกันคือ ประกอบด้วยอมิโลแพกทิน (polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็น branch chain)ประมาณ 60-90 เปอร์เซ็นต์ และอมิโลส (polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันแบบ linear chain) ประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ [11] ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว เมื่อหุงสุก ข้าวเจ้ามีลักษณะเนื้อของเมล็ดข้าวสารใส เมื่อหุงหรือนึ่งจนสุก ข้าวสุกจะไม่เกาะติดกันจะร่วน สีขาวขุ่น เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ดข้าวที่เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภท สตาร์ชซึ่งประกอบด้วยอมิโลแพกทิน และอมิโลส เมื่อรวมกันแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน จะให้ลักษณะเนื้อข้าวสุก มีความร่วน แข็ง หรือนุ่มต่างกันโดยถ้ามีปริมาณอมิโลสต่ำข้าวสุกจะนุ่ม มีความเหนียว แต่ถ้ามีปริมาณอมิโลสสูงขึ้น ก็จะมีความร่วนและแข็งเพิ่มขึ้น [12]

2.1.2 ข้าวปทุมธานี 1

ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1) ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ BKNA6-18-3-2 กับสายพันธุ์ PTT85061-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ในปี พ.ศ. 2533 ปลูกคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ PTT90071-93-8-1-1 คณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2543 [13]

ข้าวปทุมธานี 1 เป็นข้าวพันธุ์ใหม่ที่ได้รับการรับรองจากสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ลักษณะของข้าวปทุมธานี 1 เป็นพันธุ์ข้าวต้นค่อนข้างเตี้ย ความสูงประมาณ 104-133 เซนติเมตร ลำต้นแข็งแรง กอตั้ง ปล้อง กาบใบ และใบมีสีเขียว ใบธงยาว ตั้งตรง ใบแก่ช้า คอรวงสั้น รวงแน่นปานกลาง มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 112-125 วัน ให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 609 กิโลกรัม/ไร่ ใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 90 แต่สูงกว่าพันธุ์ข้าวคลองหลวง 1 ประมาณ ร้อยละ 7 คุณสมบัติเด่นของข้าวปทุมธานี 1 คือ เมื่อสีแล้วได้ข้าวสารเมล็ดเรียวยาว หุงสุกแล้วนุ่มเหนียวเหมือนข้าวหอมมะลิ 105 แต่กลิ่นหอมจะน้อยกว่า จากลักษณะเด่นข้างต้น ข้าวปทุมธานี 1 จึงเป็นข้าวพันธุ์ใหม่ที่เหมาะสำหรับปลูกในเขตพื้นที่ชลประทาน ลุ่มน้ำเจ้าพระยา แทนข้าวชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 90 ซึ่งแม้ว่าพันธุ์ข้าวเหล่านี้จะให้ผลผลิตต่อไร่ค่อนข้างสูง แต่ก็ประสบปัญหาการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและผลผลิตที่ได้เป็นข้าวคุณภาพต่ำ ส่งผลให้ราคาตกต่ำในช่วงต้นฤดูการผลิต [14]

ด้วยความสำคัญข้างต้น สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ตระหนักและเล็งเห็นความสำคัญของ“การผลิตข้าว” ที่เป็นหัวใจสำคัญของภาคเกษตรไทย ซึ่งมีผลกระทบในเชิงเศรษฐกิจและเชื่อมโยงกับสังคม วิถีชีวิต และวัฒนธรรมของคนไทย จึงได้ร่วมสนับสนุนชุดโครงการ “การผลิตข้าวคุณภาพปทุมธานี 1 แบบครบวงจรในพื้นที่ จ.ชัยนาท” เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และเครือข่ายในการพัฒนาระบบผลิตข้าวอย่าง ครบวงจรและยั่งยืน เนื่องจากข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวคุณภาพดีใกล้เคียงกับข้าวหอมมะลิ 105 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแต่เนื่องด้วยกระบวนการผลิตที่ขาดประสิทธิภาพมีการปลอมปนของข้าวสูง ทำให้ขาดการยอมรับจากตลาดผู้บริโภค ดังนั้นหากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูง ก็จะช่วยให้ข้าวปทุมธานี 1 เป็นที่ยอมรับของตลาดผู้บริโภคมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กระบวนการผลิตข้าว

2.1.3.1 การเจริญเติบโตของต้นข้าว

ข้าวจะเจริญเติบโตดีในดินที่มีสภาพอุ้มน้ำได้ดี มีส่วนของดินเหนียวปน ข้าวชอบสภาพความเป็นกรดด่างของดินประมาณ 4.5-7.5 ภาคกลางนับว่าเป็นภาคที่มีพื้นที่อุดมสมบูรณ์ที่สุด เนื่องจากหน้าดินได้รับการทับถมโดยปุ๋ยจากธรรมชาติจากน้ำที่พัดพามา [15] การเจริญเติบโตของต้นข้าวตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ดจนถึงขั้นที่แก่เก็บเกี่ยวแบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ ระยะการเจริญทางลำต้นและใบ ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ และระยะการเจริญเติบโตทางด้านเมล็ด วงจรชีวิต (Life cycle) ของข้าวจะมีขบวนการและลำดับขั้นตอนในการเจริญเติบโตที่แน่นอน คือ เริ่มงอกจากเมล็ดเจริญเป็นต้นอ่อน หลังจากนั้นจะแตกกอออกรวง มีการผสมเกสรเจริญเติบโตเป็นเมล็ด และเมล็ดแก่พร้อมที่จะขยายพันธุ์ต่อไป [16]

2.1.3.2 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ [16]

การเจริญเติบโตในช่วงนี้เริ่มตั้งแต่การงอกของเมล็ดจนถึงระยะก่อนกำเนิดช่อดอก โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

1) ระยะกล้า ระยะนี้จะเริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มงอกจากเมล็ดจนกระทั่งต้นข้าวเริ่มแตกกอ รากรุ่นแรกจะงอกออกมาจากเมล็ดทางจมูกข้าว (Embryo) หลังจากนั้นประมาณ 12-14 ชั่วโมง ยอดอ่อนจะงอกออกมา ทางด้านตรงข้าม ซึ่งเป็นช่วงที่ยอดอ่อนกำลังเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นใบอ่อนนั้น รากชุดใหม่ซึ่งเป็นรากรุ่นที่สองจะงอกออกจากโคนต้นเมื่อต้นอ่อนอายุได้ประมาณ 25-30 วัน รากชุดแรกที่งอกออกมาจากเมล็ดก็จะหมดประสิทธิภาพในการหาอาหาร และจะหลุดไปในที่สุด

รากของข้าวจัดอยู่ในระบบรากฝอย (Fibrous root system) การเจริญเติบโตและการกระจายของรากข้าวจะแตกต่างกันตามลักษณะของวิธีปลูก ถ้าปลูกข้าวโดยวิธีหว่านรากจะหยั่งลงลึก แต่การแพร่กระจายและจำนวนของรากมีน้อย ถ้าปลูกแบบปักดำ รากจะอยู่ในระดับตื้นมีจำนวนรากมากและแผ่กระจายดี

2) ระยะแตกกอ การเจริญเติบโตในระยะนี้เริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มแตกกอจนกระทั่งต้นข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อน โดยทั่วไปแล้วหลังจากปักดำได้ 7-10 วัน ต้นกล้าจะเริ่มแตกกอ ความสามารถในการแตกกอวัดได้จากปริมาณของแขนงที่แตกออกมาในแต่ละต้นและช่วงเวลาของการแตกกอ (ซึ่งหมายถึงช่วงระยะเวลาที่ข้าวเริ่มแตกแขนงชุดแรกจนถึงชุดสุดท้าย) และจะแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อม โดยปกติข้าวที่ให้ผลผลิตสูงจะต้องเป็นข้าวที่แตกกอได้มากและแตกกอได้เร็ว ต้นข้าวจะใช้เวลาในการแตกกอเต็มที่ประมาณ 30-50 วันหลังจากระยะกล้า ต่อจากนั้นถ้าเป็นข้าวพันธุ์ที่ไวแสงต้นข้าวก็จะรอช่วงแสงพอเหมาะที่จะทำให้มันออกดอก

2.1.3.3 ระยะการเจริญทางสืบพันธุ์ [16]

ระยะนี้เริ่มจากต้นข้าวที่เริ่มสร้างช่อดอกอ่อน (รวงข้าว) ตั้งท้อง ออกดอกและผสมพันธุ์ ซึ่งใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 30-35 วัน โดยมีขั้นตอนการพัฒนาการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ระยะเริ่มสร้างช่อดอกอ่อนหรือรวงข้าว เมื่อต้นข้าวเจริญเติบโตจนมาถึงช่วงสุดท้ายของการแตกกอ ต้นข้าวอยู่ในสภาพที่พร้อมจะสร้างรวงอ่อน หากได้รับปัจจัยที่เหมาะสมมากระตุ้นหรือมาประกอบในระยะนี้ ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ ช่วงแสง (ระยะเวลาที่ต้นข้าวได้รับแสงในแต่ละวันหรือ “ความยาว” ของเวลากลางวัน) อุณหภูมิ ความชื้น และธาตุอาหาร เป็นต้น ระยะเวลาที่ข้าวได้รับแสงในแต่ละวันจะมีอิทธิพลต่อการสร้างรวงของข้าวเฉพาะในพันธุ์ข้าวที่ไวต่อแสงเท่านั้น โดยทั่วไปแล้ว พันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงจะออกรวงเมื่ออยู่ในช่วงที่ระยะเวลากลางวันสั้น ระยะเวลาที่ต้องการช่วงแสงจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว กล่าวคือ ข้าวหนักจะต้องการช่วงแสงสั้นกว่าข้าวเบา อย่างไรก็ตาม ถ้าข้าวพันธุ์ที่ไวแสงไม่ได้อยู่ในช่วงแสงสั้นครบถึงวันที่ต้องการการเจริญเติบโตของข้าว ก็จะยังคงอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ซึ่งเป็นระยะแรกต่อไป

2) ระยะตั้งท้อง ระยะนี้ดอกอ่อนของข้าวจะขยายตัวใหญ่ขึ้นจนในที่สุดเป็นช่อดอกที่สมบูรณ์ ถ้าดูจากภายนอกเราจะเห็นข้าวตั้งท้องได้อย่างชัดเจน เพราะกาบใบของใบสุดท้ายที่เรียกว่ากาบใบธงจะพองกลมใหญ่กว่าส่วนกลางของลำต้น ในระยะที่ข้าวตั้งท้องนี้เป็นระยะที่ข้าวต้องการสารอาหารมากเป็นพิเศษ ดังนั้นถ้ามีการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรียเป็นปุ๋ยแต่งหน้าก็จะใส่ในระยะที่ต้นข้าวเริ่มออกช่อดอก หรือภายหลังที่ข้าวกำเนิดช่อดอกแล้วไม่เกิน 7 วัน การใส่ปุ๋ยในระยะนี้จะทำให้รวงยาวมีเมล็ดมาก น้ำหนักของเมล็ดข้าวดี ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตโดยตรง

3) ระยะออกดอกและการผสมพันธุ์ เมื่อข้าวตั้งท้องเต็มที่แล้ว ช่อดอกก็จะค่อยๆโผล่พ้นกาบใบธง ต่อจากนั้นดอกข้าวก็จะบานโดยเริ่มบานจากปลายช่อลงมาจนถึงโคนรวง ซึ่งจะใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 6-7 วัน การบานของดอกข้าวจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น และคุณสมบัติประจำพันธุ์ ดอกข้าวเป็นดอกสมบูรณ์เพศ คือ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน การผสมเกสรจึงมักเป็นแบบการผสมในต้นเดียวกัน (Self-pollination) การผสมแบบข้ามต้น (Cross-pollination) มีเป็นจำนวนน้อยมาก คือประมาณร้อยละ 0.5-5 เท่านั้น

2.1.3.4 ระยะการเจริญทางเมล็ด [16]

หลังจากปฏิสนธิในรังไข่ได้ประมาณ 7-10 วัน จะเป็นระยะที่เรียกว่าระยะน้ำนม ในระยะนี้ถ้าบีบเมล็ดข้าวดู จะพบว่ามีน้ำแป้งสีขาวไหลออกมาจากเมล็ด ถ้าปล่อยไว้อีก 7-10 วัน จะพบว่าส่วนที่บีบเป็นน้ำนั้นจะเกาะตัวเป็นก้อนนิ่มๆ และอีก 10-15 วัน ต่อมาจะพบว่าส่วนนิ่มๆนี้จะแข็งตัว รวมระยะเวลาทั้งหมดหลังจากปฏิสนธิประมาณ 30-35 วัน ข้าวก็จะสุกแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้

2.1.3.5 ปัจจัยทางด้านดิน [16]

ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวควรมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี (เมื่อได้รับน้ำจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้เป็นเวลานาน) มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่ข้าว มีความเป็นกรดด่าง (pH) ที่ 5.0-6.5 และมีอินทรีย์วัตถุเป็นองค์ประกอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 5

ในกรณีที่ดินมีธาตุอาหารไม่เพียงพอหรือใช้ปลูกข้าวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าวบางชนิดถูกใช้ไปจำนวนมาก จึงต้องให้ธาตุอาหารทดแทนในรูปปุ๋ย โดยทั่วไปต้นข้าวต้องการธาตุอาหาร 16 ธาตุ ในจำนวนนี้มีอยู่ 3 ธาตุ ที่ต้นข้าวได้รับโดยตรงจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศและน้ำ คือ ออกซิเจน ไฮโดรเจนและคาร์บอน ส่วนอีก 13 ธาตุนั้นได้รับจากดิน ธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากกว่าธาตุอื่น ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ปุ๋ยจะช่วยเร่งให้ต้นข้าวแตกกอมากขึ้น เจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ มีรวงที่สมบูรณ์มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมาก และน้ำหนักเมล็ดดี

2.1.3.6 ปัจจัยทางด้านพันธุ์ข้าว [16]

เมล็ดพันธุ์ที่จะนำมาเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวต้องมีน้ำหนักเมล็ดดี ขนาดใหญ่ และตรงตามพันธุ์ น้ำหนักของเมล็ดและขนาดของเมล็ดที่ดีแสดงถึงความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเมื่อนำไปเพาะปลูกจะมีอัตราการงอกสูง การเจริญเติบโตและพัฒนาการจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดข้าวที่มีขนาดใหญ่จะมีอาหารสะสมอยู่มากกว่าเมล็ดขนาดเล็ก ทำให้ต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดข้าวขนาดใหญ่เจริญเติบโตได้เร็วกว่าต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดขนาดเล็ก

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติอื่นๆอีก เช่น ไม่มีสิ่งเจือปน มีความงอกดี เมล็ดควรมีความชื้นที่พอเหมาะและเมล็ดพันธุ์ที่ดียังจะต้องมีระยะพักตัวที่ไม่นานจนเกินไป แต่ก็ควรมีระยะพักตัวอยู่บ้าง เช่น 15-30 วัน ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเก็บเกี่ยวอาจมีฝนตก ทำให้การเก็บเกี่ยวต้องล่าช้าไป ถ้าเมล็ดข้าวไม่มีระยะพักตัวเมื่อถูกความชื้นก็อาจจะงอกคารวงข้าวทำให้ผลผลิตเสียหายได้

2.1.3.7 ปัจจัยทางด้านน้ำ [16]

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของต้นข้าว ต้นข้าวจะมีส่วนที่เป็นน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 80 ในการปลูกน้ำมีความสำคัญตั้งแต่ระยะการงอกของเมล็ดไปจนถึงประมาณก่อนเก็บเกี่ยว 10 วัน น้ำในดินจะเป็นตัวละลายธาตุอาหารเข้าสู่รากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนั้น น้ำในนาข้าวยังช่วยป้องกันและป้องกันวัชพืชบางชนิดได้ด้วย เช่น วัชพืชพวกตระกูลหญ้า เมื่อต้นข้าวขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะตั้งแต่ข้าวเริ่มตั้งท้องจนถึงก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 10 วัน เมล็ดข้าวจะลีบและเปราะ และข้าวจะเป็นท้องไข่ อย่างไรก็ตาม ถ้าน้ำมีมากเกินไป หรือน้ำท่วมคันนาก็จะทำให้ข้าวเสียหายได้เช่นกัน ความต้องการน้ำของข้าวในแต่ละระยะของการปลูกก็จะแตกต่างกันออกไป แต่โดยทั่วไปแล้ว ต้นข้าวจะใช้น้ำตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 1,300 ลูกบาศก์เมตรต่อเนื้อที่เพาะปลูก 1 ไร่

2.1.3.8 การปลูกข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ [16]

1) การทำนาหยอด มักทำในการปลูกข้าวไร่ตามเชิงเขาหรือในที่สูงโดยอาจปลูกเดี่ยวๆหรือปลูกสลับกับพืชไร่ชนิดอื่นๆมีวิธีการคล้ายกับการปลูกพืชทั่วๆไป กล่าวคือ หลังจากเตรียมดินแล้วก็จะขุดหลุมลึก 1-2 นิ้วหรือทำร่องซึ่งมีความลึก 1-2 นิ้ว และจึงหยอดเมล็ดในหลุมหรือร่อง เมื่อต้นข้าวงอกแล้วก็ต้องมีการดูแลและกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชเช่นเดียวกับการปลูกข้าวแบบวิธีอื่นๆ

2) การทำนาหว่าน มักทำในพื้นที่ซึ่งควบคุมระดับน้ำได้ยากลำบาก เช่น มีน้ำหลากมาท่วมในฤดูฝน หรือในพื้นที่ซึ่งปริมาณฝนไม่แน่นอนหรือสม่ำเสมอ หรือฝนล่าช้ากว่าปกติ ตลอดจนกรณีที่ขาดแคลนแรงงานในช่วงต้นฤดูทำนา พันธุ์ข้าวที่ใช้อาจเป็นข้าวขึ้นน้ำ สำหรับพื้นที่ซึ่งมักมีน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลากอย่างรวดเร็วหรือพันธุ์ข้าวนาธรรมดาสำหรับที่นาทั่วๆไป วิธีการหว่านอาจแบ่งออกได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆคือ การหว่านข้าวแห้งและการหว่านข้าวงอก

2.1.3.9 การดูแลรักษา [16]

การดูแลรักษาแปลงข้าวหลังจากปลูกข้าวประกอบด้วยงานหลัก 3 ประการคือ การควบคุมระดับน้ำ การใส่ปุ๋ย และการกำจัดวัชพืช

การควบคุมระดับน้ำ สำหรับนาหว่านในช่วงเดือนแรก ถ้าเป็นไปได้ชาวนามักจะพยายามรักษาระดับน้ำให้อยู่ในระดับเดียวกับแปลงนา

การใส่ปุ๋ย ในนาหว่านอาจมีการใส่ปุ๋ย 1-2 ครั้ง ครั้งแรกจะใส่ในช่วง 15-30 วันหลังจากข้าวงอกโดยใช้ที่มีทั้งไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) และอาจมีการใส่อีกครั้งเมื่อข้าวตั้งท้องเป็นปุ๋ยแต่งหน้า

การกำจัดวัชพืช การใช้ยากำจัดวัชพืชในนาหว่านมักทำหนึ่งหรือสองครั้งเมื่อน้ำยังไม่ท่วม

การเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวจะสามารถทำได้หลังจากระบายน้ำออกแล้วประมาณ 10 วัน ระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเรียกว่า ระยะพลับพลึง ข้อดีสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวในระยะพลับพลึงคือ เมล็ดข้าวจะแข็งแกร่งดี มีคุณภาพในการสีดีและน้ำหนักดี

การนวดข้าว ข้าวที่เก็บเกี่ยวแล้วจะมีความชื้นประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาตากตามปกติถ้าไม่มีฝนข้าวจะแห้งสนิทดีในระยะเวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์ เมื่อได้ข้าวที่ผ่านการนวดเสร็จแล้วหลังจากนั้นก็เป็นขั้นตอนของโรงสีซึ่งได้แก่ ขั้นตอนการทำความสะอาด การกะเทาะเปลือก การแยกแกลบ การแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง การขัดขาวและขัดเงา และการคัดขนาดเมล็ดข้าว ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.8

2.1.3.10 การลดความชื้นเมล็ด

หลังจากเก็บเกี่ยวและนวดข้าวจะได้ข้าวเปลือกซึ่งยังคงมีความชื้นในเมล็ดสูง เมล็ดเป็นสิ่งที่มีชีวิตมีการหายใจ การลดความชื้นเมล็ดจึงมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา อัตราการเสื่อมคุณภาพดังนั้นหลังจากการเก็บเกี่ยวและนวดจะต้องรีบตากหรือลดความชื้นเมล็ดให้แห้งโดยเร็วที่สุด เพื่อลดอัตราการหายใจของเมล็ด ลดการเกิดเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเร็วยิ่งขึ้นโดยลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือ 12-14 เปอร์เซ็นต์ [17]

Jame [18] รายงานว่าความชื้นที่เหมาะสมของเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บรักษาไว้ในสภาพไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมหรืออุณหภูมินั้น ถ้าเก็บข้าวเปลือกไว้นาน 2-3 เดือนเมล็ดควรมีความชื้น 13-14 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเก็บรักษาไว้นานกว่า 3 เดือน จะต้องลดความชื้นของเมล็ดให้ต่ำลงเหลือ 12-12.5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าการลดความชื้นเมล็ดมีความสำคัญมากในการเก็บรักษาทั้งระยะสั้นและระยะยาวนอกจากนี้วิธีการลดความชื้นเมล็ดก็เป็นขั้นตอนที่สำคัญ หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวในระยะที่เหมาะสมถ้าตากข้าวหรือลดความชื้นไม่ถูกวิธีก็จะทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพมากขึ้น

การลดความชื้นข้าวมี 2 วิธี [17]

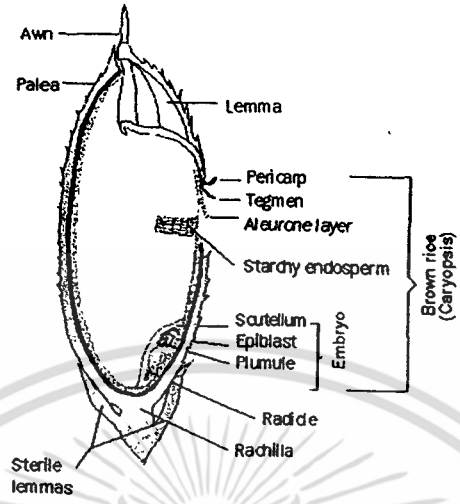
1) วิธีตามธรรมชาติ (Natural drying or sun drying) การใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งให้ความร้อน ทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลง แต่มีข้อเสียคือ บางสถานการณ์ เช่น ฤดูฝนไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้ ต้องใช้แรงงานและพื้นที่ตากมาก รวมทั้งไม่สามารถควบคุมคุณภาพของข้าวที่ต้องการลดความชื้นได้

2) การใช้เครื่องอบ (Artificial drying) วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถปฏิบัติได้ทุกสภาวะอากาศไม่ว่าฝนจะตกหรือมีแสงแดดน้อย ไม่ต้องเปลืองลานตาก สามารถควบคุมการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง แต่มีข้อเสีย คือเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงหรือสูง และมีข้อปฏิบัติยุ่งยากกว่าวิธีธรรมชาติ

จากรายละเอียดที่กล่าวมาดังข้างต้นจะเห็นได้ว่าการที่จะได้ข้าวคุณภาพดีนั้นจะต้องคำนึงตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นคือ การปลูกตลอดไปจนถึงการเก็บเกี่ยวเพราะทุกขั้นตอนมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันทั้งสิ้น ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญกับทุกขั้นตอนมิใช่ว่าคำนึงถึงแต่กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวเพียงอย่างเดียว หลังจากทำการเก็บเกี่ยวข้าวแล้วก่อนที่จะนำข้าวเปลือกมาแปรสภาพทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆต่อไป สิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบคือองค์ประกอบของเมล็ดข้าวก่อนเพื่อที่จะได้นำข้าวไปทำการแปรสภาพแล้วได้คุณภาพสูงสุด องค์ประกอบของเมล็ดข้าวนอกจากประกอบด้วยแกลบ เยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเซลลัส คัพภะ เยื่ออลูโรน เอนโดสเปิร์ม แล้วยังประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีนไขมัน แร่ธาตุ และไวตามิน ซึ่งรายละเอียดขององค์ประกอบของเมล็ดข้าวจะกล่าวในหัวข้อองค์ประกอบของเมล็ดข้าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว [20]



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว [19]

1) แกลบ (hull หรือ husk) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มผลทั้งหมด มีลักษณะเปลือกไม้แข็งเป็นผิวหยาบแยก เป็นสองฝาประกบกันห่อหุ้มข้าวกล้องตามแนวยาว เรียกว่า ฝาใหญ่ (lemma) และเปลือกฝาเล็ก (palea) ตะขอเกี่ยวกัน ทำให้สามารถควบคุมรูปร่างและขนาดของเมล็ดข้าว ขอบเปลือกทั้ง 2 ฝา มีลักษณะเป็นส่วนประกอบของแกลบมีประมาณ 17 - 24 %

2) เยื่อหุ้มผล (pericarp) เยื่อหุ้มผลมีปริมาณ 1-2% ของข้าวกล้อง (caryopsis) เป็นส่วนที่พัฒนามาจากรังไข่ ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังเป็นเส้นใย 6 ชั้น ประกอบด้วยสารโปรตีน (Protein) เฮมิเซลลูโลส (Hamicellulose) และเซลลูโลส (Cellulose) เยื่อหุ้มผลนี้มีสารสีอยู่ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ

3) เยื่อหุ้มเมล็ด (Tegmen หรือ seedcoat)

4) นิวเซลลัส (Nucellus)

5) คัพภะหรือเชื้อพันธุ์ (Embryo or germ) คัพภะหรือเชื้อพันธุ์อยู่ทางด้านท้องที่อยู่ใกล้ก้านผล มีขนาดเล็กมาก คิดเป็นน้ำหนัก 2-3 % ของข้าวกล้องหรือผลข้าว ภายในประกอบด้วยต้นอ่อนที่จะเจริญเติบโตต่อไปเป็นต้นข้าว

6) เยื่ออลูโรน (Aleurone layers) เยื่ออลูโรน ประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น เซลล์ของเยื่ออลูโรนนี้มีเม็ดโปรตีน(Protein rich aleurone grain) ที่ถูกหุ้มด้วยชั้นไขมัน ผนังเซลล์ประกอบด้วยโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ส่วนใหญ่เซลล์ของอลูโรนที่อยู่รอบเอนโดสเปิร์มอุดมด้วย กลุ่มโปรตีนและไขมัน (Protein bodies and lipid bodies)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เอนโดสเปิร์ม (Endosperm) เป็นส่วนที่เป็นข้าวขาวหรือข้าวสาร ภายในประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังบาง (Thin wall parenchyma) จัดเรียงกันตามแนวรัศมี เมื่อดูจากภาพตัดขวางที่กึ่งกลางความยาวของเมล็ด

2.2.1 คาร์โบไฮเดรต ในข้าวจะมีแป้งอยู่มากถึง 90% โดยน้ำหนักแห้ง กลุ่มของเม็ดแป้งที่อยู่ในอมิโลพลาส (Amiyloplast) จะมีรูปร่างกลมหรือรูปไข่

แป้งข้าวสามารถแยกเป็นองค์ประกอบย่อย 2 ชนิด คืออมิโลแพกตินและอมิโลส อมิโลเปคติน (Amylopectin) เป็นแป้งที่เป็นโพลิเมอร์ (polymer) ของกลูโคส (glucose) มีโครงสร้างของโมเลกุลเหมือนกิ่งไม้ (branched fraction) โดยส่วนที่เป็นเส้นตรงจะเชื่อมต่อระหว่างโมเลกุลของกลูโคสด้วยพันธะ α-D (1-4) bond

คุณสมบัติของอมิโลแพกติน

1) มีอัตราส่วน Reducing end group ต่อ Non reducing end group ในแต่ละโมเลกุลมากกว่า 1

2) ทำปฏิกิริยากับไอโอดีน ได้สีม่วงแดงหรือน้ำตาลแดง

3) ดูดซับไอโอดีน (Iodine isopotentiometrically) ได้ต่ำ

4) น้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 10,000 DP (degree of polymerization)

5) ย่อยสลายด้วย เบต้า-เอไมเลส (β-emylase) ได้ต่ำ (ประมาณ 50%)

6) ไม่สามารถรวมตัวเป็นสารเชิงซ้อนกับ 1-butanol หรือสารอินทรีย์อื่น

อมิโลส (Amylose) เป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสเช่นกัน แต่มีโครงสร้างของโมเลกุลเป็นเส้นยาว (Linear fraction) โดยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-D (1-4) bond

คุณสมบัติของอมิโลส

1) อัตราส่วนของ Reducing end group ต่อ Non reducing end group ในโมเลกุล มีค่าเป็น1

2) ทำปฏิกิริยากับไอโอดีน ได้สีน้ำเงินเข้ม

3) ดูดซับไอโอดีน ได้มาก

4) มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเพียง 600-1600 DP (degree of polymerization)

5) สามารถย่อยสลายด้วย เบต้า-อไมเลส (β-Amylase) ได้ 100%

6) สามารถรวมตัวกับ 1-butanol และสารอินทรีย์ชนิดอื่น กลายเป็นสารเชิงซ้อน (Complex)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) สามารถดูดซับด้วยเซลลูโลส

8) มี Intrinsic viscosity สูง และมี Solutions stability ต่ำ

2.2.2 โปรตีน เมล็ดข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีน 4.8-12.1% โปรตีนในเมล็ดข้าวสามารถแบ่งเป็น 4 ชนิด ตามคุณสมบัติในการละลาย ได้แก่

อัลบูมิน (Albumin) มีคุณสมบัติในการละลายน้ำ (Water soluble)

โกลบูลิน (Globulin) มีคุณสมบัติละลายในน้ำเกลือ (salt soluble)

โปรลามิน (Prolamin) มีคุณสมบัติละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol soluble) และ

กลูเตลลิน (Glutelin) มีคุณสมบัติละลายในกรดหรือด่าง (acid or alkali soluble)

2.2.3 ไขมัน เมล็ดข้าวมีไขมันเพียง 1.6-2.8% ทั้งนี้ 80% ของไขมันอยู่ในส่วนของรำหยาบและรำละเอียด

2.2.4 แร่ธาตุ องค์ประกอบและปริมาณแร่ธาตุในเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ธาตุในดิน ข้าวกล้องจะมีปริมาณแร่ธาตุสูงกว่าข้าวขาว

2.2.5 ไวตามิน ในข้าวกล้องมีไวตามินมากกว่าข้าวขาว ในเมล็ดข้าวจะขาดไวตามิน A, C และD เมล็ดข้าวมีไวตามินในกลุ่มของไวตามิน B ประมาณ 34% ของไทอามิน (thiamin : B_1) ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวจะอยู่ในส่วนของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเซลลัส และเยื่ออลูโรน 47% อยู่ใน scutellum มีเพียง 8% อยู่ในเอนโดสเปิร์มที่จะสีเป็นข้าวขาว

เมล็ดข้าวมีองค์ประกอบต่างๆมากมาย ทั้งภายนอกเมล็ดที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาและภายในที่อยู่ในรูปของสารอาหาร ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่รวมกันเป็นเมล็ดข้าว องค์ประกอบต่างๆทั้งหมดนี้สามารถบ่งบอกได้ถึงคุณภาพของเมล็ดข้าว ดังที่จะได้กล่าวในหัวข้อคุณภาพของเมล็ดข้าวต่อจากนี้

2.3 คุณภาพของเมล็ดข้าว [21]

ลักษณะทางกายภาพของข้าว หมายถึงคุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดที่สามารถมองเห็นหรือชั่งตวง วัดได้ เช่น น้ำหนักเมล็ด สีข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง ขนาดและรูปร่างเมล็ด ลักษณะท้องไข่ ความใสขุ่นของข้าวสาร และความยาวของข้าวสาร ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการสามารถประเมินคุณภาพของข้าวก่อนที่จะตีราคาในการซื้อขายของข้าวแต่ละพันธุ์ ในข้าวแต่ละพันธุ์นั้นยังมีความแตกต่างของลักษณะเมล็ดที่แตกต่างกันไป แต่โดยส่วนใหญ่แล้วสิ่งที่บ่งบอกได้ถึงคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ใช้วัดกันโดยทั่วไปตามสถานประกอบการที่รับซื้อข้าว สิ่งที่ใช้ในการวัดคุณภาพของเมล็ดข้าวได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 น้ำหนักเมล็ด (grain weight) น้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรม และจะแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม น้ำหนักเมล็ดสามารถประเมินได้ 2 รูปแบบ คือ

น้ำหนักต่อปริมาตร ประเมินเป็น กรัมต่อลิตร หรือ กิโลกรัมต่อถัง

น้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด ประเมินเป็น น้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

2.3.2 สีข้าวเปลือก (hull color) สีข้าวเปลือกเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งจะมีส่วนในการตั้งชื่อในอดีต เปลือกเมล็ดข้าวจะมีผลต่อสีของข้าวสารนึ่ง กล่าวคือ เมล็ดข้าวเปลือกที่มีสีเข้ม ข้าวสารนึ่งก็จะสีเข้มด้วย

2.3.3 สีข้าวกล้อง (pericarp color) สีข้าวกล้องจะแสดงออกที่เยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) ข้าวกล้องมีสีต่างๆกันมีผลต่อข้าวสารนึ่งเช่นเดียวกับสีของข้าวเปลือก นอกจากนี้ยังมีผลต่อคุณภาพการสี คือข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนานหรือใช้แรงมาก เพื่อให้ส่วนของรำที่เป็นสีเข้มหลุดออกทำให้เกิดข้าวหักมาก มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวน้อย

2.3.4 ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ขนาดรูปร่างเมล็ด ได้แก่ ความยาว (length) ความกว้าง (width) ความหนา (thickness) และรูปร่าง (shape) ของเมล็ด แฟคเตอร์รูปร่าง (sheape factor) เป็นการบ่งชี้รูปร่างของวัสดุ เช่นความยาวหารด้วยความกว้าง ได้มีผู้คิดค้นการจำแนกพันธุ์ข้าวโดยการศึกษาการคัดแยกพันธุ์ของเมล็ดข้าวพันธุ์อิตาลีด้วยวิธี counterpropagation artificial neural network [22]

การบ่งชี้รูปร่างของวัสดุอาจระบุโดยเชฟแฟคเตอร์รูปร่าง เช่น เป็นค่าความเรียว

L/W โดยที่ค่า L คือ ความยาวและค่า W คือ ความกว้าง

L/D โดยที่ค่า L คือ ความยาวและค่า D คือ ความหนา

W/D โดยที่ค่า W คือ ความกว้างและค่า D คือ ความหนา ขนาดรูปร่างเมล็ดของพันธุ์ข้าวเป็นลักษณะประจำพันธุ์

ขนาดเมล็ดจำแนกตามความยาวของเมล็ดได้ดังนี้

ยาวมาก	ยาวกว่า 7.5 มม.
ยาว	6.6-7.5 มม.
ปานกลาง	5.5-6.6 มม.
สั้น	สั้นกว่า 5.5 มม.

รูปร่างเมล็ดจำแนกโดยใช้สัดส่วนความยาว/ความกว้างได้ดังนี้

เรียว	มากกว่า 3.0 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปานกลาง	2.0-3.0 มม.
ป้อม	น้อยกว่า 2.0 มม.

2.3.5 ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าว เกิดจากการจับตัวกันอย่างหลวมๆ ของเม็ดแป้ง (starch granule) กับโปรตีน (protein body) ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าวมี 3 ชนิด คือ

White center หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นตรงกลางของส่วนที่เป็นแป้งในเมล็ด

White belly หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นทางด้านข้างหรือด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับคัพภะ

White back หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดทางด้านหลังของเมล็ด ด้านตรงข้ามกับคัพภะ

2.3.6 ความขาวของข้าวสาร (milled rice whiteness) ความขาวของข้าวสารจะแตกต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก

2.3.7 ความใสขุ่นของข้าวสาร (grain translucency) ความใสขุ่นของข้าวสารเป็นคนละลักษณะกับท้องไข่ หมายถึง ความทึบแสงหรือความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า จากลักษณะทางกายภาพดังกล่าว สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาคุณภาพการสีของข้าว และคุณภาพการซื้อขายของข้าว

2.3.8 คุณภาพการสี (milling quality) คุณภาพการสีของข้าวประเมินได้จากปริมาณข้าวเต็มเมล็ด (whole grain) และต้นข้าว (head rice) ข้าวที่มีคุณภาพการสีดีเป็นข้าวที่เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้วได้ปริมาณข้าวเต็มและต้นข้าวสูงมีปริมาณข้าวหัก (broken rice) น้อย ประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอน ได้แก่ [21]

1) การทำความสะอาด (cleaning) เพื่อกำจัดระแง้ ใบข้าว เมล็ดลีบ เมล็ดวัชพืช และสิ่งเจือปนอื่นๆออกจากข้าวเปลือก

2) การกะเทาะเปลือก (shelling หรือ hulling) เป็นการทำให้เปลือกข้าวหลุดออกจากเมล็ด สิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ แกลบและข้าวกล้อง

3) การขัดขาว (whitening) เพื่อทำให้รำหลุดออกจากเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งสิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ รำ และข้าวสาร

4) การคัดแยก (grading) เพื่อแยกข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหัก ขนาดต่างๆออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะต่างๆของเมล็ดข้าวทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสิ่งต่างๆเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดและเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของเมล็ดข้าว โดยในทางการค้านั้นก่อนที่ผู้ประกอบการจะทำการกำหนดราคาข้าวในแต่ละครั้งต้องทำการตรวจสอบลักษณะของเมล็ดข้าวก่อนทุกครั้งเพื่อใช้สำหรับตีเป็นราคา และทั้งยังนำค่าที่ได้จากการตรวจสอบลักษณะของเมล็ดมาปรับกระบวนการผลิตให้ถูกต้องเพื่อให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุดในข้าวแต่ละที่ที่รับซื้อมา โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการสีด้วยเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบในการพิจารณาถึงหลักการที่จะนำมาใช้ในกระบวนการแต่ละขั้นตอน สิ่งที่เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการสี จะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไปนี้

2.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพการสี [21]

ในกระบวนการสีข้าวนั้นบางครั้งผลผลิตที่ได้หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการอาจมีความแปรปรวนของผลผลิตของต้นข้าวที่ได้ ทั้งนี้นอกจากการขึ้นอยู่กับการปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพในการใช้งาน ซึ่งในทางด้านเครื่องจักรนั้นมักเป็นสิ่งแรกที่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มักให้ความสำคัญนอกจากนี้แล้วสิ่งที่เป็นปัจจัยอื่นๆที่มีความสำคัญไม่น้อยในกระบวนการสีข้าวนั่นก็คือปัจจัยที่ขึ้นกับลักษณะของพันธุ์ของข้าวนั้นๆ และการดูแลรักษาทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีปัจจัยต่างๆดังนี้

2.4.1 **พันธุ์ข้าว** คุณภาพการสีของข้าวอาจแปรปรวนได้ตามลักษณะต่างๆของพันธุ์ข้าว เช่น พันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดยาวมากมีท้องไข่มากจะให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวต่ำ หรือพันธุ์ข้าวที่มีเปลือกสีอ่อนเปลือกบางเมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง

2.4.2 **การปฏิบัติดูแลก่อนเก็บเกี่ยว** ควรระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนเก็บเกี่ยว 7-10 วัน เพื่อให้เมล็ดข้าวสุกอย่างสม่ำเสมอเมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง

2.4.3 **ระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม** หากเก็บเกี่ยวข้าวเร็วหรือช้าเกินไปจะทำให้ข้าวมีปริมาณและคุณภาพการสีที่ต่ำ หากเก็บเกี่ยวในขณะที่เมล็ดยังเขียวการสร้างแป้งยังไม่แน่นเต็มเมล็ดเมื่อนำไปสีเมล็ดเหล่านี้จะหักปนไปรวมอยู่กับส่วนรำ แกลบ และข้าวหัก ทำให้ได้เนื้อของข้าวสาร และข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวน้อย หลังจากเมล็ดแก่ และแห้งแล้ว หากปล่อยทิ้งไว้ในนา เมล็ดจะถูกแดดในตอนกลางวันและได้รับสภาพความชื้นจากน้ำค้างตอนกลางคืนสลับกันเป็นเวลานานๆทำให้เกิดการร้าวขึ้นในเมล็ดเมื่อนำไปสีจะหักมาก

2.4.4 **การตากข้าว** เป็นการตากลดความชื้นในเมล็ดอยู่ในระดับที่เหมาะสม เมื่อนำไปสีจะทำให้ข้าวมีคุณภาพการสีสูงและเก็บรักษาไว้ได้นานเสื่อมคุณภาพช้า การตากข้าวกระทำได้ทั้งก่อนและหลังการนวด แต่ควรคำนึงถึงคุณภาพของข้าวที่ตาก คือ ต้องทำให้ข้าวแห้งอย่างสม่ำเสมอ ความชื้นในเมล็ด 12-14 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.5 การนวดข้าว เป็นการทำให้เมล็ดข้าวหลุดจากรวง ในแต่ละท้องถิ่นมีวิธีการปฏิบัติแตกต่างกัน การนวดนี้อาจทำให้เกิดรอยร้าวในเมล็ดข้าวซึ่งมีผลต่อคุณภาพการสี ข้าวหักมากขึ้น

2.4.6 การเก็บรักษา การเสื่อมคุณภาพในระยะนี้สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการทำลายของเชื้อรา การเกิดข้าวเมล็ดเหลืองหรือเมล็ดเสีย ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพการสี

2.4.7 กระบวนการขัดสี ขั้นตอนการสีข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการสี คือ การกะเทาะเปลือกและการขัดขาว ใน 2 ขั้นตอนนี้ ข้าวจะหักมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1) การตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางหรือหินกากเพชรในเครื่องกะเทาะ และระหว่างหินกากเพชรกับแท่งยางหรือแท่งเหล็กในเครื่องขัดขาว ถ้าตั้งชิดเกินไปจะทำให้ข้าวหักมากขึ้น

2) อัตราการหมุนของลูกยางหรือหินกากเพชร ถ้าหมุนเร็วมากข้าวจะหักมาก

3) อัตราการไหลของข้าวสู่เครื่องกะเทาะ หรือเครื่องขัด ถ้าสูงข้าวจะหักมาก

4) ระยะเวลาในการขัดขาว ถ้าขัดนานข้าวจะหักมาก

จากปัจจัยที่กล่าวมาในข้างต้นทำให้เห็นได้ว่าปัจจัยที่เกี่ยวกับลักษณะของพันธุ์ข้าว และการดูแลรักษาทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งนับว่าสิ่งเหล่านี้มีความสำคัญมากที่จะส่งผลต่อคุณภาพของการสีหากว่าทุกปัจจัยที่ได้กล่าวมามีการดูแลดีทุกขั้นตอนก็จะช่วยลดปัญหาที่จะทำให้เมล็ดข้าวเกิดการสูญเสียในแต่ละกระบวนการได้มากขึ้น นอกจากนี้ในข้าวแต่ละพันธุ์ยังมีความแตกต่างกันเมื่อนำไปประกอบอาหาร ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวที่จะกล่าวในหัวข้อต่อจากนี้

2.5 คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว [21]

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว (Cooking and eating quality) เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละคนแตกต่างกันซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับวัฒนธรรมการดำรงชีวิต และวัตถุประสงค์ที่จะนำไปประกอบอาหาร ในข้าวแต่ละพันธุ์มีปริมาณอมิโลสและการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกที่ไม่เท่ากัน สิ่งที่ทำให้ข้าวแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันคือ

2.5.1 ปริมาณอมิโลส (Apparent amylose contet) ปริมาณอมิโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอมิโลสที่สุกแล้ว เนื่องจากข้าวที่มีอมิโลสสูงในการหุงต้มต้องการน้ำมาก และเมื่อสุกจะได้ข้าวสวยร่วนฟูไม่เหนียวติดกัน จึงทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรมากหรือข้าวขึ้นหม้อดีกว่าข้าวอมิโลสต่ำ ข้าวที่มีอมิโลสต่ำข้าวสวยมีลักษณะเหนียว เกาะติดกัน เป็นก้อนจึงไม่ขึ้นหม้อ

120110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลสในข้าวขาว [22]

ประเภทข้าว	ปริมาณอมิโลส	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
ข้าวอมิโลสต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวอมิโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้าวร่วนไม่แข็ง
ข้าวอมิโลสสูง	26-34	ร่วนแข็ง

2.5.2 **การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก** (Elongation ratio during cooking) ในระหว่างหุงต้ม เมล็ดข้าวมีการขยายตัวทุกด้าน โดยเฉพาะด้านยาว คุณลักษณะนี้เป็นคุณภาพพิเศษของข้าวบางพันธุ์ ซึ่งจะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้น หากเมล็ดข้าวสุกเป็นข้าวที่ไม่เหนียวติดกัน การขยายขนาดเมล็ดข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น เพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดตัวแน่น

คุณลักษณะที่ข้าวแสดงออกถือเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวแต่ละชนิด ในการเลือกซื้อก็ขึ้นอยู่กับความชอบและวัตถุประสงค์ที่จะนำไปประกอบอาหารของแต่ละคน แต่สิ่งที่แสดงออกต่อเมล็ดข้าวนี้จะไม่คงที่ตลอดเวลา หากแต่ว่าเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นสารอาหารที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นทำให้เมล็ดข้าวมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บนั้นดังจะกล่าวถึงในรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

2.6 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมล็ดในระหว่างการเก็บ [23]

กลุ่มผู้บริโภคแต่ละกลุ่มจะชอบข้าวที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความคุ้นเคย เช่น ประชากรในแถบประเทศร้อน เช่น อินเดีย ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย ศรีลังกา เวียดนาม มาเลเซีย และไทย นิยมข้าวสารที่ค่อนข้างร่วนกระจาย ทั้งนี้ เป็นเพราะสภาพภูมิอากาศร้อน ทำให้เมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บไว้เกิน 4 เดือน แล้วนำมาหุงต้มข้าวสวยจะร่วนมากขึ้น หรือที่มักจะกล่าวกันทั่วไปว่า ข้าวกลายเป็นข้าวเก่า ทั้งนี้ การพัฒนาเป็นข้าวเก่าจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสภาพการเก็บรักษา หากเก็บในห้องอุณหภูมิสูง การพัฒนาเป็นข้าวเก่าจะเร็วกว่าข้าวที่เก็บในที่เย็น ดังนั้นในประเทศหนาว กระบวนการกลายเป็นข้าวเก่านี้ค่อนข้างช้า ทำให้ข้าวสุกยังคงมีลักษณะเหนียวติดกันเป็นก้อน ดังนั้น ชาวญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ฮ่องกง และจีนตอนเหนือ จึงคุ้นเคยและนิยมข้าวประเภทดังกล่าว ในขณะที่ผู้ที่อยู่ในประเทศแถบร้อนนิยมข้าวสวยร่วน ข้าวไทยจะมีเมล็ดข้าวยาวเรียวเป็นส่วนใหญ่ [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kawano [24] กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อรสชาติและคุณภาพของข้าวสุกนอกจากจะขึ้นกับสายพันธุ์อันได้แก่ ปริมาณอมิโลส โปรตีน ไขมัน น้ำตาลและเกลือแร่ต่างๆแล้ว ยังขึ้นกับวิธีปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวด้วย ซึ่งได้แก่ ความชื้นของข้าว อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บและการสี (Degree of milling)

ภายหลังการเก็บเกี่ยว ในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยเฉพาะในระยะเวลา 3-4 เดือนหลังเก็บเกี่ยว เอนโดสเปิร์มจะแกร่งขึ้น ทำให้คุณภาพการสีดีขึ้น หากเมล็ดไม่ถูกแมลงทำลายในระหว่างการเก็บ การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากกระบวนการที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบ คือ แป้ง ไขมัน และโปรตีน ดังแสดงในภาพที่ 2.2 กรดไขมันอิสระที่ได้จากการย่อยของ Enzyme เมื่อทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้ง โดยเฉพาะโมเลกุลของอมิโลส มีผลยับยั้งการขยายตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสวย นอกจากนี้ ไขมันเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจะได้สารประกอบประเภท Hydroperoxides carbonyl สารประเภท Carbonyl นี้ ทำให้ข้าวมีกลิ่นหืน เช่นเดียวกับการเกิดกลิ่นหืนในน้ำมัน ในส่วนของโปรตีนเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้สารระเหยที่มีส่วนประกอบของซัลเฟอร์ลดลง และส่งผลการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นของข้าว ในขณะเดียวกัน ยังมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม ทำให้ข้าวสวยมีความนุ่มลดลง ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนทำให้ข้าวเก่ามีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ ผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ มีส่วนกระทบกระเทือนต่อคุณสมบัติการหุงต้มของเมล็ดและข้าวสุก กล่าวคือ ข้าวเก่าเมื่อหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้นหรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง และมีผลให้ข้าวสุกขยายปริมาตรรวม (bulk volume) ได้มากขึ้นหรือขึ้นหม้อดีขึ้น ทั้งนี้ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้นโดยไม่กลัวแตกตัวน้ำข้าวจะใสขึ้น เมล็ดข้าวอาจต้องใช้เวลาต้มให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย สีของข้าวจะคล้ำมากขึ้นในข้าวเก่าจะมีกลิ่นสาบ เมล็ดเหลืองมากขึ้นสืบเนื่องจากปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างเชื้อจุลินทรีย์หรือเคมีในข้าวเปลือกที่ได้รับความชื้นและความร้อนสูงก่อนที่จะทำการลดความชื้น มีรายงานว่าเมล็ดข้าวสามารถเร่งให้กลายเป็นข้าวเก่าได้ โดยเพิ่มความร้อนข้าวสารให้สูงถึง 110 °C ในภาชนะปิดสนิทโดยไม่ให้ความชื้นสูญหายไป การเป่าลมร้อน 150-250 °C ชั่วครู่ เช่น การลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกด้วยเทคนิค Fluidized bed ที่อุณหภูมิสูงและกองข้าวเปลือกไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ความชื้นค่อยๆลดลง มีรายงานว่า การแช่เมล็ดข้าวสาร 2 วันในน้ำมันดอกทานตะวันที่ 60 °C ค้างคืน ช่วยให้ความเหนียวของข้าวสุกลดลง การนำข้าวเปลือกไปนึ่งในระยะเวลาสั้นๆ จะช่วยลดความเหนียวของผิวข้าวสุกได้เช่นกัน กระบวนการทำข้าวนึ่ง (parboiled rice) ก็เป็นวิธีการทำให้ข้าวเปลี่ยนสภาพคล้ายข้าวเก่าเช่นกัน

วินิต และคณะ[25] กล่าวว่า การอบในภาชนะปิดแน่นด้วยอุณหภูมิ 55 °C ขึ้นไปสามารถเร่งการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวจากข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่า โดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือใช้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นสูงขึ้น จะใช้เวลาในการอบน้อยลง การอบเพื่อเร่งความเก่านี้ยังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและเปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออบข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง ในขณะที่ความขาวของเมล็ดข้าวสารยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในทางการค้า แต่จะสูญเสียความหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีนดา และคณะ [26] ได้ทำการวิจัยผลของเทคนิคการอบแห้งและสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพการสีและหุงต้มข้าวขาวดอกมะลิ 105 อุณหภูมิลมร้อน 100, 115, 125, 135 และ 150 องศาเซลเซียส ได้กล่าวถึงคุณภาพด้านการหุงต้มว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้การเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ ไปในทิศทางเดียวกับข้าวเก่า จากผลการทดลองระยะเวลาการหุงสุกนานขึ้น ข้าวยืดตัวเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำหุงต้มลดลง อาจเนื่องมาจากการจับตัวกันแน่นขึ้นโครงสร้างภายใน มีผลต่อน้ำหุงต้มใสขึ้น ข้าวหุงสุกแข็งขึ้น ซึ่งค่าต่างๆที่วัดสำหรับคุณภาพด้านหุงต้มมีความสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงเป็นข้าวเก่าที่ผู้บริโภคชอบ คือ ข้าวหุงขึ้นหม้อ ไม่เละเหนียวแฉะติดกันเป็นก้อน

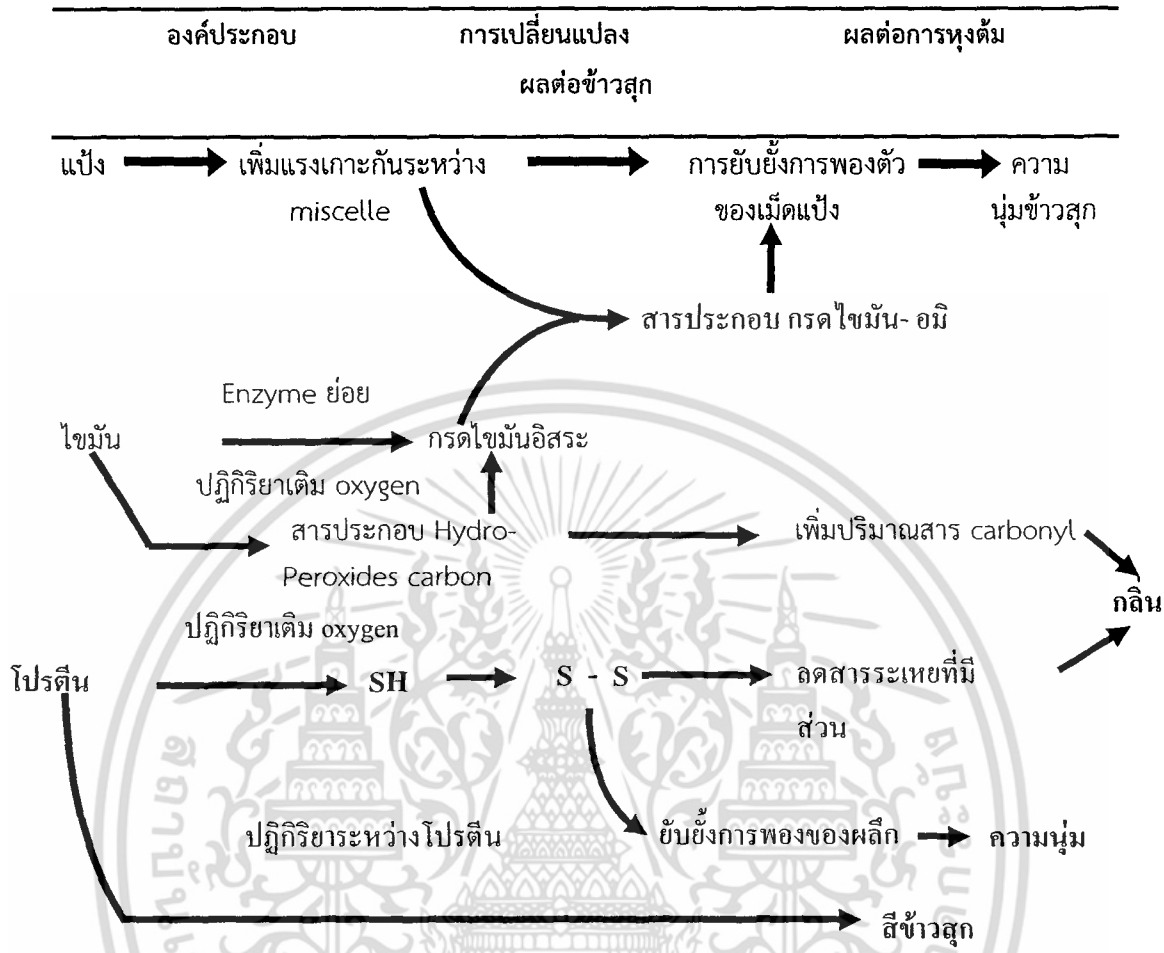
Jaisut [27] กล่าวว่าข้าวเก็บเกี่ยวใหม่ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในข้าวบางส่วน ซึ่งกลายเป็นข้อดีในแง่ของคุณภาพการหุงต้มของข้าวใหม่ที่สามารถปรับปรุงคุณภาพการหุงต้มให้มีลักษณะที่ดีบางประการเหมือนข้าวเก่า เช่น การดูดน้ำของข้าวหุงสุกที่สูงขึ้น การละลายของของแข็งที่ละลายได้ในน้ำหุงต้มลดลง

ภูมิสิทธิ์ [28] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิและเวลาอบเป็นปัจจัยเร่งพบว่าควรเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยการอบในภาชนะปิดสนิทด้วยอุณหภูมิ 55 °C ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 70 °C

จุฑารัตน์ และคณะ [29] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเร่งความเก่าของข้าวสารด้วยความร้อนร่วมกับความดันสูงส่วนที่ I: การกลั่นกรองปัจจัยด้วยวิธี Plackett & Burman พบว่า ข้าวสารภายหลังการเร่งความเก่ามีค่าความหนืดสุดท้ายเมื่อทำให้เย็นตัวสูงกว่าข้าวชนิดอื่น มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจึงมีอุณหภูมิที่ข้าวเริ่มสุกสูงขึ้นในขณะค่าความเหนียวลดลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับข้าวเก่า

นาฏชนก และคณะ [30] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเร่งความเก่าของข้าวสารด้วยความร้อนร่วมกับความดันสูง II: การกำหนดสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวสารคือ อุณหภูมิของอากาศในถังความดัน 79.19 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการให้ความร้อน 67.88 นาที ความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ของถังความดัน 33.74 รอบต่อนาที และความดัน 9.19 บาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา [19]

จากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ทำให้สามารถทราบได้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภาพในเมล็ดข้าว ทำให้ทราบได้ว่าข้าวจะเปลี่ยนเป็นข้าวเก่าเมื่อมีระยะเวลาประมาณ 4 เดือนเป็นต้นไป ผู้ประกอบการสามารถนำความรู้จากการเปลี่ยนแปลงนี้มาใช้ในทางการค้าได้โดยที่หากผู้ประกอบการต้องการส่งข้าวไปขายยังประเทศที่นิยมทานข้าวนิ่ม เช่น ประเทศญี่ปุ่น ก็จะต้องใช้ข้าวที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาไม่เกิน 4 เดือน หรือหากประเทศที่นิยมทานข้าวมีมีลักษณะเนื้อข้าวสุกร่วนไม่ติดกันก็ให้ใช้ข้าวที่มีระยะการเก็บรักษาเกิน 4 เดือนขึ้นไปเป็นต้น ปัจจุบันจะเห็นว่าการแข่งขันกันระหว่างประเทศผู้ค้าข้าวส่งออกมีมากขึ้นทุกปีถึงแม้ว่าบางประเทศจะมีพื้นที่ปลูกข้าวไม่มากเมื่อเทียบกับประเทศใหญ่ๆ แต่หากข้าวที่ได้มีปริมาณข้าวเต็มมากนั่นเป็นสิ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศนั้นมีศักยภาพในการผลิตข้าวที่ดี คุณภาพของข้าวเปลือกก็ถือว่าเป็นสิ่งแรกที่ต้องมีคุณภาพก่อนที่จะนำไปจัดการในกระบวนการต่อไป ข้าวเปลือกที่มีคุณภาพหลังจากเก็บเกี่ยวเรียบร้อยแล้วจะต้องมีลักษณะอย่างไร ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 คุณภาพข้าวเปลือกกับการสีข้าว [31]

คุณภาพข้าวเปลือก (quality aspects of paddy) เนื่องจากข้าวเปลือกที่โรงสีรับซื้อจากเกษตรกรส่วนใหญ่จะยังมีคุณภาพไม่ค่อยดีนัก บางครั้งอาจจะมีสิ่งเจือปนมากับข้าวมากเกินไป หรือมีความชื้นสูงเกินไป ทำให้เมื่อนำไปสีเป็นข้าวสาร จะได้รับเนื้อข้าวค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ยังมีการแตกหักค่อนข้างสูงมากเนื่องมาจากการที่ข้าวมีการแตกร้าวภายในอยู่แล้ว ซึ่งอาจจะเกิดจากกรรมวิธีในการนวดและการเก็บรักษา คุณภาพของข้าวเปลือกที่จะมีผลต่อการสีข้าว ซึ่งประกอบด้วย

1) ความชื้น

2) ปริมาณสิ่งเจือปน

3) ปริมาณการแตกร้าวภายใน

4) ปริมาณเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์

5) ปริมาณเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพ

6) ปริมาณข้าวแดง

7) ความบริสุทธิ์ของพันธุ์ข้าว

ซึ่งพอจะสรุปลักษณะของข้าวเปลือกที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสีข้าว เพื่อให้ได้รับเนื้อข้าวมากที่สุดและมีการแตกหักน้อยที่สุด ได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1) ความบริสุทธิ์ของข้าวเปลือก (purity of paddy)

ข้าวเปลือกบริสุทธิ์ 100 เปอร์เซ็นต์ จะสีได้เนื้อข้าว 68.00 เปอร์เซ็นต์

ข้าวเปลือกบริสุทธิ์ 99 เปอร์เซ็นต์ จะสีได้เนื้อข้าว 67.32 เปอร์เซ็นต์

ข้าวเปลือกบริสุทธิ์ 98 เปอร์เซ็นต์ จะสีได้เนื้อข้าว 66.64 เปอร์เซ็นต์

ข้าวเปลือกบริสุทธิ์ 97 เปอร์เซ็นต์ จะสีได้เนื้อข้าว 65.96 เปอร์เซ็นต์

ข้าวเปลือกบริสุทธิ์ 96 เปอร์เซ็นต์ จะสีได้เนื้อข้าว 65.28 เปอร์เซ็นต์

2) การแตกร้าวของข้าวเปลือก (the oracked paddy)

ข้าวเปลือกที่แห้งมีความชื้นประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าวไม่มีการแตกร้าว และเมล็ดมีความสมบูรณ์เต็มที่ จะได้เปลือกหรือแกลบประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ ได้ข้าวกล้องประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าข้าวมีการแตกร้าวก่อนการสีจะทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวที่ได้มีปริมาณลดลง

3) เมล็ดข้าวเปลือกที่ไม่สมบูรณ์ (the immatured paddy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสีข้าวเปลือกโดยทั่วไปจะได้แกลบจากการสีประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักข้าวเปลือก แต่บางครั้งก็จะสูงถึง 22-23 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว การที่มีเมล็ดข้าวที่ไม่สมบูรณ์ปนอยู่มากขึ้น จะทำให้ปริมาณแกลบที่ได้เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณข้าวกล้องลดลงซึ่งจะทำให้เนื้อข้าวที่ได้ลดลงตาม นอกจากนั้นข้าวที่ไม่สมบูรณ์ยังแตกหักง่ายจากการกะเทาะและการขัดขาว จึงทำให้เพิ่มปริมาณ รำและปลายข้าว จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าคุณภาพของเมล็ดนับว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่งต่อการสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการ แล้วแต่ละขั้นตอนในกระบวนการสีข้าวก็เช่นเดียวกัน หรือทั้งสองสิ่งนี้ต้องมีความสอดคล้องกันจะดีอย่างใดอย่างหนึ่งไม่ได้หากเป็นเช่นนั้นแล้วคุณภาพข้าวที่ได้ก็ย่อมส่งผลต่อเนื้อข้าวที่ได้หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการ ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อการสีข้าวและระบบโรงสีต่อไปนี้

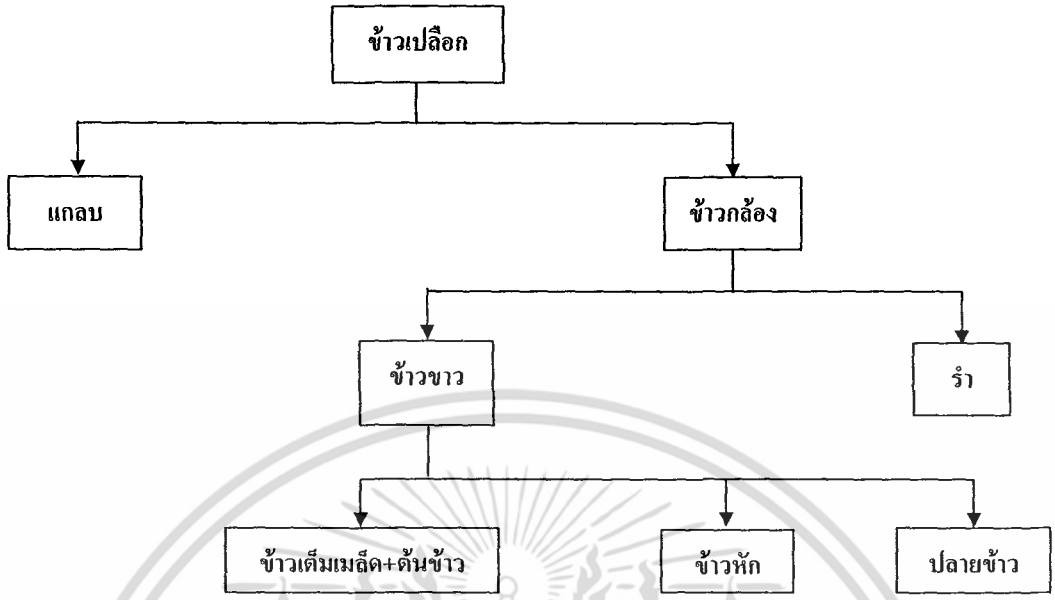
2.8 การสีข้าวและระบบโรงสี [20]

ในการแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสารข้าวเปลือกต้องผ่านกระบวนการแปรสภาพเพื่อให้ได้เป็นผลผลิตที่พร้อมกับการนำไปบริโภคหรือที่เรียกว่า การสีข้าวแต่สำหรับในระบบโรงสีจะมีการนำกระบวนการต่างๆเข้ามาจัดการมากขึ้นเพื่อให้ข้าวที่ได้มีความเหมาะสมและสามารถที่จะเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดแต่ละกระบวนการต่อไปนี้

2.8.1 การสีข้าว (Rice Milling)

การสีข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกแกลบและชั้นรำออกจากเมล็ดข้าวเปลือก ผลที่ได้คือรำและข้าวขาว การสีข้าวมีกระบวนการพื้นฐาน ดังภาพที่ 2.3 ในการสีข้าว จะได้องค์ประกอบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ ขนาดเมล็ด ความสมบูรณ์ของเมล็ด เมื่อกะเทาะข้าวเปลือกจะได้แกลบประมาณ 22-24% โดยน้ำหนักข้าว สำหรับข้าวเมล็ดเรียวอย่างข้าวไทย และได้ข้าวกล้อง 76-78% เมื่อนำข้าวกล้องขัดต่อไป จะได้รำ ประมาณ 8-10% และเป็นข้าวขาว 66-68% ในส่วนของข้าวขาวนี้มีทั้งข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักปนกันอยู่ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับคุณภาพข้าวเปลือกที่นำมาสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบที่ได้จากการสีข้าว [20]

ในกระบวนการสีข้าวประกอบด้วยเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในกระบวนการได้แก่

1) ทำความสะอาดข้าวเปลือก (Cleaning rough rice)
2) กะเทาะเปลือก (shelling หรือ hulling)
3) การขัดขาว (whitening)
4) การคัดแยก (grading)
5) ผสมข้าวหักขาวเต็มเมล็ดให้ได้มาตรฐานตามที่ระบุ (mixing)
6) บรรจุหีบห่อ (packing)

2.8.2 ระบบโรงสี (Rice mill system) [31]

การสีข้าวเป็นการแปรรูปผลผลิตเกษตร โดยมีจุดประสงค์ที่จะให้ได้มาซึ่งวัตถุประสงค์ที่จะนำมาเป็นอาหารหลัก หรือสินค้าที่ใช้เป็นเครื่องบริโภค การที่จะทำให้ข้าวมีลักษณะเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงและเป็นสินค้าที่มีราคาดีย่อมขึ้นอยู่กับการสี ที่มีกระบวนการอันเหมาะสม กล่าวคือ สามารถรักษาคุณค่าทางอาหารของข้าวเอาไว้ได้นานโดยไม่เสียง่าย ในขณะเดียวกันก็ทำให้เมล็ดข้าวมีสภาพเหมาะสมกับการเก็บรักษาเอาไว้ได้นานโดยไม่เสียง่าย ถึงแม้ว่ากระบวนการในการสีข้าวจะดำเนินไปอย่างถูกต้องแล้ว แต่หากข้าวเปลือกที่นำมาสีไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการสี ผลที่ได้ก็ย่อมไม่ดีตามที่ควรจะเป็น ด้วยเหตุผลดังกล่าว ก่อนที่จะนำข้าวเปลือกมาทำการสีจึงต้องมีการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของข้าวเปลือกเสียก่อน โดยข้าวเปลือกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว และจัดว่ามีคุณภาพดีเหมาะสมกับการสี จะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) มีความชื้นระหว่าง 11-13 เปอร์เซ็นต์ ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์

2) มีเมล็ดแตกร้าว เมล็ดลีบ และเมล็ดเสียปนอยู่น้อย

3) มีเมล็ดวัชพืชปนอยู่น้อยหรือไม่มีเลย

4) ไม่มีเศษหินดิน และทรายปนอยู่

5) มีลักษณะเป็นข้าวเปลือกประเภทเดียวกัน

6) มีขนาดและรูปร่างของเมล็ดใกล้เคียงกัน

เครื่องสีข้าว เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร มีอยู่หลายชนิดหลายแบบ แตกต่างกันไปตามความต้องการของผู้ใช้ แต่มีหลักใหญ่ในการทำงานที่ใช้ถือร่วมกัน 4 ประการ คือ การทำความสะอาดเมล็ดข้าวก่อนนำไปสี การกะเทาะเปลือก การขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวขาว และการคัดขนาดข้าวสารและปลายข้าว

การทำงานที่เป็นระบบที่ประกอบด้วยหลายๆกระบวนการมาอยู่ด้วยกันผู้ประกอบการยิ่งต้องคำนึงถึงความเสียหายที่จะได้รับกับเมล็ดข้าวทำให้ต้องเพิ่มวิธีการเข้ามาช่วยมากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยสิ่งที่สำคัญคือต้องกลับไปพิจารณาตั้งแต่วิธีการแรกที่เมล็ดข้าวได้รับแรงกระทำระหว่างเครื่องมือ นั่นก็คือ การกะเทาะเปลือก การกะเทาะเปลือกนี้นับว่าเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งพอๆกับการขัดขาวเลยทีเดียว ที่จะทำให้เมล็ดเกิดการสูญเสียได้มากก่อนที่จะไปยังกระบวนการที่เหลือต่อไป ความสำคัญของการกะเทาะเปลือกเป็นอย่างไรดังจะกล่าวในหัวข้อการกะเทาะข้าวเปลือก ในหัวข้อ 2.9

2.9 การกะเทาะข้าวเปลือก [31]

การกะเทาะเปลือก หมายถึง การกะเทาะเอาเปลือกออกจากข้าวเปลือกโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นรำ และไม่ทำให้เมล็ดข้าวกล้องเกิดการแตกหักเพราะโดยลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว การเอาเปลือกออกจะต้องทำให้เกิดการเสียดสีที่ผิวเปลือก ดังนั้น การแตกหักของเมล็ดจึงมิอาจหลีกเลี่ยงได้ แต่ต้องพยายามให้มีการแตกหักน้อยที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับความแม่นยำของเครื่อง การบำรุงรักษาและการปรับแต่ง แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าข้าวที่นำมาสีได้รับความเสียหายจากการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา มีการแตกร้าวภายในมาก่อน ก็ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงการแตกหักไปได้

การปรับแต่งเครื่องกะเทาะเปลือกขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวเปลือกที่นำมาสี เมล็ดที่มีรูปแบบเดียวกันจะทำให้สมรรถนะการกะเทาะดีแต่ความเป็นจริงแล้วเมล็ดที่มีความบริสุทธิ์ไม่สามารถหาได้ การผสมกันของเมล็ดพันธุ์ต่างๆจะทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะไม่ดี แต่สามารถแก้ไขได้โดยการคัดแยกเมล็ดข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะเปลือก หรือการปรับอัตราการไหลของเมล็ดในการสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกะเทาะเปลือกส่วนใหญ่ที่ใช้กัน จะมีทั้งแบบโม่หินแนวนอน (under runner disc huller) และแบบลูกยาง (rubber roll huller) เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงเริ่มมีการทดลองในยุโรปเมื่อ ปี ค.ศ. 1947-48

ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือก ไม่ได้พิจารณาที่ความสามารถในการทำงาน แต่จะดูจากเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวที่ได้จากการกะเทาะว่า มีการแตกหักมากน้อยเพียงใด

2.9.1 เครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน (The under runner disc husker)

ถ้าเมล็ดข้าวเปลือกถูกกดไว้ระหว่างปลายทั้งสองของเมล็ด และบีบเบาๆจะทำให้เปลือกหลุดออกจากเนื้อข้าวกล้อง เป็นหลักการทำงานของการกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน โดยผิวด้านที่อยู่ชิดกันจะเคลือบด้วยสารขัดสี ระยะระหว่างผิวหน้าของจานทั้งสองจะปรับให้ห่างกันน้อยกว่าความยาวของเมล็ดที่จะกะเทาะ จานบนจะยึดแน่นกับโครง หยุดอยู่กับที่ตรงกลางเป็นรูกลวง เพื่อให้เมล็ดข้าวเปลือกไหลผ่านลงมา ส่วนจานล่างจะหมุน เมล็ดที่ร่วงผ่านลงสู่จานล่างจะถูกตั้งขึ้นด้วยแรงหมุนและเคลื่อนออกจากจุดศูนย์กลางด้วยแรงเหวี่ยงผ่านหน้าหินขัด ส่วนยอดของเมล็ดจะสัมผัสกับผิวโม่หินจานบน ซึ่งจะกดเมล็ดข้าวเปลือกให้เปลือกหลุดออกโดยไม่ทำให้เมล็ดได้รับความเสียหาย

ข้อดีของเครื่องกะเทาะแบบโม่หิน ที่เห็นได้ชัดเจนคือ การติดตั้งและการใช้ทำได้ง่าย และต้นทุนการทำงานต่ำ สมรรถนะในการกะเทาะดีเมื่อเมล็ดที่นำมามีรูปร่างที่ใกล้เคียงกัน และมีระแง้น้อย ส่วน ข้อเสียเปรียบ ที่เห็นชัดคือ เมล็ดข้าวจะแตกหักได้ง่ายถ้ามีขนาดความยาวที่ไม่เท่ากัน

1) ลักษณะโครงสร้างและการทำงาน

การกะเทาะเปลือกในสมัยแรกจะใช้โม่หินที่ใช้ในการโม่แป้ง ซึ่งทำจากหินภูเขา ต่อมาในปี ค.ศ. 1890 ได้มีการนำเอาปูนแมกนีเซียมออกซิคลอไรด์ มาสร้างเป็นหินขัดใช้แทนหินภูเขา หินขัดแบบใหม่นี้มีน้ำหนักเบากว่า ผิวหยาบกว่า และมีความสม่ำเสมอดีกว่าหินธรรมชาติ

เครื่องกะเทาะแบบนี้จะประกอบด้วยจานบน ซึ่งติดอยู่กับที่และจานล่างจะสามารถปรับขึ้นลงได้ เพื่อปรับช่องว่างระหว่างจานกะเทาะทั้งสอง โดยการหมุนแขนปรับ การปรับช่องว่างนี้คำนึงถึงความยาวของเมล็ดเป็นเกณฑ์ โดยสามารถปรับได้ในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน (ดังภาพที่ 2.4) อุปกรณ์ในการกำหนดปริมาณ (feed device) จะประกอบด้วยท่อเกลียว (tube) ซึ่งสามารถปรับขึ้นลงได้ เพื่อลดและเพิ่มปริมาณผลผลิตที่ไหลผ่าน

2) การปรับตั้งและการใช้ (adjustment and operation)

เพื่อให้การสีสมรรถนะสูง สามารถสีได้ข้าวกล้องปริมาณสูง แต่มีการแตกหักต่ำสุด เครื่องกะเทาะจะต้องได้รับการปรับแต่งเป็นอย่างดี โดยต้องทำการปรับดังนี้

1) ผิวของจานกะเทาะจะต้องอยู่ในแนวระดับ

2) จานกะเทาะทั้งสองจะต้องขนานกันทั้งขณะหยุดนิ่งหรือหมุน

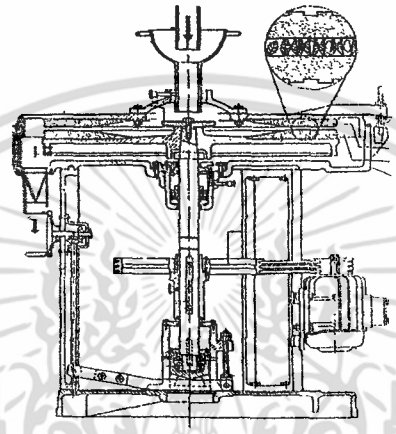
3) ระยะห่างของจานทั้งสองต้องเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) อัตราการป้อนต้องเหมาะสม

5) หินกากเพชรบนจานต้องเรียบและมีความหยาบที่เหมาะสม

ปกติโรงงานผู้ผลิตจะต้องตั้งเพลาขับให้อยู่ในแนวดิ่ง และจานกะเทาะตัวล่างต้องตั้งฉากกับเพลาขับอยู่แล้ว แต่ในการเปลี่ยนลูกปืนใหม่แต่ละครั้งจะต้องมีการตรวจสอบเพลาขับและจานกะเทาะอีกครั้ง



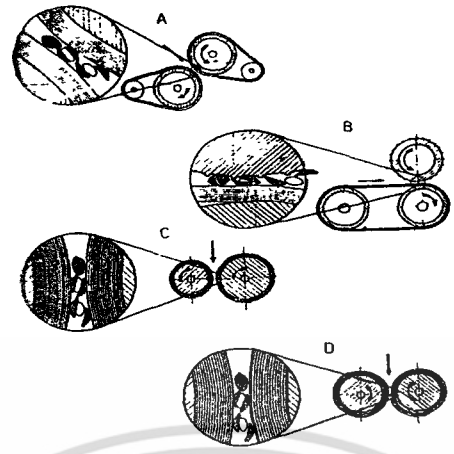
ภาพที่ 2.4 ลักษณะโครงสร้างของเครื่องกะเทาะแบบโม่หินแนวนอน [32]

ถ้าจานกะเทาะทั้งสองไม่ขนานกันด้านที่มีระยะห่างแคบจะบีบข้าวให้แตกส่วนอีกด้านที่ห่างมากกว่าจะไม่กะเทาะเปลือกข้าวออก ดังนั้น ในการทำงานต้องตรวจสอบให้จานทั้งสองวางในแนวระดับและขนานกัน

2.9.2 เครื่องกะเทาะแบบลูกยาง (rubber roll husker)

ถ้าเมล็ดข้าวเปลือกถูกบีบระหว่างผิวที่มีความยืดหยุ่นที่หมุนในทิศทางตรงกันข้ามและความเร็วที่ต่างกันด้วย จะทำให้ข้าวเปลือกแยกออกจากกัน จากหลักการนี้สามารถทำการกะเทาะข้าวเปลือกได้หลายรูปแบบ เช่น การกะเทาะโดยสายพาน 2 ชุด ที่ขับโดยพูเล่ย์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันแต่หมุนในทิศทางตรงกันข้ามและความเร็วต่างกัน (ภาพที่ 2.5 A) หรือโดยการเปลี่ยนชุดสายพานที่เคลื่อนเร็วกว่าเป็นลูกกลิ้งโลหะที่มีผิวเป็นร่องยาว (ภาพที่ 2.5 B) หรือโดยใช้ลูกยาง 2 ลูกที่เคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม ด้วยความเร็วเท่ากัน แต่เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เท่ากันทำให้ความเร็วผิวแตกต่างกัน (ภาพที่ 2.5 C) หรือโดยใช้ลูกยาง 2 ลูกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันหมุนในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 2.5 D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะแบบลูกยางและสายพานยาว [32]

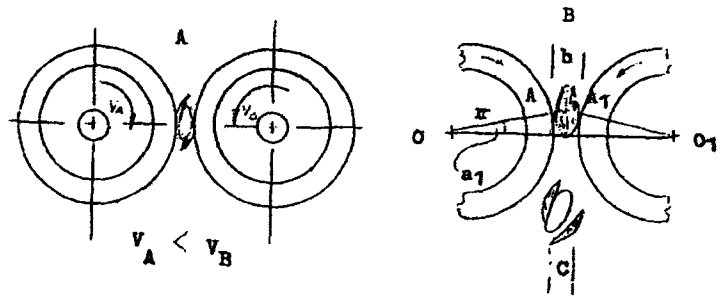
เครื่องกะเทาะแบบลูกยางจะประกอบด้วยลูกยางสองลูก ลูกหนึ่งเพลาถูกติดตั้งอยู่กับที่ ส่วนอีกลูกหนึ่งสามารถปรับเพลาเข้าออกได้ เพื่อปรับระยะห่างระหว่างลูกยางทั้งสอง ลูกยางจะหมุนในทิศทางตรงกันข้าม โดยลูกยางที่เพลาเคลื่อนที่ได้ จะมีความเร็วช้ากว่าอีกลูกประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ลูกยางทั้งสองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน โดยมีขนาดตั้งแต่ 150-250 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับความสามารถที่ต้องการและมีความกว้างเท่ากันระหว่าง 60-250 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลูกยางสองลูกและความเร็วรอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือก [33]

เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	ความกว้างลูกยาง (มม.)	ความเร็วรอบ	
		สูง	ต่ำ
150	64	1320	300
220	76	1200	900
250	250	1000	740

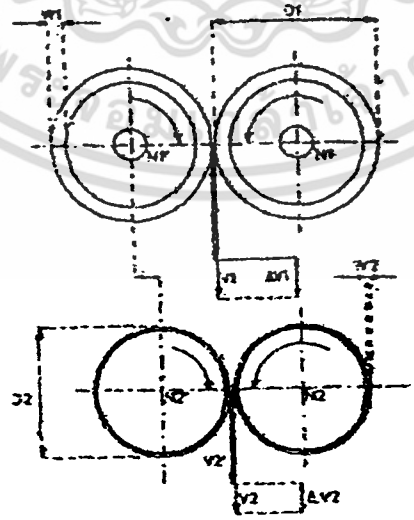
ระยะห่างระหว่างลูกยางสองลูก จะเล็กกว่าขนาดความหนาของเมล็ดข้าวเล็กน้อย และเนื่องจากลูกกลิ้งหมุนด้วยความเร็วต่างกัน ความเร็วที่ผิวต่างกันเมื่อข้าวเปลือกถูกใส่ลงไประหว่างลูกยางกะเทาะสองลูก เมล็ดข้าวเปลือกจะถูกแรงบีบจากลูกยาง แต่เนื่องจากลูกยางทั้งสองมีความเร็วแตกต่างกัน จึงทำให้ความเร็วที่ผิวแตกต่างกันด้วย เป็นสาเหตุทำให้ข้าวเปลือกแยกออกจากเมล็ด (ภาพที่ 2.6 A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 หลักการกะเทาะของเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง [33]

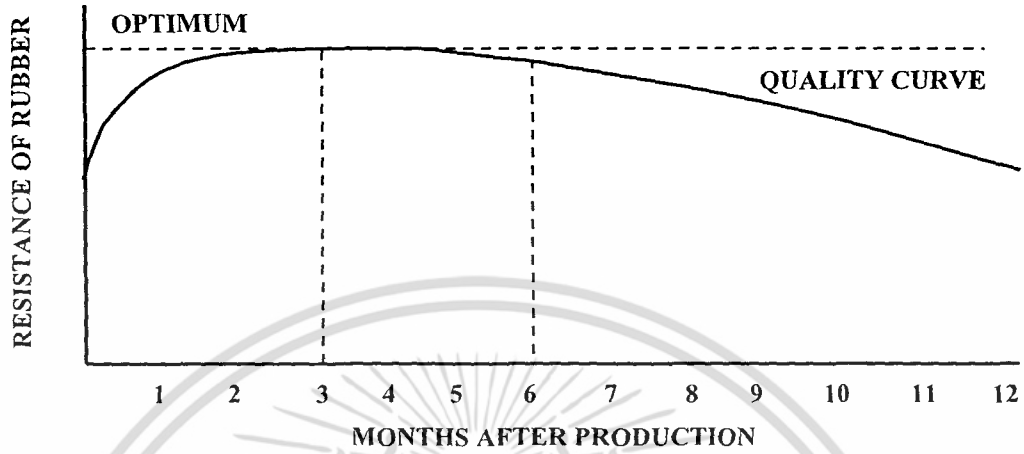
จากภาพ 2.6 B ถ้าเมล็ดมีความหนาเท่ากับ b ถูกป้อนเข้าไประหว่างลูกยางกะเทาะและสัมผัสหน้ายางกะเทาะทั้งสองที่จุด AและA1 โดยระยะห่างระหว่างผิวหน้ามีค่าเท่ากับ C ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความหนาของเมล็ดข้าวเปลือก ดังนั้นจึงทำให้เกิดมุมระหว่างจุดที่เมล็ดสัมผัสผิวหน้ายางกับแนวเชื่อมต่อระหว่างจุดศูนย์กลางของลูกยางทั้งสอง ความหนาของเมล็ดและระยะห่างระหว่างผิวหน้ายาง ประสิทธิภาพในการกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก จะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างผิวหน้ายางทั้งสอง ซึ่งเป็นตัวกำหนดอัตราการกะเทาะและการแตกหักของเมล็ด ถ้าระยะห่างระหว่างหน้ายางทั้งสองมีค่าน้อย (แคบ) จะทำให้อัตราการกะเทาะสูงขึ้น เมล็ดมีการแตกหักมากขึ้น ในขณะเดียวกันผิวหน้ายางก็จะสึกหรอมากขึ้น เนื่องจากความยาวของจุดสัมผัสบนหน้ายางมีค่ามากขึ้น แต่ถ้าระยะห่างระหว่างผิวหน้ายางทั้งสองมีค่ามากขึ้น ก็จะสามารถลดการสึกหรอของผิวหน้ายางให้น้อยลงได้ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของลูกยางยาวนานขึ้น แต่ก็มีผลทำให้อัตราการกะเทาะลดลงไป ซึ่งจะต้องพิจารณาให้รอบคอบในการปรับตั้ง การสึกหรอของลูกยางทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางลดลงมีผลทำให้ความสามารถในการกะเทาะลดลงด้วย เหตุผลที่สำคัญที่ทำความสามารถลดลงนี้ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของลูกยางทั้งสองซึ่งจะใช้ในการแยกเอาแกลบออกจากเมล็ดข้าวเปลือก (ภาพที่ 2.7)



ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางลูกยางและความสามารถของเครื่องกะเทาะ [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกยางกะเทาะสามารถเก็บไว้ในระยะเวลาที่จำกัด เพราะความคงทนของลูกยางจะค่อยๆ ลดลงโดยช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 3-6 เดือน หลังจากผลิตออกมา (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความคงทนของลูกยางและอายุการเก็บรักษาลูกยางดัดแปลงมาจาก [33]

2.9.2.1 ข้อได้เปรียบของเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง

1) ลดความเสี่ยงที่เกิดจากการแตกหักของเมล็ดเพราะเปลือกถูกแรงดึงออกด้วยแรงกดจากผิวที่ยืดหยุ่นได้ ทางด้านความกว้างของเมล็ดซึ่งโดยทั่วไปความกว้างของเมล็ดจะแตกต่างกันน้อยกว่าความยาว

2) ลูกยางจะไม่ดึงเยื่อเจริญและเยื่อเปลือก (epidermis or siver skin) ซึ่งจะทำให้เก็บข้าวกล้องได้นานกว่า นอกจากนั้นเมื่อนำไปขัดขาวจะได้ปริมาณของรำมากกว่า

3) ไม่จำเป็นต้องมีตะแกรงแยกเยื่อเจริญ และส่วนของรำก่อนที่จะถึงเครื่องแยกแกลบ ซึ่งปกติเครื่องกะเทาะแบบโม่หินจะมีตะแกรงนี้ เนื่องจากการกะเทาะเปลือกแบบลูกยางชั้นเยื่อเจริญและชั้นรำของข้าวกล้องไม่ถูกทำลายดังนั้นแล้วจึงไม่จำเป็นต้องมีตะแกรงแยกเยื่อเจริญและส่วนของรำ

4) ลดความเสี่ยงจากความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับทั้งข้าวและเครื่องจักรอันเนื่องมาจากความสะเพร่า และความไม่ชำนาญของผู้ควบคุม

5) ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องตัดหางและกลีบรองเมล็ดก่อนที่จะทำการกะเทาะข้าวพันธุ์ที่มีหางและกลีบรองเมล็ดยาวๆ

การกะเทาะโดยใช้ลูกยางกะเทาะข้าวกล้องจะมีการแตกหักน้อย ทำให้ปลายข้าวกล้องมีน้อยและไม่ถูกดูดออกไปพร้อมกับแกลบ แต่ข้าวกล้องที่ร้าวจะมาแตกหักในขั้นตอนการขัดขาว ซึ่งปลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวขาวที่ได้จะไม่สูญเสียไปภายนอกแต่จะผ่านออกมาแยกเป็นส่วนปลายและข้าวหักได้มากกว่าการกะเทาะด้วยโม่หิน ซึ่งปลายบางส่วนจะสูญเสียไปกับแกลบ

2.9.2.2 ข้อเสียเปรียบของเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง

ข้อเสียเปรียบของลูกยางกะเทาะมีเพียงอย่างเดียวคือ ค่าใช้จ่ายในการทำงาน เพราะการสึกหรอมีมากกว่าทำให้ต้นทุนในการซ่อมแซมบำรุงสูงกว่า นอกจากนั้น เรายังไม่สามารถพอกยางได้เองเหมือนพอกกากเพชรของเครื่องกะเทาะแบบโม่หิน

2.9.2.3 การปรับและการใช้ (adjustment and operation)

การกะเทาะด้วยลูกยางอาศัยการบีบเมล็ดเพื่อป้องกันการลื่นไถล โดยลูกยางที่หมุนเร็วจะทำหน้าที่ดึงเปลือกด้านหนึ่งของข้าวเพื่อให้หลุดออก ส่วนลูกยางที่หมุนช้าจะพยุงเปลือกอีกด้านหนึ่งไว้ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพจึงต้องมีการปรับเครื่องให้ทำงานอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอัตราการไหลของข้าวและระยะห่างของลูกยาง ซึ่งมีขั้นตอนการปรับการใช้ ดังนี้

1) ก่อนที่จะใช้งาน ควรเปิดฝาครอบเพื่อตรวจสอบหน้ายางเสียก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีเมล็ดข้าวติดอยู่ที่หน้ายางทั้งสอง

2) ปรับลูกยางให้ชิดเข้าหากัน โดยเหลือระยะห่างเอาไว้เล็กน้อย

3) ตรวจสอบระบบดูดเพื่อหล่อเย็น

4) ปิดฝาครอบ

5) ปิดประตูปล่อยข้าว

6) ติดเครื่อง

7) ใส่ผลผลิตลงในถังพัก

8) เปิดประตูปล่อยข้าวเต็มที่

9) กำหนดการไหลของเมล็ด โดยการหมุนมือปรับช้าๆแล้วมองตรงช่องด้านข้างฝาครอบให้ข้าวที่ปล่อยไหลลงเป็นแผ่นบางๆและทั่วถึงตลอดทั้งหน้าของลูกยางการไหลอาจหยุด ซึ่งเกิดจากการอุดตันของสิ่งเจือปน ในกรณีนี้ต้องปิดประตูปล่อยข้าวและแยกลูกยางทั้งสองออกจากกัน ปลดสายพานของลูกกลิ้งป้อน (feed roller) ปิดแผ่นควบคุมการไหล (baffle) ตัวล่างลงแล้วหมุนลูกยางด้วยมือ ให้สิ่งเจือปนไหลออกไป

10) ปรับระยะห่างของลูกยาง โดยตรวจสอบข้าวที่กะเทาะและแยกแกลบออกไปแล้วจนได้ข้าวที่กะเทาะแล้วประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ากะเทาะข้าวเมล็ดสั้นที่มีความหนาใกล้เคียงกันสามารถเพิ่มการกะเทาะได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แกลบที่ได้จะตรง แต่ถ้าแกลบที่มีการบิดงอหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกยุ่ยแสดงว่าแรงที่ใช้ฉีกเปลือกมากเกินไป ต้องปรับลูกยางให้ห่างออกไปเล็กน้อย เพราะอาจทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง

11) เมื่อเดินเครื่องไปสักระยะหนึ่ง ต้องทำการตรวจสอบอัตราการกะเทาะอีก เพื่อให้แน่ใจว่าระยะห่างของลูกยางถูกต้อง

12) เมื่อใช้งานไปได้ประมาณ 2 ชั่วโมง จะต้องหยุดพักลูกยางสักระยะหนึ่ง เพื่อปล่อยให้อุณหภูมิลูกยางลดต่ำลงแล้วจึงเดินเครื่องต่อไป

13) จะต้องหยุดเครื่องก่อนที่ข้าวในถังพักจะหมดหรือระดับต่ำสุด

14) การหยุดเครื่องต้องปิดประตูปล่อยข้าวก่อน เมื่อข้าวผ่านลูกยางไปหมดแล้วก็หยุดเครื่องได้แล้วแยกลูกยางออกจากกัน

2.9.3 เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยง (centrifugal husker)

เป็นเครื่องกะเทาะที่ใช้แรงเหวี่ยงจากจานหมุน ให้เมล็ดข้าวเปลือกไปกระทบผนังยางแล้วเปลือกจะฉีกออกจากเมล็ดข้าวกล้อง ประกอบด้วย จานหมุน ผนังกระทบ และห้องกะเทาะ เมล็ดข้าวเปลือกจะถูกป้อนเข้าตรงกลางของจานหมุน จากนั้นจานหมุนจะเหวี่ยงเมล็ดข้าวเปลือกออกไปตามแนวรัศมี โดยมีแนวสันร่องบนหน้าจานเป็นตัวกำกับการเคลื่อนที่ของเมล็ด จนเคลื่อนไปกระทบกับผนังซึ่งทำจากยางในขณะที่เมล็ดกระทบผนัง เมล็ดจะทำมุมเอียงกับผนังกระทบประมาณ 30-45 องศา เปลือกจะแตกออกด้วยแรงบิดตัวของเมล็ด จากนั้นเมล็ดที่กะเทาะแล้วจะเคลื่อนออกจากเครื่องด้วยกระแสลมที่เกิดจากการหมุนของจานหมุน แรงกระทบของข้าวกับผนังยางนี้ ถ้าแรงมากก็อาจจะทำให้เมล็ดข้าวกล้องหักได้นอกจากความแรงของเมล็ดข้าวที่วิ่งไปกระทบผนังยางแล้ว ก็ยังมีองค์ประกอบอื่นๆที่มีความสัมพันธ์กันกับการกะเทาะและการหักของเมล็ดข้าวได้ เช่น พันธุ์ข้าวที่ใช้ ความชื้นของเมล็ดข้าว ความแข็งของผนังที่เมล็ดข้าววิ่งไปกระทบ มุมกระทบของเมล็ดข้าวกับผนัง ระยะห่างของผนังกับขอบของจานหมุน เส้นผ่าศูนย์กลาง และความหนาของจานเหวี่ยง โดยทั่วไปจะมีความสามารถในการทำงานประมาณ 200-400 กิโลกรัม ข้าวเปลือกต่อแรงม้าต่อชั่วโมง

ในการใช้เครื่องกะเทาะแต่ละชนิดผู้ประกอบการจะดูถึงความเหมาะสมในการใช้งาน โรงสีบางแห่งจะสีข้าวบางพันธุ์เท่านั้นไม่ได้สีทุกพันธุ์เนื่องจากเครื่องจักรที่ทำการกะเทาะทำมาสำหรับข้าวที่มีลักษณะที่เฉพาะ ซึ่งวิธีนี้ก็นับว่าเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดการสูญเสียในกระบวนการได้มาก ในการเลือกเครื่องจักรให้เหมาะสมกับข้าวที่จะกะเทาะองค์ประกอบหลักในการเลือกก็คือต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือก ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะข้าวเปลือก ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะข้าวเปลือก [31]

ก่อนที่ทำการกะเทาะเปลือกสิ่งที่จะต้องทราบในข้าวแต่ละพันธุ์ ซึ่งได้แก่ 1) ส่วนประกอบกายภาพของเมล็ดข้าว 2) องค์ประกอบของเครื่องกะเทาะ 3) การปรับแต่งเครื่องกะเทาะ 4) ลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลที่จะนำไปปรับแต่งเครื่องกะเทาะให้เหมาะสม เพราะข้าวแต่ละพันธุ์ก็จะมีลักษณะที่เฉพาะแตกต่างกันออกไปหากไม่ใส่ใจ ณ จุดนี้อาจทำให้ข้าวเกิดความเสียหายได้ ซึ่งรายละเอียดในการพิจารณาข้าวแต่ละพันธุ์ก่อนนำมากะเทาะได้แก่

1) ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือกมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับองค์ประกอบทางชีวภาพของข้าวเปลือก ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการกะเทาะเปลือก คือ

ความยาว ความยาวของเมล็ดข้าวเปลือกไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว แต่ถึงแม้จะเป็นพันธุ์เดียวกันก็ตาม ขนาดความยาวของเมล็ดข้าวเปลือกก็ไม่แน่นอน ทั้งนี้เพราะความแปรปรวน เนื่องจากขนาดความยาวของหาง (Awn) และขั้วเมล็ด ดังนั้น การกำหนดชนิดของข้าวเปลือกจึงขึ้นอยู่กับความยาวของเมล็ดข้าวกล้อง ในการกะเทาะข้าวที่มีเมล็ดยาวมีโอกาสหักมากกว่าข้าวเมล็ดสั้น รวมทั้งข้าวเมล็ดยาว มีน้ำหนักแกลบอยู่ประมาณ 23% ซึ่งสูงกว่าข้าวเปลือกเมล็ดสั้น ซึ่งมีน้ำหนักแกลบอยู่ประมาณ 20% ทำให้ข้าวสารที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่า

ผิวของแกลบ ที่ผิวของแกลบมีหนามแข็งเล็กๆ (trichomes) และมีส่วนประกอบของซิลิกาสูง ทำให้ผิวหยาบ และมีคุณสมบัติในการขัดสี ในการกะเทาะข้าวเปลือก โดยใช้เครื่องกะเทาะแบบลูกยาง (rubber rolls) จะมีอายุการใช้งานของลูกยางกะเทาะสั้น ผิวของข้าวเปลือกมีผลต่อการกะเทาะ คือ กากข้าวหรือข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะจะมีผิวเรียบกว่า ทั้งนี้เพราะส่วนของหนามแข็งเล็กๆถูกทำลายไปเมื่อผ่านเครื่องกะเทาะ การกะเทาะข้าวจึงยากกว่า

ช่องว่างระหว่างแกลบและเมล็ดข้าวกล้อง มีบทบาทสำคัญในการออกแบบเครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงหรือแรงกระแทก (centrifugal or impact huller) เครื่องกะเทาะแบบนี้ จะใช้ความเร็วรอบสูงเพื่อให้เกิดแรงเหวี่ยงเมล็ดข้าวเปลือก โดยความยาวของเมล็ดจะขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ เมื่อกระทบกับผนังยางเมล็ดข้าวกล้องจะเคลื่อนที่ภายในเปลือกไปข้างหน้าผ่านช่องว่างและทะลุเปลือกออกมา

ลักษณะการยึดเกาะของเปลือกข้าว แกลบประกอบด้วยเปลือกใหญ่เปลือกเล็ก หาง ขั้วเมล็ด และกลีบของเมล็ด เปลือกใหญ่และเปลือกเล็กจะยึดเกาะกันแน่นด้วยรอยต่อพับสองชั้นทั้งสองข้างตลอดความยาวของเมล็ดข้าว ในการกะเทาะข้าวเปลือกต้องอาศัยแรงเพื่อทำให้เปลือกใหญ่และเปลือกเล็ก แยกออกจากกันตรงรอยต่อ ซึ่งทำให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการแตกหักของเมล็ดข้าวและในการออกแบบเครื่องกะเทาะแบบลูกยาง อาศัยคุณสมบัติที่เปลือกของข้าวมี 2 ส่วน คือ เปลือกเล็กและเปลือกใหญ่ ช่วยในการกะเทาะ

หางเมล็ดข้าว ข้าวเปลือกบางพันธุ์มีหางยาวมาก ทำให้เกิดการกะเทาะยากและเพิ่มปริมาณข้าวหัก เพราะต้องใช้แรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดเรียงตัวกันของเซลล์เม็ดแป้ง เซลล์เม็ดแป้ง (starchy cells) ชั้นนอกสุดของเมล็ดที่มีรูปร่างยาวเรียวและจะเรียงตัวกันโดยด้านยาวพุ่งเข้าศูนย์กลางของเมล็ด รูปร่างและตำแหน่งของการเรียงตัวกันของเซลล์เม็ดแป้งชั้นนอกสุดนี้จะมีผลต่อความเค้น เนื่องจากความร้อน (thermal stresses) ทำให้เกิดรอยร้าวภายในเมล็ดรวมทั้งรูปร่างและตำแหน่งการเรียงตัวของเซลล์ชั้นนอกสุดของเมล็ด ซึ่งง่ายต่อการแตกหักภายใต้แรงกระแทกซึ่งแรงกระแทกนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการสีฝัด การลำเลียง การทำความสะอาด หรือการกะเทาะ และคุณสมบัติการเรียงตัวกันของเซลล์นี้ อาจทำให้เกิดการแตกหักได้ในกระบวนลดความชื้นที่ผิดวิธี

ความชื้นของข้าวเปลือก ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง จะมีความแกร่งน้อย รวมทั้งเปลือก (แกลบ) จะมีความเหนียวเมื่อนำไปกะเทาะเปลือกจะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักสูง รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะสูงด้วย

รอยร้าวในเมล็ดข้าว ข้าวเปลือกที่มีรอยร้าวเมื่อนำมาสีโอกาสหักจะสูง รอยร้าวในเมล็ดข้าวเกิดได้หลายสาเหตุ อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หรือเกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เช่น รอยร้าวจากเครื่องนวด ฯลฯ

2) **องค์ประกอบของเครื่องกะเทาะ**

เครื่องกะเทาะแต่ละแบบจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน บางแบบอาจมีประสิทธิภาพในการกะเทาะสูง แต่มีข้อเสียคือ ราคาเครื่องอาจสูงและชิ้นส่วนมีอายุการใช้งานสั้นและมีราคาแพง เช่น เครื่องกะเทาะแบบลูกยาง เครื่องกะเทาะที่ใช้งานไปชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่กะเทาะเปลือกก็จะสึกหรอไป เนื่องจากความคมของผิวเปลือกข้าวทำให้ประสิทธิภาพในการกะเทาะต่ำลง

3) **การปรับแต่งเครื่องกะเทาะ**

การใช้เครื่องมือแต่ละชนิด จะต้องทราบถึงวิธีการใช้งานทั้งนี้เพื่อให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูง เครื่องกะเทาะเปลือกก็เช่นเดียวกัน จำเป็นที่ผู้ใช้จะต้องทราบถึงวิธีการปรับแต่งเครื่องให้สอดคล้องกับขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือก เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูง การปรับแต่งที่ผิดวิธีจะทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะต่ำ หรืออาจจะทำให้เมล็ดข้าวแตกหักสูง รวมทั้งข้าวเปลือกที่นำมากะเทาะควรมีขนาดไล่เลี่ยกัน

4) **ลักษณะประจำพันธุ์**

ข้าวบางพันธุ์จะมีปริมาณของข้าวท้องไข่สูง เมื่อนำมาสีจะได้ข้าวหักสูงรวมทั้งความแกร่งของเมล็ดข้าวซึ่งมีผลต่อการสีด้วย ข้าวบางพันธุ์เปลือกติดแน่นเมล็ดทำให้กะเทาะออกยาก

กระบวนการกะเทาะเปลือกเป็นกระบวนการแรกที่เมล็ดข้าวเกิดการเสียหายได้ง่ายสุดหากละเลยความสำคัญแม้แต่น้อยสิ่งเหล่านี้ก็จะนำไปสู่การสูญเสียที่มากขึ้นในกระบวนการที่เหลือต่อไป การใส่ใจในรายระเอียดทุกขั้นตอนเป็นการนำมาซึ่งคุณภาพของผลผลิตที่ได้เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสีข้าว ซึ่งนับเป็นความภาคภูมิใจที่เกิดขึ้นที่ได้รับจากความตั้งใจของผู้ประกอบการนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ คือ การศึกษาถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวและรูปแบบการกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าว โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ 1) ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง 2) คุณภาพการกะเทาะในการทดลองได้แก่ เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก เปอร์เซ็นต์แกลบ ความขาวของข้าวกล้อง และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง 3) คุณภาพการหุงต้ม และ4) การศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว โดยมีรายละเอียดในการทดลองดังนี้

3.1 ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวชลบุรี มาทำการเก็บรักษาต่อ ณ หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังของปีการเพาะปลูก 2552-2553 จำนวน 150 กิโลกรัม ซึ่งข้าวที่นำมาจากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวมีการบรรจุกระสอบๆ ละ 25 กิโลกรัม จากนั้นนำมาตั้งเรียงกันเพื่อให้อากาศสามารถถ่ายเทได้สะดวกที่สภาพอุณหภูมิห้อง จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 60, 90, 110, 130, 150 และ180 วันในการเก็บรักษา ก่อนทำการทดลองทุกครั้ง ทำการวัดความชื้นของข้าวเปลือกโดยใช้เครื่อง Moisture Tester Model TA-5 ดังภาพที่ 3.1 วัดขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกด้าน ยาว กว้าง และหนา โดยใช้เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ Mitutoyo Absolute Digimatic CD-8" CSX Digital Caliper ดังภาพที่ 3.2 จำนวน 100 เมล็ด ทำการสุ่มนับเมล็ดข้าวเปลือก 1,000 เมล็ดชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง Ohaus Adventurer Balance AR2140 ดังภาพที่ 3.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งค่าที่ได้นี้อาจส่งผลต่อการทดลองในลำดับต่อๆไป ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาก่อนทำการทดลองทุกครั้ง ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลองจะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 4 ในหัวข้อ 1. ผลการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 เครื่อง Moisture Tester Model TA-5

ภาพที่ 3.2 แสดงวิธีการวัดขนาดของเมล็ดข้าว ด้านยาว กว้าง และหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.3 เครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง Ohaus Adventurer Balance AR2140

3.2 คุณภาพการกะเทาะ

คุณภาพการกะเทาะในการทดลองได้แก่ เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก เปอร์เซ็นต์แกลบ ความขาวของข้าวกล้อง และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง หลังจากวัดคุณสมบัติของข้าวเปลือก ก่อนทำการทดลอง ณ วันที่ทำการทดลองแล้วจากนั้นเป็นขั้นตอนการกะเทาะเปลือก ซึ่งประกอบด้วย

1. เครื่องกะเทาะเปลือก Satake Husk Tester รุ่น THU ลูกยางกะเทาะขนาด 3.5 x 9 ซม. ความแข็งของลูกยางอยู่ที่ระดับ 90 ± 3 shore ดังภาพที่ 3.4

2. ตรวจสอบและทำความสะอาดเครื่องกะเทาะที่จะใช้ในการทดสอบ โดยใช้แปรงปัดฝุ่นที่ติดอยู่กับเครื่อง

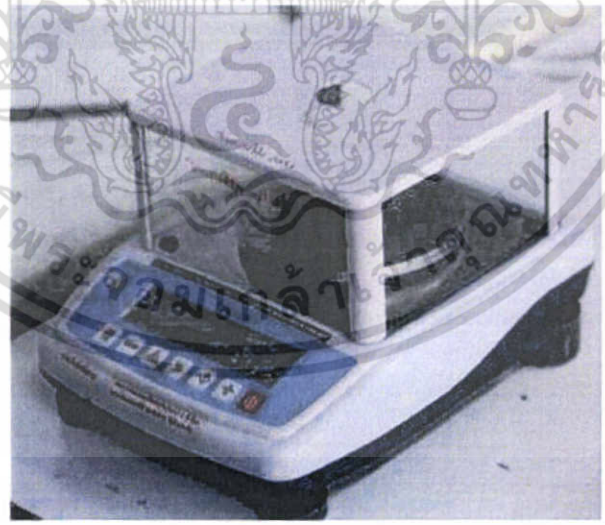
3. เปิดฝาด้านหน้าของเครื่องกะเทาะปรับระยะห่างของลูกยางกะเทาะให้ห่างกันพอที่จะให้แปรงปัดทำความสะอาดของลูกยางได้ทั่วถึงและเพื่อป้องกันฝุ่นและเมล็ดข้าวที่อาจจะยังติดอยู่กับลูกยางกะเทาะ

4. กดปุ่มเดินเครื่องเพื่อดูความเรียบร้อยอีกครั้ง ปิดช่องพักข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.4 เครื่องกะเทาะ Satake Husker Tester รุ่น THU

5. ชั่งน้ำหนักข้าวเปลือก 150 กรัมด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลที่มีจุดทศนิยมสองตำแหน่งรุ่น (600g X 0.01g NHB-600+Tscale) ดังภาพที่ 3.5 ใส่ลงในช่องพักข้าวของเครื่องกะเทาะ สาเหตุที่ใช้ข้าวเปลือก 150 กรัม ได้อ้างอิงจาก [34] ในแต่ละตัวอย่างของการกะเทาะเปลือกต้องใช้ปริมาณข้าวเปลือกไม่น้อยกว่า 100 กรัมในการทดลอง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ปริมาณข้าวเปลือก 150 กรัมซึ่งมากกว่า [34] กำหนดปรับระยะห่างของลูกยางไปที่ระยะ 0.1 มิลลิเมตร โดยใช้ฟิลเลอร์เกจในการวัดระยะห่าง



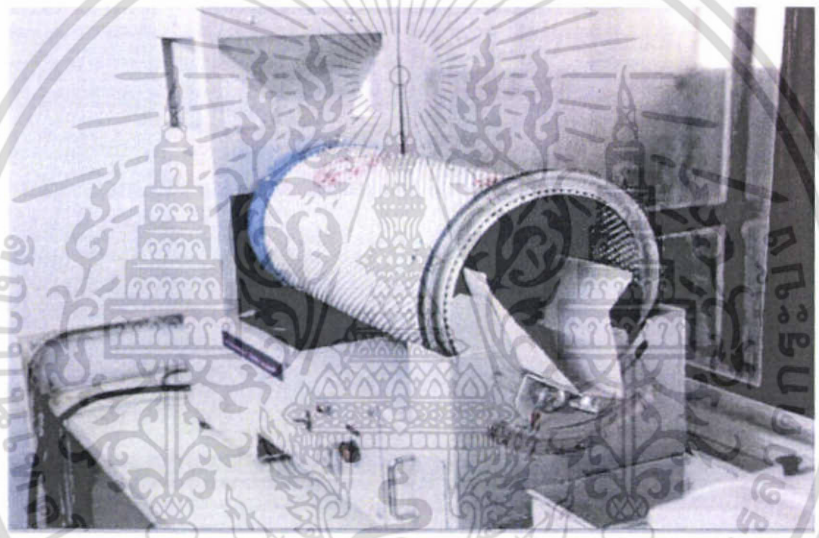
ภาพที่ 3.5 เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ 600g X 0.01g NHB-600+Tscale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กดปุ่มเดินเครื่องเริ่มปล่อยข้าวเปลือกจากถังพัก โดยคอยสังเกตให้เมล็ดข้าวกระจายเต็มหน้าลูกยางกะเทาะรอจนกระทั่งข้าวเปลือกไหลลงกะเทาะหมดถังพัก รอสักครู่เพื่อให้เมล็ดข้าวที่ติดอยู่กับลูกยางกะเทาะหลุดออกหมด

7. กดปุ่มปิดเครื่อง และเพื่อให้แน่ใจว่าข้าวไหลออกจากเครื่องหมดแล้ว ทำการกดปุ่มเดินเครื่องย่ำ 2-3 ครั้ง

8. นำส่วนที่ได้จากการกะเทาะเปลือก คือ ข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ข้าวหัก และแกลบ มาชั่งน้ำหนัก โดยส่วนที่เป็น ข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวหักเมื่อกะเทาะเสร็จจะปนกันอยู่ ดังนั้นจึงต้องนำไปคัดแยกข้าวหักออกก่อน โดยนำไปคัดแยกข้าวหักและปลายข้าวด้วยตะแกรงกลมคัดเปอร์เซ็นต์ข้าวตัวยาว BBS-L100 ดังภาพที่ 3.6 โดยใช้ตะแกรงกลมเบอร์ 6 มิลลิเมตร ปรับมุมเอียงถาดรองรับข้าวหักและปลายข้าว ที่ประมาณ 40 องศา (จากแนวดิ่ง) สิ่งที่ได้คือส่วนที่เป็นต้นข้าว (ข้าวเปลือก+ข้าวกล้อง) และข้าวหัก



ภาพที่ 3.6 ตะแกรงกลมคัดเปอร์เซ็นต์ข้าวตัวยาว BBS-L100

9. นำข้าวหักไปชั่งน้ำหนักส่วนข้าวเปลือกที่รวมอยู่กับข้าวกล้องนำมาทำการคัดแยกด้วยมือเพราะจะมีส่วนที่เป็นข้าวเปลือกปนอยู่ไม่มาก

10. นำข้าวเปลือกและข้าวกล้องที่ได้จากการคัดแยกไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า X 100

11. นำน้ำหนักของแต่ละส่วนที่ได้จากการกะเทาะคือ ส่วนของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ข้าวหัก และแกลบมาคำนวณหา เปอร์เซ็นต์ที่ได้ของแต่ละส่วน โดยใช้สมการที่ 1 - 4 ตามลำดับ

$$\frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้องที่ได้หลังการกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น(150 กรัม)}} \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\frac{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกที่ได้หลังการกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น(150 กรัม)}} \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\text{น้ำหนักข้าวหักที่ได้หลังการกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น(150 กรัม)}} \times 100 \quad \text{..... (3)}$$

$$\frac{\text{น้ำหนักแกลบที่ได้หลังการกะเทาะ}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น(150 กรัม)}} \times 100 \quad \text{..... (4)}$$

12. จากนั้นทำความสะอาดเครื่องกะเทาะจนสะอาดเพื่อทำการทดสอบครั้งต่อไปในการทดสอบแต่ละระยะห่างของลูกยางคือที่ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร จะทดสอบที่แต่ระยะละ 3 ตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

13. ทำการทดลองเช่นเดิมแต่ปรับระยะห่างของลูกยางกะเทาะเป็นที่ระยะ 0.5 และ 1 มิลลิเมตร บันทึกค่าที่ได้ หลังจากนั้นนำข้าวกล้องที่ได้แต่ละระยะห่างของลูกยาง มาวัดความขาวของข้าวกล้อง โดยเครื่อง Satake Rice milling Meter รุ่น MM1D ดังภาพที่ 3.7 ที่ทุกระยะห่างของลูกยางระยะห่างละ 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความขาว

ภาพที่ 3.7 เครื่องวัดความขาวข้าว Satake Rice milling Meter รุ่น MM1D

14. หลังจากวัดความขาวของข้าวกล้องเรียบร้อยแล้ว นำเมล็ดข้าวกล้องที่ทุกระยะห่างของลูกยางมาทำการวัดขนาดด้าน ยาว กว้าง และหนา เช่นเดียวกับการวัดขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกข้างต้น โดยทำการวัดขนาดข้าวกล้องที่แต่ละระยะห่างของลูกยางระยะห่างละ 100 เมล็ด บันทึกค่าที่ได้

15. วัดความขาวของข้าวกล้องที่แต่ละระยะห่างของลูกยาง ระยะห่างละ 3 ซ้ำตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

16. นับเมล็ดข้าวกล้องที่ทุกระยะห่างของลูกยาง ระยะห่างละ 1,000 เมล็ด ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง Ohaus Adventurer Balance AR2140 ดังภาพที่ 3.3 ซึ่งค่าที่ได้จากคุณภาพการกะเทาะนี้ สามารถแสดงเป็นค่าชี้วัด เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และเปอร์เซ็นต์แกลบ และที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะแตกต่างกันนี้ยังสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงเป็นค่าสัดส่วนการกะเทาะที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และเปอร์เซ็นต์แกลบ ได้โดยใช้สัดส่วน G/W โดยที่ค่า G คือระยะห่างของลูกยางกะเทาะ และค่า W คือ ความกว้างของเมล็ดข้าวได้อีกด้วย ซึ่งค่าที่ได้ของคุณภาพการกะเทาะจะกล่าวถึงในผลการทดลองในบทที่ 4 หัวข้อที่ 2 ผลคุณภาพการกะเทาะ ต่อไป

3.3 คุณภาพการหุงต้ม

สำหรับคุณภาพการหุงต้มทำการวัดค่าการขยายตัวของเมล็ดข้าว โดยอ้างอิงจากวิธีทดลอง [35] [36] ทำการทดลองโดยจะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น [37] โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำข้าวกล้องที่แต่ละระยะห่างของลูกยางกะเทาะ ระยะห่างละจำนวน 20 กรัม บรรจุลงในตะกร้าที่ทำจากลวดขนาด (สูง 7 cm ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง x 3.5 cm.)

2. ต้มน้ำในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 97 °C รอจนอุณหภูมิของน้ำคงที่

3. นำตะกร้าที่มีข้าวกล้องอยู่ภายใน ตวงน้ำใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml. น้ำภายในบีกเกอร์ที่ใช้ต้มข้าวกล้องมีปริมาตร 200 ml.

4. นำบีกเกอร์ใส่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ รอสักครู่ใช้เทอร์โมคัพเปิลวัดอุณหภูมิของน้ำในอ่างและในบีกเกอร์ให้คงที่ที่ 97 °C เท่ากัน

5. ใส่ตะกร้าข้าวลงไปในบีกเกอร์ที่อยู่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ปิดฝาครอบอ่าง จากนั้นทำการจับเวลาเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที ก็จะนำตะกร้าและข้าวออกจากบีกเกอร์ จากนั้นปล่อยให้สะเด็ดน้ำ 10 นาที

6. จากนั้นนำข้าวมาวัดปริมาตรการดูดซึมน้ำคำนวณจากอัตราส่วนของน้ำที่ดูดซึมกับน้ำหนักข้าวเบื้องต้น ดังสมการที่ 5

$$\text{อัตราส่วนน้ำที่ดูดซึม} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้องหลังต้ม - น้ำหนักข้าวกล้องก่อนต้ม}}{\text{น้ำหนักข้าวกล้องก่อนต้ม (น้ำหนักต้นข้าว 20 กรัม)}} \quad \text{..... (5)}$$

7. และนำมาวัดปริมาตรของการขยายตัวของเมล็ดข้าวซึ่งในการทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การวัดปริมาตรการขยายตัวโดยรวม และการวัดปริมาตรการขยายตัวแบบเมล็ดเดี่ยวโดยการวัดปริมาตรการขยายตัวโดยรวมคำนวณจากอัตราส่วนความสูงของข้าวสุกกับความสูงของข้าวดิบดังสมการที่ 6 และการวัดปริมาตรการขยายตัวแบบเมล็ดเดี่ยวคำนวณจากสัดส่วนความสูงของข้าวสุกกับความสูงของข้าวดิบดังสมการที่ 7 และ 8 ตามลำดับ ที่แต่ละระยะห่างของลูกยางและที่ทุกระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างละ 10 เมล็ด ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9 จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

$$\textbf{ปริมาตรการขยายตัวโดยรวม} = \frac{\textbf{ความสูงข้าวสุกหลังต้ม – ความสูงข้าวดิบ}}{\textbf{ความสูงของข้าวดิบ}} \quad \text{.....(6)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรการขยายตัวแบบเมล็ดเดี่ยว (ด้านยาว)

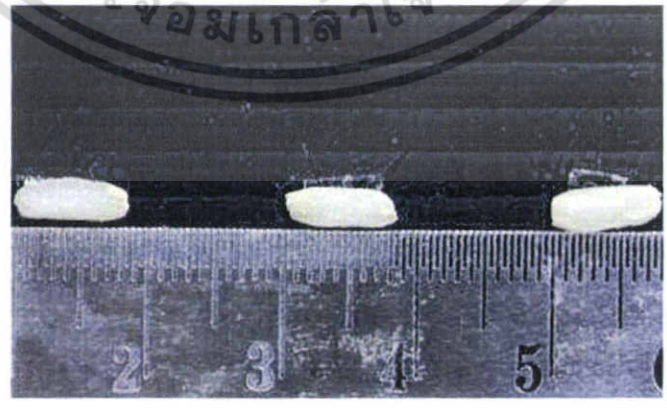
$$= \frac{\text{ความยาวของเมล็ดข้าวกล้องหลังต้ม-ความยาวของเมล็ดข้าวกล้องก่อนต้ม}}{\text{ความยาวของเมล็ดข้าวกล้องก่อนต้ม}} \quad \text{.....(7)}$$

ปริมาตรการขยายตัวแบบเมล็ดเดี่ยว (ด้านกว้าง)

$$= \frac{\text{ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องหลังต้ม-ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องก่อนต้ม}}{\text{ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องก่อนต้ม}} \quad \text{.....(8)}$$

จากนั้นนำเมล็ดข้าวกล้องที่ต้มแล้วมาวัดด้านกว้างและด้านยาวของเมล็ดเพื่อดูปริมาตรการขยายตัวของเมล็ดข้าวแบบเมล็ดเดี่ยว

ภาพที่ 3.8 แสดงการวัดความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องหลังการหุงต้ม



ภาพที่ 3.9 แสดงการวัดด้านยาวของเมล็ดข้าวกล้องหลังการหุงต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่ได้จากการทดลองเรื่องการหุงต้ม เป็นค่าที่สามารถบ่งบอกได้ว่าข้าวมีการขยายตัวไปในทิศทางใด ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันและที่ระยะห่างของลูกยางแตกต่างกันซึ่งผลของการทดลองที่ได้จะกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 4 ในหัวข้อ 3 ผลของคุณภาพการหุงต้ม ต่อไป

3.4 การศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว ได้แก่ ความสามารถในการรับแรงกด และแรงดัดสูงสุด ทำการตรวจสอบคุณภาพข้าวกล้องก่อนการเก็บรักษาคือที่ระยะเวลา 60 วัน และหลังจากการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 90, 110, 130, 150 และ180 วัน ในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวนี้จะทดสอบทั้งที่เป็นเมล็ดข้าวเปลือกและที่เป็นเมล็ดข้าวกล้อง โดยมีวิธีการทดสอบดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ในการทดสอบคุณสมบัติทางกลใช้เครื่องTexture Analyzer รุ่น(TA.HDPlus) ดังภาพที่ 3.10

2. ในการทดสอบคุณสมบัติทางกลจะใช้เมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยาง 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ระยะห่างละ15 เมล็ด ที่ทุกระยะเวลาการเก็บรักษา

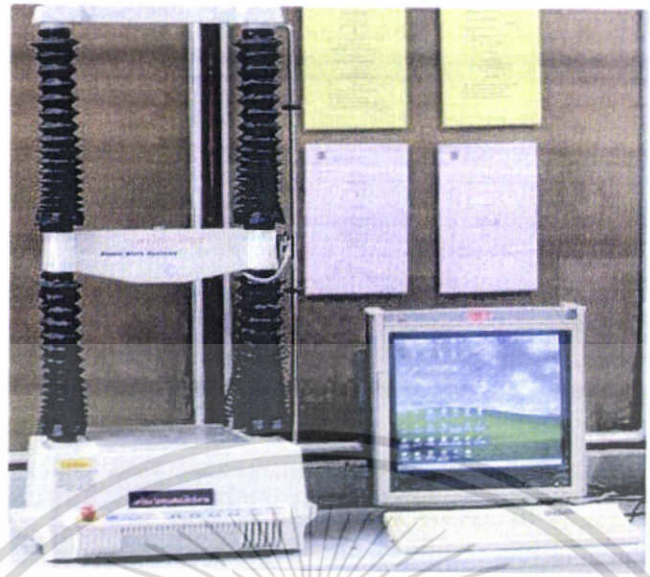
3. ในการทดสอบวัดความสามารถในการรับแรงกดจะใช้อุปกรณ์ที่ทำมาเฉพาะสำหรับการทดสอบการรับแรงกดของเมล็ดข้าว ดังแสดงในภาพที่ 3.11 โดยจะทำการวางเมล็ดข้าวในทิศทางแนวตั้ง

4. จากนั้นทำการกดด้วยเครื่อง Texture Analyzer ในทิศทางตั้งฉากกับเมล็ดข้าว ดังแสดงในภาพที่ 3.13 เครื่องจะกดลงมาที่เมล็ดข้าวพร้อมทั้งบันทึกค่าที่ได้จากการกดโดยเป็นปริมาณแรงที่ใช้ที่ทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก

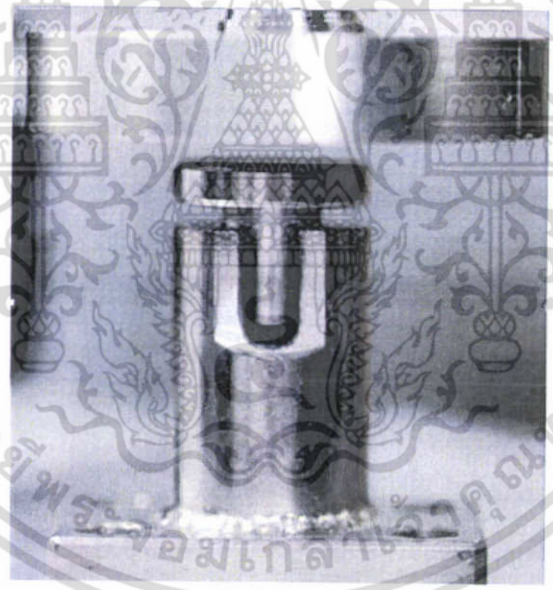
5. สำหรับการทดสอบความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวจะใช้อุปกรณ์ที่ทำมาเฉพาะสำหรับการทดสอบการรับแรงดัดของเมล็ดข้าว ดังแสดงในภาพที่ 3.12

6.ในการทดสอบการรับแรงดัดนี้การวางเมล็ดข้าวจะวางในแนวนอนจากนั้นก็จะใช้เครื่อง Texture Analyzer กดลงมาตรงกลางของเมล็ดข้าว ดังแสดงในภาพที่ 3.13 พร้อมทั้งบันทึกค่าที่ได้จากการกดโดยเป็นปริมาณแรงที่ใช้ที่ทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหักเช่นเดียวกันกับการวัดความสามารถในการวัดแรงดัด ซึ่งรายละเอียดในการทดลองดังแสดงในภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

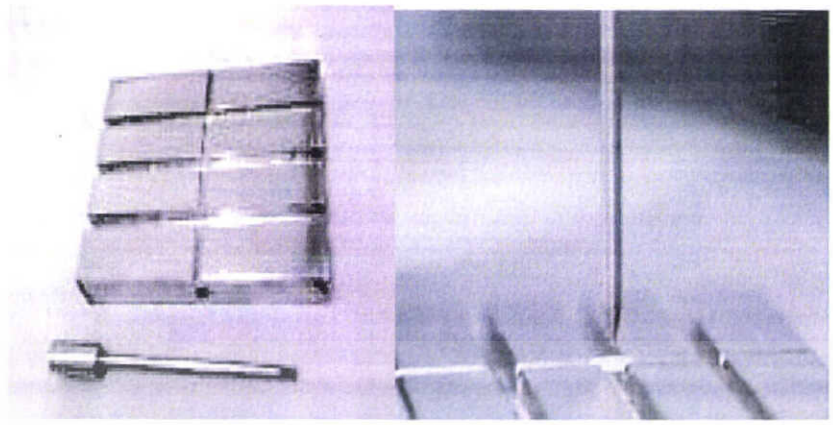


ภาพที่ 3.10 เครื่องทดสอบการรับแรงกดของเมล็ดข้าว (Texture Analyzerรุ่น TA.HDPlus)



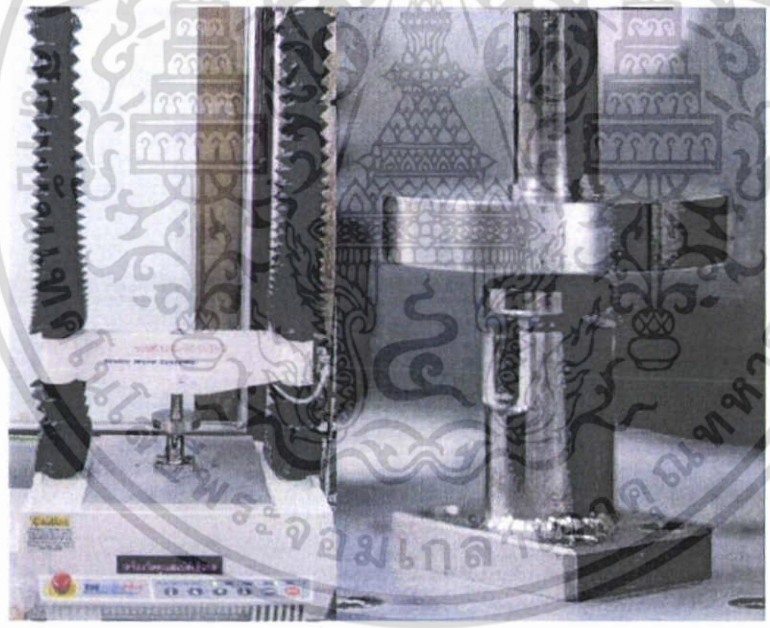
ภาพที่ 3.11 แสดงการกดของเมล็ดข้าวในทิศทางแนวตั้งฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.12 แสดงการกดของเมล็ดข้าวในทิศทางแนวนอน

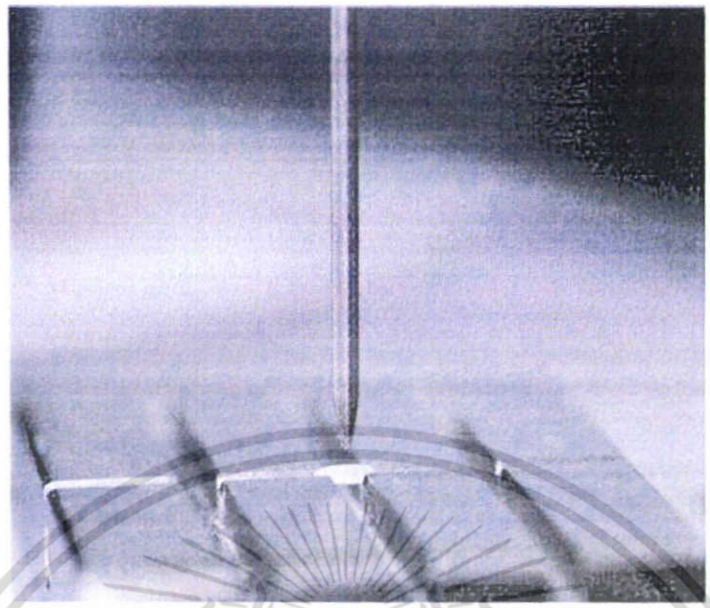
7. การทดสอบแบบ Compression (Vertical) เป็นการทดสอบการรับแรงกดของเมล็ดข้าวกล้อง ที่ระยะห่างของลูกยางและระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยใช้ Probe ชนิด P/75 75 mm. COMPRESSION PLATEN ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 แสดงการกดแบบ Compression (Vertical)

การทดสอบแบบ Bending (Horizontal) เป็นการทดสอบการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวกล้อง ที่ ระยะห่างของลูกยางและระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยใช้ Probe ชนิด P/3 3mm. DIA CYLANDER STANLESS ดังภาพที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 แสดงการกดแบบ Bending (Horizontal)

การทดสอบสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรับแรงของเมล็ดข้าว เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันและที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะแตกต่างกัน ว่าเมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างไร สิ่งเหล่านี้มีผลอย่างมากต่อกระบวนการกะเทาะข้าว จากการศึกษาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการกะเทาะข้าวได้ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 4 ในหัวข้อ 4 ผลการทดสอบสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว ต่อไป

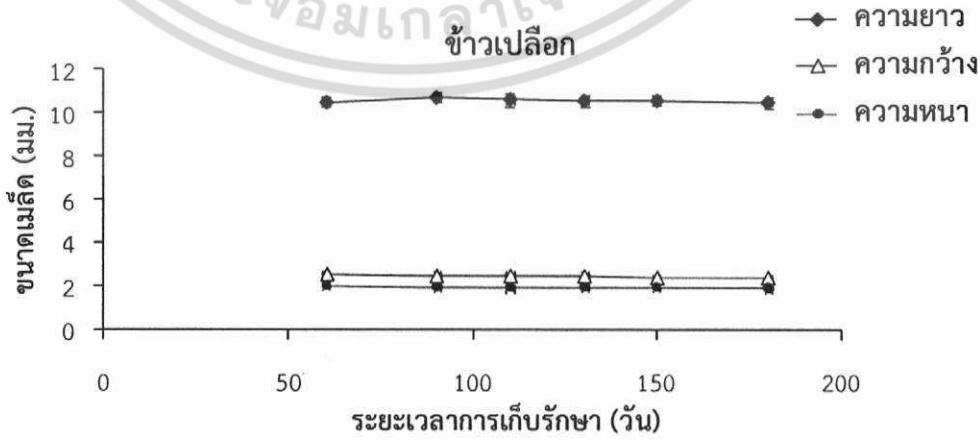
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวและรูปแบบการกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง มีวิธีการดำเนินการศึกษาดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งสามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ 1) ศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง 2) คุณภาพการกะเทาะในการทดลองได้แก่ เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก เปอร์เซ็นต์แกลบ ความขาวของข้าวกล้อง และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง 3) คุณภาพการหุงต้ม และ 4) การศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว ดังนั้นจึงแยกผลการศึกษาและการอภิปรายผลออกเป็นดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง

ข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวชลบุรี มาทำการเก็บรักษาต่อ ณ หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังของปีการเพาะปลูก 2552-2553 จำนวน 150 กิโลกรัม ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกก่อนการเก็บรักษาอยู่ที่ 12.87 %wb ซึ่งข้าวที่นำมาจากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวมีการบรรจุกระสอบๆละ 25 กิโลกรัม จากนั้นนำมาตั้งเรียงกันเพื่อให้อากาศสามารถถ่ายเทได้สะดวกที่สภาพอุณหภูมิห้องโดยมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 49-62 %RH อุณหภูมิกะเปาะแห้งอยู่ระหว่าง 25-27 ^{o}C จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 60, 90, 110, 130, 150 และ 180 วัน ในการเก็บรักษา ผลที่ได้จากการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลองดังแสดงในหัวข้อที่ 3.1 พบว่า จากการวัดขนาดเมล็ดข้าวเปลือกก่อนทำการทดลองทุกๆครั้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60, 90, 110, 130, 150 และ 180 วัน พบว่า ขนาดเมล็ดข้าวเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่ชัดเจน หรืออีกนัยหนึ่งอาจกล่าวได้ว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก โดยเมล็ดข้าวเปลือกมีความยาว ความกว้าง และความหนา ประมาณ 10.5, 2.5 และ 2.0 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 4.1



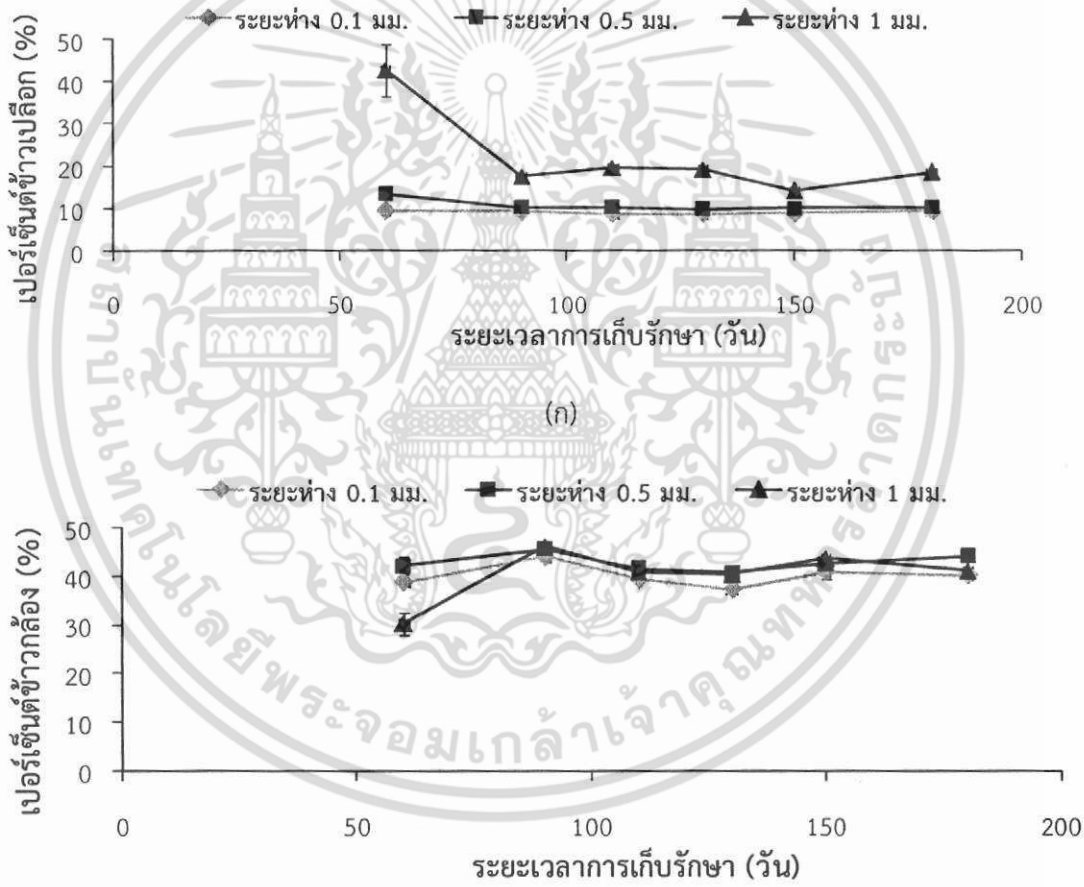
ภาพที่ 4.1 ขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

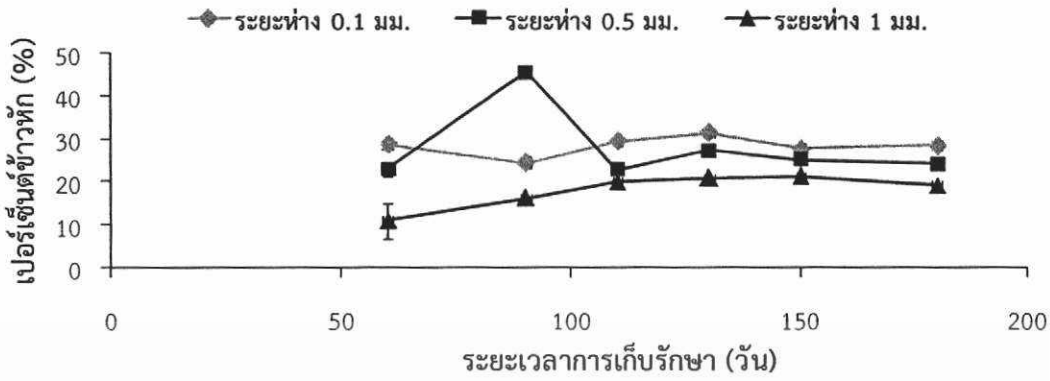
ความชื้นเฉลี่ยของข้าวเปลือกตลอดระยะเวลา ของการเก็บรักษา (60 -180 วัน) อยู่ที่ประมาณ 13% [38] และข้าวเปลือก 1,000 เมล็ดมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 26.141 กรัม

4.2 ผลของคุณภาพการกะเทาะ

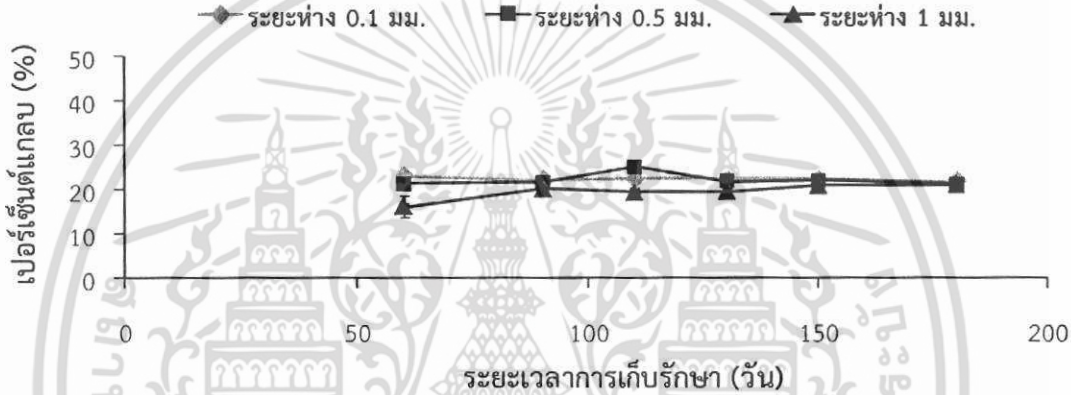
คุณภาพการกะเทาะเป็นหนึ่งในค่าชี้ผลที่ใช้ประเมินค่าในการทดลองนี้ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ส่วนสำคัญได้แก่ 1) เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก 2) เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง 3) เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก 4) เปอร์เซ็นต์แกลบ 5) ความขาวของข้าวกล้อง และ 6) ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง โดยการทดลองใช้ปริมาณข้าวเปลือก 150 กรัม ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกันคือ 60, 90, 110, 130, 150 และ 180 วันมาทำการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 3 ระดับ คือ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร โดยรายละเอียดวิธีการทดลองได้นำเสนอในหัวข้อที่ 3.2 และผลการศึกษาแสดงในภาพที่ 4.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.2 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวต่อคุณภาพการกะเทาะข้าวที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร ก) เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก ข) เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง ค) เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก และ ง) เปอร์เซ็นต์แกลบ

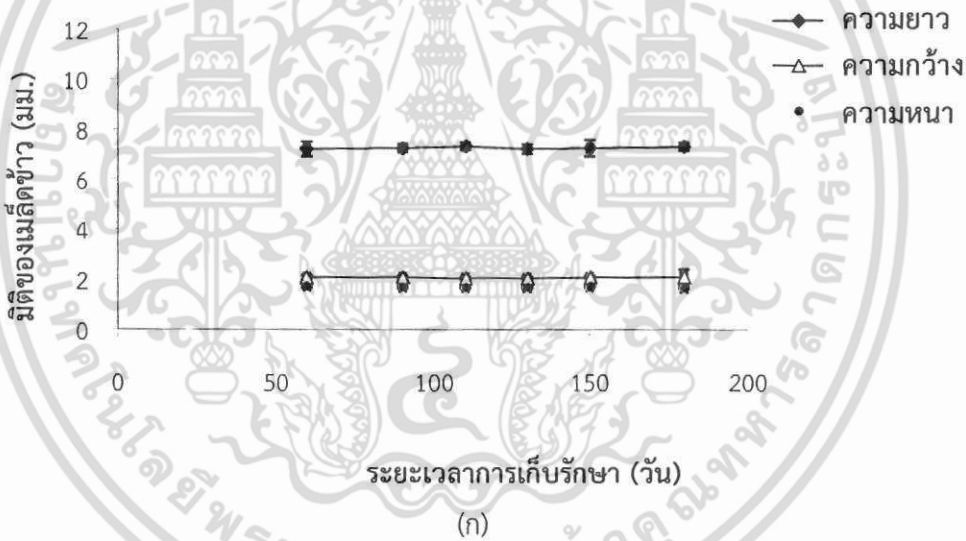
จากภาพที่ 4.2 พบว่าข้าวเปลือกที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลกับคุณภาพการกะเทาะข้าว ในช่วงแรกของการเก็บรักษา (60-90วัน) คือมีแนวโน้มที่เมล็ดข้าวเปลือกสามารถถูกกะเทาะได้มากขึ้นโดยพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง และการลดลงของเปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ [39] [35] ผลผลิตของต้นข้าวจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในส่วนของค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและเปอร์เซ็นต์แกลบนั้น ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะมากกว่าในส่วนของข้าวเปลือกและข้าวกล้อง กล่าวคือการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักและเปอร์เซ็นต์แกลบลดลง แต่สำหรับในช่วงเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 90 วันขึ้นไปคุณภาพการกะเทาะมีค่าค่อนข้างคงที่ ในทุกๆ ระยะห่างของลูกยางกะเทาะเปลือก จะมีเพียงในส่วนของเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเมล็ดข้าวแนวโน้มที่มีความแข็งมากขึ้น [23] และในขณะเดียวกันเมื่อนำมากะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะที่แคบเกินไปกับขนาดของเมล็ดข้าวจึงทำให้มีปริมาณเมล็ดข้าวแตกหักสูงขึ้น จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางน้อยกว่าส่งผลให้เมล็ดข้าวมีการแตกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

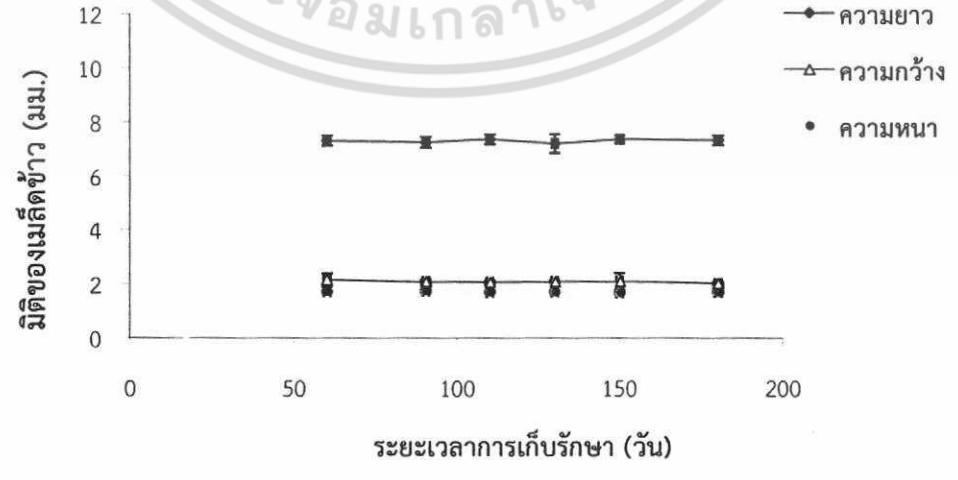
มากกว่าการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางมากกว่า ซึ่งมีผลมาจากแรงที่กระทำของลูกยางกะเทาะกับเมล็ดข้าวขณะกะเทาะเปลือก ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 4.4 ผลการศึกษาสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวต่อไป

หลังการกะเทาะเปลือกนำข้าวกล้องมาทำการวัดขนาดเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าข้าวกล้องที่ทำการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางแตกต่างกันที่ทุกระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขนาดข้าวกล้องในทุกๆมิติ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าขนาดของเมล็ดข้าวกล้องมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1 มิลลิเมตรค่าเฉลี่ยความยาว กว้าง และหนา เฉลี่ยของเมล็ดข้าวกล้องอยู่ที่ 7.26, 2.08 และ 1.7 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.5 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยความยาว กว้าง และหนา เฉลี่ยของเมล็ดข้าวกล้องอยู่ที่ 7.31, 2.08 และ1.71 มิลลิเมตรที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 1 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยความยาว กว้าง และหนา เฉลี่ยของเมล็ดข้าวกล้องอยู่ที่ 7.28, 2.04 และ 1.79 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ความขาวของข้าวกล้อง สำหรับความขาวของข้าวกล้องไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 23-24

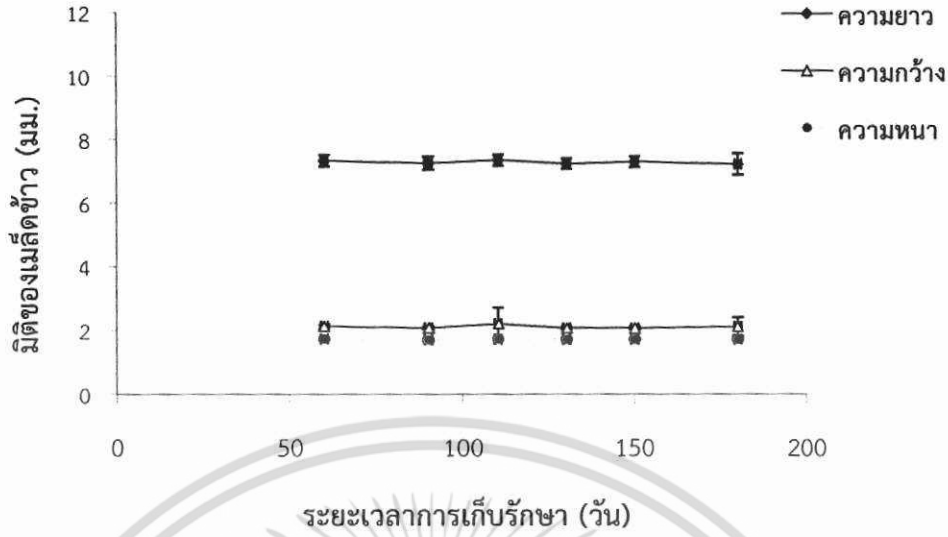


(ก)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

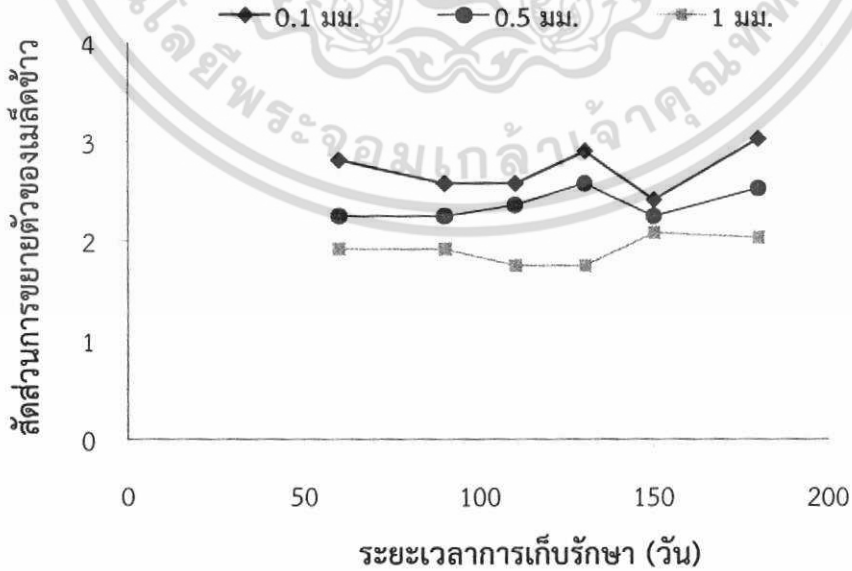


(ค)

ภาพที่ 4.3 ขนาดของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ก) ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 0.1 มิลลิเมตร ข) ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 0.5 มิลลิเมตร ค) ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยางกะเทาะ 1 มิลลิเมตร

4.3 ผลของคุณภาพการหุงต้ม

นำข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางแตกต่างกัน 3 ระดับ และที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน คือ 60, 90, 110, 130, 150 และ 180 วัน ปริมาณ 20 กรัม มาวัดคุณภาพการหุงต้มโดยวัดจากสัดส่วนความสูงของข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นจากการหุงต้มด้วยเมล็ดข้าวกล้อง 20 กรัม โดยวิธีการทดลองแสดงในหัวข้อที่ 3.3 และผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการขยายตัวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการหุงต้มในภาพรวมที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเปลือกแตกต่างกัน

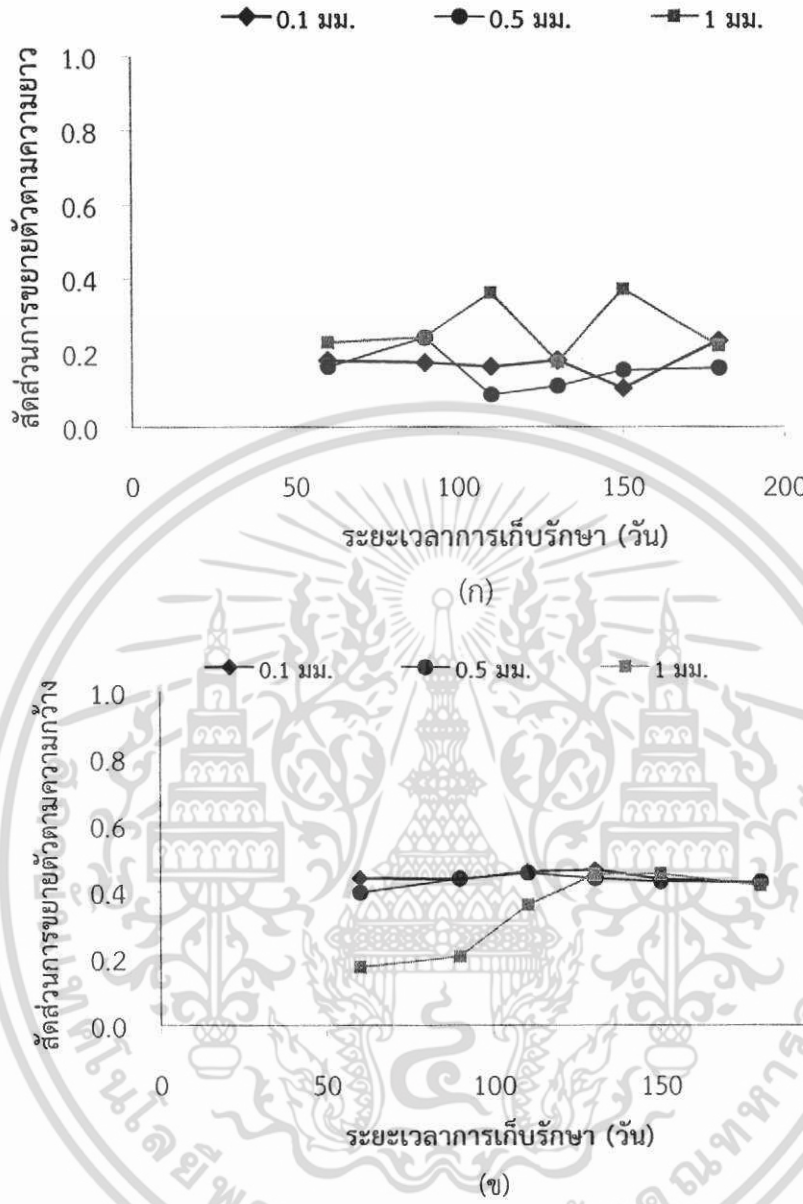
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาความสูงของข้าวกล้องก่อนการหุงต้มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเปรียบเทียบกับสัดส่วนการขยายตัวในภาพรวมของเมล็ดข้าวกล้องหลังการหุงต้ม พบว่าข้าวกล้องมีสัดส่วนการขยายตัวของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาที่นานขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวมีผลทำให้สัดส่วนการขยายตัวของเมล็ดข้าวเพิ่มสูงขึ้นกว่าในวันที่ 60 ของการเก็บรักษาที่ระยะห่างของลูกยาง 0.5 มม. ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ [20] แต่ยังคงมีการขยายตัวอย่างไม่ชัดเจนเมื่อเทียบกับสัดส่วนการขยายตัวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างลูกยางแตกต่างกัน ซึ่งจากภาพที่ 4.4 จะเห็นว่าเมื่อทำการเพิ่มระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะจาก 0.1 – 1.0 มิลลิเมตร ข้าวกล้องมีแนวโน้มการขยายตัวเนื่องจากการหุงต้มลดลงที่ทุกๆระยะเวลาการเก็บรักษาสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความสูงของข้าวสุกที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางน้อยกว่ามีการขยายตัวได้มากกว่าข้าวสุกที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางกว้างกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางน้อยกว่าเมล็ดข้าวกล้องได้รับแรงกระทำจากลูกยางกะเทาะมากทำให้เมล็ดข้าวกล้องเกิดการแตกหักสูงดังภาพที่ 4.2 ที่ได้กล่าวมาแล้วข้าวต้น และเมล็ดข้าวกล้องที่ไม่เกิดการแตกหักในสภาวะดังกล่าวอาจเกิดการร้าวภายในเมล็ดเกิดขึ้น [40] ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดข้าวกล้องที่อาจมีการร้าวอยู่ภายในเมล็ดมาหุงต้ม น้ำจึงสามารถซึมผ่านรอยร้าวเข้าไปภายในเมล็ดข้าวกล้องทำให้ข้าวกล้องสามารถดูดซึมน้ำได้มาก เมล็ดจึงสามารถขยายตัวได้มากกว่า หรือสาเหตุอาจเกิดจากการที่เมล็ดข้าวกล้องที่ถูกกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางน้อยกว่านั้นมีแรงกระทำระหว่างลูกยางกะเทาะกับเมล็ดข้าวกล้องมาก ทำให้ไม่ใช่แค่ส่วนที่เป็นแกลบหลุดออกจากเมล็ดข้าวกล้อง แต่ยังอาจทำให้ชั้นรำบางส่วนที่ติดอยู่กับเมล็ดข้าวกล้องได้ถูกทำลาย หรือหลุดออกไปด้วย ดังนั้นข้าวกล้องจึงสามารถดูดซึมน้ำได้มากขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวกล้องสามารถขยายตัวได้มากกว่าข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางกว้างกว่า

จากผลการทดลองข้างต้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเมล็ดข้าวมีแนวโน้มขยายตัวได้มากขึ้น เนื่องจากการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในเมล็ด ดังนั้นจึงนำการขยายตัวของเมล็ดมาพิจารณาคุณภาพการหุงต้มแบบเมล็ดเดี่ยวโดยการวัดจากสัดส่วนการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มแล้วเทียบกับสัดส่วนของข้าวกล้องก่อนการหุงต้มโดยวัดใน 2 มิติ คือสัดส่วนการขยายตัวตามความยาวและความกว้าง ซึ่งจากภาพที่ 4.5 แสดงการขยายตัวตามความยาวของเมล็ดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวและความกว้างของเมล็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่ไม่ชัดเจนมากนัก แต่เมื่อพิจารณาในส่วนอิทธิพลของระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะต่อการขยายตัวของเมล็ดข้าว พบว่าสัดส่วนการขยายตัวตามความยาวของเมล็ดข้าวกล้องขยายตัวตามความยาวมีค่ามากสุดที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างระยะ 1 มิลลิเมตร ที่ทุกระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่วนการขยายตัวตามความยาวที่ระยะห่างระหว่างลูกยาง 0.5 และ 0.1 มิลลิเมตร มีค่ารองลงมาตามลำดับ

ในขณะที่การขยายตัวตามความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องเนื่องจากการหุงต้มมีค่าสูงเมื่อทำการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างลูกยางที่แคบกว่า คือ 0.1 และ 0.5 มิลลิเมตรซึ่งจะตรงข้ามกับการขยายตัวตามความยาว และมีค่าสัดส่วนการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ดข้าวมีค่าประมาณ 0.4 ซึ่งมากกว่าการขยายตัวตามความยาวของเมล็ดข้าวที่มีค่าประมาณ 0.2 ซึ่งการขยายตัวที่เพิ่มมากขึ้นในด้านกว้างอาจส่งผลให้มีการขยายตัวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการหุงต้มในภาพรวมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะลักษณะของเมล็ดข้าวจะมีแนวโน้มการวางตัวในแนวนอนมากกว่าจะอยู่ในแนวตั้งในภาชนะขณะที่ทำการหุงต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวและความกว้างที่เพิ่มขึ้นหลังการหุงต้มข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆและที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร ก) สัดส่วนการขยายตัวตามความยาว ข) สัดส่วนการขยายตัวตามความกว้าง

เมื่อทำการเก็บรักษาข้าวเปลือกนานขึ้น ข้าวเปลือกจะมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นข้าวเก่า และข้าวเก่านี้เองที่มีความสามารถขยายตัวได้มากขึ้น เนื่องจากการที่เมล็ดข้าวขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งขึ้น ไม่อัดแน่น หรือที่คนทั่วไปนิยมเรียกกันว่าข้าวขึ้นหม้อ [20] [38]

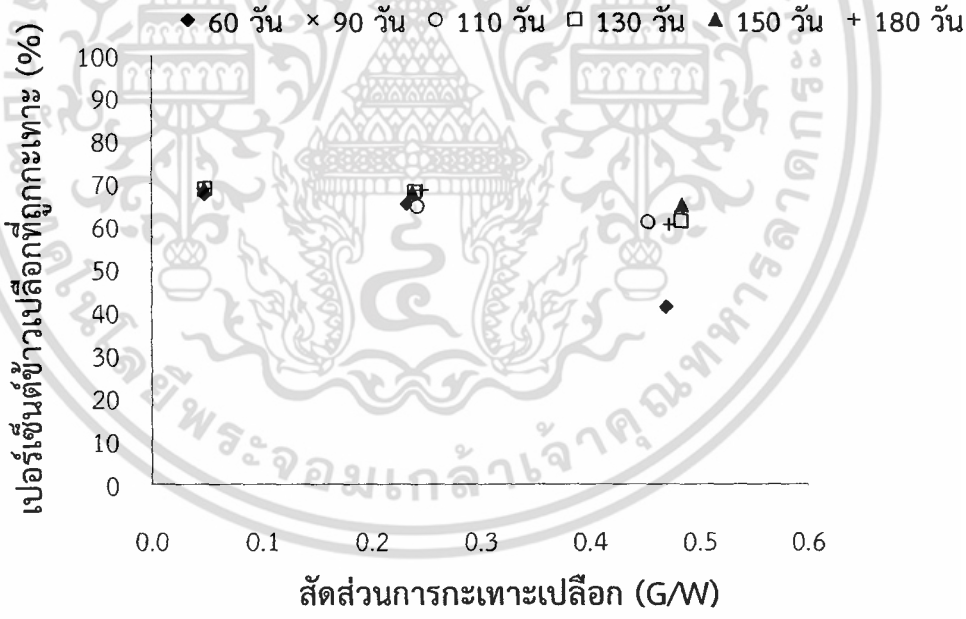
การเปลี่ยนแปลงอมิโลสในระหว่างการเก็บรักษานั้นได้อ้างอิงจาก [41] จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณอมิโลสของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บรักษาที่ 2 อุณหภูมิ คือ 25 และ 37 ^{o}C เป็นระยะเวลา 7 เดือนพบว่าปริมาณอมิโลสไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งยังสอดคล้องกับการทดลองของ [42] ที่ได้ทำการเก็บรักษาข้าวกล้องและข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ในภาชนะที่แตกต่างกัน 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าปริมาณอมิโลสไม่เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน และเช่นเดียวกับการทดลองของ [43] ที่ได้ทำการศึกษาการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์ Indica และ Japonica ที่อุณหภูมิ 23 และ 37 $^{\circ}$C นาน 3.5 ปี จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอมิโลส อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าปริมาณอมิโลสไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก พบว่า มีความแข็งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์ IR32 IR36 และ IR42 พบว่าปริมาณอมิโลสอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่เนื้อสัมผัสของข้าวสุกจากข้าวทั้ง 3 พันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยข้าวพันธุ์ IR42 ข้าวสุกจะแข็งที่สุด [44] ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวสุก อาจเนื่องมาจากปัจจัยอื่น เช่น ปริมาณอมิโลแพกติน ความสามารถในการคืนตัวของแป้งสุกและความแตกต่างทางด้านพันธุ์ข้าว

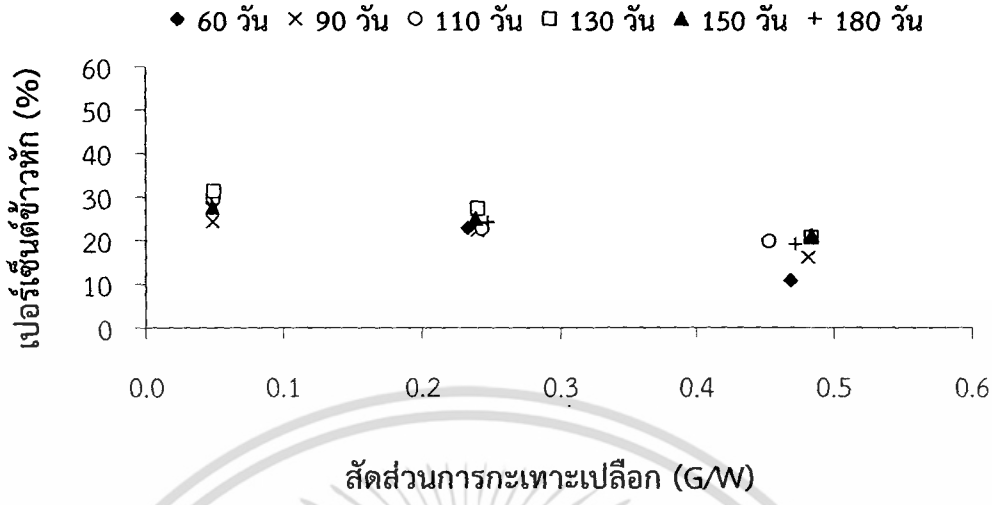
จากที่ได้อธิบายพบว่านอกจากการเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลานานเพื่อให้ข้าวมีความสามารถในการขยายตัวเนื่องจากการหุงต้มแล้วนั้น การจัดการรูปแบบในการกะเทาะเปลือก (ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ) ก็มีผลทำให้ข้าวมีความสามารถในการขยายตัวเนื่องจากการหุงต้มได้เช่นเดียวกัน

ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้นหากพิจารณาถึงสัดส่วนการกะเทาะข้าวต่อการขยายตัวของข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มแล้ว จากการทดลองพบว่าการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการกะเทาะเปลือก (เมล็ดข้าวมีความกว้างที่ลดลง หรือ ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเพิ่มขึ้น) มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะข้าวมีแนวโน้มลงลง จากประมาณ 70% เหลือประมาณ 50 % ดังแสดงในภาพที่ 4.6



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

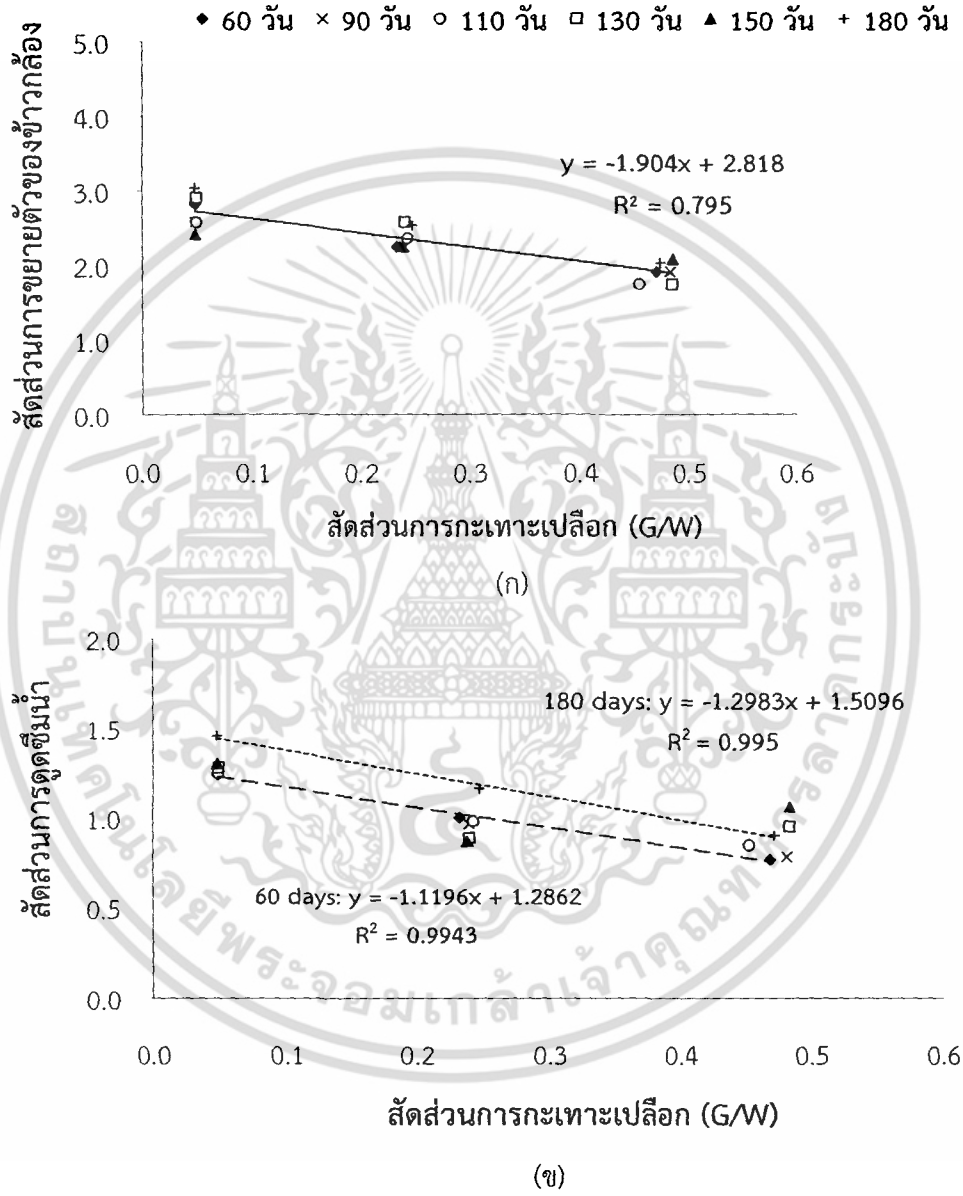
ภาพที่ 4.6 ผลของสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ก) เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือกที่ถูกกะเทาะ ข) เปอร์เซ็นต์ข้าวหัก

ขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาในส่วนของเปอร์เซ็นต์ข้าวที่หักเนื่องจากการกะเทาะเปลือกพบว่ามีแนวโน้มลดลงจากประมาณ 30% เหลือประมาณ 20% ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างลูกยาง หรือการลดลงของความกว้างของขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ส่งผลให้แรงกดที่ลูกยางกะเทาะกระทำกับเมล็ดข้าวมีค่าลดลง และแรงกดที่ลดลงส่งผลให้เมล็ดข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกมีแนวโน้มที่หักน้อยลง อีกทั้งการเพิ่มขึ้นระยะห่างระหว่างลูกยาง หรือการลดลงของความกว้างของขนาดเมล็ดข้าวเปลือกยังส่งผลให้ลูกยางดึงส่วนที่เป็นแกลบลดลงด้วย นอกจากนี้การลดลงของแรงกดยังส่งผลถึงการลดลงของแรงเสียดทานระหว่างลูกยางกะเทาะเปลือกกับแกลบที่ติดกับเมล็ดข้าว จึงส่งผลให้เมื่อสัดส่วนการกะเทาะเปลือก เพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ของข้าวเปลือกที่ถูกกะเทาะมีค่าลดลงตามไปด้วย

จากที่แสดงในภาพที่ 4.7 พบว่า การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่ออัตราการขยายตัวของเมล็ดข้าวโดยรวมแต่มีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ดังนั้นถ้าไม่พิจารณาในส่วนของระยะเวลาในการเก็บรักษาแล้วจะทำให้สรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการกะเทาะเปลือกมีผลทำให้อัตราการขยายตัวของเมล็ดโดยรวมลดลงในอัตรา 1.9 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนการกะเทาะเปลือกต่อของความสามารถในการดูดซึมน้ำ พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวกล้องลดลงในทุกๆ ระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 4.8 ซึ่งค่าชี้ผลทั้งสองมีความสอดคล้องกันอย่างมาก เพราะว่า ข้าวที่ผ่านการหุงได้นั้นจะมีการขยายตัวเนื่องจากการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในเมล็ดทำให้เมล็ดเกิดการขยายตัว ดังนั้นแล้วหากเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการหุงมีการดูดซึมน้ำระหว่างการหุงต้มเข้าไปน้อย ย่อมมีแนวโน้มที่ทำให้ข้าวกล้องดังกล่าวมีการขยายตัวโดยรวมลดลง นอกจากนี้การขยายตัวของเมล็ดข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการลดสัดส่วนการกะเทาะเปลือกซึ่งอาจเกิดจากการกะเทาะเปลือกในสภาวะที่ส่งถ่ายแรงไปยังเมล็ดข้าวมากทำให้เมล็ดข้าวกล้องเกิดการแตกหักสูง ดังแสดงในภาพที่ 4.6 ที่ได้กล่าวมาแล้วข้าวต้น และอาจมีเมล็ดข้าวกล้องบางส่วนที่ไม่เกิดการแตกหักในสภาวะดังกล่าวแต่อาจเกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้าวภายในเมล็ดเกิดขึ้น [34] แต่เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวนานขึ้นความสามารถในการดูดซึมน้ำจะมากกว่าข้าวที่มีการเก็บรักษาไม่นาน จากภาพที่ 4.7 (ข) จะเห็นได้ว่าที่การเก็บรักษา 180 วัน มีอัตราการลดลงของการดูดซึมน้ำที่ 1.3 แต่ที่การเก็บรักษา 60 วันจะมีอัตราการลดลงของการดูดซึมน้ำที่ 1.1 ดังนั้นจึงทำให้ข้าวที่เก็บรักษานานกว่าจึงมีลักษณะการหุงที่ไม่แฉะ เมล็ดข้าวสุกร่วน

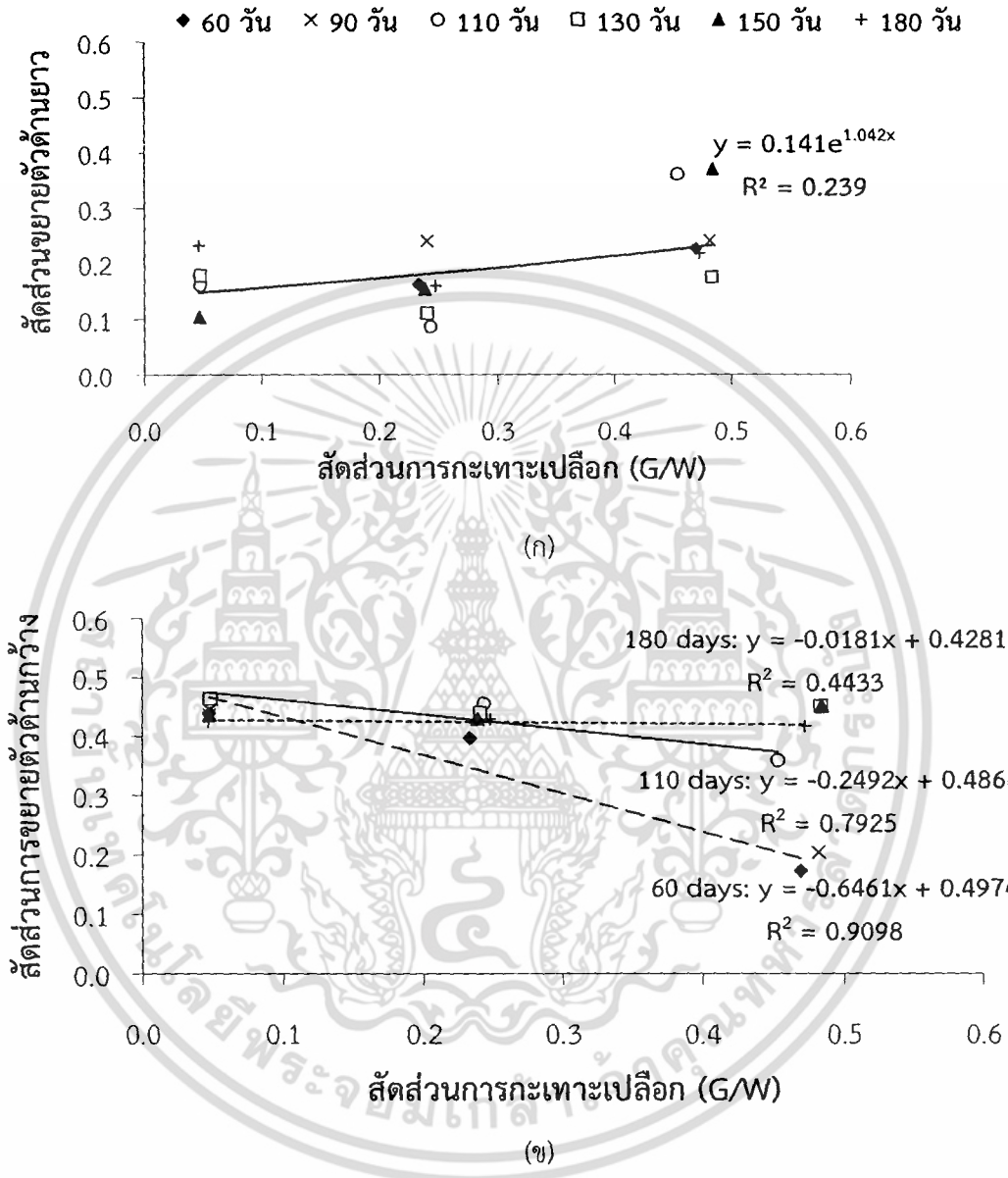


ภาพที่ 4.7 ผลของสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ก) สัดส่วนการขยายตัวของข้าวกล้อง ข) สัดส่วนการดูดซึมน้ำ

และเมื่อพิจารณาในส่วนของการขยายตัวของเมล็ดข้าวกล้องเชิงเมล็ดเดี่ยว ดังแสดงในภาพที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าเมล็ดข้าวกล้องมีการขยายตัวตามความยาวเพิ่มขึ้น เมื่อสัดส่วนการกะเทาะเปลือกเพิ่มสูง แต่มีค่าไม่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเก็บรักษาซึ่งแสดงให้เห็นว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลานานไม่มีผลทำให้เมล็ดข้าวมีแนวโน้มขยายตัวตามความยาวซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์แบบ เอ็กซ์โพเนนเชียล ได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.8 (ก)



ภาพที่ 4.8 ผลของสัดส่วนการกะเทาะต่ออัตราการขยายตัวของเมล็ดข้าวกล้อง ก) สัดส่วนการขยายตัวด้านยาวของข้าวกล้องจากการหุงต้ม ข) สัดส่วนการขยายตัวด้านกว้างของข้าวกล้องจากการหุงต้มภายใต้ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

แต่เมื่อทำการพิจารณาในส่วนของการขยายตัวตามความกว้างพบว่า การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการกะเทาะเปลือกมีผลต่อการขยายตัวตามความกว้าง และยังสามารถทำการแบ่งกลุ่มของผลการทดลองเป็น 2 กลุ่มได้แก่ ระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้นกว่า 110 วัน และระยะเวลาในการเก็บรักษานานกว่า 110 วัน กล่าวคือที่การเก็บรักษานานกว่า 110 วัน ข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มมีการขยายตัวตามความกว้างในระดับสูงและค่อนข้างคงที่ที่ระดับ ประมาณ 0.4 และมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

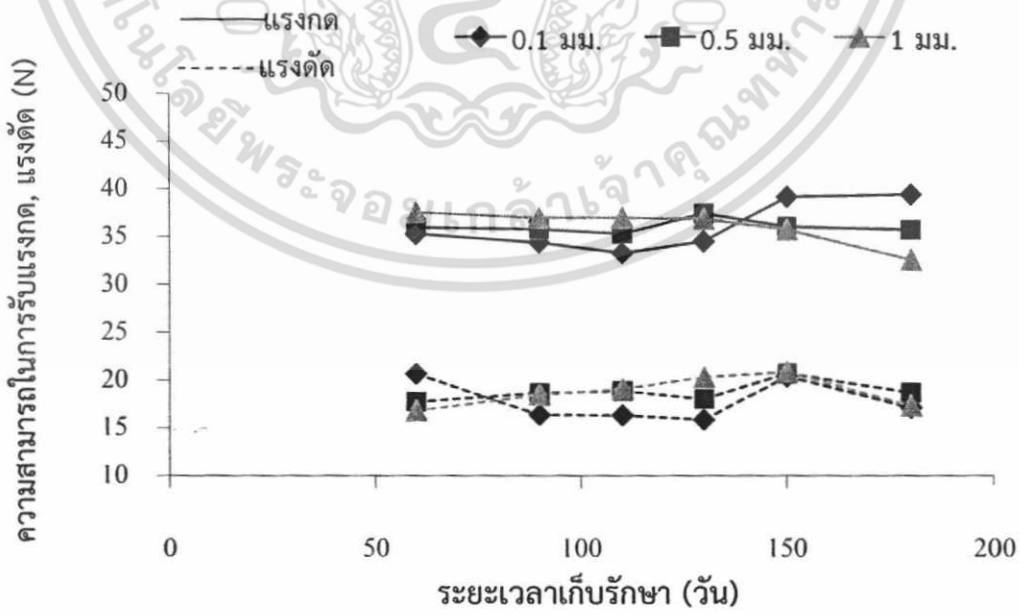
สัดส่วนการกะเทาะเปลือกสูงขึ้น แต่สำหรับเมล็ดข้าวที่มีการเก็บรักษาสั้นกว่า 110 วัน ข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มมีแนวโน้มการขยายตัวตามความกว้างต่ำกว่าที่มีการเก็บรักษานานกว่า และมีค่าการขยายตัวตามความกว้างลดลงในอัตรา 0.65 ที่ทุกสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าสัดส่วนการกะเทาะเปลือกมีผลต่อคุณภาพการหุงต้มของเมล็ดข้าวเป็นอย่างมากทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างลูกยาง หรือการลดลงของความกว้างของขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ที่มีผลไปถึงความสามารถที่ทำให้ลูกยางสามารถดึงส่วนที่เป็นแกลบได้ลดลง ทำให้เมล็ดข้าวกล้องสามารถดูดซึมน้ำได้แตกต่างกันที่สัดส่วนการกะเทาะแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากขั้นตอนการกะเทาะเปลือก ซึ่งได้อธิบายในหัวข้อที่ 4.4

ในการกระบวนการผลิตข้าวกล้องทางด้านอุตสาหกรรมข้าวกล้องนั้นการขยายตัวของข้าวกล้องนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมากเนื่องจากความนิยมของผู้บริโภคข้าวกล้องส่วนหนึ่งมาจากความพึงพอใจในเนื้อสัมผัสของข้าว ดังนั้นหากข้าวกล้องที่นำไปบริโภคมีการขยายตัวของเมล็ดได้สูงย่อมทำให้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการกะเทาะเปลือกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 นั้นระยะห่างของลูกยางที่มีผลทำให้ข้าวกล้องเกิดการขยายตัวได้มากอยู่ที่ระยะ 0.50-0.75 มิลลิเมตร

4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้องเป็นการวัดความสามารถในการรับแรงกด และแรงดัดของเมล็ดข้าวกล้องเมื่อผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน ซึ่งผลการทดลองได้แสดงในภาพที่ 4.9

การทดลองพบว่าความสามารถในการรับแรงกดของข้าวกล้องที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวกล้องมีแนวโน้มรับแรงได้เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นแต่ที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.5 และ 1 มิลลิเมตร นั้นความสามารถในการรับแรงกดมีแนวโน้มลดลงกว่าช่วงแรกของการเก็บรักษาเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น



ภาพที่ 4.9 แรงกด และแรงดัดสูงสุดที่เมล็ดข้าวกล้องสามารถรับได้ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ และที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าว พบว่าเมล็ดข้าวกล้องมีความสามารถในการรับแรงดัดได้ประมาณครึ่งหนึ่งของความสามารถในการรับแรงกด สาเหตุที่ทำให้เมล็ดข้าวกล้องรับแรงดัดได้ครึ่งหนึ่งของแรงกดก็เพราะว่าในขั้นตอนการกะเทาะเปลือกนั้น เมล็ดข้าวเมื่อผ่านช่องว่างของลูกยางกะเทาะเปลือกลูกยางจะดึงส่วนที่เป็นแกลบทางด้านกว้างของเมล็ด (W) ทำให้จากเมล็ดข้าวเปลือกเมื่อผ่านลูกยางกะเทาะแล้วกลายเป็นข้าวกล้อง ฉะนั้นทางด้านกว้างก็จะได้รับแรงที่มากเมื่อนำเมล็ดข้าวกล้องมาทดสอบการรับแรงซึ่งในการรับแรงดัด ดังภาพที่ 3.14 ข้างต้น เมล็ดข้าวกล้องจึงสามารถรับแรงได้น้อยกว่าแรงกดที่วัด ดังภาพที่ 3.11 แต่เนื่องด้วยในกระบวนการสีข้าวนั้น [45] กล่าวว่าแรงที่มีผลต่อการแตกหักของเมล็ดข้าวคือแรงดัด ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงพิจารณาผลของแรงดัดที่เกิดขึ้นกับเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางแตกต่างกัน คือ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร และที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

เป็นที่น่าสังเกตว่าเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างกว่ามีความสามารถในการรับแรงดัด (แรงที่ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวในกระบวนการสีข้าว) สูงกว่าเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางแคบกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าขั้นตอนการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางแคบกว่าเป็นการออกแรงกระทำระหว่างลูกยางกะเทาะกับเมล็ดข้าวมากกว่าส่งผลให้เมล็ดข้าวมีการแตกหักสูงซึ่งดูได้จากเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวที่เพิ่มขึ้น (แสดงในภาพที่ 4.2 (ค)) แต่สำหรับเมล็ดข้าวกล้องที่ไม่แตกหักเนื่องจากการกะเทาะเปลือกในสภาวะดังกล่าวยังคงได้รับแรงที่สูงเช่นกันซึ่งอาจส่งผลให้เมล็ดข้าวเกิดการร้าวภายใน ซึ่งการร้าวนี้อาจส่งผลให้ความแข็งแรงของเมล็ดข้าวลดลง และส่งผลสืบเนื่องไปยังความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวลดลงได้ และอาจส่งผลถึงคุณภาพการกะเทาะและคุณภาพการหุงต้มในขั้นตอนลำดับต่อๆไปของการสีข้าว เช่นการขัดขาว และขัดมัน

การกะเทาะเปลือกข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกันส่งผลต่อเมล็ดข้าวกล้องที่ได้รับอย่างเห็นได้ชัดทั้งในส่วนของคุณภาพการหุงต้ม และความสามารถในการรับแรงอีกทั้งสัดส่วนการกะเทาะเปลือกยังส่งผลต่อเมล็ดข้าวกล้องในด้านคุณภาพการหุงต้มอีกด้วย ดังนั้นการกะเทาะเปลือกจึงไม่ใช่แค่การทำให้แกลบแยกออกจากข้าวกล้องเพียงอย่างเดียวเพื่อให้ได้รับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องในระดับสูง แต่เป็นการบ่งชี้ถึงว่าโรงสีนั้นมีประสิทธิภาพทั้งใช้เชิงปริมาณและคุณภาพการหุงต้มอย่างไรอีกด้วย นอกจากนี้คุณภาพการหุงต้มของข้าวใหม่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับข้าวเก่าที่ค่าสัดส่วนการกะเทาะเปลือกน้อย ดังนั้นขั้นตอนการกะเทาะเปลือกสามารถใช้ในการควบคุมคุณภาพการหุงต้มได้ซึ่งนั้นหมายความว่าสามารถสร้างข้าวเก่าเทียมได้จากขั้นตอนการกะเทาะเปลือก

ในการกะเทาะเปลือกนั้นหากต้องการที่จะนำผลผลิตข้าวกล้องที่ได้ไปผ่านกระบวนการต่อไปเพื่อเป็นข้าวขาวแล้วนั้นจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับแรงของเมล็ดข้าวเป็นสำคัญ ซึ่งในกระบวนการกะเทาะเปลือกสิ่งที่มีผลต่อการรับแรงของเมล็ดข้าวก็คือ การใช้ระยะห่างของลูกยางที่กว้างเพื่อที่เมล็ดข้าวกล้องจะได้มีความสามารถในการรับแรงได้มากขึ้นเมื่อนำไปผ่านกระบวนการอื่นต่อไป ในการกะเทาะเปลือกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 นี้ระยะที่เมล็ดข้าวมีความสามารถในการรับแรงได้สูงสุดคือที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวและรูปแบบการกะเทาะเปลือกพบว่ามีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง ดังนั้นการได้รับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่สูงกว่าเนื่องจากขั้นตอนการกะเทาะเปลือกไม่ได้หมายความว่าโรงสีนั้นมีประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือกที่ดีกว่า เพราะว่าการที่ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่มากกว่าอาจจะส่งผลให้ได้รับปริมาณข้าวสารน้อยลง และคุณภาพในการหุงต้มแต่แย่กว่า ดังนั้นในบทนี้จึงทำการสรุปผลการทดลองออกเป็น 4 ขั้นตอนด้วยกันคือ 1) คุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง 2) คุณภาพการสีในการทดลอง 3) คุณภาพการหุงต้ม และ 4) การศึกษาสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของข้าวเปลือกก่อนการทดลอง

จากการวัดขนาดเมล็ดข้าวเปลือกก่อนทำการทดลองทุกๆครั้ง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60, 90, 110, 130, 150 และ 180 วัน พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก และจากการพิจารณาถึงมิติของเมล็ดข้าวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อขนาดของเมล็ดข้าวในทุกๆมิติ โดยมีความยาว ความกว้าง และความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 10.57, 2.73 และ 1.92 มิลลิเมตรตามลำดับ ขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ความชื้นเฉลี่ยของข้าวเปลือกตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาอยู่ที่ 13% และน้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 26.1 กรัม ซึ่งไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

5.2 ผลของคุณภาพการกะเทาะ

จากการทดลอง พบว่าข้าวที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาแตกต่างกันเมื่อนำข้าวเปลือกมาทำการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 3 ระดับ คือ 0.1, 0.5, และ 1 มิลลิเมตร ผลที่ได้พบว่ามีผลกับคุณภาพการสีข้าวในช่วงแรกของการเก็บรักษา (60-90วัน) คือมีแนวโน้มที่เมล็ดข้าวเปลือกสามารถถูกกะเทาะได้มากขึ้น โดยพิจารณาการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง และการลดลงของเปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและเปอร์เซ็นต์แกลบได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะมากกว่าในส่วนของข้าวเปลือกและข้าวกล้อง กล่าวคือการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างลูกยางมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักและแกลบลดลง สำหรับในช่วงเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 90 วันขึ้นไปคุณภาพการสีมีค่าค่อนข้างคงที่ในทุกๆระยะห่างของลูกยางกะเทาะเปลือก จะมีเพียงในส่วนของเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าไม่มี ผลต่อขนาดของเมล็ดข้าวกล้องที่ทำการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยางแตกต่างกันในทุกๆมิติ
ความขาวของข้าวกล้องที่ทุกๆระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีความขาวของข้าวกล้องที่มีค่าอยู่ในช่วง 23-24 และมีความยาว ความกว้าง และความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 7.28, 2.09 และ 1.71 มิลลิเมตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลของคุณภาพการหุงต้ม

คุณภาพการหุงต้มวัดจากสัดส่วนความสูงที่เพิ่มขึ้นจากเมล็ดข้าวกล้องก่อนการหุงต้มซึ่งพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวมีผลทำให้สัดส่วนการขยายตัวของเมล็ดข้าวเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่ยังไม่ชัดเจนเมื่อเทียบกับสัดส่วนการขยายตัวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างลูกยางแตกต่างกัน กล่าวคือเมื่อทำการเพิ่มระยะห่างระหว่างลูกยาง ข้าวกล้องมีแนวโน้มการขยายตัวเนื่องจากการหุงต้มลดลง

เมื่อพิจารณาคุณภาพการหุงต้มแบบเมล็ดเดี่ยวโดยการวัดสัดส่วนการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มเทียบกับข้าวกล้องก่อนการหุงต้มโดยวัดใน 2 มิติ คือสัดส่วนการขยายตัวตามความยาวและความกว้างที่เพิ่มขึ้น พบว่าการกะเทาะเปลือกด้วยระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างสุดคือ 1 มิลลิเมตร ส่งผลให้ เมล็ดมีการขยายตัวตามแนวยาวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการหุงต้มสูงสุดที่ทุกระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่การขยายตัวตามความกว้างเนื่องจากการหุงต้มมีค่าสูงเมื่อทำการกะเทาะเปลือกที่ระยะที่แคบกว่าคือ 0.1 และ 0.5 มิลลิเมตร โดยที่สัดส่วนของการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ดข้าวมีค่าประมาณ 0.4 ซึ่งมากกว่าการขยายตัวตามความยาวของเมล็ดข้าวที่มีค่าประมาณ 0.2

และจากการพิจารณาถึงสัดส่วนของการกะเทาะเปลือกที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวกล้องลดลงที่ทุกระยะเวลาในการเก็บรักษา และมีผลทำให้อัตราการขยายตัวโดยรวมของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มมีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาถึงการขยายตัวเชิงเมล็ดเดี่ยวพบว่าการขยายตัวของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามความยาว สำหรับการขยายตัวตามความกว้างพบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวน้อยกว่า 110 วัน และเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวมากกว่า 110 วัน ความสามารถในการดูดซึมน้ำมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มค่าสัดส่วนการสีข้าว แต่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานกว่าจะมีการลดลงของอัตราส่วนของการดูดซึมน้ำที่น้อยกว่า ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการหุงต้มของข้าวกล้องใหม่ให้คล้ายกับข้าวกล้องเก่าได้โดยใช้รูปแบบการกะเทาะเปลือกที่แตกต่างกัน เพื่อสร้างข้าวเก่าเทียมได้ (Artificial Aging Rice)

5.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว

สมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้องจากการวัดความสามารถในการรับแรงกด และแรงดัดของเมล็ดข้าวกล้องเมื่อผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่เวลาการเก็บรักษาต่างๆ พบว่าข้าวกล้องมีความสามารถในการรับแรงกดมากกว่าแรงดัด เมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างกว่ามีความสามารถในการรับแรงดัด(แรงที่ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวในกระบวนการสีข้าว) สูงกว่า ดังนั้นการได้รับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่สูงกว่าเนื่องจากขั้นตอนการกะเทาะเปลือกไม่ได้หมายความว่าโรงสีนั้นมีประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือกที่ดีกว่า เพราะว่าการที่ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่มากกว่าอาจจะส่งผลให้ได้รับปริมาณข้าวสารน้อยกว่าได้เนื่องจากความสามารถในการรับแรงของเมล็ดข้าวกล้องลดลงซึ่งอาจส่งผลในขั้นตอนลำดับต่อไปของการสีข้าวเช่น การขัดขาว และขัดมัน

หากต้องการผลิตข้าวกล้องเพื่อบริโภคนั้นซึ่งในการกะเทาะเปลือกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 นั้น ระยะห่างของลูกยางที่มีผลทำให้ข้าวกล้องเกิดการขยายตัวได้มากอยู่ที่ระยะ 0.50-0.75 มิลลิเมตร และหากต้องการผลิตข้าวกล้องเพื่อนำไปผ่านกระบวนการเป็นข้าวสารในการกะเทาะเปลือกข้าวพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปทุมธานี 1 นี้ระยะที่เมล็ดข้าวมีความสามารถในการรับแรงได้สูงสุดคือที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 1 มิลลิเมตร

5.5 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและสภาวะการกะเทาะเปลือกต่างกัน ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นได้ว่าระยะห่างของลูกยางกะเทาะมีผลต่อเมล็ดข้าวกล้องมากที่สุด คือนอกจากจะมีผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์ของข้าวกล้องที่ได้หลังจากกะเทาะเปลือกแล้วระยะห่างของลูกยางกะเทาะยังมีผลต่อ คุณภาพในการหุงต้ม และความสามารถในการรับแรงของเมล็ดข้าวกล้องอีกด้วย ซึ่งนับเป็นส่วนสำคัญมากที่ผู้ประกอบการโรงสีจะต้องคำนึงถึง เพราะเนื่องจากกระบวนการกะเทาะเปลือกเป็นกระบวนการแรกที่เมล็ดข้าวกล้องถูกแรงกระทำจากเครื่องมือหากเมล็ดเกิดการเสียหายจากกระบวนการนี้มากก็ย่อมที่จะส่งผลต่อกระบวนการอื่นๆที่เหลือต่อไป และเพื่อให้การการศึกษาสมบูรณ์มากขึ้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาผลของความชื้นของข้าวเปลือกที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือก ทั้งในด้านคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพเชิงกล
2. ศึกษาค่าต่างๆเชิงเคมีเช่น ค่าอมิโลส, อมิโลแพกติน, ไฟเบอร์ หรือค่าอื่นๆ เพิ่มเติม
3. ทำการศึกษาคุณภาพการหุงต้มในแง่ของความพึงพอใจในการบริโภค
4. ศึกษาการกะเทาะเปลือกกับข้าวพันธุ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] จับตาเอเชีย.เอกสารการประชุม/สัมมนา (สืบค้นเมื่อ 31 พฤษภาคม 2553) http://www.eastasiawatch.in.th/article.php?section=6&id=207

[2] ผดุงศักดิ์ วานิชชัง. 2544. การจัดการโรงสีข้าว. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน. คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ชลบุรี.

[3] Dhaliwal, K.S., Sekhon, K.S., and Nagi, H.P.S. 1990. Effect of drying and storage on the fatty acid compostion of rice. J. Food Sci. Technol. 27: 107-108.

[4] Sajwan, K.S., Mittra, B.N., and Pande, H.K. 1989. Effect of storage environment on milling out-turn of modern high yielding rice varieties. 1989. Intern. J. Trop. Agric. VII (3-4): 202-207.

[5] Tsugita, T., Ohta, T., and Kato, H. 1983. Cooking flavor and texture of rice stored under different conditions. Agric. Biol. Chem. 47: 543-549.

[6] ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง และประสิทธิ์ โพธิ์ยี่. 2551. รายงานการวิจัยฉบับโครงการอิทธิพลของความชื้นขณะเก็บเกี่ยว และเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพการสีข้าวเปลือก ปทุมธานี 1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

[7] Villareal, R.M., Resurreccion, A.P., Suzuki, L.B., and Juliano, B.O. 1976. Changes in the physicochemical properties of rice during storage. Staerke 28(3): 88-94.

[8] กัญญา เชื้อพันธุ์. 2541. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตร "เทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิ คุณภาพดี". กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

[9] Satake, Toshihiko. 1990. Modern Rice Milling Technology. University of Tokyo Press, Japan.

[10] ประพาส วีระแพทย์. 2517. ความรู้เรื่องข้าว.พิมพ์ครั้งที่ 2 แก้ไขเพิ่มเติม. สาขาคัดพันธุ์ต้านทานศัตรูข้าว กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .

[11] อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2526. เรื่องของข้าว. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[12] อรอนงค์ นัยวิกุล.2547. ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] กรมการข้าวกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.องค์ความรู้เรื่องข้าว.(สืบค้นเมื่อ 11 เมษายน2554) www.brrd.in.th/.../rice_xx2-03_ricebreed_Pathum_Thani_1.html.

[14] บทความส่งเสริมการเกษตร.กรมส่งเสริมการเกษตรเตรียมขยายเมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี.(สืบค้นเมื่อ 11 เมษายน2554) library.uru.ac.th/webdb/images/aa62.htm.

[15] เอกสารเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 52/2537 ตุลาคม 2537.การผลิตและการตลาดข้าว. กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[16] อัมมาร สยามวาลา และ วิโรจน์ ณ ระนอง. 2533. " คุณภาพข้าว" ใน ประมวลความรู้เรื่องข้าว. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ.

[17] งามชื่น คงเสรี.2547.คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย.กรมวิชาการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[18] James, E. Wimberly. 1983. Drying. Technical Handbook for the Paddy Rice Postharvest Industry in Developing Countries. International Rice Research Institute. Los Ba?os, Laguna, Phillippines. p. 18-19.

[19] Juliano, B.O.,1985, "Criteria and tests for rice grain qualities," in Rice chemistry and technology, Edited by Juliano, B.O,. Minnesota, The American Association of Cereal Chemists, Inc., 774 p.

[20] งามชื่น คงเสรี. 2546. ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

[21] กรมวิชาการเกษตร. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[22] S.Majumdar and D.S. Jayas. 2000. Classification of Cereal Grains Using Machine Vision:II. Color Models. Amarican Society of Agricultural Engineer. 43(6) :1677-1680.

[23] งามชื่น คงเสรี. 2539.คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์. การสัมมนาวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าว ปทุมธานี ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี วันที่ 13-14 พฤศจิกายน 2539 : 241-259.

[24] Kawano, S. Near infrared spectroscopy.2000. Group training course in post-harveat rice processing.Tsukuba International Centre japan International cooperation agency.

[25] วินิต ชินสุวรรณ และ ภูมิสิทธิ์ วรรณชารี. 2545. การเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยการอบ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 33 ฉบับที่ 6 (พิเศษ). หน้า 261-267.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[26] อินดา แวดาลอ1, ละมุล วิเศษ และ ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. 2553. ผลของเทคนิคการอบแห้งและสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพการสีและหุงต้มข้าวขาวดอกมะลิ 105. ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 488-491.

[27] Jaisut, D., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P. and Soponronnarit, S. 2009. Accelerated aging of jasmine brown rice by high-temperature fluidization technique. Food Research International. 42: 674–681.

[28] ภูมิสิทธิ์ วรรณชารี. 2545. การศึกษาการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยใช้อุณหภูมิและเวลาอบเป็นปัจจัยเร่ง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเครื่องจักรกลเกษตร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 104 น.

[29] จุฑารัตน์ นนทะมา, วิศรุต ฟั่นหา, และสุเนตร สืบค้า. 2554. การเร่งความเก่าของข้าวสารด้วยความร้อนร่วมกับความดันสูงส่วนที่ I: การกลั่นกรองปัจจัยด้วยวิธี Plackett & Burman. ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 385-389.

[30] นาฏชนก ปรางปรุ, สุธยา พิมพ์พิไล และสุเนตร สืบค้า. 2554. การเร่งความเก่าของข้าวสารด้วยความร้อนร่วมกับความดันสูง II: การกำหนดสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว. ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 390-393.

[31] ผดุงศักดิ์ วานิชชัง. 2535. การจัดการโรงสีข้าว. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ชลบุรี.

[32] Hadziyev, D. 1991. Storage and Processing of Cereal and Oilseed Products (Lecture Note). Department of Food Science, University of Alberta, Canada.

[33] E.V. Araullo, D.B. de Padua, and Michael Graham. 1976. Rice Postharvest technology., 222-225 p.

[34] RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery. 1995. p.453.

[35] Daniels M. J., Marks B. P., Siebenmorgent. J., McNew R.W. , . Meullentet J. F. 1998. Effects of Long-Grain Rough Rice Storage History on End-Use Quality. Journal of Food Science. 63(5), p832–840.

[36] Ge X. J., Xing Y. Z., Xu C. G. and He Y. Q. 2005. QTL analysis of cooked rice grain elongation, volume expansion, and water absorption using a recombinant inbred population. Plant Breeding (124), pp 121-126.

[37] Bhattacharya, K.R. and Sowbhagya, C.M. 1971. Water uptake by rice during cooking. Cereal Sci. Today. 16: 420-424.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[38] กัญญา เชื้อพันธุ์, สุนันทา วงศ์ปิยชน, วาสนา พันธุ์เพ็ง, วัชรี สุขวิวัฒน์, รุจี กุลประสูติ และ สุนันทา หมื่นพล. 2550. คุณภาพข้าวปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาในสภาพข้าวเปลือกและข้าวสาร. การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2550, ปทุมธานี, 19-21 ก.พ. 2550. 314 p.

[39] Juliano, B.O. 1981. Rice: Biochemical Studies. In Grain Post-Harvest Processing Technology. Los Banos, Philipines.

[40] ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, 2553. เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตการสีข้าว, เอกสารฝึกอบรมโครงการคลินิกเครื่องจักรกลเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

[41] เพลงพิณ ศิวาพรรักษ์. 2541. ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอมิโลสคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 56 น.

[42] งามชื่น คงเสรี, ละม้ายมาศ ขาวไชยมหา, กาญจนา เนตรสำราญ, พูลศรี สว่างจิต และอัญชลี ปรีชาจารย์. 2528. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดเมื่อเก็บในลักษณะข้าวกล้องและข้าวสาร. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 3 ฉบับที่ 1.

[43] Indudhara Swamy, Y.M., Sowbhagya, C.M. and Bhattacharya, K.R., 1978. "Changes in the physicochemical properties of rice", Journal Science Food and Agricultural, Vol. 29, pp. 627-639.

[44] Chrastil, K., 1990, "Protein-starch interactions in rice grain : Influence of storage on oryzenin and starch," Journal Agricultural and Food Chemistry, Vol. 38, pp. 1804-1809.

[45] ประสันต์ ชุ่มใจหาญ และสมนึก ชูศิลป์. 2544. การศึกษาความแข็งของเมล็ดข้าวหอมมะลิที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกัน. การประชุมวิชาการ ประจำปี 2544 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. ประเทศไทย. 25-26 มกราคม. หน้า 350-359.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีการใช้เครื่อง Texture Analyzer และการสร้าง Macro

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลองด้วยเครื่อง (Texture Analyzer)

1. เปิดเครื่อง Computer
2. เปิดเครื่อง Texture Analyzer
3. เข้าโปรแกรม texture Exponent 32
4. เปิด Graph Texture โดยเลือก File Menu → New → Graph Calibrate Force ดูค่า Capacity ว่าถูกต้องหรือไม่ → Next → ใส่ค่าน้ำหนักลูกตุ้มที่ใช้ → วางตุ้มน้ำหนัก → Next → Finish
5. Calibrate Height โดยเลือก T.A. → Calibrate → Calibrate Height
6. เข้า T.A. Setting โดยเลือก T.A. → T.A. Setting → กดที่ Library เพื่อกำหนดรูปแบบ การวัดโดยเลือก Return to start และตั้งค่า Value เพื่อกำหนดการเคลื่อนที่ของ Probe โดยมีการตั้งค่าดังนี้

6.1 การทดสอบแบบ Compression ตั้งค่า Test Speed 0.5 mm./sec, Target Mode Strain, Strain 80%

6.2 การทดสอบแบบ Bending ตั้งค่า Test Speed 0.5 mm./sec, Target Mode Distance, Distance 4 mm.

7. T.A. Run a Test เขียนรายละเอียดและเลือก Drive ที่ต้องการยันทึกเพื่อให้สามารถเรียกใช้ได้เลือกชนิด Probe คือ

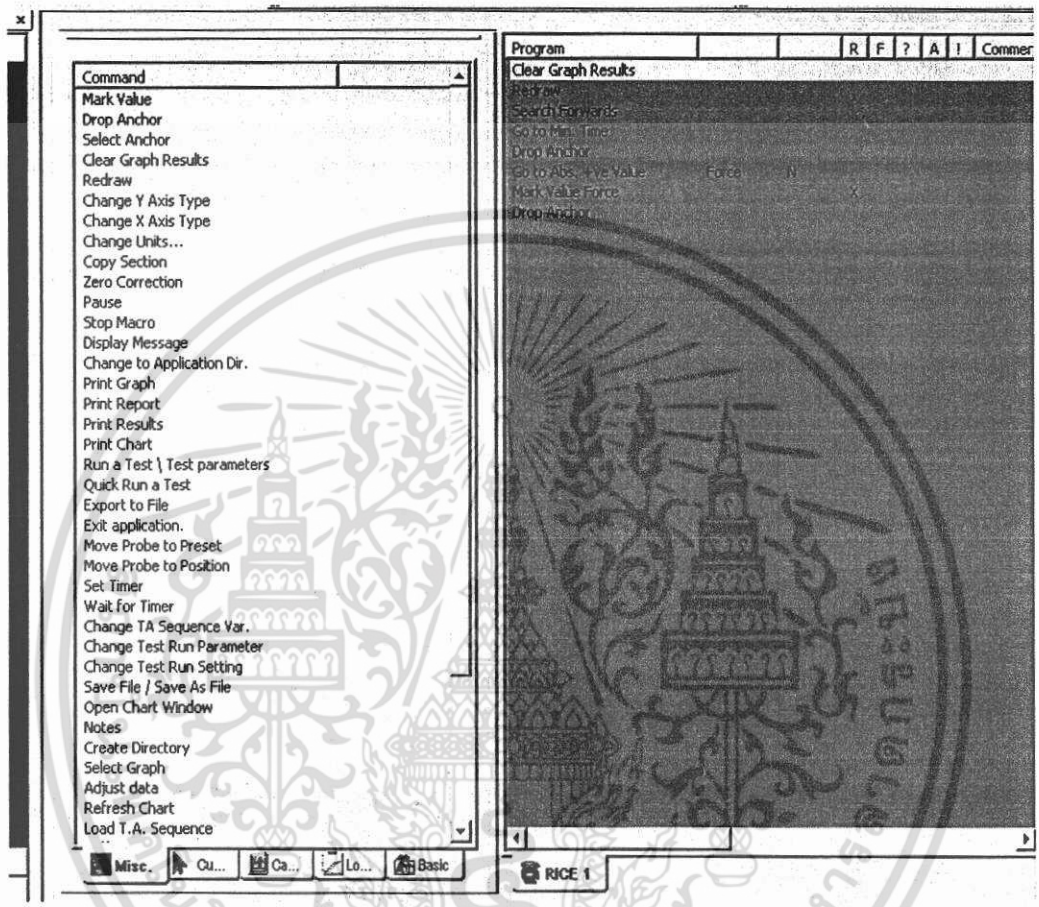
7.1 P/75 75 mm. COMPRESSION PLATEN ในการทดสอบแบบ Compression

7.2 P/3 3mm. DIA CYLANDER STANLESS ในการทดสอบแบบ Bending ให้ตรงกับ Probe ที่ใช้เสมอ เลือก parameter ที่ต้องการวัดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด เลือก Data Acquisition เพื่อกำหนดอัตราการเก็บข้อมูล

8. กด T.A. Run a Test
9. ทำการสร้าง Macro เพื่อกำหนดจุดของแรงที่เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

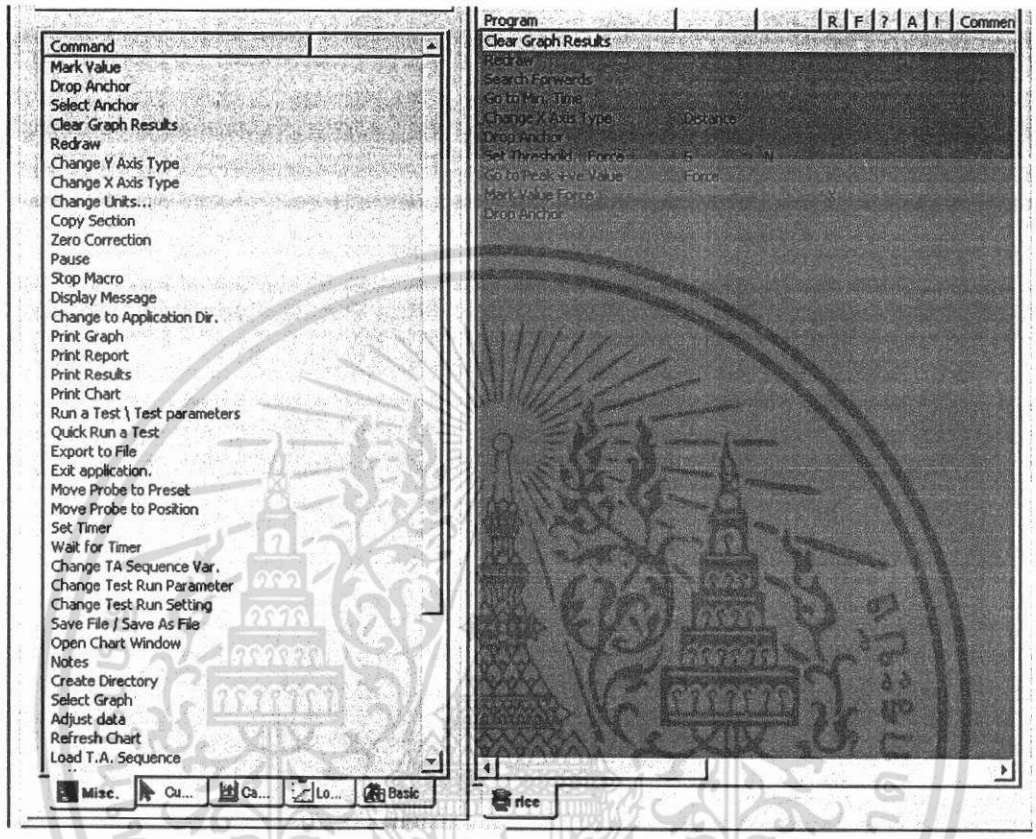
การสร้าง Macro เพื่อกำหนดจุดของแรงที่เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก ของการทดสอบแบบ Compression ดังภาพที่ ก. 1



ภาพที่ ก. 1 แสดงการเขียน Macro ของการทดสอบแบบ Compression

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้าง Macro เพื่อกำหนดจุดของแรงที่เมล็ดข้าวเกิดการแตกหัก ของการทดสอบแบบ Bending ดังภาพที่ ก. 2



ภาพที่ ก. 2 แสดงการเขียน Macro ของการทดสอบแบบ Bending

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบการวัดขนาดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง คุณภาพการกะเทาะ คุณภาพการหุงต้ม และสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วันและที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ผลการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความชื้นข้าวเปลือกก่อนการทดลองแต่ละครั้ง

ข้าวพันธุ์ทีปทุมธานี 1 ที่ระยะห่างของลูกยาง 0.1, 0.5, 1 mm.						
ระยะเวลาการเก็บรักษา	Temp Db	RH	MC ของข้าวเปลือก			
วัน	°C	%	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
60	26.1	54	12.7	13	12.9	12.87
90	26.9	57	13.4	13.2	12.7	13.10
110	25.5	55	12.8	13.2	13	13.00
130	26	57	12.5	12.7	12.3	12.50
150	27.5	49	13.4	13.4	13.5	13.43
180	26.7	62	13.1	12.8	13.2	13.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2 การวัดขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60

ข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะ															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.7	1 98	10.49	26	2.58	1.95	10.31	51	2.55	2.01	10.72	76	2.65	2.09	10.75
2	2.49	1.86	9.9	27	2.59	1.94	9.22	52	2.66	1.95	10.82	77	2.56	2.06	11.11
3	2.57	2.14	11.27	28	2.57	2.01	10 3	53	2.72	2.05	10.49	78	2.32	1.82	10.2
4	2.65	2 04	10.41	29	2.61	1.99	10 72	54	2.62	1.98	10.71	79	2.66	2 03	10.75
5	2 6	2.12	10.41	30	2 52	1.99	10.59	55	2.55	2.01	10 25	80	2.51	1.98	10 67
6	2 23	2.01	10.59	31	2.56	2.16	9.36	56	2.44	1 84	10 86	81	2.49	2 04	10.91
7	2.04	1 94	9.79	32	1.85	2.05	10 64	57	2.68	2.01	11.21	82	2 55	2 1	10.78
8	2.38	2 01	10.29	33	2.47	2 01	9.99	58	2.45	2 01	10.22	83	2.56	1.95	10.78
9	2.35	2 32	11.19	34	2.64	2.01	10.15	59	2.34	2	10 27	84	2.65	2.06	10 63
10	2.25	1 92	10.58	35	2.1	1 96	10.07	60	2.65	1 94	10.11	85	2 56	2.05	10.66
11	2.55	2 01	11 25	36	2 5	1 96	9 7	61	2.57	1.89	10 95	86	2 71	2 08	10 65
12	2.49	2	10.05	37	2 53	1.91	10 13	62	2 77	1 91	11 09	87	2 66	1.97	10.56
13	2.59	1 93	10 93	38	2.54	1.97	10.62	63	2 46	2.01	10 89	88	2.65	1.77	10.55
14	2.6	1.95	10.08	39	2 62	2.08	9.81	64	2 67	2.01	10.76	89	2.48	1.92	10.63
15	2 45	2.09	11.1	40	2 35	2.11	11.15	65	2 3	1.97	10 06	90	2 31	1.99	10.42
16	2.26	1.91	10.91	41	2.57	1.96	9.67	66	2.56	1.96	10 78	91	2.48	2 04	10 8
17	2.52	1 94	11.07	42	2.57	1.85	11	67	2.61	1.97	10 23	92	2.57	2	10.72
18	2.64	2.07	9.57	43	2.43	1 96	10.27	68	2.5	1 84	10.57	93	2.42	1.86	10.97
19	2.56	2.04	10 74	44	2.39	2.06	9.79	69	2.59	1.99	10.73	94	2 61	1.88	10.72
20	2.32	2	10.81	45	2.47	1.97	9.59	70	2.58	1.98	10.33	95	2.48	1 95	10.92
21	2.59	2.26	11.44	46	2.43	2.11	10 3	71	2.38	1.9	10.4	96	2.42	1.92	10.4
22	2.65	1.88	10 38	47	2.23	2.11	11 19	72	2.66	2.06	10	97	2.37	1.95	10.27
23	2.5	2.08	10.35	48	2.23	1.97	10.06	73	2.46	1.99	10.58	98	2.44	2	10.8
24	2.53	2.02	10.67	49	2.61	1.82	10 47	74	2.79	1.88	10.64	99	2.38	2.03	10.39
25	2.35	1.99	10.34	50	2.35	2 01	9.57	75	2.65	2.04	10 12	100	2.34	2	9.95

สรุป เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.5 มิลลิเมตร หนา 1.99 มิลลิเมตร ยาว 10.49 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.16 หนา 0.09 ยาว 0.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.25	1 73	8.59	26	2.24	1.66	7.07	51	2.27	1.88	7.94	76	2.19	1.547	2.63
2	2.13	1.67	7.1	27	2.13	1 66	7.45	52	2.07	1.64	6.73	77	1.71	1.65	6.89
3	2.17	1.83	7.35	28	2 2	1 73	6.74	53	2.16	1 75	6.66	78	2.85	1.67	7.554
4	2.07	1 7	7.245	29	1 88	1 8	7.27	54	2 07	1.72	6.61	79	1.94	1.84	7.25
5	2.26	1.695	7.61	30	2.05	1 82	7 21	55	2.07	1.83	7.16	80	1.89	1.73	7.86
6	2 235	1 65	7.6	31	2.14	1 79	7.61	56	2 02	1 72	6.31	81	2.06	1.78	7.41
7	2 19	1 86	7.87	32	2.13	1 78	7 54	57	2.11	1 73	6.73	82	2.05	1.91	7.7
8	2.04	1 68	7.45	33	2.1	1 6	6.41	58	2 11	1 68	7.2	83	2	1.7	7.23
9	1.68	2 235	7.62	34	2.15	1.78	7 33	59	2.21	1.87	7.19	84	2.13	1.62	7.44
10	2.09	1 67	7.36	35	1.67	1 67	6.64	60	2.16	1.8	7 11	85	2.35	1.59	7.12
11	2 145	1 785	7.16	36	2.17	1 63	6 87	61	2.24	1.75	7.6	86	2.17	1.67	7.26
12	2.17	1 68	7 66	37	2.11	1 73	7.47	62	2 14	1 92	7 17	87	1.83	1.78	7.47
13	2 1	1.68	6 73	38	2.07	1 73	7 5	63	1 7	1 69	6 86	88	2.08	1.67	6.71
14	2.12	1.81	7.47	39	1.91	1 73	6 99	64	2 13	1.83	7.4	89	1.98	1.64	7.21
15	2.07	1.75	7.69	40	2	1 73	7.23	65	2 16	1.71	7.46	90	1.92	1.3	6.49
16	2.11	1 77	7.44	41	2 1	1.73	7 43	66	2.25	1 68	7.2	91	2.14	1.7	7.16
17	2.1	1.75	6.96	42	2.21	1.76	7.52	67	2.17	1 64	7.19	92	2	1.66	7.09
18	1.76	1 775	7.72	43	2.07	1 74	6.81	68	2.22	1 77	7.59	93	2	1.64	6.81
19	2.12	1.67	7.56	44	2.15	1 69	7.64	69	2.12	1.71	7.67	94	1.95	1.78	6.89
20	2.33	1 76	7.03	45	2.03	1 71	7 11	70	2.15	1.73	8.1	95	2.09	1.62	6.98
21	2.18	1.72	6.92	46	2.2	1.8	7.72	71	2.08	1.71	7.21	96	2.11	1.46	7.45
22	1.47	2.2	6.81	47	2.11	1.79	6 885	72	2.13	1 84	7 09	97	2.14	1.76	7.37
23	2.25	1.71	7.45	48	2.07	1 69	7.11	73	2 12	1.64	7 53	98	2.22	1.73	7.31
24	1.6	2.1	6.8	49	2.13	1.71	7.31	74	1 96	1.69	7.47	99	1.95	1.71	7.19
25	2.195	1.75	7.31	50	2.07	1.68	7.47	75	2	1.76	7.62	100	2.03	1.79	7.46

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.09 มิลลิเมตร หนา 1.73 มิลลิเมตร ยาว 7.22 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.17 หนา 0.12 ยาว 0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.5 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.1	1.86	7.51	26	2.2	1.71	6.63	51	2.02	1 68	7.49	76	2 1	1 66	7.33
2	2.15	1.7	7.37	27	1.93	1.7	7 19	52	2.13	1.64	6.99	77	1.67	1.66	7 41
3	2.12	1.68	7.29	28	2.13	1.78	7.2	53	1.95	1.79	7.85	78	1.97	1 77	7.9
4	2.33	1.86	7.31	29	2.09	1 71	7.57	54	2.23	1 72	7.22	79	2.03	1 81	7.06
5	2.15	1.66	7.4	30	2 1	1.75	7.11	55	2.05	1.72	7.34	80	2.07	1.76	6.65
6	2 11	1.69	7.18	31	2.07	1.74	7 99	56	2.02	1 74	7.72	81	2.08	1 73	7.47
7	2 1	1.73	7.08	32	2 23	1 74	7 43	57	2.1	1 8	7 38	82	2.11	1.74	7 18
8	2.11	1.8	7 1	33	2.1	1.64	7.52	58	2.21	1 72	7	83	2.21	1 73	7.43
9	2 27	1 63	6 72	34	2.07	1.77	7 12	59	2.17	1 78	7 11	84	2.24	1.76	7 75
10	2.21	1 73	7.14	35	2 07	1 78	7 47	60	2 15	1 74	7 91	85	2.07	1 69	7.44
11	2 11	1.8	7.81	36	2.12	1.75	7 55	61	2	1 61	6.5	86	2.11	1 6	7.3
12	2.19	1.76	7	37	2 05	1.73	7.37	62	2.13	1.77	7.49	87	2.07	1.76	7.61
13	2	1.68	7.18	38	2.02	1.82	7.59	63	2.09	1 73	7.12	88	1.99	1.76	7.6
14	2 14	1.73	7.56	39	2.23	1.73	8.05	64	1.97	1.61	6 67	89	2 23	1.57	7.12
15	1.87	1.81	6.81	40	2 33	1.7	7 44	65	2.16	1 74	7 7	90	2.25	1.6	7 93
16	2.18	1.64	6.31	41	2.14	1.62	7 88	66	2.31	1 73	7.38	91	2.24	1 7	6 91
17	2.18	1.81	7 88	42	2 095	1.615	7.34	67	2.14	1 66	7.23	92	1.99	1.7	7.45
18	2.15	1.69	7.31	43	2.09	1.72	7.62	68	2.15	1.77	7.42	93	2.28	1.75	7.39
19	2.09	1 73	7.62	44	2 2	1.77	7.51	69	2 03	1.64	7.21	94	6.78	1 71	6.78
20	2.25	1.75	7.79	45	2.2	1.69	7.66	70	2.02	1.68	7 03	95	2.05	1 64	7.14
21	2.05	1.67	6.8	46	1.87	1 61	7.2	71	2.01	1.71	7.79	96	1.85	1 75	7 19
22	2 035	1.71	7.18	47	2.16	1.75	7.34	72	2.21	1 81	7 69	97	2.02	1.67	7.32
23	2.1	1.61	6.97	48	1.91	1 72	7.05	73	2.04	1 79	7.09	98	2.07	1.58	6.44
24	2.15	1.66	6.46	49	2 15	1.64	7.11	74	1.96	1.66	6 89	99	2.09	1.77	7 75
25	2	1.7	7.46	50	2.02	1.82	7.31	75	2.23	1.81	7.32	100	2.05	1.73	7.71

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.5 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.15 มิลลิเมตร หนา 1.72 มิลลิเมตร ยาว 7.31 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.48 หนา 0.06 ยาว 0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.00	1 75	7.23	26	2.16	1.66	7.10	51	2.06	1.78	7.87	76	2.13	1.82	7.27
2	2.25	1.74	7.54	27	1.92	1.65	7.18	52	2.12	1 79	7.69	77	2.13	1.69	7.39
3	2.05	1.70	7.05	28	2.20	1.64	6.69	53	2.17	1.79	8 17	78	2.31	1.80	7 64
4	2.14	1 85	8 00	29	2.19	1.79	7.66	54	2.13	1.72	7.52	79	2.14	1.80	7.38
5	2 19	1 74	7 89	30	2.21	1.75	7.17	55	2 22	1.78	7.29	80	2 19	1.61	7.45
6	2.05	1 76	7.20	31	2.30	1.89	7.50	56	2.11	1 75	7.40	81	2 21	1.66	8.09
7	2 22	1 80	7.38	32	2.17	1.75	7.54	57	2.07	1 67	6 89	82	2.00	1.61	6 64
8	2 12	1 69	6.70	33	2.32	1.78	7.57	58	2.14	1 81	7.21	83	2.15	1.76	8 33
9	2.11	1 79	7.50	34	2 26	1.64	7.32	59	2.08	1 81	7.08	84	2.14	1 74	7 27
10	2.70	1 61	7.12	35	2 08	1 70	7.09	60	2 13	1 75	7.32	85	2 06	1 73	7.29
11	2 00	1 74	7.59	36	2 00	1.80	6 78	61	1 95	1 63	6.72	86	1.93	1.64	6.82
12	2.20	1 83	7 94	37	2.28	1.90	7.85	62	1.95	1 62	6.49	87	2.18	1 81	7 45
13	2.16	1 69	7.29	38	2.04	1.67	7 10	63	2.13	1 76	6 62	88	2.13	1.75	7.37
14	2 00	1.73	7 05	39	2.18	1.69	7 52	64	2.12	1 76	7.21	89	2.12	1 74	7 49
15	2.06	1.90	7 65	40	2.24	1.78	7.64	65	2.05	1 64	7 18	90	2.04	1 75	7.07
16	2.19	1.70	7 06	41	2.13	1.67	7 40	66	2.13	1.54	7.49	91	2 25	1.79	7.39
17	2 18	1.80	7 60	42	2.28	1.90	8.10	67	2.17	1 57	6.59	92	2 13	1 82	7 59
18	2.20	1.85	7.22	43	2.15	1.89	7.33	68	2.12	1.72	7.14	93	1 67	1 67	6 84
19	2 19	1.76	7.41	44	2.15	1.75	7.82	69	2.21	1.74	7.42	94	2.11	1.74	7.08
20	2 06	1.61	6 81	45	2.14	1.70	7.45	70	2.18	1.76	7.34	95	1 89	1.64	6.79
21	2.05	1 79	7.26	46	1.94	1.63	6 78	71	2.20	1.79	7.68	96	2 16	1.79	7 06
22	2 20	1.86	7.60	47	2.19	1.79	7.65	72	2.09	1.72	6.81	97	2.09	1.48	6.84
23	2.15	1 70	7 41	48	2.21	1.78	7.20	73	2.08	1 65	7.77	98	2.13	1.65	7.64
24	2 17	1.78	7.24	49	2 05	1.75	7.75	74	2 19	1.69	7.38	99	1.96	1.74	7.07
25	2 10	1.69	7 95	50	2.15	1.78	7.60	75	2.24	1 78	7.24	100	2.22	1.62	7 12

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.13 มิลลิเมตร หนา 1.73 มิลลิเมตร ยาว 7.33 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.12 หนา 0.08 ยาว 0.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข 3 การทดสอบคุณภาพการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บ

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน																				
ระยะห่าง ลูกยาง	น้ำหนัก (g)																	ค่าความขาวข้าว		
	ข้าวเปลือก				ข้าวกล้อง				ข้าวหัก				แกลบ							
มม.	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	รวม	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
0.1	14.41	14.29	13.7	14.13	56.94	59.41	57.87	58.07	44.11	42.08	43.19	43.13	34.54	34.22	35.24	34.67	150	23.4	23.4	23.1	23.3
0.5	20.65	20.15	19.65	20.15	61.58	67.35	61.03	63.32	35.62	30.74	37.07	34.48	32.15	31.76	32.25	32.05	150	23.6	23.3	22.5	23.13
1	49.84	71.72	70.13	63.90	50.75	43.01	42.49	45.42	24.69	16.34	8.1	16.38	24.72	18.93	29.28	24.31	150	23.3	24.6	24.4	24.1

น้ำหนักข้าวเปลือก 1000 เมล็ด 26.3312 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.1 มม. 19.5412 กรัม น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.5 มม. 19.5144 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 1 มม. 20.084 กรัม อุณหภูมิ 26.1 องศา ความชื้น 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.4 การทดสอบคุณภาพการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ความสูงข้าวดิบ	ความสูงข้าวสุก	ความกว้างเมล็ดหลังต้ม	ความยาวเมล็ดหลังต้ม	น้ำหนักหลังต้ม
0.1	60	0.55	2.1	3	8 5	44.88
0.5	60	0.6	1.95	3	8.5	40 1
1	60	0.6	1.75	2 5	9	35 4

ตาราง ข.5 สัดส่วนการขยายตัวจากการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0 1, 0 5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สัดส่วนการขยายตัวในภาพรวม	สัดส่วนการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ด(มม.)	สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวของเมล็ด (มม.)
0.1	60	2.8	0 4	0 18
0.5	60	2 3	0 4	0 16
1	60	1.9	0 2	0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข. 6 ความสามารถในการรับแรงกดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน							
การกดแบบ Compression (การกดในแนวตั้ง)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	28.7	1	30.6	1	27.3	1	68.9
2	30.3	2	30.9	2	30.0	2	70.3
3	32.0	3	31.7	3	33.9	3	73.8
4	33.1	4	33.9	4	33.9	4	74.1
5	33.8	5	34.9	5	36.1	5	74.8
6	34.0	6	35.1	6	37.5	6	75.8
7	34.1	7	36.6	7	38.4	7	75.9
8	35.2	8	37.0	8	39.0	8	78.7
9	37.4	9	37.5	9	39.0	9	81.7
10	37.9	10	38.7	10	39.6	10	89.5
11	39.3	11	39.0	11	43.7	11	97.3
12	40.4	12	40.8	12	44.1	12	100.4
13	43.0	13	41.0	13	45.9	13	116.1
ค่าเฉลี่ย	35.3	ค่าเฉลี่ย	36.0	ค่าเฉลี่ย	37.6	ค่าเฉลี่ย	82.9
STDEV	4.1	STDEV	3.5	STDEV	5.4	STDEV	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข. 7 ความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน							
การกดแบบ Bending (การกดในแนวนอน)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	17.3	1	13.3	1	12.0	1	12.7
2	17.4	2	14.9	2	12.3	2	12.7
3	18.9	3	15.6	3	15.3	3	13.1
4	19.4	4	16.8	4	15.4	4	14.5
5	19.9	5	17.3	5	15.5	5	15.3
6	20.2	6	17.3	6	15.7	6	16.4
7	20.8	7	17.3	7	16.7	7	19.0
8	21.0	8	17.4	8	17.3	8	19.4
9	21.7	9	18.2	9	18.5	9	20.0
10	22.0	10	18.8	10	18.7	10	20.6
11	23.2	11	19.0	11	19.5	11	20.9
12	23.4	12	21.8	12	20.5	12	21.8
13	23.9	13	23.2	13	20.8	13	22.0
ค่าเฉลี่ย	20.7	ค่าเฉลี่ย	17.8	ค่าเฉลี่ย	16.8	ค่าเฉลี่ย	17.6
STDEV	2.1	STDEV	2.6	STDEV	2.8	STDEV	3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผลการทดสอบการวัดขนาดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง คุณภาพการกะเทาะ คุณภาพการหุงต้ม และสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วันและที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน

ข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะเปลือก															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.49	1.99	11.28	26	2.48	1.97	10.4	51	2.38	2 04	10.36	76	2.21	1.91	11.07
2	2.81	1.99	11.45	27	2.54	2	10.4	52	2.19	1.98	11.32	77	2.19	1 88	10 5
3	2.63	1.91	10.23	28	2 64	2.04	10.88	53	2.2	1.94	10.32	78	2.37	2.03	11.2
4	2.33	1.91	10.69	29	2 6	2.02	10.6	54	2.41	2	11.16	79	2.33	1.97	11.07
5	2 54	1.91	9.85	30	2.5	1.93	11.07	55	2 48	2	10.6	80	2.32	2	10.75
6	2 61	2 02	10.51	31	2.4	2	10.82	56	2 47	1.92	10.67	81	2.41	2	11.4
7	2 63	1.97	10.51	32	2.5	1.84	11 3	57	2 38	2.1	10.15	82	2.51	1.93	10 69
8	2.52	1 86	10.63	33	2.53	2.03	10.42	58	2.18	1 86	11 2	83	2.38	1.96	11 06
9	2.45	1 86	10 41	34	2 62	1.95	11.37	59	2.33	1.88	10.46	84	2.37	1.86	10 94
10	2.49	1.97	10.9	35	2 6	1 93	10 87	60	2 31	1 94	10 74	85	2 52	2.02	10.89
11	2.67	2.03	11.09	36	2.59	1.05	10.48	61	2 43	1.99	11.26	86	2.36	2.01	10 33
12	2.57	1.87	9.57	37	2.43	1 96	11.19	62	2.49	2.01	10.88	87	2.51	2 01	11.58
13	2.52	1 87	10.53	38	2.62	1.97	10.7	63	2.29	1.84	10 28	88	2.21	1.97	11.06
14	2 63	1.94	10.46	39	2.81	1.91	10 94	64	2 45	2 02	11.32	89	2.6	1.83	10 07
15	2 42	1.93	8.83	40	2.25	1 86	11.94	65	2.56	1.95	10.56	90	2.22	1.49	9 76
16	2.45	1.96	9.48	41	2.38	1 76	10.57	66	2.47	2.06	10.25	91	2.54	1.93	10.49
17	2 67	1 92	10.72	42	2 5	1 84	10.22	67	2 02	1 88	10 87	92	2 54	1.89	10 75
18	2.57	1.97	9.97	43	2.56	1.78	10.77	68	2.59	2	11.23	93	2.36	1 96	10.32
19	2.52	1.96	10 45	44	2.5	2.02	11 17	69	2.52	1 96	11 23	94	2.69	1.91	10.62
20	2.57	1.97	11.07	45	2.32	2.05	10.3	70	2.47	1.87	11.16	95	2.39	1 89	10.74
21	2.47	1.96	10.43	46	2.56	1.95	10 99	71	2.57	1.87	11.09	96	2.5	1.97	10.96
22	2 77	1.99	10.69	47	2.68	1.9	10 99	72	2.57	1.89	10.72	97	2.52	1.88	9.72
23	2.44	1.81	10.97	48	2.56	1.84	10.74	73	2.21	1.93	10.83	98	2.44	1.95	11.26
24	2.63	1.99	11.15	49	2.53	1.9	10.05	74	2.55	1.98	11 02	99	2.74	1.89	11.14
25	2.59	2	10.98	50	2.33	2.06	10.94	75	2.57	1.87	10.93	100	2.58	1.76	10.89

สรุป เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.48 มิลลิเมตร หนา 1.93 มิลลิเมตร ยาว 10.41 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.15 หนา 0.12 ยาว 0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.09	1.66	7.03	26	2.07	1.52	7.9	51	2.24	1.71	7.42	76	1.93	1.6	7.46
2	1.89	1.74	7.82	27	2 09	1 7	7.21	52	2.09	1.72	6.98	77	1.93	1.61	6.89
3	2.21	1.67	6.88	28	2.08	1.61	7.14	53	2.24	1.85	7.1	78	2.15	1.73	7.01
4	2 2	1.74	7.17	29	1.95	1.69	6.93	54	2	1.59	6 94	79	2	1.69	7.27
5	1 95	1.78	6.97	30	2.04	1.66	6.63	55	1 95	1.69	7.3	80	1.89	1.49	6.63
6	2.1	1.71	7.44	31	1 99	1.7	7.11	56	2.04	1.72	7 17	81	2.16	1.64	7.31
7	1.89	1.78	7 74	32	2 16	1.65	7 1	57	2.18	1.71	7.86	82	1.92	1.64	7.22
8	2 1	1.84	7.1	33	2 09	1.78	7.24	58	2.08	1.61	7 16	83	2.04	1.77	8.13
9	1 86	1.46	7.06	34	1.95	1.3	6.25	59	2.08	1 57	6.66	84	2.07	1.76	7.14
10	2.02	1.77	7.36	35	2 16	1.64	7.36	60	2.27	1.71	7 29	85	2.12	1.47	6.88
11	1 98	1 66	7.46	36	2.05	1.74	7.18	61	1.99	1 68	7 39	86	2.08	1.76	7.42
12	2.19	1.8	7.38	37	1.9	1.68	7.41	62	1 99	1.65	7.27	87	2.29	1.84	7.33
13	1 97	1.74	6 5	38	2 07	1.73	7.34	63	2.02	1 72	7.83	88	1.85	1.5	6.8
14	1 97	1.69	7.38	39	2.1	1.75	7.74	64	2.08	1.65	7.76	89	2.2	1.78	7.35
15	1.86	1 58	6.98	40	2.11	1.81	7.19	65	2 05	1.72	6.78	90	2.04	1.75	7.67
16	2.08	1.71	7.14	41	2 3	1 79	7.45	66	1.88	1.64	7.26	91	1.84	1.64	7.07
17	2.12	1.77	6.74	42	2.17	1.64	7.49	67	1.94	1 61	6.55	92	2.08	1.8	7.51
18	2.09	1.6	7.74	43	2.1	1.82	7 35	68	2.09	1.78	7.2	93	1.95	1.56	6.62
19	2.01	1.62	7.17	44	2.07	1.75	6.91	69	2.14	1.8	7 39	94	2.24	1.62	7.53
20	2.05	1.71	7.13	45	2.04	1.72	7.78	70	2.16	1.72	7.48	95	2.06	1.71	7.02
21	2.07	1.73	7.51	46	2 06	1.73	7.64	71	1.92	1.61	6.9	96	2.13	1.81	6.9
22	1.87	1.66	7.3	47	2.06	1.53	7.7	72	2.11	1.75	7.32	97	1.98	1.66	7.75
23	2.14	1.73	7.77	48	2 28	1.74	7.73	73	2.1	1.71	7.29	98	2.24	1.77	7.14
24	1 86	1.63	7.2	49	2.22	1.79	8.02	74	2 2	1.64	7 01	99	2.18	1.72	6.96
25	2.08	1.66	7.22	50	2.16	1.73	6.93	75	1.91	1.74	6.94	100	2.15	1.74	7.63

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.09 มิลลิเมตร หนา 1.7 มิลลิเมตร ยาว 7.25 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.11 หนา 0.09 ยาว 0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.5 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.12	1.68	7.29	26	2.12	1.67	7.56	51	2.12	1 81	7.47	76	2.15	1.77	7.42
2	2.33	1.86	7.31	27	2.33	1 76	7.03	52	2.07	1 75	7.69	77	2.03	1.64	7.21
3	2.27	1.63	6.72	28	2.18	1 72	6.92	53	2.11	1 77	7.44	78	2.02	1.68	7.03
4	2.21	1.73	7.14	29	1 47	2 2	6.81	54	2.1	1.75	6 96	79	2.01	1.71	7.79
5	2.11	1.8	7 81	30	2 17	1.78	7 11	55	1.76	1 775	7.72	80	2.21	1.81	7.69
6	2.19	1.76	7	31	2.15	1.74	7.91	56	2.12	1.67	7.56	81	2.04	1.79	7.09
7	2	1 68	7.18	32	2	1.61	6.5	57	2 33	1 76	7 03	82	2.14	1.80	7.38
8	2.14	1.73	7.56	33	2.13	1.77	7.49	58	2.18	1 72	6.92	83	2.19	1.61	7.45
9	1.87	1.81	6.81	34	2 09	1.73	7.12	59	1.47	2 2	6 81	84	2.21	1.66	8.09
10	2.18	1.64	6.31	35	1 97	1.61	6.67	60	2.25	1 71	7.45	85	2.00	1.61	6.64
11	2.18	1.81	7.88	36	2 16	1.74	7 7	61	1 6	2 1	6.8	86	2.15	1.76	8.33
12	2.15	1.69	7.31	37	2 31	1.73	7.38	62	2.195	1 75	7.31	87	2.14	1.74	7.27
13	2.15	1.66	7.4	38	2 14	1.66	7 23	63	2 24	1 66	7.07	88	2.06	1.73	7.29
14	2.11	1.69	7.18	39	2.15	1.77	7 42	64	2 13	1.66	7 45	89	1.93	1.64	6.82
15	2.1	1 73	7.08	40	2.03	1.64	7.21	65	2.2	1.73	6.74	90	1.94	1.63	6.78
16	2.11	1.8	7.1	41	2 02	1.68	7 03	66	1.88	1.8	7 27	91	2.19	1.79	7.65
17	2.09	1.67	7.36	42	2.01	1.71	7 79	67	2.05	1.82	7.21	92	2.21	1.78	7.20
18	2 145	1 785	7.16	43	2.21	1.81	7.69	68	2 14	1 79	7 61	93	2.05	1.75	7.75
19	2.17	1.68	7.66	44	2.04	1 79	7.09	69	2	1 61	6.5	94	2.15	1.78	7.60
20	2.1	1.68	6.73	45	1 96	1.66	6.89	70	2.13	1.77	7 49	95	2.06	1.78	7.87
21	2.12	1.81	7.47	46	1.68	2.235	7.62	71	2.09	1.73	7.12	96	2.08	1.81	7.08
22	2.07	1 75	7.69	47	2.09	1.67	7.36	72	1.97	1.61	6.67	97	2.13	1.75	7.32
23	2.11	1.77	7.44	48	2 145	1.785	7.16	73	2.16	1 74	7.7	98	1.95	1.63	6.72
24	2.1	1.75	6 96	49	2.17	1.68	7.66	74	2.31	1.73	7.38	99	1.95	1.62	6.49
25	1.76	1.775	7.72	50	2 1	1.68	6.73	75	2.14	1.66	7 23	100	2.13	1.76	6.62

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.5 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.09 มิลลิเมตร หนา 1.7 มิลลิเมตร ยาว 7.25 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.15 หนา 0.11 ยาว 0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.13	1.77	7.59	26	2.02	1.63	6.9	51	1.91	1.64	7.47	76	2.23	1.71	7.42
2	2.17	1.7	7.52	27	1.79	1.41	6.58	52	1.84	1.67	7.67	77	1.88	1.77	8.21
3	2.08	1.76	7.34	28	2.1	1.7	7.13	53	1 92	1 66	6.89	78	2.04	1.78	6.95
4	2 12	1.73	7 65	29	2.14	1.76	6.43	54	1.88	1.66	6.69	79	2.06	1.7	6.64
5	2.21	1.56	7.44	30	1 89	1.63	6.53	55	2.14	1.86	7.87	80	2.16	1.71	7.67
6	2 13	1.62	6.92	31	2.04	1.71	6.72	56	2 15	1.54	7 13	81	2.12	1.78	7.5
7	2.11	1.73	7.39	32	2.1	1.79	7.09	57	2.07	1.71	7.48	82	2.06	1.56	7.13
8	2	1.75	6.91	33	2.12	1.78	7.34	58	2.16	1.75	7.21	83	2.16	1.65	7.41
9	2 21	1.75	7.35	34	2 08	1.82	7.95	59	2 24	1.54	7.39	84	2.13	1.79	7.64
10	2.02	1.74	6.97	35	2 08	1.73	7.15	60	1 84	1.75	7 78	85	1.97	1.68	7.19
11	1.98	1 78	7.45	36	1.96	1.69	6.94	61	2.06	1 52	7 45	86	2.06	1.68	6.64
12	2.29	1.61	7.71	37	2.15	1.64	6.95	62	2.05	1.82	7.7	87	2.07	1.76	7.45
13	2.03	1.74	7.34	38	2.2	1.73	7.24	63	2 13	1 8	7.43	88	2.03	1.65	6.57
14	2 17	1.94	7.48	39	2.01	1.63	6 48	64	2.01	1 71	7.79	89	2.18	1.62	7.24
15	2 05	1 6	6.98	40	2 12	1.83	7.87	65	2 15	1 71	7.77	90	2	1.66	7.18
16	2.23	1.78	8.11	41	2 09	1.73	7.61	66	1.91	1.72	6 89	91	2.07	1.74	7.11
17	2 11	1.65	7.05	42	2.04	1.49	6.62	67	2.08	1 73	6.74	92	2.14	1.79	7.75
18	2.05	1.8	7.93	43	2 22	1.74	7.64	68	2.12	1.77	6 99	93	1.99	1.77	6.64
19	2.15	1.78	7	44	2.16	1.65	7.37	69	2.12	1.52	6.86	94	2.03	1.53	6.46
20	2 18	1.75	7.47	45	2 08	1.78	7.08	70	1 95	1 76	7.77	95	2.03	1.73	7.61
21	2.15	1.75	6.91	46	2.05	1.63	8.02	71	1.92	1 67	6.87	96	2.19	1.78	7.4
22	1 96	1.57	7.3	47	2.02	1.75	7.49	72	2.09	1.72	6.5	97	2.09	1.78	7.42
23	2.1	1.84	7.91	48	1.97	1.69	7.03	73	2.17	1.81	7.14	98	1.95	1.59	7.06
24	2.32	1.74	7.02	49	2.03	1.69	6.88	74	2.18	1.87	7.95	99	2.14	1.77	7.71
25	2 16	1.66	7.49	50	1 99	1 6	6.89	75	2.04	1.67	6.39	100	2.11	1.82	7.23

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.5 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.08 มิลลิเมตร หนา 1.71 มิลลิเมตร ยาว 7.25 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.1 หนา 0.09 ยาว 0.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.2 การทดสอบคุณภาพการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1																				
ระยะห่างลูกยาง	น้ำหนัก (g)																	ค่าความขาวข้าว		
	ข้าวเปลือก				ข้าวกล้อง				ข้าวหัก				แกลบ				รวม			
มม.	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
0.1	13.28	13.37	14.87	13.84	64.39	66.04	67.96	66.13	39.42	36.71	33.72	36.62	32.91	33.88	33.45	33.41	150	22.9	23.6	23.5	23.33
0.5	15.43	14.83	15.78	15.35	67.89	68.52	68.69	68.37	34.28	34.15	32.49	33.64	32.40	32.50	33.04	32.65	150	23.5	24.4	24.1	24.00
1	27.58	26.27	25.20	26.35	68.29	70.27	68.87	69.14	24.51	23.23	25.07	24.27	29.62	30.23	30.86	30.24	150	24.3	24.7	24	24.33

น้ำหนักข้าวเปลือก 1000 เมล็ด 26.2332 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.1 มม. 19.7320 กรัม น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.5 มม. 19.8090 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 1 มม. 20.0429 กรัม อุณหภูมิ 26.9 องศา ความชื้น 57

ตาราง ค.3 การทดสอบคุณภาพการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ความสูงข้าวดิบ	ความสูงข้าวสุก	ความกว้างเมล็ดหลังต้ม	ความยาวเมล็ดหลังต้ม	น้ำหนักหลังต้ม
0.1	90	0.6	2.15	3	8.5	45.34
0.5	90	0.6	1.95	3	9	39.42
1	90	0.6	1.75	2.5	9	35.74

ตาราง ค.4 สัดส่วนการขยายตัวจากการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สัดส่วนการขยายตัวในภาพรวม	สัดส่วนการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ด (มม.)	สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวของเมล็ด (มม.)
0.1	90	2.6	0.4	0.17
0.5	90	2.3	0.4	0.24
1	90	1.9	0.2	0.24

ตาราง ค. 5 ความสามารถในการรับแรงกดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน							
การกดแบบ Compression (การกดในแนวตั้ง)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	29.0	1	30.2	1	26.4	1	47.9
2	29.5	2	33.0	2	28.3	2	59.2
3	30.7	3	33.2	3	32.0	3	60.5
4	31.8	4	33.7	4	32.0	4	62.1
5	32.1	5	34.2	5	33.7	5	77.0
6	33.4	6	35.0	6	35.2	6	80.1
7	34.4	7	35.2	7	36.6	7	84.0
8	34.6	8	35.6	8	37.6	8	85.1
9	35.4	9	36.1	9	38.6	9	86.5
10	35.8	10	38.3	10	42.4	10	103.1
11	37.8	11	39.3	11	42.8	11	114.7
12	39.1	12	40.5	12	47.4	12	117.2
13	43.7	13	41.0	13	48.5	13	127.0
ค่าเฉลี่ย	34.4	ค่าเฉลี่ย	35.8	ค่าเฉลี่ย	37.0	ค่าเฉลี่ย	85.0
STDEV	4.1	STDEV	3.2	STDEV	6.8	STDEV	24.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค. 6 ความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 90 วัน							
การกดแบบ Bending (การกดในแนวนอน)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	12.4	1	15.3	1	13.8	1	10.1
2	12.6	2	15.4	2	14.9	2	11.1
3	14.4	3	15.7	3	16.2	3	13.7
4	14.7	4	16.4	4	16.8	4	14.3
5	15.3	5	17.5	5	18.1	5	14.9
6	16.4	6	17.7	6	19.1	6	15.6
7	17.0	7	18.7	7	19.2	7	17.0
8	17.2	8	18.7	8	19.5	8	17.8
9	17.5	9	19.2	9	19.7	9	18.4
10	18.4	10	20.4	10	19.8	10	20.5
11	18.7	11	20.6	11	20.7	11	21.6
12	18.8	12	20.7	12	20.7	12	21.9
13	19.2	13	25.7	13	21.8	13	23.1
ค่าเฉลี่ย	16.3	ค่าเฉลี่ย	18.6	ค่าเฉลี่ย	18.5	ค่าเฉลี่ย	16.9
STDEV	2.3	STDEV	2.9	STDEV	2.4	STDEV	4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ผลการทดสอบการวัดขนาดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง คุณภาพการกะเทาะ คุณภาพการหุงต้ม และสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วันและที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110

ข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะเปลือก															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.5	1.96	10.76	26	2.6	1.9	10.6	51	2 63	2.04	11.5	76	2.45	1.97	10.72
2	2.66	1.96	10.02	27	2.65	1.87	10.83	52	2 21	1.88	11.23	77	2.32	1.98	10.78
3	2.46	1.89	10.16	28	2.45	1.89	10 39	53	2.49	1.87	9.7	78	2.36	1.98	10.5
4	2 56	2.1	10 4	29	2.32	1.93	10.87	54	2 52	1.76	10.63	79	2.68	1.94	11.11
5	2.45	1.92	10.98	30	2.5	1.53	11.07	55	2.69	1.81	11 28	80	2.67	1.96	11.15
6	2.55	1.99	9.68	31	2.29	1.95	10.95	56	2 36	1.97	10.91	81	2.48	1.9	10.01
7	2.2	1.87	9 98	32	2.44	2 03	10 76	57	2.44	1.91	11.63	82	2.52	1.98	10.16
8	2 72	1.97	11 45	33	2.38	1 99	10.1	58	2 33	1.91	9.65	83	2.41	1.87	10.41
9	2.59	1.78	10.18	34	2.43	1.92	10.69	59	2.26	1.9	10.05	84	2.53	1.54	10.43
10	2.41	1 9	10 57	35	2.77	1 95	10.05	60	2 43	2 05	11 17	85	2.69	2	10.09
11	2.71	2.07	11 04	36	2 54	1.9	9 85	61	2.51	1 96	10.56	86	2.56	1.87	10.72
12	2.5	1.83	11 21	37	2.54	1 73	10 69	62	2 47	1.82	8.99	87	2.43	1.77	9.11
13	2 37	1 96	11.78	38	2.56	1.61	10 47	63	2 58	1 86	10 75	88	2.47	1.91	10.44
14	2.47	1.97	10 69	39	2.34	1 89	10 18	64	2.33	1.92	11 23	89	2.41	1.84	10.54
15	2.53	1.92	11.39	40	2.31	1 88	9.53	65	2.4	1 99	11.27	90	2.37	1.96	10.56
16	2 29	1.89	10.54	41	2.31	1.92	10.42	66	2.45	1.95	10 61	91	2.37	1.81	10.16
17	2.38	1 89	10.2	42	2.53	1.97	10.92	67	2.67	1.97	11 06	92	2.55	2	10.25
18	2.66	1.51	10.63	43	2.45	1.86	10.59	68	2 38	1.97	10.36	93	2.43	1.91	10.3
19	2.44	1.87	10.6	44	2.43	1.96	11.54	69	2.47	1.9	11.34	94	2.57	2	10.91
20	2 47	1.97	11 17	45	2.51	2 1	10.3	70	2 5	1.97	10.56	95	2.44	1.9	10.63
21	2.13	1.92	9.97	46	2.49	1.79	11.54	71	2 72	1.89	10.15	96	2.62	1.89	10.74
22	2.72	1.92	10.01	47	2.44	1.94	11.86	72	2.5	1.87	10.93	97	2.57	2	10.98
23	2.66	1.97	10 43	48	2.33	1.94	10.33	73	2.33	1.1	11 26	98	2.5	1.96	10.07
24	2.38	1.82	9.12	49	2.61	1 88	10.49	74	2.32	1 9	11.79	99	2.35	1.97	9.61
25	2 62	1.64	10 95	50	2.56	1.67	10.19	75	2.44	1.91	10.87	100	2.47	1.94	10.95

สรุป เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.48 มิลลิเมตร หนา 1.89 มิลลิเมตร ยาว 10.6 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.13 หนา 0.13 ยาว 0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	1.93	1.72	7.18	26	2 06	1.66	6 83	51	1.98	1.74	7.29	76	2.11	1 67	7 55
2	2.15	1.71	6.88	27	1.96	1.61	7.26	52	1.92	1.71	6.72	77	2 04	1.65	7.66
3	2.05	1.78	7.24	28	2 06	1.71	7.18	53	1.86	1.69	7.34	78	1.97	1.61	7.33
4	2 11	1.44	7 26	29	2.22	1.78	7.95	54	2.08	1.74	7.47	79	2.1	1.77	7.25
5	2 1	1 8	7.34	30	2.1	1.65	7 23	55	2.18	1.75	7.25	80	1.73	1.59	7.4
6	2.04	1.73	7.24	31	2.17	1.74	7.13	56	1.99	1.65	7 11	81	2.1	1.55	6 69
7	2 13	1.72	7.33	32	2 25	1.66	6.96	57	2 02	1.58	6.83	82	2.1	1.86	7 41
8	2.02	1.69	7.8	33	2.09	1 69	6.95	58	2.06	1.62	7.49	83	2.18	1.74	7.98
9	2 06	1.72	6.99	34	2.31	1.59	6 54	59	2.03	1.68	7.33	84	2	1.83	7.41
10	2.08	1 78	8 03	35	2.31	1.75	8	60	2 07	1 72	7.66	85	2 15	1.75	7.39
11	2.18	1 74	7.49	36	2.09	1.72	7.72	61	2 14	1 59	7.66	86	1 97	1.67	7.5
12	2 11	1 7	6 78	37	2 05	1.75	7.93	62	2 16	1 77	6.71	87	2 09	1.67	7.24
13	2 06	1 78	7.47	38	2.13	1.62	7 36	63	2.17	1.71	7 66	88	2.11	1.72	7.38
14	2 03	1 65	7 17	39	2 1	1.7	7.96	64	2 18	1.58	7.72	89	2	1 68	7.31
15	2 04	1.7	7.13	40	2.54	1 53	6.85	65	2 1	1 59	7 66	90	2 14	1.8	7.25
16	2.18	1.69	7.15	41	2.07	1 66	6.69	66	2.14	1.41	7 05	91	2 01	1.66	7.36
17	2.02	1.64	7.4	42	2.12	1.74	7.71	67	2	1.72	7.69	92	2.15	1.69	7 42
18	2.1	1.55	7 49	43	2.01	1.75	7 57	68	2.12	1.63	7.13	93	1.96	1.65	7.35
19	1.98	1.66	7.11	44	2.17	1 67	7.09	69	2.24	1.73	7.34	94	1 97	1.82	7.31
20	2	1 63	7.08	45	2 22	1.64	7.31	70	2.19	1 77	7.31	95	2.1	1.73	7.5
21	2.12	1.53	6.5	46	2.14	1.84	7.53	71	2.07	1.81	7.55	96	1.94	1.68	7 12
22	1.94	1.63	7.3	47	2.03	1.78	7.62	72	1.97	1.8	7	97	2.11	1.72	7 1
23	2.06	1.64	7.41	48	2.01	1.63	7.36	73	2.12	1.67	7 25	98	2.1	1.64	6.96
24	2 08	1.7	7.42	49	2	1.69	7.38	74	2.17	1.75	7.72	99	2.1	1.67	7.44
25	2.15	1 7	7.63	50	2.04	1.7	7.28	75	2.03	1.72	7 04	100	2	1.47	7 33

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.06 มิลลิเมตร หนา 1.69 มิลลิเมตร ยาว 7.32 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.1 หนา 0.08 ยาว 0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.5 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.1	1 7	7.06	26	2.1	1.68	6.63	51	2 08	1.74	7.71	76	2.02	1.7	6.76
2	2.05	1.57	6.88	27	2.2	1 68	7.67	52	2.13	1.73	7.73	77	2.08	1.69	7.73
3	2.12	1.67	7.02	28	2.28	1.76	7.4	53	2.06	1.7	7.04	78	2.05	1.78	7.22
4	1.76	1.64	7.47	29	1 78	1.76	7.13	54	2.12	1 75	7.2	79	2.06	1.7	7.01
5	2 27	1 66	6.84	30	1.93	1.8	7 75	55	2.2	1.7	7 03	80	1.95	1.83	7.56
6	2.15	1.7	8.06	31	1 97	1.72	6 1	56	2.08	1.79	7 65	81	2.16	1.75	7.37
7	2.08	1.72	7.63	32	2 17	1.71	7.57	57	2.09	1.71	7.58	82	2.22	1.63	7.92
8	1.92	1.77	8	33	2 05	1.67	7 6	58	1 99	1.66	7.3	83	2.15	1.73	7.93
9	2 16	1.76	7.36	34	1 18	1.62	7 56	59	2.1	1 57	7 37	84	1.81	1.68	7.26
10	1.89	1.67	7.14	35	2 11	1.78	7 33	60	2 01	1.71	7 37	85	2.01	1.6	7.88
11	1.95	1.72	6.83	36	1 96	1.83	7.07	61	2 1	1.76	7.34	86	2.1	1.43	7.02
12	1.98	1.59	7.73	37	2 04	1.84	6.91	62	2.01	1.8	6 88	87	2.21	1.75	7
13	2 13	1 77	7.66	38	2.07	1.75	7.72	63	1 88	1.67	6 94	88	1.78	1.74	6.95
14	2.02	1.77	7.69	39	1.85	1.77	7 7	64	2.62	1 6	7.59	89	2.22	1.72	7.66
15	1 99	1.76	7.51	40	1 97	1.78	6.62	65	2.11	1 71	7 44	90	2.09	1.74	7.21
16	1 89	1.78	6.97	41	2	1.71	7.21	66	2 03	1.62	7.49	91	2.06	1.58	7.46
17	2.23	1.67	7.68	42	2.01	1.78	7.41	67	2 14	1.68	6 53	92	2.08	1.67	7.07
18	2.11	1 63	7.55	43	2.16	1.67	8.21	68	2.1	1 72	7	93	2.05	1.7	7.66
19	2 13	1.55	7.47	44	2 13	1.7	7.95	69	1.96	1 73	7.69	94	2.08	1.67	6.87
20	2.05	1.84	7 57	45	2 03	1.67	7 25	70	2.05	1.79	7.37	95	2.16	1.61	7.4
21	2.05	1.66	7.03	46	2.19	1.7	7.62	71	1.98	1.7	7.26	96	1.93	1.74	7.28
22	1.91	1.68	7.43	47	2.01	1.65	7.59	72	2.18	1.67	7.08	97	2.08	1.78	7.18
23	2.2	1.79	7.18	48	2.06	1.75	8.03	73	2.14	1.63	7.3	98	2.1	1.71	7.57
24	2 16	1.71	7.19	49	2.28	1.4	6.99	74	2 02	1 75	7.47	99	2.12	1.79	7.26
25	2.17	1.75	7.84	50	2.12	1.56	7.76	75	2.07	1.72	7.69	100	2.12	1.73	7.67

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.5 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.06 มิลลิเมตร หนา 1.7 มิลลิเมตร ยาว 7.37 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.15 หนา 0.08 ยาว 0.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.17	1.75	7.4	26	2	1.78	7.78	51	1.98	1.61	7.03	76	2.01	1.77	6.8
2	2.2	1.86	7.44	27	2	1.7	7.44	52	2.16	1.73	7.3	77	2.22	1.73	7.46
3	2.1	1 69	7 25	28	2.17	1.69	7.29	53	1.85	1.7	7.61	78	2.17	1.68	7.79
4	1.84	1 71	7.17	29	2.6	1.65	7.37	54	2.13	1.77	6.68	79	1.98	1.66	8.11
5	2.05	1 76	7 81	30	2.16	1.79	7.89	55	2.07	1.69	6.91	80	2.13	1.67	7.6
6	2.1	1.71	7.21	31	2.3	1.74	7.77	56	2.15	1 67	7.41	81	2.27	1.9	7.33
7	2 13	1.81	7.22	32	12 18	1.65	7.62	57	2.12	1.64	7.24	82	2.17	1.79	6.89
8	2 12	1 65	6.96	33	2.2	1.72	7.36	58	2.3	1 68	7.88	83	2.11	1.8	7.51
9	2 15	1.79	7.56	34	2 04	1.72	7.6	59	2.05	1.64	7.27	84	2.16	1.71	7.62
10	2.1	1 81	7.05	35	1.99	1.81	7.29	60	2.2	1.83	7 39	85	2.22	1.75	7.89
11	1.97	1 69	7 28	36	2.12	1.63	7.7	61	2 07	1.78	6 89	86	2.15	1.82	7.43
12	2 06	1 74	7.28	37	2.27	1.69	7.09	62	2.07	1.69	7.23	87	1.87	1.78	7.59
13	1 95	1.67	7.05	38	2.21	1.79	7.17	63	1.98	1 69	7.14	88	2.08	1.72	7.38
14	2.01	1.65	7 71	39	2.17	1.8	6.97	64	1 94	1 6	7.45	89	2.23	1.36	7.07
15	2 07	1 79	7.14	40	2 29	1.78	7.06	65	2 16	1.76	7.38	90	2.07	1.66	6.97
16	1.71	1.71	7.39	41	2.15	1.88	7.95	66	2 08	1.87	7.25	91	2.17	1.68	6.88
17	2.05	1.68	7.49	42	2.11	1.75	7.59	67	2.1	1.58	7.65	92	2.02	1.7	7.39
18	2.11	1.7	7.7	43	2.26	1.7	6.79	68	2.11	1.76	6.8	93	2.12	1.66	7.26
19	1.95	1.75	7.36	44	2.13	1.8	6.64	69	2.11	1.65	7.44	94	1.96	1.66	7.3
20	2.1	1.8	6.82	45	2.17	1.78	7.54	70	2.11	1.72	8.28	95	2.21	1.83	7.64
21	1.98	1.74	7.13	46	2.01	1.8	7.68	71	1.98	1.64	6.98	96	2.24	1.84	7.22
22	2.17	1.71	7.45	47	2.08	1.75	6.77	72	2.1	1 7	7 87	97	2.17	1.71	7.5
23	1.97	1.67	6.81	48	2 13	1.73	7.43	73	2	1.84	6.98	98	2.15	1.83	7.62
24	2.17	1.77	7.81	49	2.05	1 75	7.53	74	2 03	1.59	7.88	99	2.07	1.66	6.05
25	2.38	1.8	7.72	50	2.28	1.79	7.31	75	2 04	1.72	7.48	100	2.17	1.69	7.22

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.21 มิลลิเมตร หนา 1.73 มิลลิเมตร ยาว 7.35 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 1.01 หนา 0.08 ยาว 0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.2 การทดสอบคุณภาพการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1																				
ระยะห่างลูกยาง	น้ำหนัก (g)																	ค่าความขาวข้าว			
	ข้าวเปลือก				ข้าวกล้อง				ข้าวหัก				แกลบ							
มม.	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	รวม	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
0.1	11.92	13.70	13.73	13.12	58.94	58.83	58.89	58.89	45.21	43.85	43.97	44.34	33.93	33.62	33.41	33.65	150	24.9	24	24.3	24.40
0.5	15.62	15.38	15.20	15.40	63.83	62.44	61.56	62.61	34.28	34.28	34.28	34.28	36.27	37.90	38.96	37.71	150	24.8	23.8	24.1	24.23
1	31.39	27.97	28.68	29.35	60.22	61.75	62.37	61.45	29.85	31.01	29.03	29.96	28.54	29.27	29.92	29.24	150	24.8	24.4	24.4	24.53

น้ำหนักข้าวเปลือก 1000 เมล็ด 26.0134 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.1 มม. 19.5613 กรัม น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.5 มม. 19.9793 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 1 มม. 20.1640 กรัม อุณหภูมิ 25.5 องศา ความชื้น 55

ตาราง ง.3 การทดสอบคุณภาพการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ความสูงข้าวดิบ	ความสูงข้าวสุก	ความกว้างเมล็ดหลังต้ม	ความยาวเมล็ดหลังต้ม	น้ำหนักหลังต้ม
0.1	110	0.6	2.15	3	8.5	45.02
0.5	110	0.55	1.85	3	8	39.71
1	110	0.6	1.65	3	10	37.03

ตาราง ง.4 สัดส่วนการขยายตัวจากการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สัดส่วนการขยายตัวในภาพรวม	สัดส่วนการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ด (มม.)	สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวของเมล็ด (มม.)
0.1	110	2.6	0.5	0.16
0.5	110	2.4	0.5	0.09
1	110	1.8	0.4	0.36

ตาราง ง. 5 ความสามารถในการรับแรงกดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน							
การกดแบบ Compression (การกดในแนวตั้ง)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	8.7	1	9.0	1	11.1	1	58.0
2	9.9	2	9.1	2	15.4	2	58.3
3	23.5	3	17.5	3	16.6	3	62.4
4	27.0	4	30.5	4	21.4	4	63.5
5	29.4	5	32.6	5	21.9	5	67.6
6	33.1	6	33.0	6	37.7	6	70.3
7	34.8	7	33.6	7	42.9	7	76.5
8	36.5	8	39.6	8	44.0	8	81.2
9	37.6	9	43.2	9	45.3	9	82.0
10	43.5	10	43.6	10	47.1	10	84.7
11	43.9	11	47.2	11	57.2	11	95.5
12	51.9	12	57.1	12	58.3	12	100.4
13	53.5	13	63.3	13	62.1	13	105.9
ค่าเฉลี่ย	33.3	ค่าเฉลี่ย	35.3	ค่าเฉลี่ย	37.0	ค่าเฉลี่ย	77.4
STDEV	13.9	STDEV	16.5	STDEV	17.7	STDEV	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง. 6 ความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 110 วัน							
การกดแบบ Bending (การกดในแนวนอน)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	11.5	1	15.9	1	15.7	1	15.3
2	11.9	2	16.6	2	15.8	2	15.4
3	13.0	3	16.7	3	16.6	3	15.4
4	14.1	4	17.2	4	16.9	4	15.8
5	15.1	5	17.8	5	17.8	5	16.8
6	16.5	6	19.3	6	18.2	6	17.0
7	16.6	7	19.4	7	18.6	7	23.5
8	17.3	8	19.5	8	19.3	8	25.6
9	18.0	9	19.8	9	21.3	9	27.9
10	18.5	10	20.3	10	21.3	10	29.5
11	18.8	11	20.9	11	22.0	11	31.9
12	18.8	12	21.0	12	22.1	12	34.9
13	22.1	13	21.1	13	22.6	13	39.7
ค่าเฉลี่ย	16.3	ค่าเฉลี่ย	18.9	ค่าเฉลี่ย	19.1	ค่าเฉลี่ย	23.7
STDEV	3.1	STDEV	1.8	STDEV	2.5	STDEV	8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
ผลการทดสอบการวัดขนาดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง คุณภาพการกะเทาะ คุณภาพการหุงต้ม และสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วันและที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน

ข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะเปลือก															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.42	1.97	10.67	26	2.61	2.06	11.05	51	2.54	1 95	10.99	76	2.61	1.91	10.27
2	2.49	1.9	11 17	27	2.41	1.93	10.58	52	2.44	1.88	10.37	77	2 59	1.83	9.99
3	2.61	1.94	10.27	28	2 31	1.6	10.34	53	2.53	1.91	8.92	78	2.5	2.04	10.9
4	2.46	2.03	10 63	29	2 18	1.95	10.18	54	2.25	1 93	8.99	79	1.98	1.73	9.14
5	2.45	1.88	10 44	30	2 39	1 66	11 23	55	2.79	1.84	10 02	80	2 41	1.95	10 61
6	2.51	1.84	10.57	31	2.17	1.92	11.06	56	2.56	1.96	11 08	81	2 44	1.87	10.12
7	2.12	1 85	9.01	32	2 67	1 78	10 47	57	2.83	1.93	10 05	82	2.6	2.03	11.64
8	2.54	1.92	10.77	33	2.28	1.96	10.42	58	2.61	1.62	9 96	83	2.43	1.93	11.06
9	2.43	2 04	10.97	34	2.29	1.9	9.86	59	2.32	1 98	10 83	84	2.76	1.95	11.26
10	2.32	1.91	10 46	35	2.38	1.95	10 71	60	2 73	1.95	10 36	85	2.74	1.88	10.7
11	2.26	1 8	10 24	36	2 39	1.88	10 92	61	2.14	1 9	10 39	86	2 39	1.94	11.45
12	2.57	2 02	11 08	37	2.56	1.97	11.13	62	2 27	1.99	10 6	87	2.55	1 9	11.11
13	2.33	1 9	10.92	38	2.53	2.02	9.93	63	2.41	1 98	11 53	88	2 52	1.91	10.62
14	2 46	1 92	10.76	39	2.46	1.92	10.75	64	2 61	1.95	10 89	89	2.6	1.92	10.8
15	2.62	1 9	10 28	40	2 28	2.03	10.14	65	2.6	1 98	10.1	90	2 52	2 1	11.39
16	2.22	1.99	10.76	41	2.56	1.89	10.93	66	2.4	1.93	10.59	91	2 47	1.92	10.44
17	2 3	1.9	10.57	42	2.32	1.93	11.35	67	2.16	1.94	11.2	92	2.68	1.75	10.97
18	2.21	1 84	10.78	43	2 6	1 92	10.85	68	2.4	2 03	10.97	93	2.11	1.88	9.02
19	2.44	1 84	10.23	44	2 76	1.91	10.27	69	2 5	1 9	10.82	94	2.52	1.98	9.86
20	2.63	1.87	10.61	45	2.62	1.93	10 95	70	2.47	2.06	10.25	95	2.78	1.72	10.78
21	2.44	1 8	10.38	46	2.32	1.9	10.29	71	2.61	1.99	10.7	96	2.47	1.74	11.16
22	2.63	1.86	10.82	47	2.39	1.88	10.72	72	2.36	2	10.45	97	2.6	2.1	10 93
23	2.31	2.07	10 17	48	2.43	1.96	10.2	73	2.34	2 03	11.4	98	2 11	1.85	10 3
24	2.69	2.06	9 54	49	2.4	2.01	10.59	74	2 05	1.99	10 81	99	2.63	1.98	11.36
25	2.4	1.86	10.26	50	2.43	2.03	10.98	75	2 12	1.88	10 05	100	2.41	1.89	9.15

สรุป เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.45 มิลลิเมตร หนา 1.92 มิลลิเมตร ยาว 10.56 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.18 หนา 0.09 ยาว 0.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.01	1.59	7.73	26	2.02	1 68	6.72	51	2.26	1.63	6 83	76	2.23	1.69	7.82
2	1.58	1.47	6.72	27	2.17	1.81	7.8	52	2.19	1.67	7.9	77	2.18	1.85	7.87
3	1 92	1.81	7.45	28	1 93	1 6	6.44	53	2.09	1.7	7.6	78	2.08	1.65	7.74
4	2 14	1.64	7 67	29	2.2	1 65	7.22	54	2.12	1.54	6.39	79	2.25	1.71	7.71
5	1.96	1 64	7 54	30	1.97	1.7	7.72	55	2.15	1.74	6 58	80	2.04	1.74	6.63
6	2.17	1.67	7.29	31	1.91	1.54	6.77	56	1.95	1.66	6.61	81	2 12	1.64	7 26
7	2 06	1 69	7 34	32	2.06	1.64	7.19	57	1.97	1.65	7 32	82	2.1	1.69	7.32
8	2.16	1 74	7 58	33	2.01	1.79	7.74	58	2.1	1 66	6 66	83	1.87	1.63	6 68
9	2.15	1.6	7 01	34	2.09	1 65	7.16	59	2.13	1 64	7 07	84	1.86	1.73	7.84
10	2 22	1 7	7 14	35	2.15	1 83	7.84	60	2.03	1.79	7.67	85	2 01	1.69	7.33
11	2 19	1 74	6 89	36	1 99	1.72	7 41	61	1 76	1.47	6.88	86	1 84	1 58	6 61
12	2.04	1.77	7 71	37	2.08	1.79	7 8	62	2 03	1 6	7.6	87	2.19	1.75	7 89
13	2 07	1 75	6.71	38	2.16	1.75	7 37	63	1.91	1.78	7 04	88	2.05	1.74	7.08
14	2 01	1 76	7 28	39	2 18	1.75	6.92	64	2.12	1.78	7 48	89	2 22	1.74	7 8
15	2 1	1.67	6 79	40	2.09	1 84	7.32	65	2.02	1 68	7.21	90	2.07	1.71	7.18
16	2.08	1 66	7.32	41	2.13	1.66	7	66	2 02	1.75	7.44	91	2.28	1.57	7.36
17	1.89	1.72	6 62	42	2.14	1.7	7 62	67	2.04	1.57	7.04	92	2	1.73	7.33
18	2	1.75	6 94	43	2.22	1.75	7.15	68	1.96	1.65	7.01	93	2.18	1.65	7.17
19	2 01	1.43	7	44	1.77	1.68	7.35	69	2.25	1.78	7.2	94	2	1.77	7.83
20	2.06	1 73	6.92	45	2.17	1.77	7.59	70	2.21	1 77	7.37	95	2 11	1.77	7.01
21	2.01	1.64	6.6	46	2.11	1.75	6.82	71	2.03	1.68	7 48	96	2.12	1.74	7.37
22	2 27	1.73	7 07	47	2 24	1.67	7.17	72	2.01	1.62	7.24	97	1.9	1.68	6.46
23	2.2	1 62	6.71	48	2.29	1.64	6.47	73	2.03	1.69	6.94	98	1.96	1.7	7.77
24	2 2	1.71	7.04	49	2 09	1.68	6.76	74	2	1.72	7.23	99	1 91	1.63	6.62
25	2 19	1.67	7.17	50	2.26	1.65	7.21	75	2.16	1.72	7.86	100	1.94	1.84	7.12

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.05 มิลลิเมตร หนา 1.69 มิลลิเมตร ยาว 7.21 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.13 หนา 0.08 ยาว 0.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.5 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.07	1.63	7.22	26	1.94	1.77	7 07	51	2.06	1.75	7.75	76	2.15	1.81	7.56
2	2.08	1.63	7.65	27	2.24	1.74	7.38	52	2.2	1.71	6.89	77	2.14	2.12	7.2
3	2 1	1.61	7.12	28	2	1.76	6.97	53	1.9	1.55	7.14	78	2.22	1.66	7.51
4	2.06	1.72	7.45	29	2.09	1.72	7.64	54	2.1	1 71	7.83	79	2.12	1.7	7.19
5	2.06	1.71	7.35	30	2.26	1.85	7.33	55	2.19	1.77	8.25	80	2.11	1.69	6.76
6	2.05	1.68	7.22	31	2.03	1.74	7.62	56	2.18	1.75	7.61	81	2.06	1.74	7.82
7	2.11	1.63	7.21	32	1.99	1.61	7.07	57	2.05	1 79	7.54	82	2.09	1.68	7.2
8	1.96	1.74	7.42	33	2.18	1 7	6.67	58	2 11	1.62	6.94	83	2.02	1.86	7.7
9	2.16	1.67	7.07	34	2 68	1.7	7 52	59	2.07	1.91	7.36	84	2.08	1.78	7.4
10	2.24	1.59	7 07	35	2.15	1.79	7.83	60	2 18	1 8	7.21	85	2.02	1.66	7.08
11	2 11	1.76	6.97	36	2.14	1.75	7.28	61	1.87	1.6	7.65	86	2.1	1.78	6.92
12	2.09	1.68	7.35	37	2.04	1.66	7.17	62	1.94	1.52	6.59	87	1.9	1.62	6.72
13	2 16	1.65	7.26	38	2 03	1.65	7 3	63	2.01	1 62	7 79	88	1.86	1.59	7.1
14	1.86	1 58	7.01	39	1.99	1.66	6.74	64	2 05	1.76	7 56	89	2.02	1.73	7.04
15	2.15	1.72	7.39	40	2 24	1.76	7.89	65	2 25	1.65	1.25	90	2.01	1.61	7.19
16	2.03	1 75	7.55	41	2.04	1.76	7.6	66	2 17	1.73	7 04	91	2.03	1.78	7.18
17	2 18	1 7	7.66	42	2.02	1.75	7 82	67	2.07	1 64	7.13	92	2	1.59	6.57
18	2.15	1.74	7.19	43	2.18	1.78	7.73	68	2.1	1.71	7.4	93	2.13	1.71	6.88
19	1 96	1.66	7.58	44	1 96	1.59	6.84	69	2 13	1.77	7 82	94	1.97	1.55	6.57
20	2.01	1.81	7.69	45	1.94	1.72	6.56	70	2,1	1.65	7.15	95	2	1.68	6.69
21	2.09	1.68	7.34	46	2 23	1.64	7.38	71	2.16	1.72	6.87	96	2.17	1.67	7.49
22	1.96	1.75	7.61	47	2 1	1.57	6.71	72	2.13	1.64	7.47	97	2.02	1.74	7.58
23	2.07	1.69	6.61	48	2.07	1.71	7.38	73	1.97	1.73	7.03	98	2.1	1.78	7.29
24	2.09	1.76	7.26	49	1 84	1.67	6.69	74	1.98	1.64	6.79	99	2.11	1.78	7.8
25	2.22	1.51	7.58	50	2.06	1.71	6.63	75	2.49	1.8	7.13	100	2.09	1.9	7.38

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.5 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.08 มิลลิเมตร หนา 1.71 มิลลิเมตร ยาว 7.21 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.12 หนา 0.09 ยาว 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.06	1.85	7.41	26	2.08	1 66	7.08	51	1.99	1.62	6.66	76	1.94	1.72	7.24
2	1.96	1.69	6.49	27	2.06	1.78	7.35	52	2.01	1.73	7.30	77	2.06	1.69	7.13
3	1.87	1.53	7.02	28	2 08	1.75	7.05	53	1.97	1.77	7.88	78	1.90	1.70	6.98
4	2.05	1.68	7.57	29	2.12	1.71	7.40	54	2.21	1 78	7.85	79	2.11	1.67	7.23
5	2 08	1.56	6.93	30	1.92	1 74	7.69	55	1.82	1 78	7.01	80	2.16	1.90	7.46
6	2.10	1.74	7.05	31	2.20	1.72	6.80	56	2.11	1.74	7 13	81	1.91	1.66	7.24
7	2.02	1.71	6.66	32	2.49	1.80	7.30	57	2.16	1.65	7.24	82	2.21	1.73	7.53
8	2.20	1.69	7.59	33	1 90	1.63	6.94	58	2 05	1.78	7 61	83	2.05	1.68	7.68
9	2.02	1.63	7.02	34	2 23	1 78	7.85	59	2 15	1 70	7 50	84	2.20	1.83	6.94
10	1 94	1.80	7.32	35	2.06	1.77	7.50	60	2.19	1 88	7.56	85	2.03	1.68	7.36
11	2.04	1.59	7.27	36	2.06	1 65	7.84	61	2 05	1 79	7 28	86	2.02	1.81	7.06
12	1 98	1 64	7.10	37	2.11	1.80	7 04	62	2 18	1 89	6.86	87	2.09	1.64	7.49
13	2.01	1.75	6.76	38	2.16	1.81	7.43	63	2 00	1.83	7 62	88	1.90	1.70	7.05
14	1.89	1.68	7 17	39	2 11	1.77	7 37	64	2 07	1 69	7.20	89	2.02	1.74	7.79
15	2.10	1.81	7.56	40	2.17	1.77	7.68	65	2.20	1 83	7 60	90	2.08	1.82	7.02
16	2.14	1.58	7.31	41	1 93	1 77	7.48	66	2 14	1 84	7.53	91	2.10	1.79	7.17
17	2.10	1.83	7.06	42	1.94	1.77	7.63	67	2.31	1.73	7.44	92	2.07	1.54	6.38
18	2.12	1.75	7.48	43	2.03	1.54	7.10	68	2 10	1.77	7.23	93	2.03	1.72	6.52
19	2 14	1.71	7.06	44	1.99	1.44	6.69	69	1.86	1 58	6.96	94	2.17	1.58	6.65
20	2.07	1.71	7.69	45	2.18	1.73	7.47	70	2.17	1.78	7.23	95	2.19	1.86	7.65
21	1.94	1.70	7.07	46	1.89	1.71	6.91	71	2.08	1.72	7.05	96	1.93	1.69	6.91
22	2.05	1.68	6.70	47	2.04	1.41	6.88	72	2.12	1.70	7.66	97	2.04	1.68	7.23
23	2 01	1.82	7.42	48	1 99	1.65	7.24	73	2.19	1.73	7.04	98	2.12	1.86	7.44
24	2.20	1.75	7.51	49	2.01	1.78	7.45	74	1.92	1 69	6.98	99	2.18	1.67	7.26
25	1 91	1 72	6.91	50	2.13	1.75	6.89	75	2.33	1 78	7.74	100	2.07	1.66	6.66

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.07 มิลลิเมตร หนา 1.72 มิลลิเมตร ยาว 7.23 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.11 หนา 0.09 ยาว 0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.2 การทดสอบคุณภาพการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1																				
ระยะห่างลูกยาง	น้ำหนัก (g)																ค่าความขาวข้าว			
	ข้าวเปลือก				ข้าวกล้อง				ข้าวหัก				แกลบ							
มม.	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	รวม	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
0.1	12.75	13.10	13.20	13.02	54.36	57.40	56.30	56.02	48.42	46.00	46.90	47.11	34.47	33.50	33.60	33.86	150	23.8	23.2	23.5	23.50
0.5	14.71	14.51	15.49	14.90	62.09	60.95	60.28	61.11	40.30	41.40	41.54	41.08	32.90	33.14	32.69	32.91	150	23.9	24	24	23.97
1	31.03	28.61	26.60	28.75	59.58	60.93	60.96	60.49	30.30	31.12	32.34	31.25	29.09	29.34	30.10	29.51	150	24.3	24	23.6	23.97

น้ำหนักข้าวเปลือก 1000 เมล็ด 26.1562 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.1 มม. 19.6363 กรัม น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.5 มม. 19.8903 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 1 มม. 20.0018 กรัม อุณหภูมิ 26 องศา ความชื้น 57

ตาราง จ.3 การทดสอบคุณภาพการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา(วัน)	ความสูงข้าวดิบ	ความสูงข้าวสุก	ความกว้างเมล็ดหลังต้ม	ความยาวเมล็ดหลังต้ม	น้ำหนักหลังต้ม
0.1	130	0.55	2.15	3	8.5	45.63
0.5	130	0.6	2.15	3	8	37.85
1	130	0.6	1.65	3	8.5	39.15

ตาราง จ.4 สัดส่วนการขยายตัวจากการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สัดส่วนการขยายตัวในภาพรวม	สัดส่วนการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ด (มม.)	สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวของเมล็ด (มม.)
0.1	130	2.9	0.5	0.18
0.5	130	2.6	0.4	0.11
1	130	1.8	0.5	0.17

ตาราง จ. 5 ความสามารถในการรับแรงกดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน							
การกดแบบ Compression (การกดในแนวตั้ง)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	27.5	1	31.7	1	33.0	1	62.6
2	30.2	2	31.8	2	33.3	2	69.0
3	31.6	3	33.4	3	34.4	3	71.0
4	32.1	4	34.6	4	34.8	4	74.3
5	33.5	5	35.7	5	34.9	5	74.5
6	33.6	6	37.3	6	35.6	6	80.4
7	33.8	7	37.5	7	36.0	7	86.5
8	34.4	8	38.0	8	37.2	8	92.5
9	35.1	9	39.3	9	39.2	9	95.4
10	36.3	10	39.9	10	39.4	10	102.8
11	37.8	11	41.2	11	39.6	11	109.3
12	39.3	12	42.3	12	40.4	12	110.0
13	43.7	13	43.7	13	41.7	13	126.3
ค่าเฉลี่ย	34.5	ค่าเฉลี่ย	37.4	ค่าเฉลี่ย	36.9	ค่าเฉลี่ย	88.8
STDEV	4.1	STDEV	3.8	STDEV	2.9	STDEV	19.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ. 6 ความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 130 วัน							
การกดแบบ Bending (การกดในแนวนอน)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	9.6	1	10.8	1	15.5	1	10.7
2	11.1	2	11.4	2	17.9	2	11.1
3	12.0	3	13.7	3	18.5	3	12.3
4	13.7	4	15.5	4	18.9	4	12.6
5	14.0	5	17.3	5	20.3	5	15.4
6	15.0	6	17.6	6	20.5	6	16.1
7	15.9	7	18.2	7	20.8	7	17.4
8	16.0	8	18.4	8	21.1	8	17.4
9	16.7	9	21.3	9	21.6	9	17.8
10	18.9	10	21.7	10	21.6	10	20.7
11	19.7	11	21.9	11	21.7	11	22.6
12	20.5	12	22.2	12	22.1	12	22.7
13	23.1	13	24.1	13	23.4	13	22.9
ค่าเฉลี่ย	15.9	ค่าเฉลี่ย	18.0	ค่าเฉลี่ย	20.3	ค่าเฉลี่ย	16.9
STDEV	3.9	STDEV	4.2	STDEV	2.1	STDEV	4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
ผลการทดสอบการวัดขนาดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง คุณภาพการกะเทาะ คุณภาพการหุงต้ม และสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วันและที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฉ.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน

ข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะเปลือก															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.06	1.91	10.41	26	2.49	1.81	9.74	51	2.14	1.83	10 65	76	2.48	1.79	10.39
2	2.27	1.94	10.79	27	1.94	1.85	10.12	52	2.28	1.9	10.91	77	2.05	1.95	10.64
3	2.37	1 92	10.14	28	2.18	1.96	11.49	53	2 31	1.94	10.61	78	2.37	1.89	10.46
4	2.46	2 03	10.18	29	2.56	2	10.56	54	2 36	1.73	10.97	79	2.56	1.97	10.67
5	2 52	1 97	9.96	30	2.35	1.94	10.07	55	2.21	1.94	11 16	80	2 48	1.92	9.99
6	2 41	1.88	10.8	31	2.55	1.93	10.33	56	2 3	1 93	11.03	81	2.52	1.95	10.57
7	2.57	1.86	10 72	32	2.36	1.95	10 49	57	2 4	1 98	10 38	82	2 29	1.86	9.68
8	2.35	1 98	10.03	33	2.34	1.89	10.33	58	2 44	1.99	11	83	2.24	1.57	10.94
9	2.36	1 65	10.98	34	2.26	1.86	9.98	59	2.26	1.88	10 27	84	2.19	1.9	9.8
10	2.5	1 92	11.15	35	2.35	1.82	10.51	60	2.36	1.89	10 31	85	2.41	2.03	10.8
11	2.38	1 86	9.81	36	2.04	2	10.32	61	2 31	1.87	10.9	86	2.53	1.98	10 93
12	2.53	1.98	10.41	37	2.23	1.95	11.44	62	2.35	1.98	10 72	87	2.42	1.97	11.12
13	2.34	1.81	10.24	38	2.42	1.95	10.35	63	2.29	1.89	10 94	88	2.38	1.98	11.21
14	2.49	1.92	10.55	39	2.24	2.02	10.3	64	2 29	1.99	11 42	89	2.26	1.98	10.78
15	2.23	1 82	10.36	40	2	1.79	11.13	65	2.08	1 87	10 56	90	2.24	1.64	9.94
16	2 23	2.03	10.23	41	2.36	1 89	10.02	66	2.2	1.88	10.68	91	2.39	1.97	10.32
17	2 17	1.68	9.73	42	2.3	1.92	10.33	67	2.56	1 91	11 23	92	2.27	1.92	11.14
18	2.4	1 95	10.96	43	2 32	1.97	9.87	68	2.31	1.9	10.41	93	2.12	1.8	10.88
19	2.19	1 97	11.14	44	2 18	1.95	10.78	69	2.27	2.02	10	94	2.23	1.87	10.89
20	2.44	1.88	11.1	45	2.31	2.04	11.67	70	2.33	2.02	10.42	95	2.38	2	10.38
21	2.47	2.15	10.34	46	2.25	1.76	10.77	71	2 47	1.95	10.02	96	2.42	1.84	10.99
22	2.42	1.93	10.16	47	2.21	1.92	9.73	72	2 38	1.85	9.94	97	2.51	1.94	10.86
23	2.18	1 67	10.37	48	2.44	2.01	10.99	73	2.28	1.93	11.17	98	2.21	2.08	11.35
24	2.29	1.9	9.32	49	2.22	1.84	10.82	74	2.67	1.89	10.7	99	2.44	1.92	10.92
25	2 24	2.02	10.79	50	2.57	1.9	11.44	75	2.28	1.79	10.22	100	2.39	1.96	10.26

สรุป เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.33 มิลลิเมตร หนา 1.91 มิลลิเมตร ยาว 10.57 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.14 หนา 0.09 ยาว 0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฉ.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2 08	1.76	7 55	26	2.05	1.69	6.8	51	3.02	1.67	6.85	76	2.06	1.78	7.61
2	2.11	1.81	7.61	27	2.1	1.76	7.86	52	2.18	1.73	7.5	77	2.26	1.68	7.26
3	2 1	1 79	7 27	28	2.07	1.73	7 55	53	1.96	1 7	6.79	78	1.93	1.67	8.08
4	2.02	1.75	7.15	29	2.17	1.79	7.03	54	2.22	1 71	7 38	79	2.03	1.82	7.41
5	2 06	1 74	6.9	30	2.07	1 61	6.98	55	2.05	1.68	7.33	80	1.92	1.83	7.07
6	2.1	1.63	7.24	31	2.05	1.7	7.67	56	2.11	1.79	6.75	81	2.12	1.74	7.77
7	1 93	1.61	7.06	32	1.91	1.67	6 99	57	2.05	1 75	7.59	82	1.89	1.65	1.71
8	2.13	1.7	7 44	33	2.01	1.68	7.06	58	2.05	1 81	7.91	83	2.07	1.73	7.29
9	2.13	1.87	7.21	34	2.02	1 81	7.5	59	2.12	1 69	7.16	84	2.1	1.73	7.18
10	1 93	1.68	6.95	35	2.14	1.76	7.38	60	1 99	1 68	8.06	85	2.11	1.75	7.68
11	2 19	1 68	7.54	36	2.02	1.79	7 05	61	2.15	1 71	7.66	86	1.92	1.71	7.3
12	1.97	1 81	7 56	37	2.04	1.64	7.46	62	2.02	1.65	7 36	87	2.09	1.71	7.46
13	1.98	1.68	6 58	38	2.18	1.71	7 59	63	2.2	1.64	7.21	88	2.12	1.75	7.34
14	2.16	1.82	6 47	39	2.17	1.83	7.32	64	2.09	1 76	7 26	89	2.04	1.7	7.26
15	1.97	1.72	7.04	40	2.13	1.67	6 72	65	2.12	1.7	7.01	90	2.12	1.67	7.55
16	2.16	1.87	7.35	41	1 94	1 54	6 87	66	2.08	1.83	7.39	91	2.1	1.86	7.38
17	2.12	1.77	7 59	42	2.03	1.62	7.39	67	1 92	1.76	7.64	92	2.23	1.63	6.5
18	2.05	1.66	7.86	43	1.99	1.67	6 79	68	2.24	1.73	7.48	93	2.08	1.77	8.04
19	1.92	1.65	7.29	44	2.12	1.76	7 13	69	2.17	1.78	7.47	94	2.12	1.72	7.15
20	1.99	1.66	6.84	45	2.25	1.77	7.75	70	2.03	1 75	6 98	95	2.19	1.61	7.14
21	2.12	1.71	7.28	46	2.09	1.8	7 01	71	2 03	1.73	7.68	96	2.22	1.76	7.5
22	1.97	1.74	7.59	47	2.21	1.77	7.21	72	2.2	1.7	7.59	97	1.98	1.65	7.41
23	2 04	1.62	7.23	48	2.24	1.8	6.98	73	2.16	1.69	7.71	98	2.13	1.67	7.18
24	2.07	1.7	6 57	49	2.24	1.78	7.1	74	2.04	1.73	7 41	99	1.84	1.6	6.51
25	1.98	1 67	7 6	50	2.28	1.77	7 43	75	2 24	1.9	7.83	100	2.14	1.89	7.82

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.09 มิลลิเมตร หนา 1.73 มิลลิเมตร ยาว 7.25 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.13 หนา 0.07 ยาว 0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฉ.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.5 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.01	1.77	7.49	26	2.12	1.64	6.8	51	2 03	1.78	7.74	76	2.2	1.74	7.64
2	2.04	1.72	7.72	27	1 93	1.69	7.53	52	2.16	1.78	7 5	77	2.04	1.64	7.26
3	1.9	1.66	7.49	28	1 95	1.69	7 47	53	1.95	1.71	7.18	78	2.09	1 52	7.03
4	1.96	1.71	7.12	29	2.12	1.75	7.59	54	2.07	1.62	7.02	79	2.04	1.68	7.56
5	2 11	1.6	7.69	30	2.09	1.69	6.94	55	1 96	1.74	7.85	80	1.89	1.63	6.75
6	1 97	1.58	7.3	31	2.1	1 7	7.93	56	1.94	1.69	7.67	81	2.16	1.68	7
7	1.84	1.63	7.01	32	1.95	1 66	7.8	57	2 09	1.62	7.27	82	1 87	1.75	7.49
8	2 16	1 71	7.67	33	2.08	1.85	7 4	58	2.24	1.68	7.47	83	2.08	1 64	7.56
9	2 05	1.71	7.47	34	2 09	1.66	7.57	59	2 06	1.79	7.93	84	2 03	1.8	7.63
10	1.98	1.61	7.03	35	2.03	1.69	7.19	60	7 97	1 71	7.47	85	1.92	1 67	7 26
11	2.11	1.59	6.52	36	1.92	1.64	7.39	61	1 98	1.76	7.21	86	1.84	1 68	7.29
12	2 13	1.66	7.54	37	2	1 7	7 89	62	2.24	1.77	7.54	87	2 1	1.63	7.72
13	1.84	1.63	6.95	38	1 9	1.67	7.42	63	1.93	1.68	7.63	88	2.03	1.66	7.02
14	2 09	1.68	6.99	39	1.93	1.63	7 84	64	2.07	1.83	7.3	89	2 1	1.67	7.18
15	2 12	1.6	7.33	40	1.96	1.65	7.48	65	1 99	1.6	6.76	90	2 11	1 72	7.15
16	2 01	1.72	6.99	41	2.06	1.55	7.48	66	2.06	1.69	7.28	91	2 05	1.68	7.77
17	1.97	1.71	7.18	42	2.08	1.62	7.33	67	2.05	1.75	7.05	92	2.12	1.65	7.42
18	2.02	1.71	7.66	43	1.95	1.69	7.71	68	2.16	1.76	7.14	93	2.15	1.67	7.45
19	2.02	1.61	7.11	44	2 12	1.67	7.32	69	2 04	1.69	7.73	94	2 05	1.59	7.29
20	2.08	1.77	7.1	45	2.14	1 06	7.46	70	2.1	1.74	7.68	95	2.27	1.66	7.11
21	1.97	1.75	7.56	46	2.1	1.71	7 65	71	2.11	1.62	7.43	96	1 99	1.84	7.56
22	1.93	1.67	7.02	47	2 12	1.62	7.34	72	1.87	1.75	7.37	97	1.83	1.68	7.73
23	2 14	1.62	6.99	48	1.75	1.6	7.29	73	2.02	1.67	7.24	98	2.17	1.73	7.3
24	2 09	1.6	7.78	49	2.02	1.74	7.14	74	2.05	1.72	7.69	99	2.07	1.64	7.29
25	2 16	1.69	7.43	50	2.07	1.61	6.98	75	2	1.68	7.16	100	2.23	1 63	7.1

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.5 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.1 มิลลิเมตร หนา 1.68 มิลลิเมตร ยาว 7.37 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.6 หนา 0.09 ยาว 0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฉ.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.06	1.71	6.72	26	1.89	1.64	7.41	51	2 01	1.66	6.98	76	2.18	1.82	7.54
2	1.9	1.68	6.94	27	2.05	1.65	6.55	52	2.18	1.69	7 52	77	2.29	1.84	7.63
3	2 03	1 76	7.29	28	2.22	1.74	6.79	53	2 06	1 74	7 4	78	2 1	1.69	7.07
4	2 08	1.78	7.08	29	1 97	1.57	6.96	54	1.96	1 72	7 5	79	2.16	1.82	7.34
5	1 96	1.72	7.16	30	1 98	1.78	7.5	55	2.22	1.79	7 11	80	2.1	1.74	7.84
6	2	1 63	7.79	31	2.08	1.71	7.42	56	2.07	1 84	7.74	81	2 11	1.76	7.59
7	2 15	1.75	7.4	32	2.19	1.73	7.58	57	1.99	1 68	7 39	82	2 22	1.59	7.55
8	2 01	1 79	7.37	33	2.1	1.8	7.79	58	2.01	1 7	7.27	83	2.11	1.78	7.23
9	1.97	1.72	7.14	34	2 17	1.72	7.04	59	2 13	1.7	7 83	84	2.11	1.73	7.21
10	1.95	1.63	6.81	35	2.07	1.74	7.13	60	2 04	1.76	7 61	85	2.21	1.63	6.99
11	2 07	1.65	7.47	36	1.9	1.71	7.46	61	2.07	1 78	7 82	86	2 11	1.75	7.58
12	2.12	1 74	7.26	37	2 16	1.69	7.7	62	2 06	1 62	7.73	87	2.04	1.74	7.36
13	2.15	1.74	7.41	38	2.05	1.72	7.05	63	2 16	1.73	7.4	88	2.2	1.71	6.73
14	2 16	1 75	6.53	39	2	1.7	6.75	64	2.14	1 83	6 8	89	2 07	1.64	7.26
15	2 29	1 75	6.58	40	2.05	1 65	7	65	1 99	1.68	7.17	90	1.99	1.72	7.06
16	1.97	1.63	7.66	41	2.04	1 72	7.34	66	2 18	1.75	7 85	91	2.03	1.74	7.31
17	1.93	1.84	7.08	42	1.95	1.7	7.49	67	2 05	1.72	6.93	92	1.92	1.78	7.58
18	2	1.73	6.82	43	2.01	1.66	7.43	68	2.09	1.67	7.92	93	1.98	1.63	7.44
19	1.97	1.64	7.04	44	2 2	1.53	6.43	69	2.14	1 73	7.59	94	2.18	1.65	7.58
20	2 12	1.79	7.21	45	2 04	1.69	6.8	70	2.18	1.7	7.65	95	1.99	1.75	7.36
21	2 05	1 73	7.31	46	2.25	1.74	7.56	71	2.03	1 73	6.95	96	2.12	1.79	7.7
22	2	1.73	7.44	47	2.12	1.72	7.56	72	2 06	1.64	6.95	97	1.97	1.73	7.67
23	1.78	1.65	7.27	48	1.96	1.77	7.96	73	2 09	1.73	7.62	98	2.14	1.71	7.01
24	2 11	1 67	7.36	49	2	1.62	7 7	74	2.19	1.7	7.42	99	1 73	1.54	6.69
25	2.16	1.71	6.83	50	2	1.79	7.16	75	2.11	1 67	7.66	100	1.9	1.73	7.06

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.07 มิลลิเมตร หนา 1.71 มิลลิเมตร ยาว 7.3 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.1 หนา 0.06 ยาว 0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฉ.2 การทดสอบคุณภาพการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1																				
ระยะห่างลูกยาง	น้ำหนัก (g)																	ค่าความขาวข้าว			
	ข้าวเปลือก				ข้าวกล้อง				ข้าวหัก				แกลบ								
มม.	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	รวม	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
0.1	13.50	12.98	13.17	13.22	60.08	64.57	59.58	61.41	42.59	38.99	42.82	41.47	33.83	33.46	34.43	33.91	150	23.2	23.4	22.9	23.17
0.5	15.60	14.42	15.61	15.21	64.00	63.89	63.97	63.95	37.14	38.12	37.71	37.66	33.26	33.57	32.71	33.18	150	23.6	22.9	23.6	23.37
1	22.76	21.54	19.41	21.24	65.08	65.25	66.16	65.50	31.03	31.84	32.58	31.82	31.13	31.37	31.85	31.45	150	24.1	24	23.7	23.93

น้ำหนักข้าวเปลือก 1000 เมล็ด 25.9933 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.1 มม. 19.5743 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.5 มม. 19.6816 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 1 มม. 19.9187 กรัม

อุณหภูมิ 27.5 องศา ความชื้น 49 %

ตาราง ฉ.3 การทดสอบคุณภาพการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ความสูงข้าวดิบ	ความสูงข้าวสุก	ความกว้างเมล็ดหลังต้ม	ความยาวเมล็ดหลังต้ม	น้ำหนักหลังต้ม
0.1	150	0.6	2.05	3	8	46.12
0.5	150	0.6	1.95	3	8.5	37.48
1	150	0.6	1.85	3	10	41.28

ตาราง ฉ.4 สัดส่วนการขยายตัวจากการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สัดส่วนการขยายตัวในภาพรวม	สัดส่วนการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ด (มม.)	สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวของเมล็ด (มม.)
0.1	150	2.4	0.4	0.1
0.5	150	2.3	0.4	0.15
1	150	2.1	0.5	0.37

ตาราง ฉ. 5 ความสามารถในการรับแรงกดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน							
การกดแบบ Compression (การกดในแนวตั้ง)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	31.9	1	30.5	1	26.3	1	14.518
2	34.0	2	31.0	2	28.8	2	47.53
3	35.3	3	31.3	3	29.2	3	65.52
4	35.7	4	31.4	4	32.7	4	65.88
5	36.1	5	33.5	5	32.8	5	68.04
6	36.2	6	34.5	6	33.1	6	70.02
7	37.5	7	35.7	7	34.7	7	70.29
8	39.3	8	35.8	8	35.1	8	82.51
9	39.4	9	36.1	9	40.4	9	92.22
10	39.9	10	37.1	10	40.7	10	94.42
11	45.2	11	41.5	11	43.1	11	105.6
12	47.7	12	43.9	12	43.8	12	105.73
13	51.0	13	46.4	13	44.1	13	107.06
ค่าเฉลี่ย	39.2	ค่าเฉลี่ย	36.0	ค่าเฉลี่ย	35.7	ค่าเฉลี่ย	76.1
STDEV	5.6	STDEV	5.1	STDEV	6	STDEV	26.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฉ. 6 ความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 150 วัน							
การกดแบบ Bending (การกดในแนวนอน)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	15.9	1	18.2	1	17.1	1	11.4
2	16.5	2	18.7	2	18.4	2	12.4
3	17.9	3	18.9	3	18.5	3	13.7
4	18.2	4	19.3	4	18.6	4	14.0
5	19.4	5	19.4	5	18.7	5	14.5
6	19.6	6	19.4	6	19.6	6	14.5
7	19.7	7	19.8	7	20.3	7	15.1
8	20.2	8	20.9	8	20.3	8	17.0
9	22.5	9	20.9	9	21.5	9	18.6
10	22.9	10	21.6	10	22.8	10	18.9
11	23.1	11	23.1	11	23.4	11	19.8
12	24.5	12	24.0	12	25.1	12	22.3
13	24.7	13	25.0	13	27.0	13	27.7
ค่าเฉลี่ย	20.4	ค่าเฉลี่ย	20.7	ค่าเฉลี่ย	20.9	ค่าเฉลี่ย	16.9
STDEV	2.9	STDEV	2.1	STDEV	2.9	STDEV	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
ผลการทดสอบการวัดขนาดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง คุณภาพการกะเทาะ คุณภาพการหุงต้ม และสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วันและที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน

ข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะเปลือก															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.4	1.94	10.39	26	2.07	1.75	11.05	51	2.33	1.99	10.87	76	2.42	1.92	10.85
2	2.43	2	10.23	27	2.32	2.01	10.21	52	2.22	1.92	11.36	77	2.27	1.82	9 88
3	2 1	1.99	9.8	28	2 38	1.99	10.93	53	2.45	1 78	10.39	78	2.04	1.54	10.83
4	2.19	1.74	9.45	29	2 26	1 94	9.56	54	2.29	1 87	10.58	79	2 21	1.94	10.28
5	2.49	1.87	10.48	30	2 14	1.67	9.8	55	2.26	1 74	10.56	80	2 35	1 71	10.95
6	2.41	1.98	11.57	31	2 3	1.97	9 9	56	2.48	2	10.83	81	2.4	1 91	10.94
7	2.63	1.88	9.72	32	2.6	1 93	10 31	57	2 3	1 83	10 52	82	2 61	1.87	10.57
8	2.18	1.86	10 37	33	2.22	1.93	10.76	58	2.29	1.93	9.67	83	2 24	1.85	9.98
9	2.18	1 9	10 09	34	2.03	1.89	10.87	59	2.23	1.86	9 84	84	2.45	1 91	10 19
10	2.43	1.98	10.81	35	2.41	2.02	11.76	60	2.25	1.8	9.88	85	2 28	1 84	9 92
11	2.55	1.99	10.91	36	2 32	1.9	11 09	61	2.34	1.9	10.37	86	2.29	1.64	9.69
12	2.13	1 91	10 26	37	2.4	1.97	10 74	62	2.28	1.86	10.28	87	2.36	1.82	10.57
13	2.38	1.94	10.43	38	2 24	1 92	10.38	63	2.4	1.79	10.85	88	2.29	1.88	10.85
14	2.51	1.99	11 18	39	2.53	1 92	10.79	64	2.35	1.86	11.3	89	2 35	1.91	10.77
15	1.96	1 65	9 03	40	2 56	1 91	10.79	65	2.55	1.92	10 12	90	2 39	1.96	10.75
16	2.4	1.91	10.74	41	2.24	1.94	10.91	66	2.36	1.84	10.94	91	2.39	1.84	10.31
17	2.49	1.87	10.05	42	2 45	1 71	10.18	67	2.35	2	10 4	92	2.21	1.91	10 1
18	2.31	1.89	10.71	43	2.45	1 94	10.71	68	2.41	2.02	10 94	93	2.38	1.9	10.86
19	2.18	1.91	10.44	44	2.56	1.99	11 12	69	2.64	1.92	10.21	94	2.26	1.9	10.15
20	2.52	1.87	9.77	45	2 25	1.95	9.49	70	2.2	1 98	10 6	95	2.38	1.98	10.07
21	2.33	1.95	11.15	46	2.38	1.89	9.93	71	2 18	1.95	10 2	96	2.16	1.96	11.44
22	2.42	1.87	10 77	47	2.34	1.91	10.15	72	2.4	1.9	11.07	97	2.19	1.8	9 58
23	2.35	1.93	9.78	48	2 41	1.83	9.66	73	2.71	1.78	11.1	98	2.13	1.91	10.4
24	2.34	1.89	10.79	49	2.23	1 94	10 79	74	2.41	1.91	11.37	99	2 25	1.83	10 4
25	2.34	1.99	11.02	50	2.23	1.82	10.96	75	2 57	1.89	10.38	100	2.22	1.66	10.42

สรุป เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.34 มิลลิเมตร หนา 1.89 มิลลิเมตร ยาว 10.48 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.14 หนา 0.09 ยาว 0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.07	1 74	7.77	26	2.01	1.62	6.86	51	2 04	1.7	7.33	76	2.08	1.69	7.58
2	2 12	1.7	7.71	27	2.06	1.72	7.73	52	1 97	1.69	7.44	77	1.93	1.61	6.93
3	2 03	1.55	7 66	28	2 17	1.6	7.42	53	1.92	1.63	6 84	78	2.15	1.66	7 36
4	1 8	1.76	7.17	29	2.18	1.7	7.35	54	1 96	1.66	7.3	79	1.96	1.7	7.23
5	2.07	1.74	7.12	30	2.03	1.7	7 78	55	2.13	1.66	7.52	80	2.14	1.61	7 19
6	2.03	1.7	7.29	31	2	1 67	6.96	56	2 11	1.71	6.95	81	2.12	1.77	7 16
7	2 14	1.66	7.66	32	2.04	1.66	7 38	57	1 84	1.61	7.12	82	2.22	1.54	7.3
8	1 79	1.66	6.77	33	2.12	1.72	7 37	58	1 9	1.68	7 32	83	2.1	1.52	7 41
9	2.2	1 84	7.2	34	2 01	1 62	6.9	59	1 97	1.52	7 23	84	2 06	1.73	7.46
10	1 84	1.62	7 54	35	2 16	1.75	7 26	60	2 15	1.78	8 08	85	2.2	1 74	7.62
11	2 07	1 63	7.36	36	1.82	1.71	7 38	61	1 99	1.63	7 6	86	1.99	1 64	7.46
12	2 06	1.81	7 59	37	1.98	1 61	7.58	62	2.17	1.72	7 23	87	2.1	1.68	7.24
13	1 99	1.58	7 32	38	1.9	1 76	7 34	63	7.96	1.65	7.84	88	1.93	1.71	6.65
14	2 04	1.7	8.19	39	2.08	1.8	7.42	64	2 06	1.73	7.09	89	2.11	1.71	7 14
15	2 2	1 74	7.56	40	2 12	1.67	7 9	65	1.98	1 68	6.95	90	1.8	1 62	7 15
16	2 03	1.74	7.74	41	1.95	1.7	7 23	66	2 17	1.69	7 67	91	2.15	1.69	7
17	2 16	1.7	7.33	42	2.06	1.67	7.07	67	2.23	1.71	6.93	92	2.09	1.71	7.5
18	2 12	1 69	7.29	43	2.01	1.67	7.14	68	1.98	1.67	7.7	93	2.1	1.61	7.32
19	2.23	1.67	7.17	44	2 13	1.63	6.77	69	1 97	1.65	6.93	94	1.97	1.66	7.61
20	1 97	1.7	7.66	45	2.05	1.68	7.87	70	2.07	1.67	6.9	95	2	1.63	7.4
21	1.92	1 7	7 28	46	2.09	1.75	7 36	71	2.09	1.73	7.39	96	2.14	1.74	7.08
22	2.03	1.69	6.56	47	2.06	1.62	6.87	72	2.09	1.78	7.47	97	2.13	1.7	7.18
23	1 98	1.65	7.11	48	2 05	1.71	7.55	73	2.09	1 68	7.68	98	1.89	1.6	6.8
24	2 04	1.7	7.65	49	2.04	1 67	7	74	1 97	1 6	6.5	99	2 07	1.62	7.32
25	2.16	1.64	7.15	50	2.12	1.64	7.66	75	2.05	1 75	7 05	100	1.97	1.63	6.27

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.11 มิลลิเมตร หนา 1.68 มิลลิเมตร ยาว 7.3 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.6 หนา 0.06 ยาว 0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 0.5 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	1.92	1.74	7.76	26	1.88	1.79	7 5	51	1.93	1.64	7.3	76	2	1.75	7.7
2	1.98	1.73	6.54	27	2	1.53	7.66	52	2.01	1.6	7.75	77	2 08	1.75	7.77
3	1.96	1.69	7.5	28	2.08	1.68	7 3	53	2.03	1.68	7 81	78	2.09	1.79	7.59
4	1.88	1.72	6.7	29	2.03	1.79	8.02	54	2.02	1.63	7.6	79	2 04	1.76	7.53
5	2.04	1.81	7.9	30	2.08	1 68	7 75	55	1.91	1.79	7.44	80	2	1.65	7.19
6	1 96	1.72	7.13	31	1 99	1.79	7.1	56	2 11	1.64	7.31	81	2	1.64	7.13
7	2 1	1.72	7.36	32	2.11	1.72	7.73	57	2 14	1 57	7 16	82	2.1	1.75	7.87
8	2 12	1 67	6.94	33	2.05	1.65	7.5	58	1.78	1.6	6.7	83	1 97	1.75	7.07
9	2 15	1.59	7.23	34	1 97	1 73	7 05	59	1.9	1.76	7 35	84	2.11	1.63	7.25
10	2.11	1.69	7.22	35	2 06	1.71	7.72	60	2.01	1.75	7 65	85	1.93	1.73	7.4
11	1.97	1.77	6 8	36	1.91	1 6	6 42	61	2.03	1 78	6 98	86	2 09	1.79	7.67
12	2 07	1.69	7.22	37	1 95	1.66	7.28	62	1.96	1 76	7.52	87	2 25	1.64	7.1
13	1.97	1.56	6.77	38	1.97	1 7	7 15	63	2.11	1.82	7.64	88	2.1	1.48	6.98
14	1 83	1.7	7 76	39	1.97	1.59	6 .5	64	2.08	1 67	7 66	89	1 92	1.68	7.63
15	1.98	1.69	7.5	40	2 16	1.72	7.68	65	2 04	1.73	7 06	90	1 92	1.7	6.92
16	1 89	1.62	7.27	41	1 52	1.62	6.78	66	2.2	1.71	7.49	91	2 19	1.67	7.61
17	1.9	1.55	7.32	42	1.98	1.68	7.72	67	2.15	1.68	7.77	92	2 05	1.79	7.2
18	2 02	1.68	7.79	43	2 09	1.71	7.32	68	2.12	1.73	7.26	93	1.98	1.56	6.92
19	2.05	1.74	7.26	44	1.95	1.76	7.1	69	2.05	1.62	7.03	94	2.16	1.69	7.45
20	2.09	1.64	7.38	45	2.03	1.75	7.21	70	2.04	1.83	7.78	95	1.94	1.62	6.08
21	2.16	1.8	7.52	46	1 88	1.65	7.86	71	1.82	1 66	6.76	96	2.12	1.84	7.59
22	2.01	1.61	7.77	47	2 17	1 85	7.18	72	1.94	1.74	7.57	97	1.91	1.69	7.51
23	2.07	1.66	7.35	48	2.19	1 7	7.38	73	2.13	1.77	7.48	98	2.16	1.8	7.04
24	1 79	1.61	6.96	49	2.1	1.66	6.85	74	2.06	1.75	7.04	99	2 16	1.7	7.35
25	2.07	1.74	7.34	50	2.13	1.76	7.84	75	2.06	1.68	7.22	100	1.99	1.63	6.84

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 0.5 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.02 มิลลิเมตร หนา 1.7 มิลลิเมตร ยาว 7.33 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.11 หนา 0.07 ยาว 0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช.1 การวัดขนาดเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน (ต่อ)

ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.															
จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว	จำนวน	กว้าง	หนา	ยาว
1	2.01	1.72	6.62	26	2.17	1.75	7.61	51	2 11	1.67	7.38	76	2.12	1.7	7.31
2	2.07	1.75	7.45	27	2.04	1.69	6.97	52	2 11	1.81	7.34	77	1 93	1.72	8.06
3	2.17	1.68	7.45	28	2.16	1.74	7.09	53	2	1.69	6.81	78	1.82	1 6	6.66
4	2.12	1.65	7.27	29	2.13	1.72	7.11	54	2.24	1.83	7.96	79	1.94	1.64	7.21
5	2	1.78	7.23	30	2.12	1.75	7.25	55	2.17	1.67	6.86	80	1.85	1.59	7 25
6	2.09	1.74	6.93	31	2	1.6	7.11	56	2.14	1.79	7.44	81	2 2	1.76	7 68
7	2 04	1 69	7.19	32	2.29	1 69	7.37	57	2 15	1.72	6.66	82	2 22	1.72	7.7
8	1 97	1.73	7.24	33	1.95	1.68	6.43	58	1 97	1 64	7.05	83	2 2	1.81	7 19
9	2.02	1.64	6 38	34	1.87	1.61	6.74	59	1.87	1.67	7.31	84	2 17	1.77	7.18
10	2 14	1 76	7 83	35	1 89	1.67	7.5	60	1 94	1 7	7 4	85	2.05	1.81	7.33
11	1 9	1.71	7.91	36	1 99	1.77	7.46	61	2.11	1 69	7.53	86	1 98	1 74	7.57
12	2.16	1.79	7.72	37	2.01	1.74	7 05	62	2.11	1.68	8.11	87	1.99	1.77	7 42
13	2 27	1.79	7.39	38	2.09	1.78	7.02	63	1.94	1.69	7.32	88	2.16	1.73	7.49
14	2 03	1.76	6.82	39	2.19	1.83	7.91	64	2 04	1 74	7 8	89	1 97	1.6	7.29
15	2 08	1.75	7.18	40	2.04	1.74	7.6	65	2.05	1.77	7 88	90	2 06	1.76	7.45
16	1.85	1.85	6.87	41	2.1	1.78	7 83	66	2 16	1.73	7.67	91	2 17	1 72	7.16
17	2.08	1.72	7.3	42	2.05	1.63	6.77	67	2.15	1.63	6.92	92	1.99	1 58	6.28
18	2	1.68	7.88	43	2.18	1.71	6.96	68	2.01	1.76	7.1	93	2 18	1.86	7.31
19	2.02	1.74	7.44	44	2.23	1.68	7.51	69	1.99	1.82	8.16	94	2 13	1.74	7.01
20	2	1.75	7.43	45	2.01	1 76	7.4	70	1 96	1 6	6.38	95	2 07	1 68	7.15
21	2.02	1.71	6.98	46	2.14	1.68	6.98	71	1.89	1.72	1.7	96	2.07	1 7	7.61
22	2.04	1.67	7.54	47	1.95	1.69	7	72	2	1.71	7.02	97	2 01	1.76	6.87
23	2 07	1.64	6.86	48	2.18	1.65	7.08	73	2.22	1.7	7.41	98	2.02	1 67	6.75
24	2.04	1.72	7.22	49	7.82	1.73	7.41	74	2.04	1.75	7 32	99	2.03	1.7	7.46
25	2 16	1 7	7.8	50	1.87	1.7	7.26	75	2.13	1.65	7.59	100	2.04	1.69	7 54

สรุป เมล็ดข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกที่ระยะห่างของลูกยาง 1 มิลลิเมตร มีขนาดเฉลี่ย กว้าง 2.12 มิลลิเมตร หนา 1.72 มิลลิเมตร ยาว 7.22 มิลลิเมตร ค่า STDEV = กว้าง 0.58 หนา 0.06 ยาว 0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช.2 การทดสอบคุณภาพการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1																				
ระยะห่างลูกยาง	น้ำหนัก (g)																	ค่าความขาวข้าว			
	ข้าวเปลือก				ข้าวกล้อง				ข้าวหัก				แกลบ				รวม				
มม.	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
0.1	13.57	13.96	14.51	14.01	58.30	61.91	60.92	60.38	44.88	41.30	41.87	42.68	33.25	32.83	32.70	32.93	150	23.2	23.4	24	23.53
0.5	16.07	14.76	15.00	15.28	66.03	65.87	66.71	66.20	35.88	37.23	35.97	36.36	32.02	32.14	32.32	32.16	150	23.6	24.3	23.6	23.83
1	26.18	28.37	28.86	27.80	62.71	60.94	61.35	61.67	29.32	28.21	28.74	28.76	31.79	32.48	31.05	31.77	150	24.1	23.57	23.7	23.79

น้ำหนักข้าวเปลือก 1000 เมล็ด 26.12 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.1 มม. 20 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 0.5 มม. 20.13 กรัม

น้ำหนักข้าว 1000 เมล็ด ที่ระยะห่าง 1 มม. 20.21 กรัม

อุณหภูมิ 26.7 องศา ความชื้น 62 %

ตาราง ช.3 การทดสอบคุณภาพการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน

ระยะห่างลูกยาง (วัน)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ความสูงข้าวดิบ	ความสูงข้าวสุก	ความกว้างเมล็ดหลังต้ม	ความยาวเมล็ดหลังต้ม	น้ำหนักหลังต้ม
0.1	180	0.6	2.42	3	9	49.2
0.5	180	0.6	2.12	2.5	8.5	43.32
1	180	0.61	1.82	2.5	8.8	38.14

ตาราง ช.4 สัดส่วนการขยายตัวจากการหุงต้มที่ระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน

ระยะห่างลูกยาง (มม.)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	สัดส่วนการขยายตัวในภาพรวม	สัดส่วนการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ด (มม.)	สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวของเมล็ด (มม.)
0.1	180	3	0.4	0.23
0.5	180	2.5	0.2	0.16
1	180	2	0.2	0.22

ตาราง ช. 5 ความสามารถในการรับแรงกดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน							
การกดแบบ Compression (การกดในแนวตั้ง)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	31.90	1	26.51	1	28.16	1	57.07
2	34.00	2	31.28	2	28.98	2	61.96
3	35.30	3	31.28	3	29.61	3	62.01
4	35.70	4	31.77	4	29.66	4	68.77
5	36.10	5	32.79	5	31.01	5	73.26
6	37.50	6	33.88	6	31.59	6	74.08
7	39.30	7	34.23	7	32.88	7	77.81
8	39.40	8	36.09	8	33.12	8	85
9	39.90	9	37	9	33.26	9	86.09
10	40.50	10	40.65	10	33.87	10	124.15
11	45.20	11	42.58	11	34.11	11	126.44
12	47.70	12	42.69	12	34.36	12	147.73
13	50.51	13	44.03	13	43.52	13	150.13
ค่าเฉลี่ย	39.5	ค่าเฉลี่ย	35.8	ค่าเฉลี่ย	32.6	ค่าเฉลี่ย	91.9
STDEV	5.5	STDEV	5.4	STDEV	3.9	STDEV	33.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ช. 6 ความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา 180 วัน							
การกดแบบ Bending (การกดในแนวนอน)							
ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.1 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 0.5 มม.		ข้าวกล้องที่ระยะห่างลูกยาง 1 มม.		ข้าวเปลือก	
จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)	จำนวน	Force (N)
1	13.96	1	13.36	1	15.24	1	10.52
2	15.37	2	15.9	2	15.37	2	11.07
3	16.33	3	16.53	3	16.5	3	13.08
4	16.36	4	17.42	4	16.71	4	13.31
5	16.43	5	18.01	5	16.84	5	13.39
6	16.88	6	18.15	6	17.07	6	13.43
7	17.09	7	19.02	7	17.27	7	14.55
8	17.37	8	20.16	8	18.01	8	15.03
9	17.77	9	20.47	9	18.31	9	16.88
10	17.93	10	21.23	10	18.33	10	17.7
11	20.04	11	21.58	11	18.44	11	24.18
12	20.41	12	22.73	12	20.27	12	24.31
13	21.31	13	23.19	13	21.21	13	25.57
ค่าเฉลี่ย	17.2	ค่าเฉลี่ย	18.7	ค่าเฉลี่ย	17.4	ค่าเฉลี่ย	15.6
STDEV	1.8	STDEV	2.7	STDEV	1.4	STDEV	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-นามสกุล นางสาวเรณู ชิงชัย

วัน เดือน ปีเกิด 6 เมษายน 2529

ที่อยู่ 62 หมู่ 6 ตำบล ประณีต อำเภอ เขาสมิง จังหวัด ตราด 23130

ประวัติการศึกษา 2551 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ผลงานวิจัย

พ.ศ. 2551 ผลงานการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกเมล็ดพืชแบบตะแกรงโยก

พ.ศ. 2554 ผลงานวิจัยการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาการ เก็บรักษาและสภาวะกะเทาะเปลือกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOVELTY CLEAN and SUSTAINABLE

นวัตกรรม สะอาด และยั่งยืน

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 12 ประจำปี 2554

International Conference on Agricultural Engineering
March 31 - April 1, 2011
Cholchan Pattaya Resort Hotel , Cholburi, Thailand

Organized by
Thai Society of Agricultural Engineering (TSAE)
&
Agricultural Engineering Program
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Bangkok, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

วันที่ 1 เมษายน 2554 ห้องชลาลัย		
ประธานการเสนอบทความ		ผศ. ดร. มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
8.30-8.45	TPT 013	อิทธิพลของวิธีการและเงื่อนไขการอบแห้งที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของกระเทียม **รติยา ธุวพาณิชยานันท์ และ สมเกียรติ ปรัชญาวรากร**
8.45-9.00	TPT 014	อิทธิพลของอุณหภูมิและความหนาของชั้นวัสดุต่อคุณภาพของกากมะพร้าว **อรวรรณ โศภณัฐยานนท์, จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์, อรรถพล นุ่มหอม และ ฤทธิชัย อัศวราชันย์**
9.00-9.15	TPT 015	ผลของความร้อนจากแสงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวสาร **ใจทิพย์ วานิชชัง, ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, พิทักษ์ จันทร์เจริญ กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์, อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และ ศรีสกุล แก้วกระจ่าง**
9.15-9.30	TPT 016	การศึกษาผลการอบแห้งด้วยฟลูอิไดซ์เบดอุณหภูมิสูงต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องพันธุ์อะมิโลสสูง **ดลฤดี ใจสุทธิ์, และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์**
9.30-9.45	TPT 017	คุณสมบัติการนำไฟฟ้าของน้ำองุ่นแดงระหว่างกระบวนการให้ความร้อนแบบโอมมิค **ฤทธิชัย อัศวราชันย์ , อุมาพร อุประ และ อรรถพล นุ่มหอม**
9.45-10.00	TPT 018	การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเม็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและสภาวะการกะเทาะเปลือกต่างกัน **ประสันต์ ชุ่มใจหาญ และ เรณู ชิงชัย**
10.00-10.15		พักรับประทานอาหารว่าง
ประธานการเสนอบทความ		รศ. สาทิป รัตนภาสกร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
10.15-10.30	TPT 019	การศึกษาผลกระทบของระยะเวลาในการเก็บรักษาและรูปแบบในการขัดขาวที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสาร **ประสันต์ ชุ่มใจหาญ และ พลนน อ่อนไสว**
10.30-10.45	TPT 020	การอบแห้งแครอทด้วยเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน **เทวรัตน์ ทิพยวิมล และ วีรชัย อาจหาญ**
10.45-11.00	TPT 021	การพัฒนาเครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อนด้วยระบบควบคุมคอมเพรสเซอร์ **นพรัตน์ อมัติรัตน์ และสถาพร ทองวิค**
11.00-11.15	TPT 022	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบอัดไอสำหรับกระบวนการอบแห้งและเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร **วิสุทธิ์ วิจิตรภิญโญ และ วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล**
11.15-11.30	TPT 023	การวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งเนื้อลำไยแบบต่อเนื่องโดยใช้เชื้อเพลิงแข็ง **ทวีชัย นิมาแสง, จิรวัสส์ เจียตระกูล และณัฐวุฒิ เนียมสอน**
11.30-11.45	TPT 024	การศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่มีการควบคุมค่าอุณหภูมิให้คงที่ **อนุสรณ์ เราเท่า, วิบูลย์ ช่างเรือ, สัมพันธ์ ไชยเทพ และวีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล**
11.45-12.00	TPT 025	การพัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องอบข้างฮางแบบรางเขย่า **พัฒนา พึ่งพันธุ์, วรรณรพ ขันธิรัตน์ และอัดชา เหมันต์**
12.00-13.00		พักรับประทานอาหารกลางวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12 ประจำปี 2554
31 มีนาคม – 1 เมษายน 2554 ณ ชลจันทร์ พัทยา รีสอร์ท จ. ชลบุรี

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและสภาวะการกะเทาะเปลือกต่างกัน

A Study on the effect of the Storage Duration and the Hulling Condition on the Physica and Mechanical Properties of the Brown Rice Kernel

ประสันต์ ชุ่มใจหาญ[1] และ เรณู ชิงชัย[2]
Prasan Choomjaihan[1] and Renu Chingchai[2]

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวและรูปแบบการกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง ผลจากการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อขนาดของเมล็ดข้าวในทุกๆมิติ และความขาวของข้าวกล้อง ในช่วงแรกของการเก็บรักษาข้าวเปลือกสามารถถูกกะเทาะได้มากขึ้นและจะมีระดับการกะเทาะคงที่เมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น แต่มีผลกับเปอร์เซ็นต์ข้าวหักน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ เมื่อทดสอบคุณภาพการหุงต้มพบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มเมล็ดข้าวกล้องมีการขยายตัวทางด้านกว้างมากกว่าทางด้านยาวที่ทุกระยะการเก็บรักษาและที่ทุกระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ การทดสอบสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างกว่ายังมีความสามารถในการรับแรงดัดได้สูงกว่าเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางที่แคบกว่า

คำสำคัญ: ข้าวเปลือก, กะเทาะเปลือก, การเก็บรักษา

ABSTRACT

This research was aimed to study on the effect of the storage duration and the hulling condition to the physical and mechanical properties of the brown rice. The results found that the storage duration did not show the effect on the kernel dimensions and the whitening index. On the earlier period of the storage duration influenced to increase the level of hulled paddy and kept the level of hulled paddy constantly when the grain stored longer. However the storage duration gave the less effect to the broken hull paddy compared with the hulling roll gap. The cooked brown rice tended to expand on the width direction more than on the length direction. Hulling the paddy under the larger roll gaps gave more resistance on both compressive and bending load.

Keywords: Paddy, Hulling, Storage

[1] Lecturer, Curriculum of Agricultural Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520
[2] Master Student, Curriculum of Agricultural Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาและสภาวะการกะเทาะเปลือกต่างกัน

A Study on the effect of the Storage Duration and the Hulling Condition on the Physical and Mechanical Properties of the Brown Rice Kernel

ประสันต์ ชุ่มใจหาญ[1] และ เรณู ชิงชัย[2]
Prasan Choomjaihan[1] and Renu Chingchai[2]

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวและรูปแบบการกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง ผลจากการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อขนาดของเมล็ดข้าวในทุกๆมิติ และความขาวของข้าวกล้อง ในช่วงแรกของการเก็บรักษาข้าวเปลือกสามารถถูกกะเทาะได้มากขึ้นและจะมีระดับการกะเทาะคงที่เมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น แต่มีผลกับเปอร์เซ็นต์ข้าวหักน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ เมื่อทดสอบคุณภาพการหุงต้มพบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มเมล็ดข้าวกล้องมีการขยายตัวทางด้านกว้างมากกว่าทางด้านยาวที่ทุกระยะการเก็บรักษาและที่ทุกระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ การทดสอบสมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างกว่ายังมีความสามารถในการรับแรงดัดได้สูงกว่าเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะที่ระยะห่างของลูกยางที่แคบกว่า

Abstract

This research was aimed to study on the effect of the storage duration and the hulling condition to the physical and mechanical properties of the brown rice. The results found that the storage duration did not show the effect on the kernel dimensions and the whitening index. On the earlier period of the storage duration influenced to increase the level of hulled paddy and kept the level of hulled paddy constantly when the grain stored longer. However the storage duration gave the less effect to the broken hull paddy compared with the hulling roll gap. The cooked brown rice tended to expand on the width direction more than on the length direction. Hulling the paddy under the larger roll gaps gave more resistance on both compressive and bending load.

[1] Lecturer, Curriculum of Agricultural Engineering, Department of Mechanical Engineering ,King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. Thailand, 10520
[2] Master Student, Curriculum of Agricultural Engineering, Department of Mechanical Engineering ,King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. Thailand, 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ โดยที่ปี 2551 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าวประมาณ 10ล้านตัน สร้างรายได้ให้กับประเทศประมาณ 6,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (*กรมวิชาการเกษตร*, 2551) ซึ่งข้าวที่ส่งออกจะอยู่ในรูปของข้าวสาร ที่ต้องผ่านกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวโดยประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ กระบวนการเก็บรักษาและกระบวนการสีข้าว

การเก็บรักษาข้าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงข้าวใหม่ และช่วงข้าวเก่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บรักษากล่าวคือ ข้าวเก่าจะมีเวลาในการเก็บรักษาประมาณ 4-6 เดือนขึ้นไป (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, 2544) ซึ่งความแตกต่างของข้าวเก่าและใหม่นั้นจะเห็นได้ชัดเมื่อข้าวได้ผ่านกระบวนการสีและการหุงต้มเพราะเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นเมล็ดข้าวจะค่อยๆ แข็งขึ้น (Dhaliwal *et al.*, 1990; Sajwan *et al.*, 1989) และเมื่อผ่านการกะเทาะข้าวใหม่จะมีมีสีขาว และใสกว่าข้าวเก่า (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, 2551) การดูดซึมน้ำ และการขยายตัวเนื่องจากการหุงต้มจะมีค่าสูงขึ้น (Villareal *et al.*, 1976; Tsugita *et al.*,1983) จากที่กล่าวข้างต้นทำให้ทั้งสองส่วน (กระบวนการเก็บรักษาและกระบวนการสีข้าว) มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

กระบวนการที่แปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสารเรียกว่ากระบวนการสีข้าว โดยที่กระบวนการนี้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการทำความสะอาด 2) ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก 3) แยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง 4) ขั้นตอนการขัดขาว และ 5) ขั้นตอนการคัดขนาดเมล็ดข้าว (กัญญา เชื้อพันธุ์, 2541) ขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ ของกระบวนการสีข้าว คือ ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก เพราะขั้นตอนการกะเทาะเปลือกเป็นขั้นตอนแรกที่เมล็ดข้าวได้รับแรงเฉือนจากเครื่องมือเพื่อให้เปลือกที่ติดอยู่กับเมล็ดฉีกขาดออกกัน (Satake, 1990) โดยผลที่ได้รับจากการกะเทาะเปลือกประกอบไปด้วย ข้าวกล้อง ข้าวเปลือก ข้าวหัก และแกลบ การศึกษาผลของการข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ กันจึงเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษา ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการงานวิจัยนี้คือ การศึกษาถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวและรูปแบบการกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

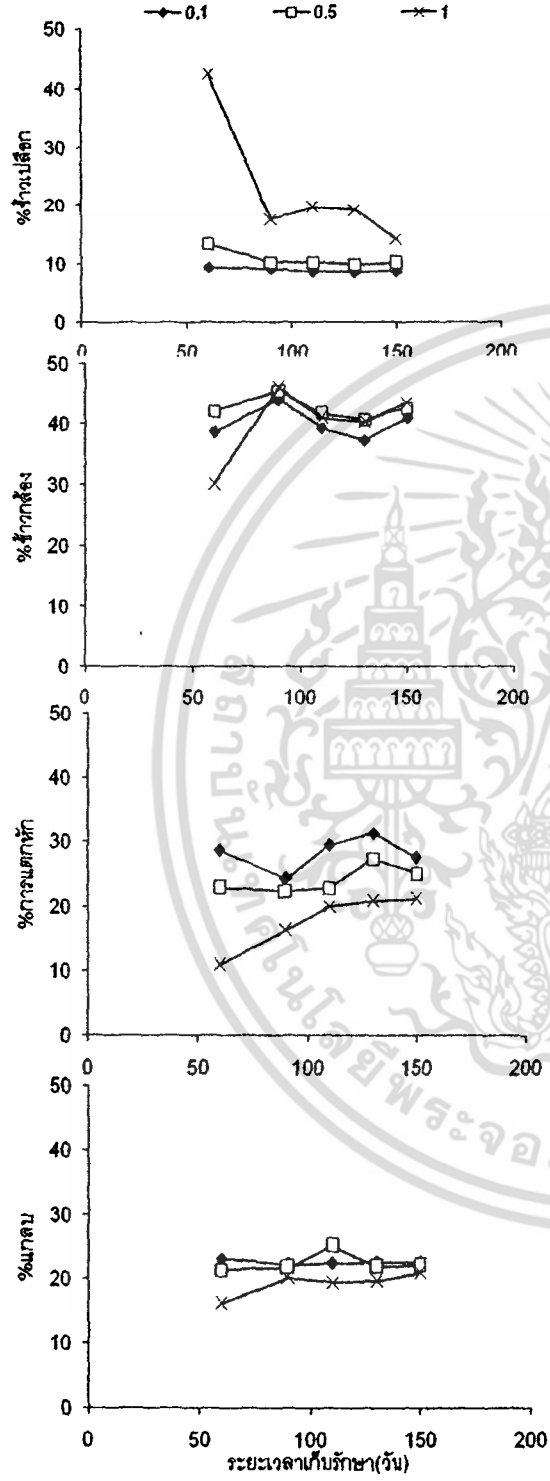
นำข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่มีระยะการเก็บรักษา 60 วัน จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวชลบุรี มาทำการเก็บรักษาต่อ ณ หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งข้าวที่นำมาจากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวมีการบรรจุกระสอบๆ ละ 25 กิโลกรัม จากนั้นนำมาตั้งเรียงกันเพื่อให้อากาศสามารถถ่ายเทได้สะดวกที่สภาพอุณหภูมิห้อง จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่าง ณ. วันที่ 60 90 110 130 และ 150 วันในการเก็บรักษา เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ (คุณภาพการสี และคุณภาพการหุงต้ม) และเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกล (ความสามารถในการรับแรงกด และแรงตัดสูงสุด โดยใช้เครื่องTexture Analyzer) ข้าวกล้องที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางกลนี้โดยเลือกเมล็ดข้าวกล้องที่ไม่มีรอยร้าวภายในเมล็ดมาทำการวิเคราะห์ที่ทุกระยะห่างของลูกยาง ในการวิเคราะห์สมบัติทางกล แบ่งออกเป็น การวิเคราะห์ในการรับแรงกด และการวิเคราะห์รับแรงตัด ในการรับแรงกดของเมล็ดจะวางเมล็ดข้าวกล้องในแนวตั้งฉากกับเครื่องซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทดสอบการกดของเมล็ดข้าวเป็นอุปกรณ์ที่ทำเฉพาะที่ใช้สำหรับทดสอบการกดของเมล็ดข้าว บันทึกค่าแรงที่ใช้ในการกดที่ทำให้เมล็ดข้าวกล้อง ส่วนการรับแรงตัดของเมล็ดข้าวกล้องจะวางเมล็ดข้าวกล้องในแนวนอนบนแผ่นอลูมิเนียมเซาะร่องขนาด 4 มิลลิเมตร จากนั้นทำการกดและบันทึกค่าแรงที่ใช้ในการกดที่ทำให้เมล็ดเกิดการแตกหักเช่นเดียวกัน

คุณภาพการสีในการทดลองได้แก่ เปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก เปอร์เซ็นต์แกลบ ความขาวของข้าวกล้อง และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง สำหรับคุณภาพการหุงต้มทำการวัดค่าการขยายตัวของเมล็ดข้าว โดยอ้างอิงจากการวิธีทดลองของ Daniels *et al.*, (1998) และ Ge *et al.*, (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ สมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวกล้อง และคุณภาพทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพการสีที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร

สมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวกล้อง

คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าวกล้องสามารถแบ่งผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ คุณภาพการสี และคุณภาพการหุงต้มมีรายละเอียดดังนี้

คุณภาพการสี

จากการทดลอง (ภาพที่ 1) พบว่าข้าวที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาแตกต่างกันมีผลกับคุณภาพการสีข้าวในช่วงแรกของการเก็บรักษา (60-90วัน) คือมีแนวโน้มที่เมล็ดข้าวเปลือกสามารถถูกกะเทาะได้มากขึ้นโดยพิจารณาการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้อง และการลดลงของเปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือก สอดคล้องกับรายงานของ Juliano, B.O. (1981) ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวหักและเปอร์เซ็นต์แกลบได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะมากกว่าในส่วนของข้าวเปลือกและข้าวกล้อง กล่าวคือการเพิ่มขึ้นของระยะห่างระหว่างลูกยางมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักและแกลบลดลง สำหรับในช่วงเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ 90 วัน ขึ้นไปคุณภาพการสีมีค่าค่อนข้างคงที่ในทุกๆระยะห่างของลูกยางกะเทาะเปลือก จะมีเพียงในส่วนของเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ที่ดังแสดงในภาพที่ 1 และเมื่อพิจารณาถึงผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าไม่มีผลต่อความขาวของข้าวกล้อง และขนาดของเมล็ดข้าวในทุกๆมิติ โดยมีความขาวของข้าวกล้องที่มีค่าอยู่ในช่วง 23-24 และมีความยาว ความกว้าง และความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 7.28, 2.09 และ 1.71 มิลลิเมตร ตามลำดับ

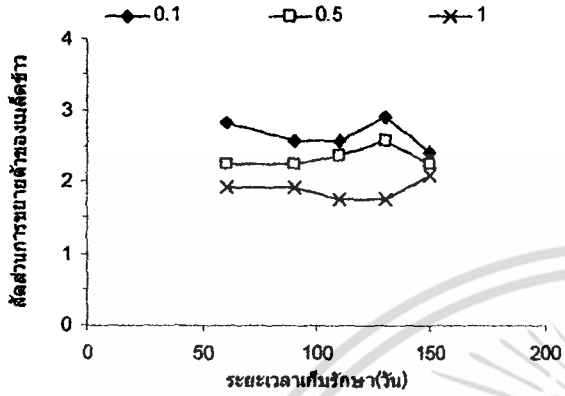
คุณภาพการหุงต้ม

คุณภาพการหุงต้มวัดจากสัดส่วนความสูงที่เพิ่มขึ้นจากเมล็ดข้าวกล้องก่อนการหุงต้มดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวมีผลทำให้สัดส่วนการขยายตัวของเมล็ดข้าวเพิ่มสูงขึ้น แต่ยังไม่ชัดเจนเมื่อเทียบกับสัดส่วนการขยายตัวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างลูกยางแตกต่างกัน กล่าวคือเมื่อทำการเพิ่มระยะห่างระหว่างลูกยาง ข้าวกล้องมีแนวโน้มการขยายตัวเนื่องจากการหุงต้มลดลง

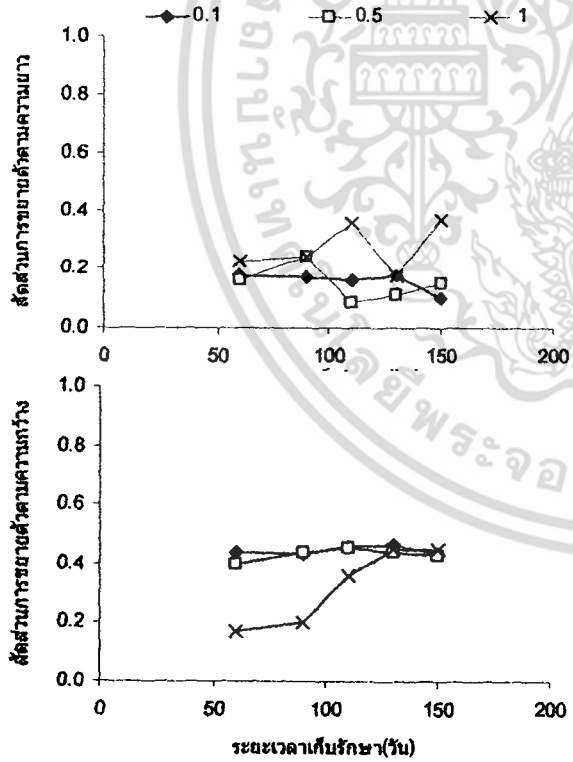
เมื่อพิจารณาคุณภาพการหุงต้มแบบเมล็ดเดี่ยวโดยการวัดสัดส่วนการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มเทียบกับข้าวกล้องก่อนการหุงต้มโดยวัดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

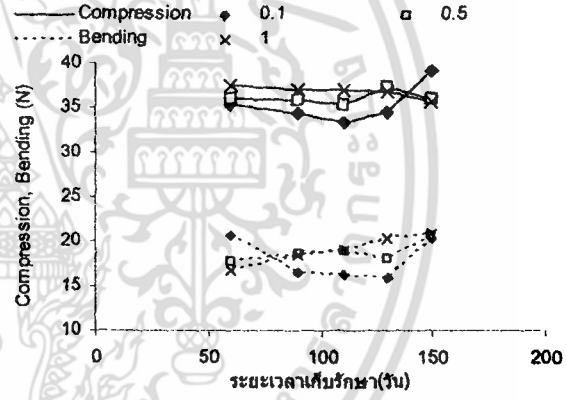
2 มิติ คือสัดส่วนการขยายตัวตามความยาวและความกว้างที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่าการกะเทาะเปลือกด้วยระยะห่างระหว่างลูกยางกว้างสุดคือ 1 มิลลิเมตร ส่งผลให้เมล็ดมีการขยายตัวตามแนวยาวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการหุงต้มสูงสุดที่ทุกระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่การขยายตัวตามความกว้างเนื่องจากการหุงต้มมีค่าสูงเมื่อทำการกะเทาะเปลือกที่ระยะที่แคบกว่าคือ 0.1 และ 0.5 มิลลิเมตร แต่ทั้งนี้ทำให้เห็นได้ว่าสัดส่วนของการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ดข้าวมีค่าประมาณ 0.4 ซึ่งมากกว่าการขยายตัวตามความยาวของเมล็ดข้าวที่มีค่าประมาณ 0.2 ทำให้ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับค่าการขยายตัวของเมล็ดข้าวกล้องเนื่องจากการหุงต้มในภาพรวม เพราะเมล็ดข้าวกล้องมีแนวโน้มจะวางนอนเรียงกันมากกว่าจะอยู่ในแนวตั้ง ทำให้การขยายตัวตามความยาวมีผลต่อการขยายตัวในภาพรวมของเมล็ดน้อยกว่าการขยายตัวตามความกว้างจึงทำให้ค่าการขยายตัวในภาพรวมของเมล็ดข้าวกล้องที่เกิดจากการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างแคบกว่ามีค่าสูงกว่าการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างกว้างกว่า



ภาพที่ 2 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตรต่อการขยายตัวของเมล็ดข้าวเนื่องจากการหุงต้มในภาพรวม



ภาพที่ 3 สัดส่วนการขยายตัวตามความยาวและความกว้างที่เพิ่มขึ้นหลังการหุงต้มข้าวกล้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆและที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร



ภาพที่ 4 แรงกด และแรงดัดสูงสุดที่เมล็ดข้าวกล้องสามารถรับได้ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆและที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะ 0.1 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร

สมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้อง

สมบัติทางกลของเมล็ดข้าวกล้องเป็นการวัดความสามารถในการรับแรงกด และแรงดัดของเมล็ดข้าวกล้องเมื่อผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะ 0.1, 0.5 และ 1 มิลลิเมตร ที่เวลาการเก็บรักษาต่างๆ ซึ่งผลการทดลองได้แสดงในภาพที่ 4 พบว่าข้าวกล้องมีความสามารถในการรับแรงกดมากกว่าแรงดัดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประสันต์ ชุ่มใจหาญ และสมนึก ชูศิลป์ (2544) และเป็นที่น่าสังเกตว่าเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกยางกว้างกว่ามีความสามารถในการรับแรงดัด(แรงที่ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวในกระบวนการสีข้าว) สูงกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าขั้นตอนการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางแคบกว่าเป็นการออกแรงกับเมล็ดข้าวมากกว่าส่งผลให้เมล็ดข้าวมีการแตกหักสูงซึ่งดูได้จากเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวที่เพิ่มขึ้น (แสดงในภาพที่ 1) แต่สำหรับเมล็ดข้าวกล้องที่ไม่แตกหักเนื่องจากการกะเทาะเปลือกในสภาวะดังกล่าวยังคงได้รับแรงที่สูงเช่นกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงดัดของเมล็ดข้าวลดลงได้ ทั้งนี้การกะเทาะเปลือกจึงไม่ใช่แค่การทำให้แกลบแยกออกจากข้าวกล้อง การได้รับเปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่สูงกว่าเนื่องจากขั้นตอนการกะเทาะเปลือกไม่ได้หมายความว่าโรงสีนั้นมีประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือกที่ดีกว่า เพราะว่าการที่ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องที่มากกว่าอาจจะส่งผลให้ได้รับปริมาณข้าวสารน้อยกว่าได้เนื่องจากความสามารถในการรับแรงของเมล็ดข้าวกล้องลดลงซึ่งอาจส่งผลในขั้นตอนลำดับต่อไปของการสีข้าวเช่น การขัดขาว และขัดมัน

สรุป

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าว และรูปแบบการกะเทาะเปลือกข้าวมีผลต่อคุณภาพการสีข้าว คุณภาพการหุงต้ม และสมบัติเชิงกลของเมล็ดข้าวกล้องจากการกะเทาะเปลือกข้าว การเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลานานส่งผลต่อคุณภาพการสีข้าวและสมบัติเชิงกลเพราะข้าวมีแนวโน้มที่จะถูกกะเทาะเปลือกได้ง่ายขึ้น และข้าวมีความสามารถในการรับแรงกด และแรงดัดมากขึ้น สำหรับการกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างระหว่างลูกยางลดลงมีผลทำให้คุณภาพการกะเทาะเปลือกเพิ่มขึ้นแต่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหักเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ความสามารถในการขยายตัวจากการหุงต้มของข้าวกล้องในภาพรวมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการขยายตัวตามความกว้างของเมล็ดมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเปลือกแคบลงส่งผลให้ข้าวกล้องมีความสามารถในการรับแรงกด และแรงดัดลดลง

จะเห็นได้ว่าระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะมีผลมากกว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าว ทั้งในส่วนของคุณภาพการสีข้าว, คุณภาพการหุงต้ม และสมบัติทางกลของเมล็ดข้าว

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนโครงการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กัญญา เชื้อพันธุ์. 2541. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตร "เทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิ คุณภาพดี". กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การส่งออกข้าวไทยปี 2551 และสถานการณ์ข้าวในปี 2552. (สืบค้นเมื่อ 15กันยายน 2551) http://www.ryt9.com/s/prg/437789

ประสันต์ ชุมใจหาญ และสมนึก ชูศิลป์. 2544. การศึกษาความแข็งของเมล็ดข้าวหอมมะลิที่อุณหภูมิห้องแตกต่างกัน. การประชุมวิชาการ ประจำปี 2544 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. ประเทศไทย. 25-26 มกราคม. หน้า 350-359.

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง. 2544. การจัดการโรงสีข้าว. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ชลบุรี

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง และประสิทธิ์ โพธิ์ยี่. 2551. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ อิทธิพลของความชื้นขณะเก็บเกี่ยว และเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพการสีข้าวเปลือกปทุมธานี 1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

Ge X. J., Xing Y. Z., Xu C. G. and He Y. Q. 2005. QTL analysis of cooked rice grain elongation, volume expansion, and water absorption using a recombinant inbred population. Plant Breeding (124), pp 121-126

Daniels M. J. , Marks B. P. , Siebenmorgent. J., McNew R.W. , . Meullentet J. F. 1998. Effects of Long-Grain Rough Rice Storage History on End-Use Quality. Journal of Food Science. 63(5), p832–840,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dhaliwal, K.S., Sekhon, K.S., and Nagi, H.P.S. 1990. Effect of drying and storage on the fatty acid compostion of rice. J. Food Sci. Technol. 27: 107-108.

Juliano, B.O. 1981. Rice: Biochemical Studies. In Grain Post-Harvest Processing Technology. Los Banos, Phillipines.

Sajwan, K.S., Mittra, B.N., and Pande, H.K. 1989. Effect of storage environment on milling out-turn of modern high yielding rice varieties. 1989. Intern. J. Trop. Agric. VII (3-4): 202-207.

Tsugita, T., Ohta, T., and Kato, H. 1983. Cooking flavor and texture of rice stored under different conditions. Agric. Biol. Chem. 47: 543-549

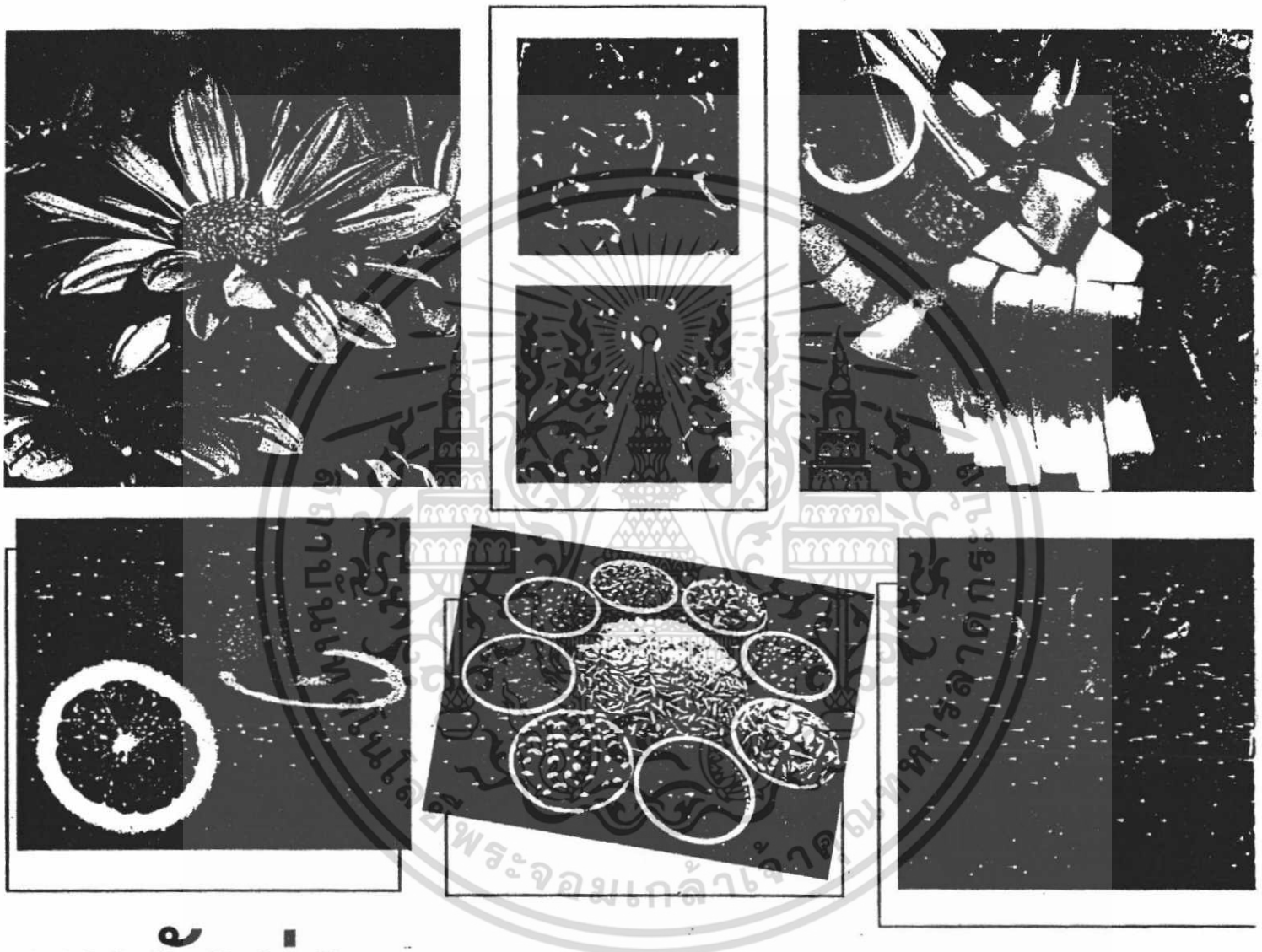
Villareal, R.M., Resurreccion, A.P., Suzuki, L.B., and Juliano, B.O. 1976. Changes in the physicochemical properties of rice during storage. Staerke 28(3): 88-94.

Satake, Toshihiko. 1990. Modern Rice Milling Technology. University of Tokyo Press, Japan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการ
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 9

9th National Postharvest Technology Conference



บทคัดย่อ

23-24 มิถุนายน 2554

ณ โรงแรมพัทยาพาร์คบีช รีสอร์ท ชลบุรี

ดโดย

นย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

านักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ามกับ–มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

PHTIC

PERDO

สารบัญภาคบรรยาย

O-51 **ผลกระทบของสัดส่วนการสีข้าวต่อการขยายตัวของข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้ม** 52
ประสันต์ ชุ่มใจหาญ เรณู ชิงชัย และ กฤษณ์ ผลโพธิ์

O-52 **การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเห็ดบดเพื่อการบริโภคในประเทศและการส่งออก** 53
สมชาย รัตนมาลี

O-53 **การควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง-ความสำเร็จ ???** 54
สมศิริ แสงโชติ

O-54 **การใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมเชื้อราที่ปนเปื้อนในผงสมุนไพร** 55
หยาดรุ้ง ปากองวัน สรัญยา วัลยะเสวี ดรุณี นาพรหม และ สุชาดา เวียรศิลป์

O-55 **ไบโอนาโนเซ็นเซอร์ในงานคุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตเกษตร** 56
ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์

O-56 **ผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีของใบลิคอริส และเซลล์แขวนลอยของอะราบิดอฟซิส** 57
พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย โทโมอากิ มัตสุโอะ และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์

O-57 **การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในไมโตคอนเดรียระว่างการเกิดอาการสะท้านหนาวของสับปะรดพันธุ์ 'ปัตตาเวีย' และ 'ตราดสีทอง'** 58
อ้อมอรุณ นุกูลธรประกิต และ จริงแท้ ศิริพานิช

O-58 **กายวิภาคบริเวณหลุดร่วงของผลลองกองระหว่างก้านช่อกับกลีบเลี้ยง และกลีบเลี้ยงกับผล** 59
ประพิณพร แต่สกุล และ จริงแท้ ศิริพานิช

O-59 Improvement of RD 15 rice lines by molecular markers assisted backcrossing for photoperiod insensitive, semi-dwarf and glutinous rice 60
Trung Vo Van Varaporn Sangtong Adisak Joomwong and Saengtong Pongjaroenkit

O-60 **การใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์คอมโพสิตในการยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส** 61
วิลาวัลย์ คำปวน และ จำนงค์ อุทัยบุตร

O-61 **การเปรียบเทียบวัสดุกันกระแทกกะหล่ำปลีสำหรับการวางจำหน่ายและขนส่ง** 62
ศุภกิตต์ สายสุนทร และ ปัณณธร ภัทรสถาพรกุล

O-62 **การศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์พลาสติกต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของถั่วงอกถั่วเขียว** 63
นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร อภิรดี อุทัยรัตนกิจ เฉลิมชัย วงษ์อารี และ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย

O-63 **ผลกระทบของปัจจัยในการทดสอบที่มีต่อการทดสอบความดันเพื่อการรมยา** 64
วัชรพล ชยประเสริฐ เอนก สุขเจริญ และ ธีรเดช เดชทองจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของสัดส่วนการสีข้าวต่อการขยายตัวของข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้ม

The effects of rice milling ratio to the cooked brown rice expansion

ประสันต์ ชุ่มใจหาญ[1] เรณู ชิงชัย[1] และ กฤษณ์ ผลโพธิ์[1]
Prasan Choomjaihan[1], Renu Chingchai [1]and Krid Pholpo[1]

Abstract

The objective of this study was to study on the effects of the rice hulling ratios on the cooked brown rice expansion. The Pathum Thani 1 rice used as the raw material in this experiment was stored under the condition of 49-62 %RH and 25-27 °C of dry bulb temperature. The results showed that an increase of the hulling ratios decreased the broken rice kernel during storage and tended to decrease the expansion rate of the cooked brown rice. Regarding to determination of the expansion of the single rice kernel during cooking, the cooked brown rice increasingly expanded in length, but the expansion rate in width was decreased in the rice stored less than 110 days, while the expansion rate in width was increased in the rice stored was over 110 days. The water absorption ratio was decreased when increasing the hulling ratios, Furthermore a reduction rate of the water absorption ratio was lower than in the rice stored in longer periods.

Key words: paddy hulling, hulling ratio, cooking quality

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงรูปแบบสัดส่วนของกะเทาะเปลือกต่อการขยายตัวของเมล็ดข้าวกล้องเนื่องจากการหุงต้ม โดยใช้ข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 ที่ทำการเก็บรักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์อากาศระหว่าง 49-62%RH และอุณหภูมิกะเปาะแห้งระหว่าง 25-27 °C ในการการทดสอบ ผลการทดลองพบว่า สัดส่วนของการกะเทาะเปลือกข้าวที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวกล้องลดลงที่ทุกระยะเวลาในการเก็บรักษา และมีผลทำให้อัตราการขยายตัวโดยรวมของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มมีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาถึงการขยายตัวเชิงเมล็ดเดี่ยวพบว่าการขยายตัวของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามความยาว สำหรับการขยายตัวตามความกว้างพบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวน้อยกว่า 110 วัน และเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวมากกว่า 110 วัน ความสามารถในการดูดซึมน้ำมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มค่าสัดส่วนการสีข้าว แต่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานกว่าจะมีการลดลงของอัตราส่วนของการดูดซึมน้ำที่น้อยกว่า

คำสำคัญ: การกะเทาะเปลือก สัดส่วนการสีข้าว คุณภาพการหุงต้ม

[1]หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1]Curriculum of Agricultural Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของสัดส่วนการสีข้าวต่อการขยายตัวของข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้ม

The effects of rice milling ratio to the cooked brown rice expansion

ประสันต์ ชุ่มใจหาญ[1] เรณู ชิงชัย[1] และกฤษณ์ ผลโพธิ์[1]
Prasan Choomjaihan[1] Renu Chingchai[1] and Krid Pholpo[1]

Abstract

The objective of this study was to study on the effects of the rice hulling ratios on the cooked brown rice expansion. The Pathum Thani 1 rice used as the raw material in this experiment was stored under the condition of 49-62%RH and 25-27°C of dry bulb temperature. The results showed that an increase of the hulling ratios decreased the broken rice kernel during storage and tended to decrease the expansion rate of the cooked brown rice. Regarding to determination of the expansion of the single rice kernel during cooking, the cooked brown rice increasingly expanded in length, but the expansion rate in width was decreased in the rice stored less than 110 days, while the expansion rate in width was increased in the rice stored was over 110 days. The water absorption ratio was decreased when increasing the hulling ratios, Furthermore a reduction rate of the water absorption ratio was lower than in the rice stored in longer periods.

Keywords : paddy hulling, hulling ratio, cooking quality

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงรูปแบบสัดส่วนของกะเทาะเปลือกต่อการขยายตัวของเมล็ดข้าวกล้องเนื่องจากการหุงต้ม โดยใช้ข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 ที่ทำการเก็บรักษาภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์อากาศระหว่าง 49-62%RH และอุณหภูมิกะเปาะแห้งระหว่าง 25-27 °C ในการการทดสอบ ผลการทดลองพบว่า สัดส่วนของการกะเทาะเปลือกข้าวที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าวกล้องลดลงที่ทุกระยะเวลาในการเก็บรักษา และมีผลทำให้อัตราการขยายตัวโดยรวมของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มมีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาถึงการขยายตัวเชิงเมล็ดเดี่ยวพบว่าการขยายตัวของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามความยาว สำหรับการขยายตัวตามความกว้างพบว่ามีค่าลดลงเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวน้อยกว่า 110 วัน และเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวมากกว่า 110 วัน ความสามารถในการดูดซึมน้ำมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มค่าสัดส่วนการสีข้าว แต่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานกว่าจะมีการลดลงของอัตราส่วนของการดูดซึมน้ำที่น้อยกว่า

คำสำคัญ : การกะเทาะเปลือก สัดส่วนการสีข้าว คุณภาพการหุงต้ม

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย และถือได้ว่าเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ มีปริมาณการส่งออกข้าวสารประมาณ 10 ล้านตัน ซึ่งสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นประมาณ 6,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ข้าวก่อนที่จะผ่านกระบวนการสีข้าวเพื่อการบริโภคจะมีการเก็บเกี่ยวมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งโดยปกติระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วงใหญ่ๆ คือ ช่วงข้าวใหม่ และช่วงข้าวเก่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บรักษากล่าว เช่น ข้าวเก่าจะมีเวลาในการเก็บรักษาประมาณ 4-6 เดือนขึ้นไป (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, 2544) แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลานานยังส่งผลถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้นในกระบวนการเก็บรักษาเพื่อควบคุมความเสียหาย

[1] หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1] Curriculum of agricultural engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520 , THAILAND

ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการทำลายของสัตว์ เช่น แมลง หนู และนก และความเสียหายเนื่องจากความชื้น ส่งผลให้เมล็ดเน่าเสีย เมล็ดงอก ทำให้เกิดเชื้อรา (ไพฑูรย์ อุไรวงค์ และกิตติยา กิจควรดี, 2541)

ความแตกต่างของข้าวเก่าและใหม่นั้นจะเห็นได้ชัดเมื่อข้าวได้ผ่านกระบวนการสีและการหุงต้มเพราะเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเมล็ดข้าวจะค่อยๆ แข็งขึ้น แล้วเมื่อผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกแล้วทำให้ข้าวมีแนวโน้มแตกหักได้ง่ายขึ้น ซึ่งการมีรอยแตกหักจะทำให้การหุงขึ้นหม้อของข้าวดีขึ้น ทั้งนี้เพราะว่านอกจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นการดูดซึมน้ำ และการขยายตัวเนื่องจากการหุงต้มจะมีค่าสูงขึ้นแล้วนั้นน้ำสามารถแทรกเข้าไปในส่วนของรอยแตกหักได้ง่ายกว่าเช่นกัน (Villareal *et al.*, 1976; Tsugita *et al.*,1983; Sajwan *et al.*, 1989 Dhaliwal *et al.*, 1990) ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาผลกระทบของสัดส่วนการสีข้าวต่อการขยายตัวของข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้ม

อุปกรณ์ และวิธีการ

นำข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวชลบุรี มาทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยวภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์อากาศระหว่าง 49-62%RH และอุณหภูมิกะเปาะแห้งอยู่ระหว่าง 25-27^{o}C หลังจากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจำนวน 200 กรัมมาทำการกะเทาะเปลือกข้าวทุกๆ 30 วัน ด้วยเครื่องทดสอบกะเทาะเปลือกรุ่น THU ที่ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเปลือกแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.1 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร โดยทำการวัดค่าขนาดความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ดข้าวเปลือกก่อนทำการกะเทาะทุกครั้ง หลังจากนั้นนำข้าวเปลือกไปทดสอบหาคุณภาพการสีข้าว และคุณภาพการหุงต้ม เปรียบเทียบกับสัดส่วนการสีข้าว โดยที่สัดส่วนของการกะเทาะเปลือกคือระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะต่อขนาดความกว้างของเมล็ดข้าว(G/W) คุณภาพการสีข้าวรายงานผลเป็น เปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดข้าว และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือก สำหรับคุณภาพการหุงต้มทำการคัดเลือกเฉพาะข้าวกล้องเต็มเมล็ดในการทดสอบและรายงานผลเป็นความสามารถในการดูดซึมน้ำ การขยายตัวของเมล็ดข้าวในภาพรวม และการขยายตัวของเมล็ดข้าวเชิงเมล็ดเดี่ยว

ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการกะเทาะเปลือก (เมล็ดข้าวมีความกว้างที่ลดลง หรือ ระยะห่างระหว่างลูกยางกะเทาะเพิ่มขึ้น) มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสีข้าวมีแนวโน้มลงลง จากประมาณ 70% เหลือประมาณ 50 % ใน (Figure 1) ขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาในส่วนของเปอร์เซ็นต์ข้าวที่หักเนื่องจากการกะเทาะเปลือกพบว่ามีแนวโน้มลดลงจากประมาณ 30%เหลือประมาณ 20% ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มขึ้นระยะห่างระหว่างลูกยาง หรือการลดลงของความกว้างของขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ส่งผลให้แรงกดที่ลูกยางกะเทาะกระทำกับเมล็ดข้าวมีค่าลดลง และแรงกดที่ลดลงส่งผลให้เมล็ดข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกมีแนวโน้มที่หักน้อยลง และยังส่งผลให้ลูกยางดึงส่วนที่เป็นแกลบลดลงด้วย นอกจากนี้การลดลงของแรงกดยังส่งผลถึงการลดลงของแรงเสียดทานระหว่างลูกยางกะเทาะเปลือกกับแกลบที่ติดกับเมล็ดข้าว จึงส่งผลให้เมื่อเปอร์เซ็นต์ของข้าวเปลือกที่ถูกกะเทาะมีค่าลดลง

จาก Figure 2 พบว่า การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่ออัตราการขยายตัวของเมล็ดข้าวโดยรวมแต่มีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ดังนั้นถ้าไม่พิจารณาในส่วนของระยะเวลาในการเก็บรักษาแล้วจะทำให้สรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการกะเทาะเปลือกมีผลทำให้อัตราการขยายตัวของเมล็ดโดยรวมลดลงในอัตรา 1.9 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนการกะเทาะเปลือกต่อของความสามารถในการดูดซึมน้ำ พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนการกะเทาะเปลือก ส่งผลให้ของความสามารถในการดูดซึมน้ำลดลงในทุกๆระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งค่าชี้ผลทั้งสองมีความสอดคล้องกันอย่างมากเพราะว่า ข้าวที่ผ่านการหุงได้นั้นจะมีการขยายตัวเนื่องจากการดูดซึมน้ำเข้าไป ในเมื่อตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการหุงมีการดูดซึมน้ำระหว่างการหุงต้มเข้าไปน้อย ย่อมมีแนวโน้มที่ทำให้ข้าวกล้องดังกล่าวมีการขยายตัวโดยรวมลดลง นอกจากนี้การขยายตัวจะเพิ่มขึ้นของเมล็ดข้าวเมื่อทำการลดสัดส่วนการกะเทาะเปลือกซึ่งอาจเกิดจากการกะเทาะเปลือกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่ส่งถ่ายแรงไปยังเมล็ดข้าวมากทำให้เมล็ดข้าวกล้องเกิดการแตกหักสูง (Figure 1) ที่ได้กล่าวมาแล้วข้าวต้น และอาจมีเมล็ดข้าวกล้องบางส่วนที่ไม่เกิดการแตกหักในสภาวะดังกล่าวแต่อาจเกิดการร้าวภายในเมล็ดเกิดขึ้น (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, 2553) แต่เมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่าเมื่อมีการเก็บรักษาข้าวนานขึ้นความสามารถในการดูดซึมน้ำจะน้อยกว่าที่ข้าวที่มีการเก็บรักษาไม่นาน จาก Figure 2b จะเห็นได้ว่าที่ การเก็บรักษา180 วัน มีอัตราการลดลงของการดูดซึมน้ำที่ 1.3 แต่ที่การเก็บรักษา 60 วันจะมีอัตราการลดลงของการดูดซึมน้ำที่ 1.1 จึงทำให้ข้าวที่เก็บรักษานานกว่าจึงมีลักษณะการหุงที่ไม่แฉะเมล็ดข้าวสุกร่วน

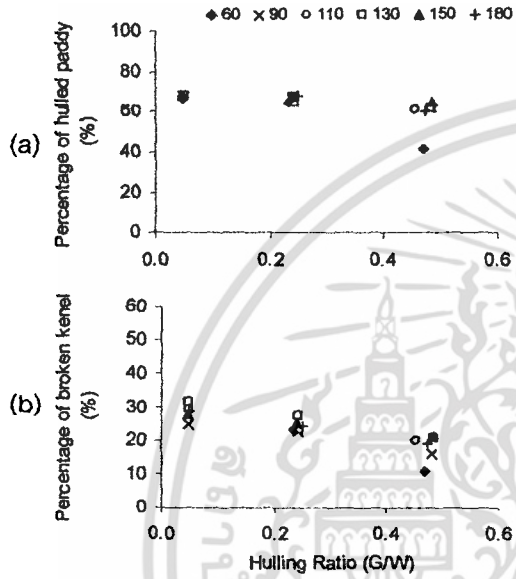


Figure 1 The effect of hulling ratio on the percentage (a) of hulled paddy and (b) of broken kernel under the storage durations.

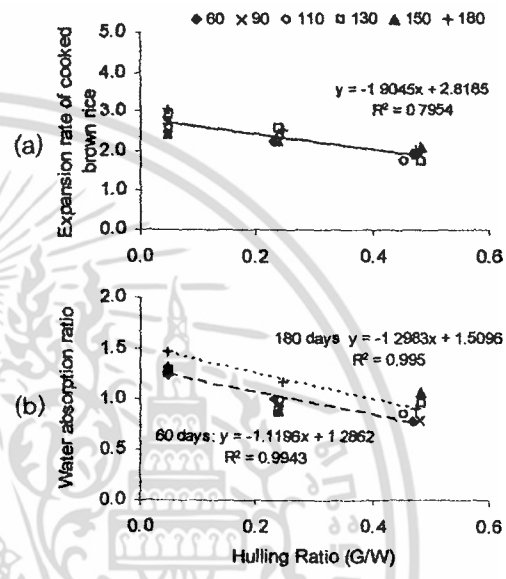


Figure 2 The effect of hulling ratio (a) on the expansion rate of cooked brown rice and (b) on the water absorption ratio under the storage durations.

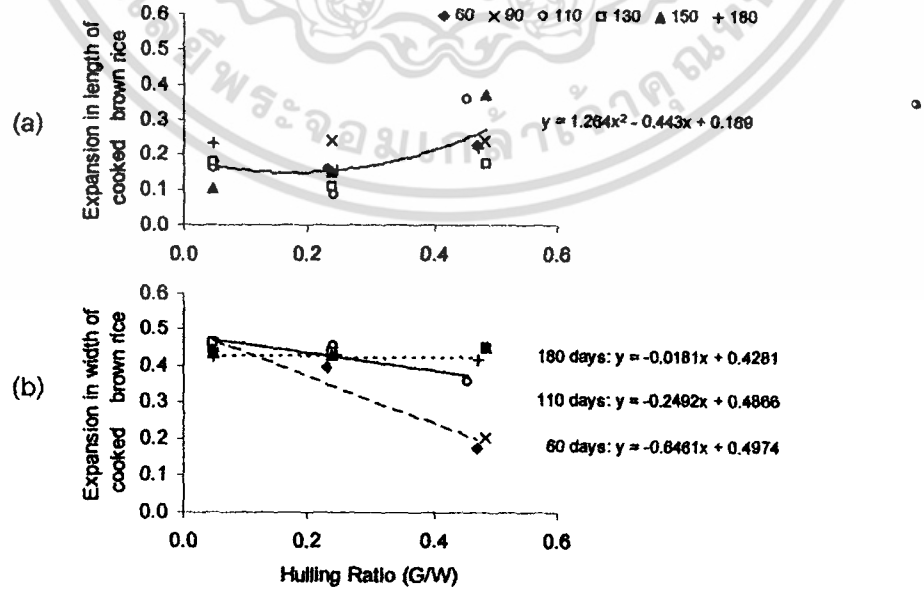


Figure 3 The effect of hulling ratio on the expansion rate (a) in length of cooked brown rice and (b) in width of cooked brown rice under the storage durations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาในส่วนของการขยายตัวข้าวเชิงเมล็ดเดี่ยวพบว่าจาก Figure 3 แสดงให้เห็นว่าเมล็ดข้าวกล้องมีการขยายตัวตามความยาวเพิ่มขึ้นที่ เมื่อสัดส่วนการกะเทาะเปลือกเพิ่มสูง แต่มีค่าไม่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเก็บรักษาซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลานานไม่มีผลทำให้เมล็ดข้าวมีแนวโน้มขยายตัวตามความยาวซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์แบบ Exponential ได้ดังแสดงใน Figure 3a แต่เมื่อทำการพิจารณาในส่วนของการขยายตัวตามความกว้างพบว่า การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการกะเทาะเปลือกมีผลต่อการขยายตัวตามความกว้าง แต่สามารถทำการแบ่งกลุ่มของผลการทดลองเป็น 2 กลุ่มได้แก่ ระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้นกว่า 110 วันและ ระยะเวลาในการเก็บรักษานานกว่า 110 วัน กล่าวคือที่การเก็บรักษานานกว่า 110 วัน ข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มมีการขยายตัวตามความกว้างในระดับสูงและค่อนข้างคงที่ที่ระดับ ประมาณ 0.4 และมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อสัดส่วนการกะเทาะเปลือกสูงขึ้น แต่ถ้ามีการเก็บรักษาสั้นกว่า 110 วัน ข้าวกล้องที่ผ่านการหุงต้มมีแนวโน้มการขยายตัวตามความกว้างต่ำกว่าที่มีการเก็บรักษานานกว่า และมีค่าการขยายตัวตามความกว้างลดลงในอัตรา 0.65 ที่ทุกสัดส่วนการกะเทาะเปลือก

สรุป

จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเปลือก และสัดส่วนของการกะเทาะเปลือกมีผลต่อทั้งคุณภาพการกะเทาะเปลือก และคุณภาพการหุงต้มข้าวกล้อง ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้าวเปลือกใหม่ที่ผ่านกระบวนการสีด้วยสัดส่วนการกะเทาะเปลือกลดลงทำให้ข้าวกล้องที่ได้มีคุณสมบัติบางประการ เช่น การขยายตัวของเมล็ดข้าว และการดูดซึมน้ำ เหมือนกับข้าวเก่า ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำไปผลิตข้าวเก่าเทียม (Artificial aging rice) ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการเก็บรักษาเป็นเวลานาน

เอกสารอ้างอิง

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, 2553. เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตการสีข้าว, เอกสารฝึกอบรมโครงการคลินิกเครื่องจักรกลเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การส่งออกข้าวไทยปี 2551 และสถานการณ์ข้าวในปี 2552. (สืบค้นเมื่อ 15กันยายน2551) http://www.ryt9.com/s/prg/437789

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง. 2544. การจัดการโรงสีข้าว. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ชลบุรี.

ไพฑูรย์ อุไรวงค์ และ กิตติยา กิจควรดี. 2541. การเก็บเกี่ยว และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ. ใน เทคโนโลยีการผลผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี. กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการสหกรณ์

Dhaliwal, K.S., Sekhon, K.S., and Nagi, H.P.S. 1990. Effect of drying and storage on the fatty acid compostion of rice. J. Food Sci. Technol. 27: 107-108.

Sajwan, K.S., Mittra, B.N., and Pande, H.K. 1989. Effect of storage environment on milling out-turn of modern high yielding rice varieties. 1989. Intern. J. Trop. Agric. VII (3-4): 202-207.

Tsugita, T., Ohta, T., and Kato, H. 1983. Cooking flavor and texture of rice stored under different conditions. Agric. Biol. Chem. 47: 543-549.

Villareal, R.M., Resurreccion, A.P., Suzuki, L.B., and Juliano, B.O. 1976. Changes in the physicochemical properties of rice during storage. Staerke 28(3): 88-94.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้