21420
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาการทำข้าวกล้องงอกและผลของการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องงอก พันธุ์สุพรรณบุรี 90

The Study of Germinated Brown Rice Process and Effect of Storage on the Quality of Rice cv.Suphan buri 90

T100581

โดย

นางสาวปุณยนุช ตุ้มจ้อย

นางสาวอัจฉรา อุณพันธุ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.อุมา แสงคร้าม

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

าบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 100581
ว.ป.ี.....
.b.....
.i.....

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)

พุทธศักราช 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

การศึกษาการทำข้าวกล้องงอกและผลของการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องงอก พันธุ์สุพรรณบุรี 90

The Study of Germinated Brown Rice Process and Effect of Storage on the Quality of Rice cv.Suphan buri 90

โดย

นางสาวปุณยนุช ตุ้มจ้อย
นางสาวอัจฉรา อุณพันธุ์

ได้พิจารณาเห็นชอบจาก

.....
(ดร.อุมา แสงคร้าม)
อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรอง

.....
(รศ.ดร.สมยศ เดชภิรัตนมงคล)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่ .....เดือน .....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การศึกษาการทำข้าวกล้องงอกและผลของการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90

โดย : นางสาวปุณยนุช ตุ้มจ้อย

: นางสาวอัจฉรา อุณพันธุ์

ภาควิชา : เทคโนโลยีการผลิตพืช

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.อุมา แสงคร้าม

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวกล้องและข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 และศึกษาผลของการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก ในการทดลองนำข้าวเปลือกและข้าวกล้องซึ่งมีความงอก 75 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นเริ่มต้น 12.36 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักสด) มาแช่น้ำในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาบ่มต่อเป็นเวลา 21 ชั่วโมง ก่อนนำไปลดความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 45°ซ ให้เหลือความชื้น 10 ± 1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักสด) เก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดสนิทไว้เป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือนในอุณหภูมิห้อง ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว เมื่อครบระยะเวลาการเก็บรักษา ผลการทดลอง พบว่า การทำข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องและข้าวเปลือกไม่มีผลให้คุณสมบัติของข้าวที่ตรวจวัดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม พบว่าข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือกมีปริมาณโอรีซานอล 12.9572 ppm ซึ่งสูงกว่าข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องซึ่งมีค่า 12.5457 ppm สำหรับระยะเวลาที่เก็บรักษาพบว่ามีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวโดยตรง ยกเว้นความคงตัวของแป้งสุก เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นข้าวกล้องงอกจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น การสลายเมล็ดข้าวในด่าง และการดูดน้ำระหว่างการหุงต้มสูงขึ้น ส่วนปริมาณอะมิโลส เวลาในการหุงต้มข้าว และปริมาณโอรีซานอลจะลดลง โดยปริมาณโอรีซานอลจะลดลงจาก 19.0929 ppm เหลือเพียง 8.1976 ppm เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก การเก็บรักษา คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ โอรีซานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : The Study of Germinated Brown Rice Process and Effect of Storage on the Quality of Rice cv.Suphan buri 90

Author : Miss Poonyanooch Toomjoy

: Miss Athara Aunnapan

Department : Plant Production Technology

Faculty : Agricultural Technology

Advisor : Dr.Uma Sangkham

ABSTRACT

The aim of this research was to compare the properties of germinated brown rice made from brown rice and paddy and to study the effect of storage time from 0-3 months on the properties of germinated brown rice. The results indicated that germinated brown rice made from both brown rice and paddy had no significant difference in all measured properties. However, germinated brown rice made from paddy had a little higher in oryzanol content. When germinated brown rice was storage for 0, 1, 2 and 3 months, it was found that moisture content, the alkali spreading value and water absorption of rice were increased with the increase of storage time with while amylose content, cooking time and oryzanol content were decreased.

Key word: germinated brown rice, storage time, physico-chemical property, oryzanol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งในการศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลือจาก ดร.อุมา แสงคร้าม อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งคอยให้การปรึกษาแนะนำเทคนิคต่างๆตลอดของการทดลอง พร้อมทั้งตรวจสอบแก้ไขจนปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสมมารถ พี่การันต์ พี่สุมาลิกาญจน์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกคนที่ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล แนะนำการใช้โปรแกรมทางสถิติและตรวจสอบแก้ไข

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อุปการะเลี้ยงดูสนับสนุนด้านการศึกษาตลอดมา พี่ๆและเพื่อนๆทุกคนที่ให้การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ปุณยนุช ตุ้มจ้อย

อัจฉรา อุณพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางผนวก	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	13
ผลการทดลองและวิจารณ์	18
สรุป	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	31
ภาคผนวก ก คุณสมบัติของข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 90	32
ภาคผนวก ข กราฟมาตราฐานปริมาณอะมิโลส และโอรีซานอล	33
ภาคผนวก ค ตารางข้อมูลผลการทดลอง	35
ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	42
ประวัติผู้เขียน	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ด	4
2	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว	5
3	แสดงประเภทของข้าวและลักษณะของข้าวหุงสุกตามปริมาณอะมิโลส	6
4	การจำแนกปริมาณอะมิโลสและการนำไปใช้	6
5	การแบ่งประเภทของข้าวเจ้าตามความคงตัวแป้งสุก	7
6	ระดับการสลายตัวของแต่ละเมล็ด	16
7	แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	18
8	แสดงปริมาณอะมิโลส (%) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	20
9	แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	21
10	แสดงค่าการสลายตัวในด่าง ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	22
11	แสดงเวลาที่เหมาะสมในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	23
12	แสดงค่าการดูดน้ำ (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	24
13	แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะโครงสร้างเมล็ดข้าวเปลือก	3
2	กระบวนการทำข้าวกล้องงอก	11
3	ระดับการสลายตัวของเมล็ดข้าวในด่าง	15
4	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	19
5	แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	20
6	แสดงความคงตัวของแป้งสุกของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	21
7	แสดงการสลายตัวในด่างของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	22
8	แสดงระยะเวลาในการหุงต้มของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	23
9	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	25
10	แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณโอรีซานอลข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
ค.1	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	35
ค.2	แสดงปริมาณอะมิโลส (%) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	36
ค.3	แสดงข้อมูลความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	37
ค.4	แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	38
ค.5	แสดงข้อมูลค่าการหุงต้มข้าว (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	39
ค.6	แสดงข้อมูลการดูดน้ำ (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	40
ค.7	แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	41
ง.1	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	42
ง.2	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบอะมิโลส ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	42
ง.3	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการหุงต้มข้าว ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	43
ง.4	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการดูดน้ำ ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	43
ง.5	ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบโอรีซานอล ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้าซึ่งมีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ ปัจจุบันนี้คนเอเชียเกือบสองพันล้านคนบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก แต่ประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตที่มีอากาศร้อนและความชื้นสูง เป็นพื้นที่ที่เหมาะแก่การปลูกข้าวมากที่สุด ซึ่งประเทศไทยเป็นพื้นที่หนึ่งที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว

การบริโภคข้าวอาจบริโภคโดยตรงในรูปข้าวสารขาว และข้าวกล้อง ซึ่งข้าวกล้องประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด จมูกข้าว และเนื้อข้าว เยื่อหุ้มเมล็ดจะมีเส้นใยอาหารสูง และมีเกลือแร่อยู่บ้าง จมูกข้าวเป็นส่วนที่มีชีวิต อุดมไปด้วยวิตามิน ไขมัน โปรตีน เกลือแร่ต่างๆ นอกจากนี้ในข้าวกล้องยังอุดมไปด้วยวิตามินบี วิตามินอี ซิลิเนียม และธาตุเหล็ก ซึ่งล้วนแต่เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

แม้ว่าข้าวกล้องจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวสารขาว แต่ข้าวกล้องไม่เป็นที่นิยมเพราะข้าวกล้องหุงสุกยาก และข้าวหุงสุกจะมีความแข็ง เนื้อสัมผัสไม่น่ารับประทาน เนื่องจากการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดเกิดได้ยาก แต่โดยที่ผู้บริโภคเริ่มให้ความสนใจต่อสุขภาพ จึงมีการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณสมบัติของข้าวกล้องให้เหมาะต่อการรับประทาน การทำข้าวกล้องงอกก็เป็นแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถแก้ข้อบกพร่องของข้าวกล้องปกติได้ โดยข้าวกล้องงอกจะมีคุณค่าทางอาหารสูง และมีคุณภาพในการหุงต้มและการรับประทานดีกว่าข้าวกล้องปกติ อย่างไรก็ตามกระบวนการทำข้าวกล้องงอกที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดและพันธุ์ข้าว ขณะเดียวกันกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะการเก็บรักษาจะมีผลต่อคุณภาพของข้าว ดังนั้นในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จึงทำขึ้นเพื่อศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกของข้าวสุพรรณบุรี 90 และศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวดังกล่าว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวกล้อง และข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90
2. เพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ข้าวเป็นพืชอาหารที่มีสำคัญ นอกจากเป็นแหล่งของพลังงานแล้ว ข้าวยังประกอบด้วยโปรตีน ไวตามิน และแร่ธาตุสำคัญหลายชนิดซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของมนุษย์ ประชากรของโลกมากกว่าครึ่งบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะชาวเอเชียบริโภคมากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ข้าวที่ปลูกสำหรับบริโภค ทั่วโลกมี 2 ชนิด คือ ข้าวปลูกเอเชีย (*Oryza sativa* Linn.) และข้าวปลูกแอฟริกา *(Oryza glaberrima* Steud.) ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว วงศ์หญ้า (Family : Grammineae หรือ Poaceae) สกุลออริซา (Genas : Oryza) เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน และอบอุ่น ตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 50 องศาเหนือ ถึง 40 องศาใต้ และสามารถขึ้นได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับสูงประมาณ 3,000 เมตร นอกจากนี้ยังทนต่อสภาพดินหลากหลาย ตั้งแต่พื้นที่ดินที่น้ำท่วมสูง จนถึงพื้นที่สูงตามไหล่เขา ทนดินที่มีแร่ธาตุเหล็ก อะลูมิเนียม ดินเค็ม เป็นต้น ดังนั้น จึงมีประเทศต่างๆ ทั่วโลกมากกว่า 100 ประเทศในทุกทวีป ยกเว้นแอนทาร์กทิกา (Antarctica) ที่สามารถปลูกข้าวเพื่อการบริโภคได้ (สงกรานต์, 2535; Juliano, 1993)

ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90

เป็นพันธุ์ข้าวเจ้า สูงประมาณ 120 เซนติเมตร เป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวเข้ม ใบธงยาว ค่อนข้างตั้งตรง คอรวงยาว รวงยาวและแน่น ระแง้ค่อนข้างถี่ ฟางแข็ง เมล็ดยาวเรียว มีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นค่อนข้างยาว การแตกกอมาก ฉะนั้น จะมีช่วงระยะเวลาการออกรวงต่อเนื่องกันตั้งแต่ 7-12 วัน เป็นผลให้มองเห็นการออกรวงไม่สม่ำเสมอแต่หลังจากออกรวงเต็มที่แล้วจะแก่เก็บเกี่ยวได้พร้อมกันเมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง บางเมล็ดมีก้นจุดบ้างเล็กน้อย ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 3 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้อง กว้าง x ยาว x หนา = 2.2 x 7.4 x 1.8 มิลลิเมตร ปริมาณอะมิโลส 25-28 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุกค่อนข้างร่วนและแข็ง ผลผลิตประมาณ 600 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานโรคไหม้ โรคขอบใบแห้งโรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดของข้าว หมายถึง ส่วนรวมที่เป็นแป้งซึ่งเป็นส่วนสะสมอาหาร (endosperm) และส่วนที่เป็นคัพภะ (embryo) ซึ่งถูกห่อหุ้มไว้โดยเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) และเปลือกนอกคือ lemma และ palea ส่วนที่เป็นแป้งคือส่วนที่ใช้บริโภค ส่วนคัพภะเป็นส่วนที่มีชีวิต และงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อนำไปเพาะ การที่ละอองเกสรตัวผู้ตกลงบนที่รับละอองเกสรของเกสรตัวเมียนั้น เรียกว่า

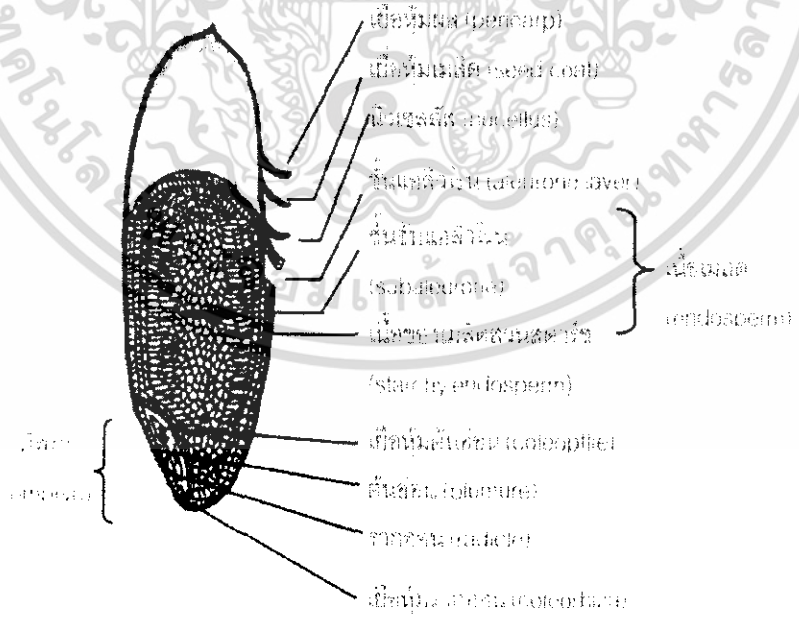
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสมเกสร (pollination) หลังจากการผสมเกสรเล็กน้อย ละอองเกสรตัวผู้ก็จะงอกลงไปในก้านของเกสรตัวเมีย เพื่อนำนิวเคลียสจากละอองเกสรตัวผู้ลงไปผสมเพื่อรวมตัวกับไข่และนิวเคลียสอื่นๆในรังไข่ นิวเคลียสที่รวมตัวกับไข่เจริญเติบโตเป็นคัพภะ หรือ embryo ส่วนนิวเคลียสที่รวมตัวกับนิวเคลียสอื่นๆ (polarnuclei) ก็จะเจริญเติบโตเป็นส่วนสะสมอาหาร หรือ endosperm หลังจากการผสมเกสรประมาณ 30 วัน เมล็ดข้าวก็จะแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ (งามชื่น, 2546)

Juliano and Aldama (1937) รายงานว่าในกระบวนการขัดสีข้าวเมื่อได้กะเทาะเปลือกที่เป็น lemma และ palea ของเมล็ดออก ก็จะได้เมล็ดข้าวที่เรียกว่า ข้าวกล้อง หรือ brown rice เมล็ดข้าวกล้องมักจะเป็นสีน้ำตาลอ่อนๆ หรือสีแดง ซึ่งเป็นสีของ pericarp ส่วนภายในที่เป็นส่วนสะสมอาหารจะมีลักษณะเป็นแป้งสีขาวหรือใส มีจำนวนน้อยมากที่มีส่วนสะสมอาหารเป็นสีแดง ข้าวเหนียวจะมีส่วนสะสมอาหารเป็นสีขาวขุ่น ส่วนข้าวเจ้ามีส่วนสะสมอาหารใสกว่า อย่างไรก็ตาม ส่วนสะสมอาหารของเมล็ดข้าวเจ้าอาจมีสีขาวขุ่นเกิดขึ้นที่ด้านข้างหรือตรงกลางของเมล็ดก็ได้ ซึ่งเรียกว่า ท้องไข่ หรือ ท้องปลาซิว (chalkiness)

องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว ประกอบด้วย ส่วนต่างๆ ได้แก่ เปลือก ส่วนสะสมอาหาร เยื่อหุ้มเมล็ดและคัพภะ ในสัดส่วนร้อยละ 18-25, 66-75, 6-4 และ 1.5-3 ตามลำดับ (ภาพที่ 1 และตารางที่ 1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเมล็ดเป็นส่วนสะสมอาหาร ซึ่งเป็นส่วนที่นำไปบริโภคและใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ



ภาพที่ 1 ลักษณะโครงสร้างเมล็ดข้าวเปลือก (อรอนงค์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ด (เครือวัลย์, 2536; Juliano, 1993)

โครงสร้างเมล็ด	สัดส่วน%	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงสัดส่วน
ข้าวเปลือก	100	-
แกลบ	20	16-28
ข้าวกล้อง	80	72-84
ข้าวกล้อง	100	-
เยื่อหุ้มเมล็ด	5	4-6
เยื่อหุ้มผล	1.5	1-2
เนื้อเมล็ด	90.5	89.94
คัพภะ	3	2-3
คัพภะ	3	-
รากอ่อน	0.18	-
ต้นอ่อน	0.13	-
เยื่อหุ้มรากอ่อน	0.18	-
ใบเลี้ยง	1.29	1.18-1.40
ท่อน้ำท่ออาหาร	0.26	-
อื่นๆ	0.75	-

คุณสมบัติทางเคมีของข้าว

คุณสมบัติทางเคมีของข้าว หมายถึง องค์ประกอบทางเคมีซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ได้แก่แป้ง ประกอบด้วย อะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพคติน (amylopectin) โดยมีสัดส่วนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด และพันธุ์ข้าว (วัลลภ, 2538)

- อะมิโลส (amylose) เป็นโพลีเมอร์ ของ D-gulcose ซึ่งมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง มีลักษณะเป็นสายยาว ไม่มีการแตกแขนงออกไป เมื่ออะมิโลสทำปฏิกิริยากับไอโอดีน จะได้สีน้ำเงินสามารถละลายน้ำได้

- อะมิโลเพกติน (amylopectin) เป็นโพลีเมอร์ ของ D-gulcose ซึ่งมีโครงสร้างต่อกันเป็นแขนง มีลักษณะที่เป็นสายยาว มีการแตกแขนงออกไป ไม่สามารถละลายน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว (David and Dendy, 2001)

องค์ประกอบทางเคมี	คำนวณจากน้ำหนักแห้ง	
	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
คาร์โบไฮเดรต(%)	88	91
โปรตีน(%)	8.5	7.6
ไขมัน(%)	2.2	0.5
เถ้า(%)	1.4	0.6
เส้นใย(%)	1	0.3
ซิลิกา(มก./100 ก.)	50	45
แคลเซียม(มก./100 ก.)	36	27
ฟอสฟอรัส(มก./100 ก.)	251	106
เหล็ก(มก./100 ก.)	1.8	0.9
โซเดียม(มก./100 ก.)	10	6
โปแทสเซียม(มก./100 ก.)	243	105
ไอโอดีน(มก./100 ก.)	4	3
ไทเอมีน(มก./100 ก.)	034	0.08
ไรโบฟลาวิน(มก./100 ก.)	0.05	0.03
ไนเอซิน(มก./100 ก.)	5	2

ความแตกต่างในสัดส่วนของแป้งสองชนิดดังกล่าวทำให้แบ่งข้าวออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ข้าวเจ้า (non-glutinous rice, non-sticky rice, non-waxy rice) มีแป้งอะมิโลส 15-31 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณจะมากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ แป้งที่เหลือจะเป็นอะมิโลเพกติน ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ส่วนข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะมีลักษณะแข็งกระด้างหลังการหุงต้ม

2. ข้าวเหนียว (glutinous rice, sticky rice, waxy rice) ประกอบด้วยแป้งที่มีอะมิโลเพกติน ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอะมิโลสน้อยมากหรือบางพันธุ์ไม่มีเลยมีแต่อะมิโลเพกตินล้วนๆ เมื่อหุกสุกแล้วจะเหนียวนุ่ม

ตารางที่ 3 แสดงประเภทของข้าวที่มีอะมิโลสต่างกัน ซึ่งมีผลต่อลักษณะของข้าวหุงสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงประเภทของข้าวและลักษณะของข้างหุงสุกตามปริมาณอะมิโลส (Standard evaluation system for rice, 1976 อ้างโดย งามชื่น, 2546)

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0–2	เหนียวมาก
ข้าวอะมิโลสต่ำ	10–19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวอะมิโลสปานกลาง	20–25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
ข้าวอะมิโลสสูง	25-34	ร่วนแข็ง

ในประเทศไทย ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีปริมาณอะมิโลสที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์ ซึ่งได้มีการศึกษาและจำแนกปริมาณอะมิโลส รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ นอกเหนือจากการบริโภคในรูปของข้าวหุงสุก ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจำแนกปริมาณอะมิโลสและการนำไปใช้ (ไชยรัตน์ และคณะ, 2543)

ปริมาณอะมิโลส (%)	ชนิดข้าว	นำไปใช้ประโยชน์
2	ข้าวเหนียว	แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รสหวานและน้ำสลัด
12–19	ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	ทำอาหารเด็ก อาหารเช้า ขนมปัง
20–25	ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	ทำขนมเด็ก ซุปกระป๋อง
>25	ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	ทำก๋วยเตี๋ยว เส้นต่างๆ

ถึงแม้ว่าปริมาณอะมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของข้าวสุก แต่ในระหว่างข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสเท่ากัน อาจมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกัน เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกนั้นมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน (งามชื่น และคณะ, 2546) การทดสอบความแข็งของแป้งสุก (gel consistency) สามารถทดสอบจากการอ่านระยะทางที่แป้งสุกไหลไปได้ ซึ่ง Jenning *et al.* (1979) ได้แบ่งประเภทของแป้งสุกในการทดลองไว้ดังแสดงในตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 การแบ่งประเภทของข้าวเจ้าตามความคงตัวแป้งสุก (Jenning *et al.*, 1979)

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)
แป้งสุกแข็ง	26 – 40
แป้งสุกปานกลาง	41 – 60
แป้งสุกอ่อน	61 - 100

คุณสมบัติทางเคมีของข้าวจะสัมพันธ์กับคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน ซึ่งสามารถวัดได้จากค่าต่อไปนี้ (อรอนงค์, 2547)

1. อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization temperature) ข้าวที่มีค่าอุณหภูมิการเกิดของเจลาติไนเซชันสูง จะใช้เวลาในการหุงสุกนานกว่าข้าวที่มีค่าอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันที่ต่ำกว่า เมื่อใช้อุณหภูมิหุงเท่ากัน การเกิดเจลาติไนเซชันจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสข้าวหุงสุก กล่าวคือ หากข้าวที่หุงมีแป้งบางส่วนไม่เกิดเจลาติไนซ์ จะทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวแข็ง

2. ความคงตัวของเจล (gel consistency) ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสที่ใกล้เคียงกัน อาจมีเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกแตกต่างกัน ซึ่งสามารถประเมินได้จากค่าความคงตัวของเจล ข้าวที่มีค่าความคงตัวของเจลสูง จะให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่นุ่มกว่า

3. การดูดน้ำ (water absorption) เป็นความสามารถของข้าวที่จะดูดน้ำเข้าไปในระหว่างการหุงต้ม ซึ่งมีความสำคัญต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้ม

4. การสลายตัวในด่าง มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการหุงต้มและอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน คือ ถ้าค่าการสลายตัวในด่างต่ำ อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันจะสูง ระยะเวลาในการหุงต้มจะนานขึ้น (อรอนงค์, 2547)

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวระหว่างการเก็บรักษา เกิดจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในเมล็ด ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของข้าว ได้แก่ แป้ง ไขมัน และโปรตีน โดยการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีส่งผลต่อคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพในการรับประทาน โดยลักษณะของข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่เมื่อหุงสุกจะนุ่มแฉะ เกาะติดกัน อุ้มน้ำได้น้อย ขยายปริมาตรไม่มาก แต่หากเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่งจะกลายเป็นข้าวเก่า ซึ่งพบว่า เมื่อนำมาหุงสุกจะมีลักษณะร่วนแข็ง ไม่เกาะติดกัน อุ้มน้ำมาก และขยายปริมาตรมาก (หุงขึ้นหม้อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพของข้าวระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ ความไม่สมบูรณ์ของเมล็ด เช่น การแตกหัก และสิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ความชื้นของเมล็ด ดวงทิพย์ (2518) กล่าวว่า เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะมีผลทำให้คุณสมบัติของข้าวเปลี่ยนแปลงไปและกิจกรรมต่างๆ ทางชีวเคมีภายในเมล็ด เช่น การหายใจ การย่อยสลายอาหารสะสมและการเคลื่อนย้ายอาหารสะสม ทำให้คุณสมบัติของข้าวเปลี่ยนไป และหากเกิดมากยิ่งขึ้น จะทำให้เมล็ดสูญเสียความมีชีวิตอย่างรวดเร็ว โดยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมในที่เก็บหรือปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของเมล็ด ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ จะพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสภาวะอื่น การเก็บรักษาที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการเก็บรักษา จะสามารถป้องกันและลดการสูญเสียได้ดี หากเก็บรักษาในสภาพที่ไม่เหมาะสม เช่น ความชื้นของเมล็ด ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาสูงเกินไป จะทำให้คุณภาพของเมล็ดเปลี่ยนแปลงเร็วยิ่งขึ้น

ดวงทิพย์ (2518) กล่าวว่า เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะทำให้กิจกรรมต่างๆ ทางชีวเคมีภายในเมล็ดเช่น การย่อยสลายอาหารสะสม การหายใจและการเคลื่อนย้ายอาหารสะสม ทำให้เมล็ดสูญเสียความมีชีวิตอย่างรวดเร็ว

งามชื่น และคณะ (2528) ได้ศึกษาการเก็บรักษาข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 และข้าวกล้องที่บรรจุในภาชนะแตกต่างกัน 4 แบบ จากผลการทดลอง พบว่า ข้าวกล้อง หรือข้าวสารที่บรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศมีคุณภาพในการรับประทานดีที่สุด เพราะเมื่อนำข้าวมาหุงสุก จะได้ข้าวที่มีคะแนนกลิ่นเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 12 เดือน ส่วนกระสอบปอ ถุงพลาสติกหรือโอ่งเคลือบ เก็บรักษาข้าวสารได้เพียง 2-3 เดือน เพราะหากเก็บนานกว่านั้นข้าวสุกจะเกิดกลิ่นสาบขึ้น และมีแมลงเข้าทำลาย แต่ข้าวกล้องที่เก็บในโอ่งเคลือบ การเสื่อมคุณภาพของข้าวจะรุนแรงที่สุด โดยข้าวที่ถูกทำลายสูง เมื่อหุงสุกจะมีสีคล้ำ กลิ่นสาบอ่อนๆ ในข้าวสุกอาจเกิดจากการเพิ่มปริมาณกรดไขมันอิสระทั้งในข้าวสารและข้าวกล้อง เมื่อนำข้าวสารมาหุงสุก ข้าวเก่ามีแนวโน้มที่มีความนุ่มความเหนียว และความเลื่อมมันลดลง แต่การดูดซึมน้ำ และขยายตัวตามปริมาตร (ขึ้นหม้อ) เพิ่มขึ้น ค่าการคืนตัว (Set back) จากการวัดน้ำแป้งด้วย เครื่องบราเบนเดอร์วิสโคกราฟ (brabender viscograph) ของข้าวเก่าจะสูงกว่าข้าวใหม่ ในขณะที่ปริมาณของอะมิโลส (26%) โปรตีน (8.77%) และการสลายเมล็ดในสารละลายด่างของข้าวสาร (คะแนน 5.0) ไม่เปลี่ยนแปลง (Swamy *et al.*, 1972)

ไพจิตร และคณะ (2528) ได้ทดลองเก็บรักษาข้าวสาร และข้าวกล้องในลักษณะเดียวกับงามชื่น และคณะ (2528) ได้ผลการทดลองคล้ายคลึงกันโดยสรุปว่า การเก็บรักษาข้าวกล้อง และข้าวสารในถุงพลาสติกสุญญากาศช่วยรักษาคุณภาพข้าวได้ดีที่สุด และการเก็บข้าวในถุงพลาสติกธรรมดาจะเหมาะกับการขายปลีก ซึ่งมีระยะเวลาสั้นและการเก็บรักษาไม่ควรนานเกิน 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะค่าความเป็นกรดของไขมัน (fat acidity) ขึ้นสูงเร็วมาก ถึงแม้ว่าจะเก็บในถุงพลาสติกสุญญากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้าวกล้อง ทั้งนี้เพราะในข้าวสารมีส่วนของไขมันที่เกิดจากการออกซิไดส์ (auto oxidation) น้อยกว่าในข้าวกล้อง ดังนั้นแม้ว่าจะเก็บในถุงพลาสติกสุญญากาศก็ยังมีการเปลี่ยนแปลงในตัวเองได้

ไพฑูรย์ และกิติยา (2540) ทดลองเก็บเมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 ตัน ซึ่งบรรจุในกระสอบป่านไว้ในสภาพปิด โดยใช้ผ้าพลาสติกทาร์พอลินปิดคลุมกองข้าวไว้และฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลงโดยรอบผ้าทาร์พอลิน พบว่า เมล็ดพันธุ์ปลอดภัยจากแมลงศัตรูโรงเก็บ และมีความงอกสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ได้เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 2 ปี

ข้าวกล้อง

ข้าวกล้องคือผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเพียงครั้งเดียว เพียงแค่ให้เปลือกที่หุ้มเมล็ดข้าวอยู่นั้นหลุดออกไป เหลือเป็นเนื้อหรือเมล็ดข้าว เรียกว่า ข้าวกล้อง ซึ่งประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด จมูกข้าว และเนื้อข้าว เยื่อหุ้มเมล็ดจะมีเส้นใยอาหารสูง และมีเกลือแร่อยู่บ้าง จมูกข้าวเป็นส่วนที่มีชีวิตอุดมไปด้วยวิตามิน ไขมัน โปรตีน เกลือแร่ต่างๆและเป็นส่วนของข้าวที่จะเจริญเป็นต้นข้าวต่อไป ถ้านำเมล็ดข้าวกล้องไปทำการขัดสีต่อ ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวจะหลุดออก จนเหลือแต่ส่วนเนื้อข้าวสีขาว ซึ่งเป็นแป้งที่ให้แต่พลังงานเท่านั้น

ข้าวกล้องมีคุณค่าทางอาหาร ขณะที่ข้าวขัดขาวให้แค่พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตปราศจากคุณค่าทางโภชนาการอื่น ข้าวกล้อง 100 กรัม ประกอบด้วยเส้นใย 2.1 กรัม ในขณะที่ข้าวขาวมีเพียง 0.7 กรัม ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายต้องการเส้นใยอย่างน้อยวันละ 20 กรัม ข้าวกล้องมีประโยชน์ ซึ่งวงการแพทย์รายงานว่าเส้นใยเหล่านี้มีส่วนช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่และกระเพาะอาหาร ทั้งยังเป็นส่วนช่วยป้องกันการดูดซึมไขมันชนิดอิ่มตัวเข้าสู่กระเพาะอาหารได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ในข้าวกล้องยังมีเส้นใยที่อุดมด้วยวิตามินบีอีกหลายตัวที่มีหน้าที่สำคัญในการช่วยการทำงานของระบบประสาทและสมอง ทำให้ความจำดี อารมณ์ดี ไม่เครียดง่าย ช่วยในการทำงานของระบบกล้ามเนื้อ เสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจ ช่วยรักษาโรคเหน็บชา วิตามินอีในจมูกข้าวยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตัวสำคัญ ที่จะช่วยป้องกันไม่ให้ผิวหนังเหี่ยวย่น ป้องกันการเกิดฝ้า กระ ข้ออักเสบ ต้อกระจก หลอดเลือดอุดตัน สาเหตุของโรคหัวใจ อัมพาต นอกจากนี้ข้าวกล้องยังมีซิลิเนี่ยมที่ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง และมีธาตุเหล็กที่ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง (วันดี, 2547)

นอกจากสารอาหารที่มีคุณค่าข้างต้น ข้าวกล้องยังมีสารอันทรงคุณค่าที่เรียกว่าโอรีซานอลอยู่ด้วย โดยอยู่ในส่วนของรำข้าว โอรีซานอลเป็นสารธรรมชาติที่ถูกค้นพบครั้งแรกในน้ำมันรำข้าวเมื่อปี ค.ศ. 1954 แม้ว่าในธัญพืชอื่นจะมีอยู่บ้าง แต่พบในปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับในรำข้าว โดยแกมมา-โอรีซานอล หรือโอรีซานอล ที่ค้นพบในน้ำมันรำข้าวมีมากกว่าวิตามินอีประมาณ

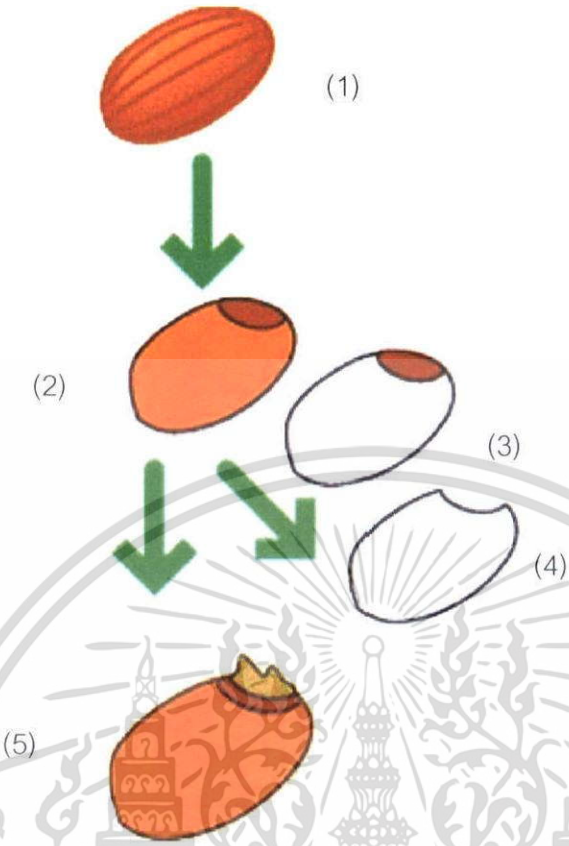
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20 เท่า เป็นสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างมาก โดยทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนท์คล้ายกับวิตามินอี ในการลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น แต่แกมมาโอรีซานอลสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลได้สูงกว่าวิตามินอี นอกจากนี้ยังช่วยลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในตับและลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลของร่างกาย ช่วยรักษาอาการของระบบประสาทที่ทำงานผิดปกติและช่วยเกี่ยวกับระบบฮอร์โมนของสตรีภายหลังหมดประจำเดือน ช่วยส่งเสริมการสร้างกล้ามเนื้อโดยมีผลต่อการปลดปล่อยสารเอนโดฟิน และการเพิ่มระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน จากประโยชน์หลายประการดังกล่าว จึงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายทั้งทางด้านอาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์ (Oryzanol Company Limited, 2006)

ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอก เป็นข้าวกล้องที่นำไปแช่น้ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งทำให้เมล็ดข้าวเกิดการดูดน้ำและเริ่มต้นกระบวนการงอกขึ้น และหยุดกระบวนการก่อนที่รากจะงอก ข้าวที่ได้จะถูกนำมาลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อไป ข้าวกล้องงอกที่ได้นี้จะสามารถดูดน้ำได้ดีขึ้น หุงสุกง่าย มีรสชาดหวานเพราะแป้งบางส่วนจะถูกย่อยกลายเป็นน้ำตาล นอกจากนี้ข้าวกล้องงอกยังอุดมไปด้วยเส้นใย กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Charmayne, 2005; Shanker, 2005; Ziniah, 2006) และมี gamma aminobutyric acid (GABA) ซึ่งมีคุณสมบัติลดอาการวิตกกังวล ช่วยให้นอนหลับและรู้สึกสดชื่นหลังจากตื่นนอน (กมล, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 กระบวนการทำข้าวกล้องงอก (Rice Processing Complex, 2006)

ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงข้าวเปลือก (1) เมื่อถูกกะเทาะเอา lemma และ palea ออกจะได้เป็นข้าวกล้อง (2) ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการขัดสีระยะแรกส่วนของรำจะเริ่มถูกขัดสีออกไป แต่ส่วนของคัพภะยังติดอยู่ (3) เมื่อการขัดสีสิ้นสุดจะได้ข้าวสารขาวซึ่งไม่มีส่วนของคัพภะ (4) หากข้าวกล้องไม่ถูกขัดสี แต่นำมาให้ความชื้นโดยการแช่น้ำไว้ระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้ข้าวมีการดูดน้ำ เอนไซม์ภายในเมล็ดจะเริ่มทำงาน ทำให้เกิดการบวมของคัพภะขึ้น (5) ซึ่งหากปล่อยให้เมล็ดได้รับความชื้นต่อไปรากก็จะเริ่มปรากฏให้เห็น แต่หากนำข้าวดังกล่าวไปลดความชื้นก่อนที่รากจะงอกออกมาก็จะได้ข้าวกล้องงอก หรือ germinated brown rice ซึ่งเป็นข้าวที่พบว่ามีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวกล้องปกติ หุงง่ายกว่า และข้าวหุงสุกจะนุ่มน่ารับประทานกว่า อย่างไรก็ตามระยะเวลาการแช่น้ำ และอุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ข้าว

Saikusa and Mori (1994) ได้ค้นพบสาร gamma aminobutyric acid (GABA) ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเมล็ดข้าวกล้อง หลังจากที่นำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 40°ซ เป็นเวลา 8-24 ชั่วโมง

Honolulu (2000) ทดลองแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 72 ชั่วโมงก่อนทำการหุง พบว่า มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งได้แก่ GABA โอรีซานอล กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ข้าวจะดูดน้ำได้ดี หุกสุกง่าย ข้าวหุงสุกจะมีความอ่อนนุ่ม และเนื้อสัมผัสน่ารับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ohtsubo *et al.* (2004) ทดลองแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 32°ซ เป็นเวลา 22 ชั่วโมงก่อนทำการหุง ผลการทดลองที่ได้พบว่ามีปริมาณคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น

Mino-cho (2006) ได้ทดลองทำข้าวกล้องงอกที่สะดวกและง่าย โดยการนำข้าวกล้องไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 1-2 วัน ซึ่งมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงไป โดยข้าวกล้องมีคุณค่าทางอาหารมากยิ่งขึ้น มีรสชาดหวานและง่ายในการรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 จำนวน 25 กิโลกรัม ความงอก 75 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นเริ่มต้น 12.36 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์

- เครื่องโม่แป้ง
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Electron รุ่น Helios Gam
- เครื่องสกัดน้ำมัน ยี่ห้อ FALC รุ่น BE6
- เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าว
- เครื่องขัดสีข้าว
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ Memmert

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2X4 Factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 ชนิดข้าว 2 ชนิด ได้แก่ ข้าวกล้องงอก และข้าวเปลือกงอก

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 ระยะ ได้แก่ 0, 1, 2 และ 3 เดือน

2. การทำข้าวกล้องงอกและการเก็บรักษา

นำข้าวเปลือกไปกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะ โดยใช้ข้าว 1 กิโลกรัมต่อ 1 สิ่งทดลอง จากนั้นนำข้าวกล้องที่ได้ไปแช่น้ำในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 30°ซ เ ป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำข้าวกล้องใส่ตะแกรงปล่อยให้สะเด็ดน้ำแล้วบ่มโดยนำผ้าขาวบางมาคลุมปิดทับด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์อีกหนึ่งชั้น บ่มข้าวเป็นเวลา 21 ชั่วโมงจากนั้นนำไปลดความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิให้เหลืออุณหภูมิ 45°ซ ให้เหลือความชื้น 10 ± 1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักเปียก) เก็บรักษาข้าวกล้องหลังอบในถุงพลาสติกปิดสนิทไว้เป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน ในอุณหภูมิห้อง เมื่อครบกำหนดการเก็บรักษาทำการสุ่มข้าวตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ และบันทึกข้อมูล

การทำข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก ดำเนินการเช่นเดียวกับวิธีการข้างต้น แต่ใช้ข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการกะเทาะในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การบันทึกข้อมูล

(1) เปอร์เซ็นต์ความชื้น

นำข้าว 25 กรัมมาใส่กระป๋องวัดความชื้น นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งหาน้ำหนักแห้งหลังอบแล้วคำนวณหาความชื้นด้วยสูตร

$$\text{ความชื้น(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ - น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

(2) ปริมาณอะมิโลส (amylose content)

นำเมล็ดข้าวกล้องมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดจนเป็นแป้ง ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช ชั่งแป้ง 0.1000 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 20 มล. ปิเปตเอทธิลแอลกอฮอล์ 1 มล. ใส่ในขวดเขย่าเบาๆ จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 9 มล. แล้วนำไปต้มใน อ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำกลั่นให้ได้ 100 มล. ปิเปตสารละลายแป้งจำนวน 5 มล. เติมกรด glacia acetic acid 1N 1 มล. และสารละลายไอโอดีน 2 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายอะมิโลสมาตรฐาน

การทำสารละลายอะมิโลสมาตราฐานแสดงในภาคผนวก ข

(3) ความคงตัวของแป้งสุก (gel consisitency)

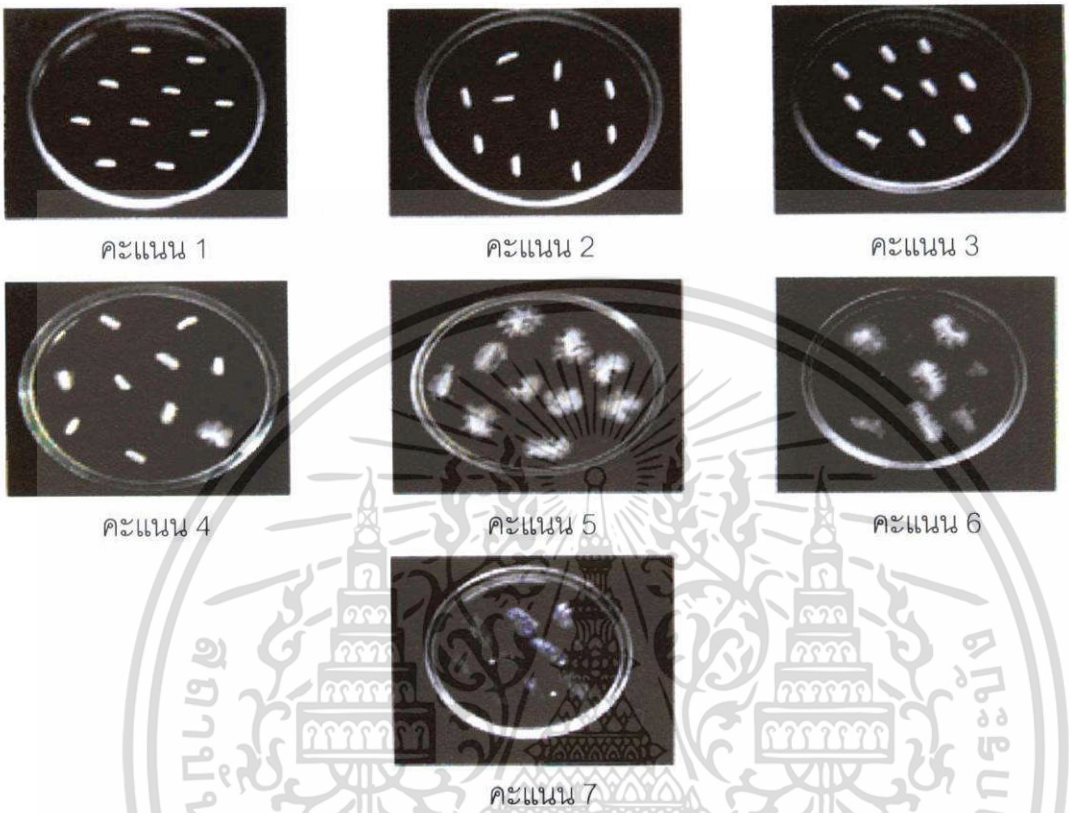
นำแป้งที่บดแล้ว มาชั่งให้ได้ 0.0100 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ขนาด 13×100 มม. เติมแอลกอฮอล์ที่ละลาย thymol blue 0.025 % ปริมาณ 0.2 มล. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.2 N ปริมาณ 2.0 มล. จากนั้นนำไปปั่นด้วย vortex mixer เพื่อให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดโดยใช้ลูกแก้วปิดปากหลอดทดลอง ใช้เวลาต้มนาน 8 นาที เมื่อครบกำหนดนำมาปั่นด้วย vortex mixer อีกครั้งเพื่อให้น้ำแป้งผสมทั่วกันและทำให้เย็นด้วยน้ำเย็นจัด 20 นาที จากนั้นวางหลอดในแนวนอนบนกระดาษกราฟที่มีช่องแบ่งละเอียด 1 มม. วางไว้นาน 30 นาที อ่านระยะทางที่น้ำแป้งสุกไหลไปบนกระดาษกราฟ

(4) การสลายเมล็ดข้าวในด่าง (alkali speading value)

สุ่มเมล็ดข้าวกล้องมา 10 เมล็ด แบ่งใส่ในจานแก้วทดลอง (petri dish) จำนวน 4 จานๆ ละ 10 เมล็ด แล้วนำมาวางบนพื้นราบสีดำ เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.7 เปอร์เซ็นต์ ลงในจานแก้วประมาณ 10 มล.ให้ข้าวจมอยู่ในสารละลาย ปิดฝาทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง โดยไม่มีการเคลื่อนย้ายขยับเขยื้อนเป็นเวลา 23 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตรวจเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวตามระดับของการสลายตัว (ภาพที่ 2 และตารางที่ 6) ข้าวที่มีคะแนนต่ำ จะใช้เวลาในการหุงสุกนานกว่าข้าวที่มีคะแนนสูง



ภาพที่ 3 ระดับการสลายตัวของเมล็ดข้าวในด่าง (อรอนงค์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ระดับการสลายตัวของของแต่ละเมล็ด (งามชื่น, 2546)

ค่าการสลาย	ลักษณะของเมล็ดข้าวที่สลายในด่าง
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดข้าวพองตัว
3	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ดข้าว
4	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาว และมีแป้งกระจายออกรอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง
6	เมล็ดข้าวสลายตัวทั้งเมล็ด มีลักษณะเป็นเมือกขาวขุ่น
7	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด และมีลักษณะเป็นแป้งเปียกใส

(5) การหาเวลาในการหุงต้มข้าว

ต้มน้ำกลั่นปริมาตร 400 มล. ในบีกเกอร์ขนาด 600 มล. ให้เดือด ใส่ตัวอย่างข้าวกล้อง 30 กรัมลงในน้ำเดือด จับเวลา หลังจาก 10 นาที สุ่มตัวอย่างข้าวนาทีละ 10 เมล็ด วางบนแผ่นแก้ว นำแผ่นแก้วอีกหนึ่งแผ่นกดบนแผ่นแก้วที่มีเมล็ดข้าววางอยู่ ตรวจดูไตสีขาวตรงกลางเมล็ดข้าว บันทึกค่าเวลาต้มข้าวเมื่อเมล็ดข้าวอย่างน้อย 9 ใน 10 เมล็ดไม่มีไตสีขาวตรงกลางเมื่อถูกกด

(6) การดูดน้ำของข้าว

ชั่งเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 2 กรัม ใส่หลอดทดลองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว เติมน้ำกลั่น 20 มล. อุดปากหลอดทดลองด้วยสำลีปั้นเป็นก้อนกลม วางไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 80°ซ เป็นเวลา 45 นาที เมื่อครบตามเวลานำมาชั่งน้ำหนักทั้งหลอดทดลอง แล้วคำนวณค่าการดูดน้ำของเมล็ดข้าว จากสูตร

$$\text{ความสามารถในการดูดน้ำของข้าว (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสุก} - \text{น้ำหนักข้าวกล้องก่อนหุง}}{\text{น้ำหนักข้าวกล้องก่อนหุง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

(7) ปริมาณโอรีซานอล

นำข้าวกล้องมาขัดสี เพื่อให้ได้ส่วนของรำ จากนั้นนำรำข้าวประมาณ 10 กรัม มาสกัดน้ำมันโดยใช้เฮกเซน (hexane) 300 มล. เป็นเวลาประมาณ 14 ชั่วโมง แล้วนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporater) นำน้ำมันเฮปเทนที่ได้ 0.1 มก. มาละลายด้วยเฮปเทน (heptane) ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ด้วยเฮปเทน นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าปริมาณโอรีซานอลโดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตราฐาน (ภาคผนวก ก)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่บันทึกมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน Analysis of Variance : ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SAS

สถานที่และเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างธันวาคม 2548 ถึง มีนาคม 2549

100581

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์ความชื้น

การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าว พบว่า ชนิดข้าวที่นำมาทำข้าวกล้องไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ความชื้นของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยความชื้นของข้าวจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน จะมีความชื้นสูงที่สุดคือ 12.60 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าวกล้องงอกจะมีความชื้นสูงกว่าข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลาเท่ากัน (ตารางที่ 7 และภาพที่ 3)

จวงจันทร์ (2529) กล่าวว่า เมล็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคุณสมบัติที่เรียกว่า ไฮโกรสโคพิค (hygroscopic) คือสามารถรับหรือถ่ายเทความชื้นกับบรรยากาศรอบๆ เมล็ดจนกว่าแรงดันไอน้ำภายในเมล็ดจะเท่ากับแรงดันไอน้ำภายนอกเกิดสภาวะสมดุลขึ้น หรืออาจกล่าวว่า เมล็ดจะมีความชื้นเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของความชื้นสัมพันธ์ ถ้าความชื้นสัมพันธ์สูง เมล็ดก็จะมีความชื้นสูง ในทางตรงข้าม ถ้าความชื้นสัมพันธ์ต่ำ เมล็ดก็จะมีความชื้นต่ำด้วย ในการทดลองครั้งนี้แม้จะเก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติกตลอดระยะเวลาทำการทดลองก็ตาม แต่ไม่ใช่การเก็บในสภาพสุญญากาศ ดังนั้นเมล็ดอาจดูดซับความชื้นจากอากาศรอบๆ ได้ในระหว่างการเก็บรักษา

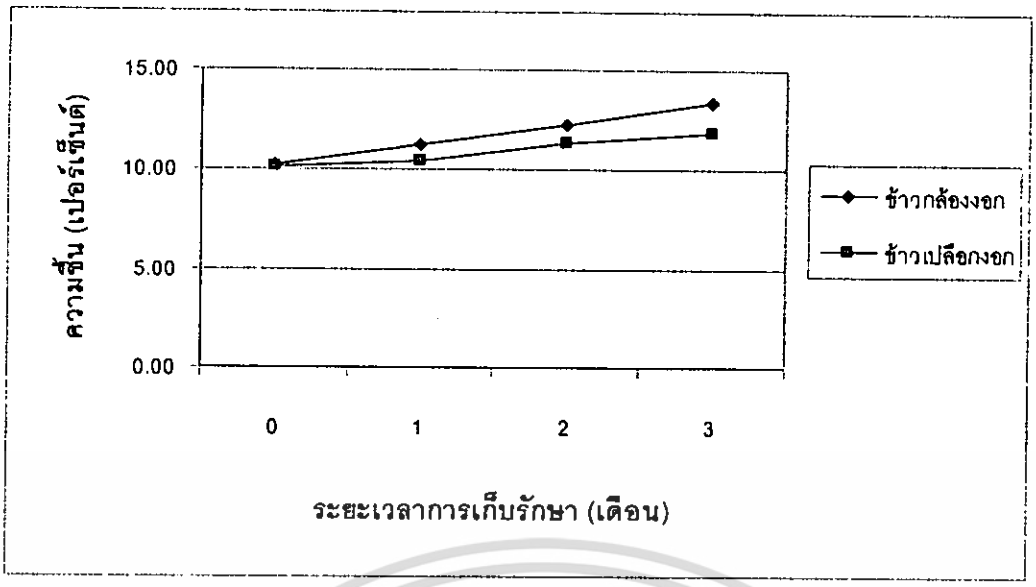
ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ข้าวกล้องงอก	10.23	11.23	12.31	13.36	11.78[a]
ข้าวเปลือกงอก	10.14	10.44	11.36	11.83	10.94[a]
เฉลี่ย	10.19[b]	10.84[c]	11.83[b]	12.60[a]	

CV (%) = 0.55

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ปริมาณอะมิโลส

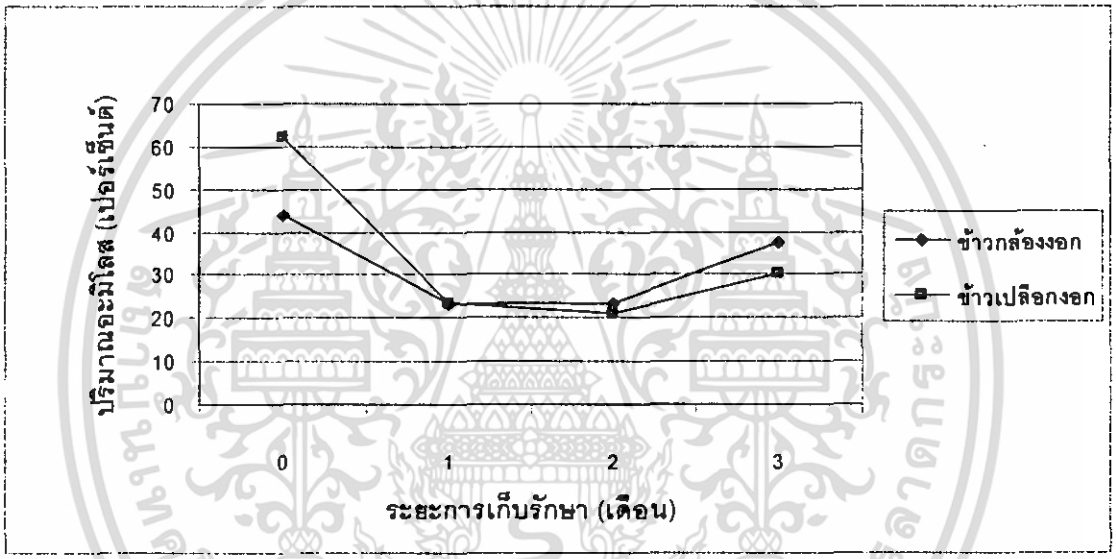
ปริมาณอะมิโลสจะเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงความแข็งของข้าวหุงสุกได้ ในการทดลองนี้พบว่า ชนิดข้าวไม่มีผลต่อปริมาณอะมิโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาทำให้ปริมาณอะมิโลสที่วัดได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยก่อนเก็บรักษาข้าวจะมีปริมาณอะมิโลสเฉลี่ยเท่ากับ 53.10 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือ 33.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน (ตารางที่ 8 และภาพที่ 4) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าค่าอะมิโลสจะลดต่ำลง แต่ค่าดังกล่าวก็ยังจัดอยู่ในกลุ่มข้าวที่มีอะมิโลสสูง ซึ่งมีผลให้ข้าวหุงสุกมีเนื้อสัมผัสแข็ง และร่วน (Sanjiva Rao *et al*, 1952)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณอะมิโลส (%) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ข้าวกล้องงอก	43.82	23.18	23.27	37.60	31.96[a]
ข้าวเปลือกงอก	62.38	23.27	21.20	30.25	34.27[a]
เฉลี่ย	53.10[a]	23.22[c]	22.24[c]	33.92[b]	

CV (%) = 9.11



ภาพที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

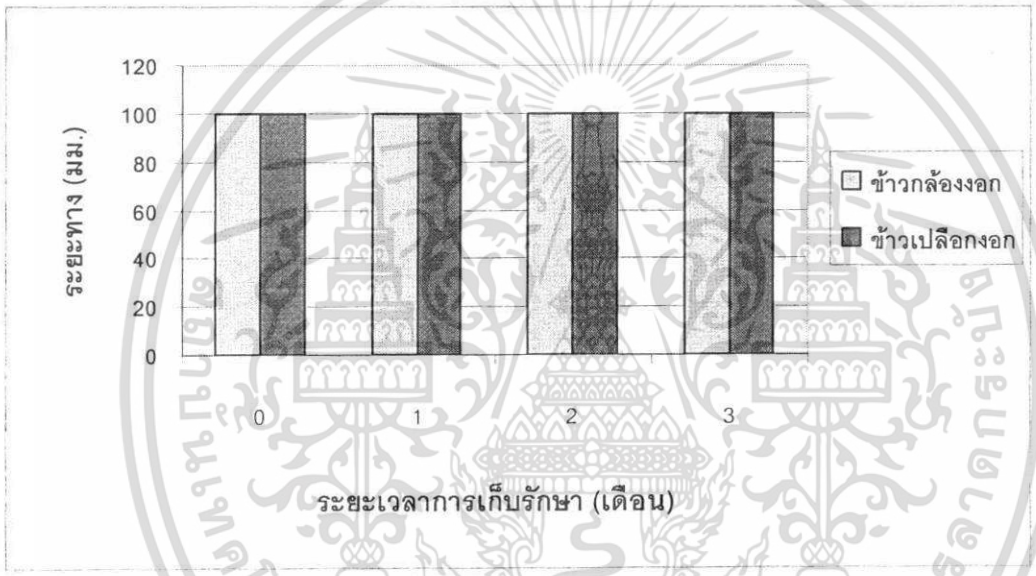
ความคงตัวของแป้งสุก

การทดลองความคงตัวของแป้งสุก โดยวัดระยะการไหลของเจลสุกบนกระดาษกราฟ พบว่าชนิดข้าวและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อความคงตัวของแป้งสุก โดยแป้งสุกมีการไหลในระยะทางยาวที่เท่ากันคือ 100 มิลลิเมตร (ตารางที่ 9 และภาพที่ 5) ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงว่าข้าวดังกล่าวเป็นเจลอ่อน สอดคล้องกับการทดลองของ โศรดา (2548) ซึ่งรายงาน ความคงตัวของแป้งสุกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 มีลักษณะเป็นเจลอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ข้าวกล้องงอก	100	100	100	100	100
ข้าวเปลือกงอก	100	100	100	100	100
เฉลี่ย	100	100	100	100	



ภาพที่ 6 แสดงความคงตัวของแป้งสุกของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

การสลายตัวในด่าง

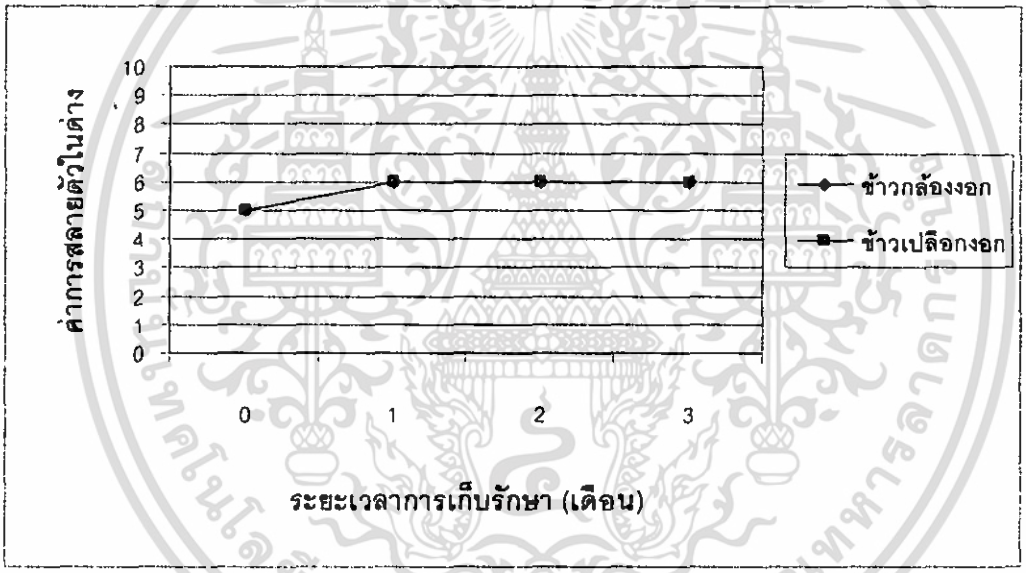
จากการทดลองนำข้าวมาแช่ในสารละลายด่าง ตั้งไว้ 23 ชั่วโมง สังเกตลักษณะการสลายตัวของข้าว และให้คะแนนตามค่ามาตรฐาน พบว่า ส่วนใหญ่ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวาง บางเมล็ดปริทางยาว และบางเมล็ดปริทั้งทางขวางและทางยาว โดยชนิดข้าวไม่มีผลให้ค่าการสลายตัวในด่างแตกต่างกัน ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ค่าการสลายตัวสูงขึ้นเล็กน้อย (ตารางที่ 10 และภาพที่ 6) เช่นเดียวกับการทดลองของ วิลาวัลย์ และ สุธา (2548) ซึ่งพบว่า ระยะเวลาในเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น จะทำให้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีค่าการสลายตัวในด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สูงกว่าข้าวที่ทำการเก็บรักษาที่ระยะเวลาน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแป้งและโปรตีนในเมล็ดข้าวและการที่เยื่อหุ้มเมล็ดเสื่อมสภาพลง

ตารางที่ 10 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ข้าวกล้องงอก	5	6	6	6	6
ข้าวเปลือกงอก	5	6	6	6	6
เฉลี่ย	5	6	6	6	



ภาพที่ 7 แสดงการสลายตัวในด่างของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เวลาในการหุงต้ม

ตารางที่ 11 และภาพที่ 7 แสดงเวลาที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าว จะเห็นว่าการหุงต้ม ชนิดข้าวไม่มีผลต่อการหุงต้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเวลาเฉลี่ยในการหุงต้มข้าวที่เหมาะสมประมาณ 24 นาที เมื่อพิจารณาผลของการเก็บรักษาต่อเวลาในการหุงต้มข้าวพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทำให้เวลาในการหุงต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวก่อนการเก็บรักษาจะใช้

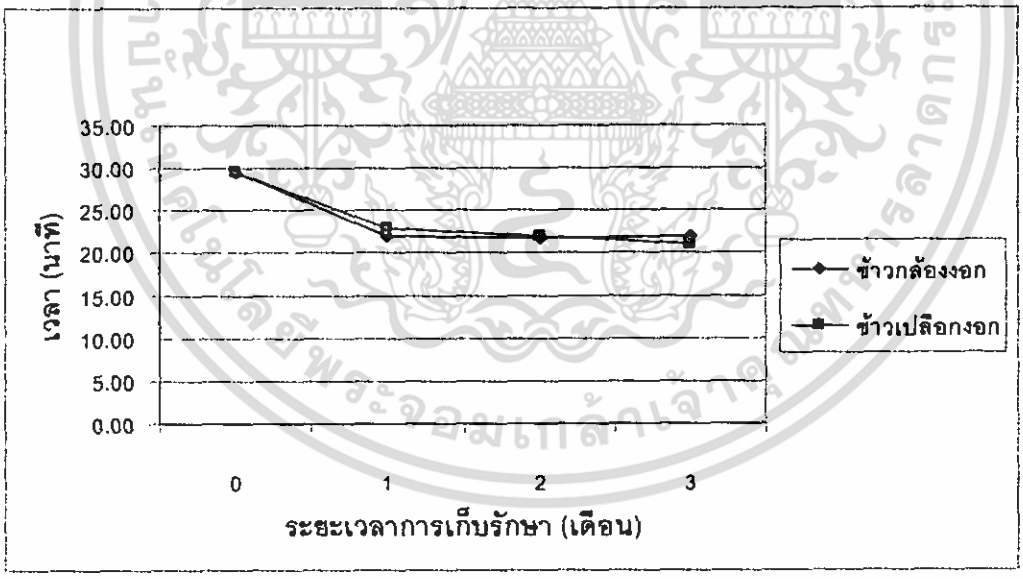
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการหุงต้มนานประมาณ 30 นาที ในขณะที่เมื่อเก็บข้าวไว้เป็นเวลา 3 เดือน จะใช้เวลาในการหุงต้มข้าวเพียง 21.50 นาที สอดคล้องกับค่าการสลายตัวในด่าง ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ตารางที่ 10) ค่าการสลายตัวในด่างจะสัมพันธ์กับระยะเวลาในการหุงต้ม และอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนต์เซชัน ดังค่าการสลายตัวในด่างสูง อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนต์เซชันจะต่ำ ระยะเวลาในการหุงต้มจะน้อยลง

ตารางที่ 11 แสดงเวลาที่เหมาะสมในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ข้าวกล้องงอก	29.67	22.00	21.66	22.00	23.83[a]
ข้าวเปลือกงอก	29.67	23.00	22.00	21.00	23.92[a]
เฉลี่ย	29.67[a]	22.50[b]	21.83[c]	21.50[c]	

CV (%) = 1.48



ภาพที่ 8 แสดงระยะเวลาในการหุงต้มของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดน้ำของข้าว

การทดลองความสามารถในการดูดน้ำของข้าวระหว่างการหุงต้ม พบว่า ชนิดข้าวไม่มีผลให้การดูดน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเก็บรักษาข้าวมีผลทำให้การดูดน้ำของข้าวมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 12 และภาพที่ 8)

จากการทดลองของ Indudhara *et al.* (1978) พบว่า การเปลี่ยนแปลงแป้งและโปรตีนในเมล็ดข้าว ทำให้มีการปรับสภาพการละลายและการเกิดเจลที่มีการคงตัวและละลายในน้ำได้น้อยลง มีผลให้ข้าวเก่าต้องการน้ำในการหุงต้มมากกว่าข้าวใหม่

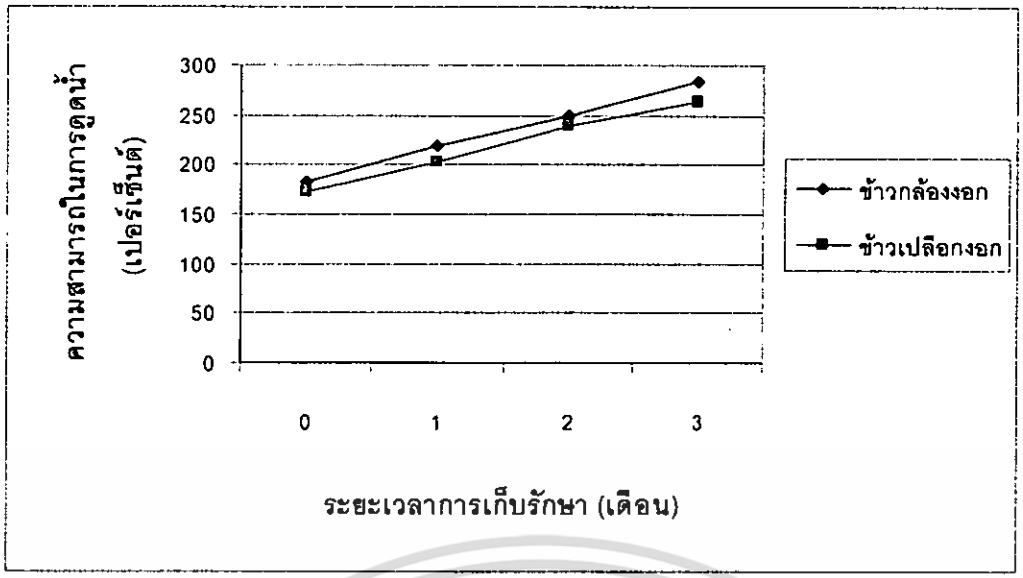
อรอนงค์ (2538) รายงานว่าเมื่อนำข้าวที่เก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่งมาหุงต้ม จะพบว่าเมล็ดข้าวจะดูดซึมน้ำที่ใช้หุงต้มได้มาก ทำให้ปริมาตรของข้าวที่หุงสุกสูงกว่าการหุงข้าวใหม่ ลักษณะข้าวสุกจะแข็งและร่วนมากกว่าข้าวใหม่

ตารางที่ 12 แสดงค่าการดูดน้ำ (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ข้าวกล้องงอก	182.68	219.12	249.83	284.75	234.10[a]
ข้าวเปลือกงอก	172.09	201.99	239.54	263.19	219.20[a]
เฉลี่ย	177.39[c]	210.55[b]	244.63[b]	273.97[a]	

CV (%) = 8.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ปริมาณโอรีซานอล

จากการทดลองการหาปริมาณโอรีซานอล พบว่า ชนิดข้าวและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณโอรีซานอลอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวเปลือกงอกมีปริมาณโอรีซานอลเฉลี่ย 12.5457 ppm และข้าวกล้องงอกมีปริมาณโอรีซานอล 12.9572 ppm ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนานที่ผลทำให้ปริมาณโอรีซานอลมีค่าน้อยลง โดยปริมาณโอรีซานอลลดลงจาก 19.0929 ppm ก่อนเก็บรักษาเหลือ 13.6030, 10.1124 และ 8.1976 ppm เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1, 2 และ 3 เดือนตามลำดับ (ตารางที่ 13 และภาพที่ 9)

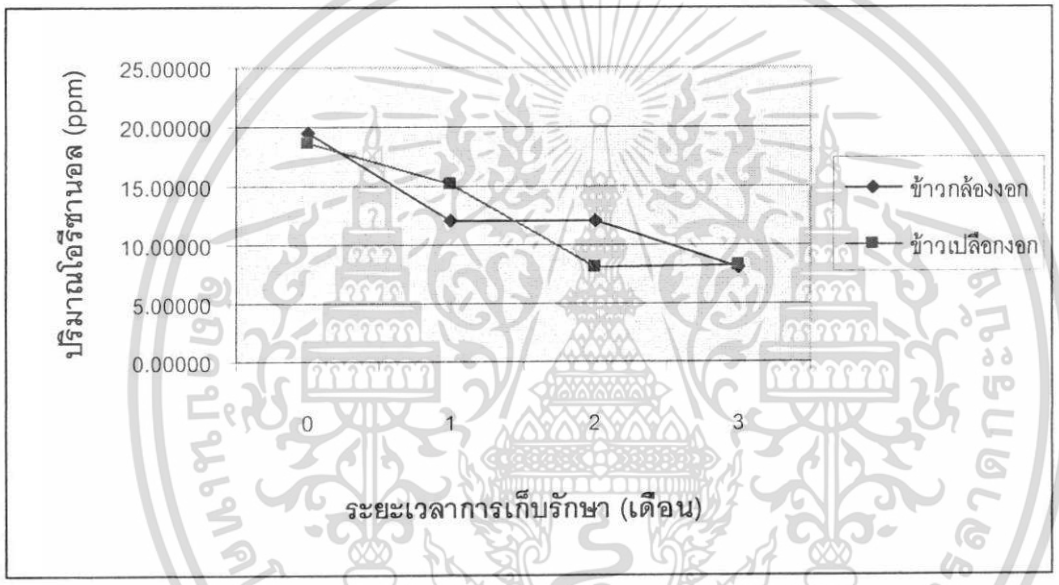
ภัทรกร และคณะ (2548) รายงานว่า คุณสมบัติทางเคมีกายภาพไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณโอรีซานอล ดังนั้นจึงไม่สามารถนำคุณสมบัติทางเคมีกายภาพมาประเมินค่าปริมาณโอรีซานอลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงปริมาณโอรีซานอล ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ข้าวกล้องงอก	19.5419	12.0621	12.0422	8.1826	12.9572[a]
ข้าวเปลือกงอก	18.6440	15.1439	8.1826	8.2126	12.5457[b]
เฉลี่ย	19.0929[a]	13.6030[b]	10.1124[c]	8.1976[d]	

CV (%) = 0.8505



ภาพที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณโอรีซานอลข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 90 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การทำข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ในการทดลองนี้พบว่าคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกที่ได้ส่วนใหญ่จะใกล้เคียงกับข้าวกล้องปกติ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ก แต่พบว่าข้าวกล้องงอกจะดูดน้ำในระหว่างการหุงต้มน้อยลง แสดงให้เห็นว่า ข้าวกล้องงอกจะหุงสุกได้ง่ายกว่าข้าวกล้องปกติ

สำหรับการทำข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องและข้าวเปลือก พบว่าไม่มีความแตกต่างมากนักในคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ที่ตรวจวัด ยกเว้นปริมาณโอรีซานอล ซึ่งข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวเปลือกจะมีปริมาณโอรีซานอลมากกว่า และในการศึกษาการเก็บรักษาข้าว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการเก็บรักษาของข้าวมีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวโดยตรง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เปอร์เซ็นต์ความชื้น การสลายเมล็ดข้าวในด่าง การดูดน้ำของข้าวจะมีค่าสูงขึ้น แต่ปริมาณอะมิโลส เวลาการในหุงต้มข้าว และปริมาณโอรีซานอลจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กมล ฝอยหิรัญ. Gamma Aminobutyric Acid. [http://webdb.dmsc.moph.go.th.] Apr 20, - 2006.

กรมวิชาการเกษตร. ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90. [http://www.doa.go.th.] 15 ธันวาคม 2548.

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดพันทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ใน: เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. ฝ่ายฝึกอบรมสถาบันวิจัยข้าว. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.หน้า.1-53.

งามชื่น คงเสรี ละม้ายมาศ ขาวไชยมหา กาญจนา เนตรสำราญ พูลศรี สว่างจิต และอัญชลี ปรีชาจารย์. 2528. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดเมื่อเก็บในลักษณะข้าวกล้อง และข้าวสาร. วารสารวิชาการเกษตร 1:38–43.

งามชื่น คงเสรี. 2546. ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว. สถาบันวิจัยข้าว. กรมวิชาการเกษตร. 167 หน้า.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 210 หน้า.

ไชยรัตน์ เพชรชลนุวัฒน์ และคณะ. 2543. คุณสมบัติทางเคมีของข้าวสารจำนวน 8 พันธุ์. กรมวิชาการเกษตร.

ดวงทิพย์ เปรมจิตต์. 2518. อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ไพฑูรย์ อุไรรงค์ และกิติยา กิจควรดี. 2540. การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวภายใต้ผ้าพลาสติก. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2540. สถาบันวิจัยข้าว. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 99 หน้า.

ภัทรกร ชื่นวงศา ธนารักษ์ ประเสริฐวิทย์ และสิริพร อาจารยะศิริ. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวไทยและปริมาณอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 24 หน้า.

วัลลภ สันติประชา. 2538. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์. คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา. 212 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิลาวัลย์ นามวิชัย และสุธา โฉมเกิด. 2548. อิทธิพลของอุณหภูมิอบแห้ง ความชื้นหลังอบ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าว. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 34 หน้า.

วันดี กฤษณพันธ์. ข้าวกล้อง. [http://www.thaihealth.info/nutrition.asp] Dec 21, 2005.

สงกรานต์ จิตรากร. 2535. การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาหลักด้านเทคโนโลยีของข้าวในประเทศไทย. สถาบันวิจัยข้าว. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 150 หน้า.

โศรดา วัลภา. 2548. การตรวจสอบคุณภาพข้าว. ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. เคมีทางธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.148 หน้า.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

Abc Science. Soaked Brown Rice is Better For You. [http://www.abc.net.au] Dec 12, 2006.

American Chemical Society. Soaking Brown Rice Before Cooking Makes It More Nutritious. [http://www.asc.org] Dec 25, 2005.

Breaking News on Food & Beverage development. Germineted Brown Rice. [http://www.foodnavigator.com] Dec 15, 2005.

David, A. and V. Dendy. 2001. Cereal and Cereals Products Chemistry and Technology. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg Maryland USA. 428 pp.

Jenning, P.R.Coffman and H.H.E.Kauffman, 1979. Rice Improvement. International Rice Reserch Institute. Los banos,Laguna,Philippines.

Juliano, J.B. and M.J. Aldoma. 1937. Morohology of Oryza sativa Linnaeus. Cereal Chem. 36: 91 -97.

Oryzanol Company Limited. Oryzanol. [http://www.oryzanol.com] Jan 12, 2006.

Rice Processing Complex. Germineted Brown Rice. [http://www.rpc.co.id] Dec 12, 2005.

Saikura, Takayo, Toshiroh Horino and Yutaka Mori. 1994. Distribution of Free Amino Acid in the rice Kernel and Kewrnel Fractions and the Effect of Water Soaking on the Distribution,J. Agric. Food Chem. Vol. 42. pp.1122-1126 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sanjiva Rao, B., A.R. Vasudeva Murthy and R.S. Subrahmanya. 1952. The amylose and the amylopectin contents of rice and their influence on the cooking quality of the cereal. Proc. Indian Acad. Sci. 36B (2): 70-80.

Shanker Kumar Shrestha. Useful Germineted Brown Rice. [http://www.nepalnews.com] Dec 13, 2005.

Shoichi Ito and Yukihiro Ishikawa Tottori University. Marketing of Value-Added Rice Products in Japan : Germinated Brown rice and Rice Bread. [http://www.hatsuga.com] Apr 21, 2006.

Swamy, W.R. 1972. Critical temperature and duration for high temperature induced strillity in rice. JARQ. 11: 190-191.

Ziniah Beasley. Soaking Brown Rice Increase its Nutritious Value. [http://www.tscl.org] Jan 7, 2006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ซึ่งได้ทดลองไว้ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์ความชื้น 12.66 เปอร์เซ็นต์
2. ปริมาณอะมิโลส 51.17 เปอร์เซ็นต์
3. ความคงตัวของแป้งสุก 100 มม.
4. การสลายตัวในด่าง ค่าการสลายตัว 5
5. เวลาในการหุงต้ม 23 นาที
6. การดูดน้ำของข้าว 251.58 เปอร์เซ็นต์
7. ปริมาณโอรีซานอล 19.9408 ppm

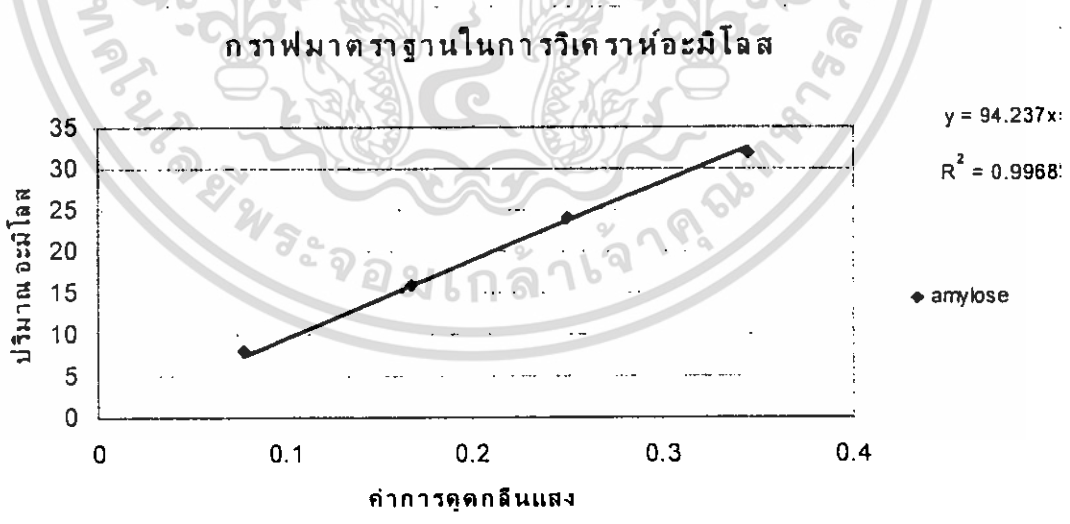
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1. การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

นำโปเตโตอะมิโลส 0.04 กรัม มาละลายด้วยเอทธิลแอลกอฮอล์ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมินาน 10 นาที เติมน้ำกลั่น ดูดสารละลายมาตรฐานปริมาตร 1, 2, 3 และ 4 มล. เติมกรดเกลเซียลอะซิติกปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 และสารละลายไอโอดีน 2 มล. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร เขียนกราฟระหว่างปริมาณอะมิโลสและค่าการดูดกลืนแสง

ปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการดูดกลืนแสง
8	0.0772
16	0.1668
24	0.251
32	0.3454

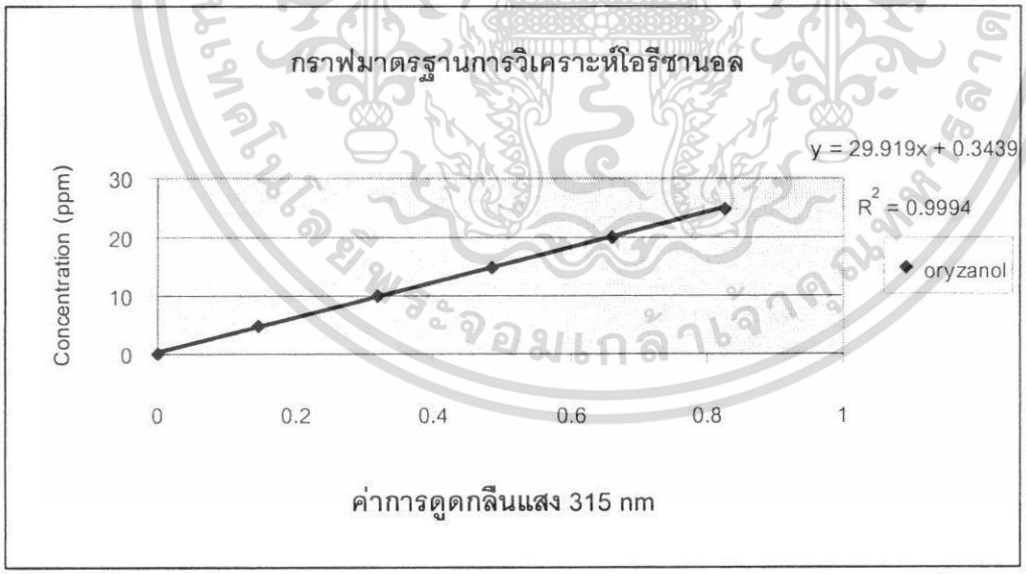


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอริซานอล**

นำแกรมมาโอริซานอลมาชั่งให้ได้ 50 ±0.0001 มก. ปรับปริมาตรด้วย n-heptane ในขวดปรับปริมาตร 100 มล. เพื่อเป็น Stock solution เตรียมความเข้มข้นต่าง ๆ โดยปิเปตสารเริ่มต้นที่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มล. ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มล. ปรับปริมาตรด้วย n-heptane นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร นำค่าต่าง ๆ ที่วัดได้ไปเขียนกราฟระหว่างปริมาณโอรีซานอลและค่าการดูดกลืนแสง

ปริมาณโอรีซานอล (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
5	0.1470
10	0.3182
15	0.4848
20	0.6594
25	0.8284



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางผนวกที่ ค.1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	10.23	10.23	10.23	10.23
	1	11.28	11.20	11.19	11.22
	2	12.31	12.31	12.31	12.31
	3	13.31	13.51	13.51	13.44
ข้าวเปลือกงอก	0	13.50	13.48	13.46	13.48
	1	10.43	10.47	10.47	10.45
	2	11.39	11.30	11.39	11.36
	3	11.39	11.83	11.76	11.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.2 แสดงปริมาณอะมิโลส (%) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	40.99	45.28	45.28	43.85
	1	23.11	23.11	23.00	23.14
	2	23.02	23.20	23.77	23.33
	3	34.42	34.52	43.86	37.61
ข้าวเปลือกงอก	0	59.34	63.77	64.24	62.44
	1	23.30	22.36	24.34	23.33
	2	20.28	21.97	21.60	21.28
	3	34.33	32.26	24.24	30.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.3 แสดงข้อมูลความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	100	100	100	100
	1	100	100	100	100
	2	100	100	100	100
	3	100	100	100	100
		100	100	100	100
ข้าวเปลือกงอก	0	100	100	100	100
	1	100	100	100	100
	2	100	100	100	100
	3	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.4 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	5	5	5	5
	1	6	6	6	6
	2	6	6	6	6
	3	6	6	6	6
ข้าวเปลือกงอก	0	5	5	5	5
	1	6	6	6	6
	2	6	6	6	6
	3	6	6	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.5 แสดงข้อมูลค่าการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	29	30	30	29.66
	1	23	23	23	23
	2	22	22	22	22
	3	21	21	21	21
ข้าวเปลือกงอก	0	29	30	30	29.66
	1	22	22	22	22
	2	21	22	22	21.66
	3	22	22	22	22

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.6 แสดงข้อมูลการดูดน้ำ (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่			
		1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	177.72	186.57	183.74	182.67
	1	222.77	218.41	216.18	219.12
	2	246.04	252.97	250.50	249.83
	3	279.10	284.16	291.00	284.75
ข้าวเปลือกงอก	0	162.07	175.00	179.21	172.09
	1	208.46	200.99	196.53	201.99
	2	238.92	240.10	239.60	239.54
	3	262.00	263.18	264.39	263.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.7 แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าวกล้องงอก	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	0.6400	0.6390	0.6460	0.6416
	1	0.3970	0.3960	0.3820	0.3916
	2	0.3920	0.3910	0.3900	0.3910
	3	0.2620	0.2620	0.2620	0.2620
ข้าวเปลือกงอก	0	18.5347	18.7441	18.6544	18.6440
	1	15.0940	15.2735	15.0641	15.1439
	2	11.9226	11.8029	11.9226	11.8827
	3	8.2126	8.2126	8.2126	8.2126

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางผนวกที่ ง.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของข้าวกล้องงอก และข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	Pr >F
Treatment	7	31.01	4.43	1049.76*	0.0001
A	1	0.00	0.00	0.02^{ns}	0.9016
B	3	9.49	3.16	749.75*	0.0001
A x B	3	21.52	7.17	1699.70*	0.0001
ERROR	16	0.06	0.00		
TOTAL	23	31.08			

Grand Mean = 11.78 CV = 0.55 %

A = ชนิดข้าว B = ระยะเวลาการเก็บรักษา

ns = non significant differenc * = significant at 95% level

ตารางผนวกที่ ง.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบอะมิโลส ของข้าวกล้องงอก และข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	Pr >F
Treatment	7	4310.55	615.79	67.42*	0.0001
A	1	33.53	33.53	3.67^{ns}	0.0734
B	3	3704.80	1234.93	135.21*	0.0001
A x B	3	572.21	190.73	20.88*	0.0001
ERROR	16	146.13	9.13		
TOTAL	23	4456.68			

Grand Mean = 33.14 CV = 9.11 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการหุงต้มข้าว ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	Pr >F
Treatment	7	274.62	39.23	313.86*	0.0001
A	1	0.04	0.04	0.33 ns	0.5717
B	3	271.45	90.48	723.89*	0.0001
A x B	3	3.12	1.04	8.33*	0.0015
ERROR	16	2.00	0.12		
TOTAL	23	276.62			

Grand Mean = 23.87 CV = 1.48 %

ตารางผนวกที่ ง.4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการดูดน้ำ ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	Pr >F
Treatment	7	30954.28	4422.04	11.85*	0.0001
A	1	258.13	258.13	0.69 ns	0.4178
B	3	29535.79	9845.26	26.39*	0.0001
A x B	3	1160.35	386.78	1.04 ns	0.0429
ERROR	16	5969.12	373.07		
TOTAL	23	36923.41			

Grand Mean = 230.81 CV = 8.36 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบโอรีซานอล ของข้าวกล้องงอก และข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	Pr >F
Treatment	7	384.4825	54.9260	4345.87*	0.0001
A	1	1.6260	1.6260	128.66*	0.0001
B	3	368.7426	122.9142	9725.25*	0.0001
A x B	3	14.1137	4.7045	372.24*	0.0001
ERROR	16	0.2022	0.0126		
TOTAL	23	384.6847			

Grand Mean = 13.2173 CV = 0.8505 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ–นามสกุล : นางสาวปุณยนุช ตุ้มจ้อย

วันเดือนปีเกิด : 27 ธันวาคม 2526

ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน : 318 หมู่บ้านบ้านสวนริมคลอง ถนนสุวินทวงศ์ ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

โทรศัพท์ : 09-0205562

ที่อยู่ปัจจุบัน : 318 หมู่บ้านบ้านสวนริมคลอง ถนนสุวินทวงศ์ ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

โทรศัพท์ : 09-0205562

การศึกษา : พ.ศ.2533-2538 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลวัดปิตุลาธิราชรังสฤษฎ์ จังหวัด ฉะเชิงเทรา

พ.ศ.2539–2541 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนดัดดรุณี จังหวัด ฉะเชิงเทรา

พ.ศ.2542-2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ จังหวัด ฉะเชิงเทรา

พ.ศ.2545 ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ–นามสกุล : นางสาวอัจฉรา อุณพันธุ์

วันเดือนปีเกิด : 22 ธันวาคม 2526

ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน : 383 ม.1 ตำบลปากพูน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000

โทรศัพท์ : 04-1454552

ที่อยู่ปัจจุบัน : 383 ม.1 ตำบลปากพูน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000

โทรศัพท์ : 04-1454552

การศึกษา : พ.ศ.2533-2538 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดพระมหาธาตุ จังหวัดนครศรีธรรมราช

พ.ศ.2539-2541 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย จังหวัดนครศรีธรรมราช และโรงเรียนโยธินบำรุง จังหวัดนครศรีธรรมราช

พ.ศ.2542-2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโยธินบำรุง จังหวัดนครศรีธรรมราช

พ.ศ.2545 ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้