21389

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาการทำข้าวกล้องงอกและผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องงอก พันธุ์ปทุมธานี 1

The Study of Germinated Brown Rice Process and Effect of Storage Time on Quality of Germinated Brown Rice cv. Pathumthani 1

T099984

โดย

นางสาวกุลวลี ทรัพย์เฉลิม

นางสาวผกามาศ อินทร์พันธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. อุมา แสงคร้าม

ส/ภ
ก๗๘ ก
2549

เสนอ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99984
วัน,เดือน,ปี.17 มิ.ย.2550

b.11b29013
i.....

คโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)

พุทธศักราช 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

การศึกษาการทำข้าวกล้องงอกและผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องงอก พันธุ์ปทุมธานี 1

The Study of Germinated Brown Rice Process and Effect of Storage Time on Quality of Germinated Brown Rice cv. Pathumthani 1

โดย

นางสาวกุลวลี ทรัพย์เฉลิม

นางสาวผกามาศ อินทร์พันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบจาก

.....

(ดร.อุมา แสงคร้าม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรอง

.....

(รศ.ดร.สมยศ เดชภิรัตนมงคล)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การศึกษาการทำข้าวกล้องงอกและผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์ปทุมธานี 1

โดย : นางสาวกุลวลี ทรัพย์เฉลิม
: นางสาวผกามาศ อินทร์พันธ์
ภาควิชา : เทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.อุมา แสงคร้าม

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการทำข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องและจากข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และการศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพข้าวกล้องงอก ผลการทดลอง พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณอะมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก ค่าการสลายตัวในด่าง ของข้าวกล้องที่ทำจากข้าวกล้องและข้าวเปลือก มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนระยะเวลาในการหุงต้มและการดูดน้ำระหว่างการหุงต้ม พบว่า ข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวเปลือกจะดูดน้ำได้น้อยกว่าในระยะเวลาที่กำหนด ในขณะที่ระยะเวลาการหุงต้มนานกว่า และปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวเปลือกงอกจะสูงกว่าข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวกล้อง สำหรับการเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน พบว่า เวลาเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก ทำให้ความชื้น ค่าการดูดน้ำระหว่างการหุงต้ม ค่าการสลายตัวในด่าง และระยะเวลาในการหุงต้มของข้าวเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก การเก็บรักษา คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : The Study of Germinated Brown Rice Process and Effect of Storage Time on Quality of Germinated Brown Rice cv. Pathumthani 1
Author : Miss Kulwalee Sapchalerm
: Miss Pakamas Inpan
Department : Plant Production Technology
Faculty : Agricultural Technology
Advisor : Dr.Uma Sangkram

ABSTRACT

The process of making germinated brown rice from brown rice and paddy of cv. Pathumthani 1 and the effect of storage time on the quality of germinated brown rice were conducted in this study. The results showed that germinated brown rice made from both brown rice and paddy almost had the same quality except water absorption percentage and cooking time. Germinated brown rice made from paddy had less percent water absorption but had higher cooking time and oryzanol. Storage time also effected the physic-chemical properties of germinated brown rice. The moisture content, percent water absorption, alkali spreading value and cooking time of germinated brown rice were increased with the increase of storage time from 0 to 3 month.

Key word : germinated brown rice, storage, rice properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ขอขอบพระคุณ ดร.อุมา แสงคร้าม อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษเป็นอย่างยิ่ง ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและผลักดันให้เกิดมีปัญหาพิเศษเรื่องนี้ พร้อมทั้งเอื้อเฟื้อวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในระหว่างการทำปัญหาพิเศษอาจารย์ให้ความเอาใจใส่ดูแลอย่างใกล้ชิดและคอยช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้น จนทำให้ปัญหาพิเศษเรื่องนี้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา อาจารย์ประจำภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ให้ใช้ในการทำปัญหาพิเศษให้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้และประสบการณ์ต่างๆ อย่างเต็มความสามรถ ซึ่งข้าพเจ้าได้นำวิชาความรู้เหล่านั้นที่ได้รับมาร่วมใช้ในการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เป็นแหล่งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาที่ได้เลี้ยงดูอบรมสั่งสอน ให้โอกาสทางการศึกษาและเป็นกำลังใจให้อยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่สำคัญให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จบรรลุผลดั่งที่ใจมุ่งหวัง

ขอขอบคุณ คุณสมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษให้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณพัชรี ชูอำไพ ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ และให้ความช่วยเหลือในเรื่องการทำรูปเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณ พี่การันต์ ผึ่งบรรหาร นักศึกษาปริญญาโท ที่ให้ความช่วยเหลือเรื่องการทดลองในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณ พี่สุมาลิกาญจน์ ด้วงทอง นักศึกษาปริญญาโท ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกคนที่เป็นกำลังใจ และให้คำปรึกษาข้าพเจ้ามาโดยตลอด

กุลวลี ทรัพย์เฉลิม

ผกามาศ อินทร์พันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางผนวก	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลการทดลองและวิจารณ์	22
สรุป	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก	35
ภาคผนวก ก คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1	36
ภาคผนวก ข กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส และ กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล	37
ภาคผนวก ค ตารางข้อมูลผลการทดลอง	39
ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	43
ประวัติผู้เขียน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าสารอาหารตามธรรมชาติของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร	6
2	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส	8
3	การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตัวของแป้งสุก	11
4	การแบ่งชนิดข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุกและการประเมินด้วยค่าการสลายเมล็ดในด่างที่สัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้มข้าวสุก	12
5	ระดับของการสลายของเมล็ดข้าวในด่าง	20
6	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	23
7	แสดงปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	24
8	แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	26
9	แสดงค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	27
10	แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	28
11	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	29
12	แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1	3
2	โครงสร้างของเมล็ดข้าว	5
3	โครงสร้างโมเลกุลของอะมิโลส	7
4	โครงสร้างโมเลกุลของอะมิโลเพคติน	7
5	กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา	14
6	ระดับการสลายตัวของเมล็ดข้าวในสารละลายด่าง	19
7	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	23
8	แสดงปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	25
9	แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	26
10	แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	28
11	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	30
12	แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
ข.1	แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส	37
ข.2	แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล	38
ค.1	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	39
ค.2	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	40
ค.3	แสดงข้อมูลความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	40
ค.4	แสดงข้อมูลการสลายตัวในสารละลายด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	41
ค.5	แสดงข้อมูลระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	41
ค.6	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	42
ค.7	แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	42
ง.1	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน	43
ง.2	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน	44
ง.3	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ระยะเวลาในการหุงต้มของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง.4	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน	45
ง.5	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ข้าว (rice; *Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลกโดยเฉพาะประชากรในทวีปเอเชียจะบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โดยคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งให้พลังงานแก่ร่างกาย สำหรับโปรตีนจะช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกาย ส่วนไขมันในเมล็ดข้าวสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้อีกและไขมันยังมีผลต่อคุณภาพข้าวในด้านการเก็บรักษาด้วย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการปลูกข้าวเพื่อบริโภค ซึ่งข้าวก็เป็นอาหารหลักของประชากรในประเทศและยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ ผลผลิตของข้าวที่ส่งออกส่วนใหญ่อยู่ในรูปของข้าวสาร แต่ปัจจุบันปริมาณผลผลิตข้าวของโลกมีเพิ่มขึ้นทำให้สินค้าข้าวในตลาดส่งออกเริ่มลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อราคาข้าวและรายได้ของเกษตรกร การหาแนวทางที่จะนำข้าวไปใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปจะช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าและยังเป็นการพัฒนาให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ขึ้นมา ซึ่งสามารถเพิ่มรายได้จากการส่งออกของประเทศได้อีกแนวทางหนึ่ง

การทำข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวอีกทางหนึ่ง ซึ่งข้าวกล้องงอกจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวสารขาวขณะเดียวกันก็จะมีคุณภาพในการหุงต้มและการรับประทานดีกว่าข้าวกล้องปกติ โดยที่กระบวนการทำข้าวกล้องงอกอาจทำได้จากข้าวกล้องและข้าวเปลือก รวมถึงคุณภาพของข้าวกล้องจะผันแปรไปขึ้นกับการเก็บรักษา ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการศึกษาการทำข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องและข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 รวมถึงศึกษาผลของการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการทำข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องและจากข้าวเปลือก
2. ศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกพันธุ์ปทุมธานี 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ข้าว (rice; *Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อสังคมไทย ไม่เพียงแต่เป็นแหล่งอาหารที่ให้คาร์โบไฮเดรตประจำวันเท่านั้นแต่ยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญซึ่งถูกส่งไปยังตลาดต่างประเทศ เช่น จีน อินโดนีเซีย อิหร่าน ฮ่องกง มาเลเซีย และสิงคโปร์ เฉพาะในปี พ.ศ. 2540 นำเงินเข้าประเทศมากกว่า 60,000 ล้านบาท นับตั้งแต่ พ.ศ.2522 เป็นต้นมา ประเทศไทยครองความเป็นอันดับหนึ่งในการส่งข้าวไปเลี้ยงประชากรเกือบทั่วโลก จากการส่งออกข้าวสาร 3 ล้านตัน ในปี พ.ศ.2522 เป็นประมาณ 6 ล้านตัน ในปี พ.ศ.2540 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการแข่งขันทั้งทางด้านการผลิตและการตลาดของประเทศไทยว่าเหนือกว่าอีกหลายประเทศที่เป็นคู่แข่งที่สำคัญ เช่น สหรัฐอเมริกา อินเดีย พม่า และเวียดนาม แต่สถานการณ์นี้อาจเปลี่ยนไปได้ ถ้ารัฐบาลไม่ให้การสนับสนุนด้านการพัฒนาพันธุ์ข้าวคุณภาพดีและการเขตกรรม (อรรควุฒิ, 2542)

ประเภทของข้าว

ข้าวเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า (annual grass) จัดอยู่ในตระกูลออไรซา (Genus *Oryza*) วงศ์เกรมินี (Family Paoceae หรือ Gramineae) สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตร้อน (tropical zone) และเขตอบอุ่น (temperate zone) จำนวนชนิดของข้าว (species) ทั้งหมดที่พบในสกุลออไรซานั้นมีประมาณ 20 ชนิด โดยส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น 2 ชุด (diploid, 2n = 24) และส่วนน้อยเป็นพวกที่มีโครโมโซม 4 ชุด (tetraploid,2n = 48) (บุญหงษ์, 2547) ข้าวที่ปลูกเป็นอาหารของมนุษย์มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ *Oryza sativa* L. ปลูกมากในเอเชีย และ *Oryza glaberirima* L. ปลูกมากในแอฟริกาตะวันตก ข้าวทั้งสองชนิดนี้แตกต่างกันที่ข้าวแอฟริกาไม่มีการแตกระแง้ที่สองจากระแง้แรกของรวงข้าว ในปัจจุบันข้าวเอเชียได้รับความนิยมและมีผู้นำไปปลูกแทนข้าวแอฟริกามากขึ้น ข้าวเอเชียที่ปลูกกันในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ชนิด ดังนี้ (วันชัย, 2542; อรรควุฒิ, 2542)

1. อินดิกา (indica) เป็นพันธุ์วันสั้นส่วนใหญ่ปลูกอยู่ในเขตร้อนชื้นมีลักษณะต้นสูง ลำต้นอ่อน แตกกอมาก ใบกว้างสีเขียวอ่อน เมล็ดร่วงง่าย เมล็ดมีลักษณะเรียวยาวค่อนข้างแบน หางเมล็ด (awn) สั้นมาก ขนของข้าวเปลือกสั้น ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ตอบสนองต่อปุ๋ยน้อยแต่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ปลูกมากในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และอินเดีย

2. จาโปนิกา (japonica) บางพันธุ์เป็นพืชวันสั้น ส่วนใหญ่ไม่ไวแสง ปลูกนอกเขตร้อน (เขตอบอุ่น) ลักษณะต้นเตี้ย ลำต้นแข็ง แตกกอปานกลาง ใบแคบมีสีเขียวแก่ เมล็ดร่วงยาก เมล็ดมีลักษณะสั้นกลม หางเมล็ดมีตั้งแต่สั้นมากจนถึงยาว ขนของข้าวเปลือกมีมากและยาว ผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ปลูกมากในเขตกึ่งร้อนหรืออบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ

3. จาวานิกา (javanica) เป็นพันธุ์ไม่ไวแสง ปลูกในเขตเส้นศูนย์สูตรของอินโดนีเซียและพม่า มีลักษณะต้นสูงลำต้นแข็ง แตกกอน้อย ใบกว้างแข็งมีสีเขียวอ่อน เมล็ดร่วงยาก เมล็ดมีลักษณะกว้างและหนาค่อนข้างป้อม หางเมล็ดมีตั้งแต่สั้นมากจนถึงยาว ขนของข้าวเปลือกยาว

ลักษณะของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

จากข้อมูลของกรมวิชาการเกษตร (2543) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวเจ้าหอมที่ไม่ไวต่อช่วงแสง สูงประมาณ 104-133 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขน กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาวทำมุม 45 องศากับลำต้น รวงอยู่ใต้ใบธง ลักษณะของรวงคอรวงสั้น รวงแน่นปานกลาง ความยาวรวง 29-34 เซนติเมตร เปลือกเมล็ดมีขน หางข้าวส่วนมากสั้น บางเมล็ดหางยาว ลำต้นค่อนข้างแข็งถึงปานกลาง เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขน ส่วนมากมีหางสั้น อายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 104-126 วัน ผลผลิตประมาณ 650-774 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาดของเมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ยยาว 10.52 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร หนา 1.95 มิลลิเมตร ข้าวกล้องมีสีขาว ขนาดของเมล็ดข้าวกล้องเฉลี่ยยาว 7.6 มิลลิเมตร กว้าง 2.17 มิลลิเมตร หนา 1.72 มิลลิเมตร ปริมาณอะมิโลส 17.8 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุก เป็นข้าวหุงสุกง่าย เมื่อหุงสุกมีลักษณะนุ่มค่อนข้างเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ให้ผลผลิตสูง คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง แต่ไม่ต้านทานเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม ไม่ควรใช้ปุ๋ยในอัตราสูง โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ถ้าใส่มากเกินไปทำให้ ฟางอ่อน ต้นข้าวล้ม และผลผลิตลดลง

ภาพที่ 1 ลักษณะของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (กรมวิชาการเกษตร, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดของข้าวเรียกว่า คารีออพซิส (caryopsis) หรือข้าวกล้อง (brown rice) ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยกลีบดอกใหญ่ (lemma) และกลีบดอกเล็ก (palea) ทำให้เป็นโครงสร้างของเมล็ดข้าวเปลือกที่สมบูรณ์ กลีบดอกทั้งสองชนิดนี้เมื่อแก่จะค่อนข้างเปราะและประกอบด้วยธาตุซิลิกา (silica) เป็นจำนวนมาก เมื่อนำข้าวเปลือกไปผ่าตัดตามความยาวและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบว่าเมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ (กัญญา, 2545; บุญหงษ์, 2547)

1. แกลบ (hull หรือ husk) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palae) หาง (awn) ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmae) เปลือกใหญ่จะปกคลุมอยู่ 2 ใน 3 ของเนื้อที่เมล็ด เปลือกเล็กจะยึดแน่นอยู่ภายในส่วนของเปลือกใหญ่ด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายตะขอ (hooklike structure) ดังนั้นเปลือกข้าวจึงปิดแน่น

2. ข้าวกล้อง (brown rice) เป็นส่วนที่ใช้บริโภคประกอบด้วยคัพภะ (embryo) และส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) ซึ่งประกอบด้วย

- เยื่อหุ้มข้าวกล้อง (caryopsis coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่ เยื่อชั้นนอก (pericarp) เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก ห่อหุ้มผลอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเส้นใย 6 ชั้น มีสารสีหรืองควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง น้ำตาลจนเกือบดำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญ เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้นรูปยาวเรียงตามขวางและมีผนังบางกันภายในเซลล์ไขมันและสารสีเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ทำให้ข้าวกล้องมีสีและเยื่อคั่น (nucellus) เป็นเซลล์ชั้นที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่พันธะระหว่างนิวเซลลัสกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่นจึงแยกจากกันได้ง่าย

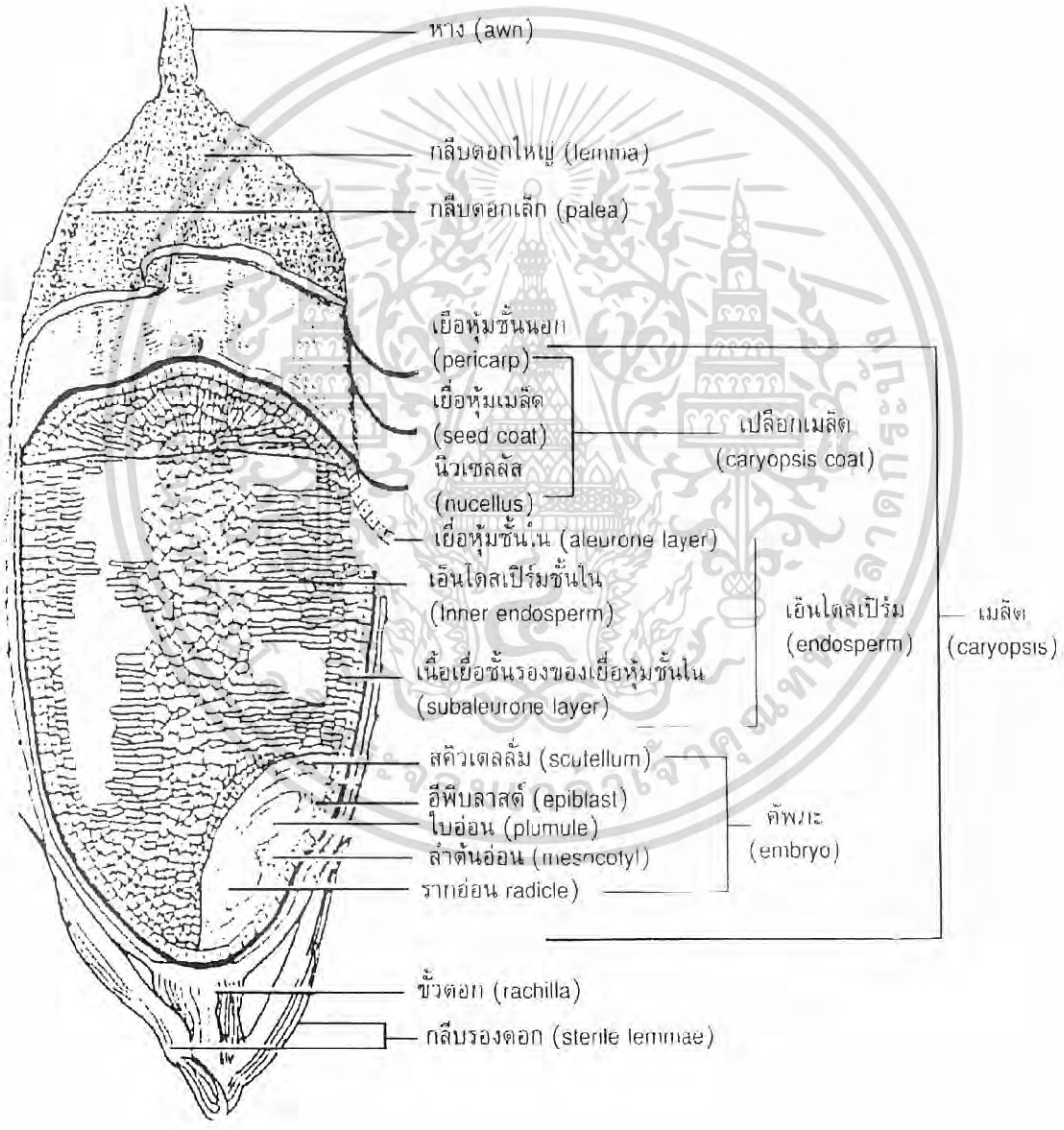
- เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (aleurone layer) อยู่ด้านในต่อจากเยื่อคั่น เป็นเนื้อเยื่อชนิดเดียวกับเนื้อเมล็ด(endoserm) เซลล์ของเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดประกอบด้วย โปรตีนและไขมัน

- ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endoserm) ส่วนของแป้งข้าวที่เรียกว่า เอนโดสเปิร์มนั้นจะเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ (ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้อง เอนโดสเปิร์มจะถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มชั้นใน (aleurone layer) และตัวเอนโดสเปิร์มเองจะประกอบไปด้วยเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cells) ที่มีผนังบางซึ่งบรรจุเม็ดแป้ง (compound starch granules) ไว้เต็ม โดยมีโปรตีนแทรกอยู่รอบนอกใกล้ๆ กับชั้นของเยื่อหุ้มชั้นใน ในเมล็ดข้าวเจ้า (non-granules rice) จะมีเม็ดแป้งอัดแน่นในส่วนของเอนโดสเปิร์ม ทำให้เนื้อข้าวสารมีลักษณะใสกว่าในข้าวเหนียว (glutinous rice) ซึ่งมีเม็ดแป้งอัดกันค่อนข้างหลวม

- คัพภะ (embryo) ตั้งอยู่ตรงด้านฐานของเมล็ดข้าวกล้องด้านที่มีกลีบดอกใหญ่หุ้มไว้ เป็นส่วนที่อยู่ติดกับส่วนที่เป็นแป้งทางด้านท้องของเมล็ด คัพภะเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไป ดังนั้นจึงประกอบด้วยส่วนของต้นอ่อน (plumule) รากแรกเกิด (radicle) โดยมีส่วนของลำต้นอ่อนสั้นๆ (mesocotyl) เชื่อมอยู่ตรงกลางระหว่างส่วนของใบและราก ส่วนของใบจะถูกห่อหุ้มด้วยปลอกหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) และส่วนของรากก็จะถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza)ส่วนของปลอกหุ้มต้นอ่อนนั้นจะถูกล้อมรอบด้วยชั้นของเซลล์ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนจึงอุดมด้วยโปรตีนและไขมันในส่วนต่างๆ



ภาพที่ 2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว (บุญหงษ์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และ น้ำ หรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร ซึ่งปริมาณสารอาหารต่างๆ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าสารอาหารตามธรรมชาติของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร (นิรนาม, 2548)

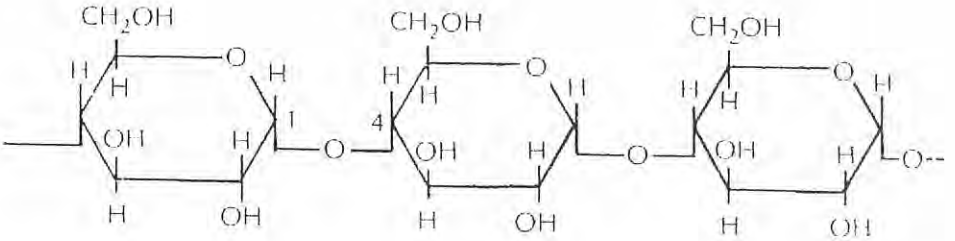
สารอาหารและวิตามิน	ข้าวกล้อง (Brown rice)	ข้าวสาร (Milledrice)
โปรตีน (Protein)%	7.1-8.3	6.3-7.1
ไขมัน (Crude fat) %	1.6-2.8	0.3-0.5
เส้นใย (Crude fibers) %	0.6-1.0	0.2-0.5
เถ้า (Ash) %	1.0-1.5	0.3-0.8
แป้ง (Carbohydrate) %	75.9	76.7-78.4
วิตามิน B1 (Thiamine) mg	2.9-6.1	0.2-1.1
วิตามิน B2 (Riboflavin) mg	0.4-1.4	0.2-0.6
วิตามิน B3 (Niacin) mg	35-53	13-24

หมายเหตุ คุณค่าสารอาหารตามธรรมชาติของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร โดยคิดเป็นคุณค่าสารอาหารต่อน้ำหนักข้าวสาร 100 กรัม

1. คาร์โบไฮเดรต แป้ง (starch) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็คคาไรด์ที่พบมากที่สุดในเนื้อเมล็ดของข้าว ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ จึงมีผลต่อคุณภาพข้าวมากที่สุด โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ลักษณะ คือ อะมิโลส และ อะมิโลเพคติน ซึ่งมีโมเลกุลทั้ง 2 รวมกันแน่นจนเป็นเม็ดแป้ง (อรอนงค์, 2547)

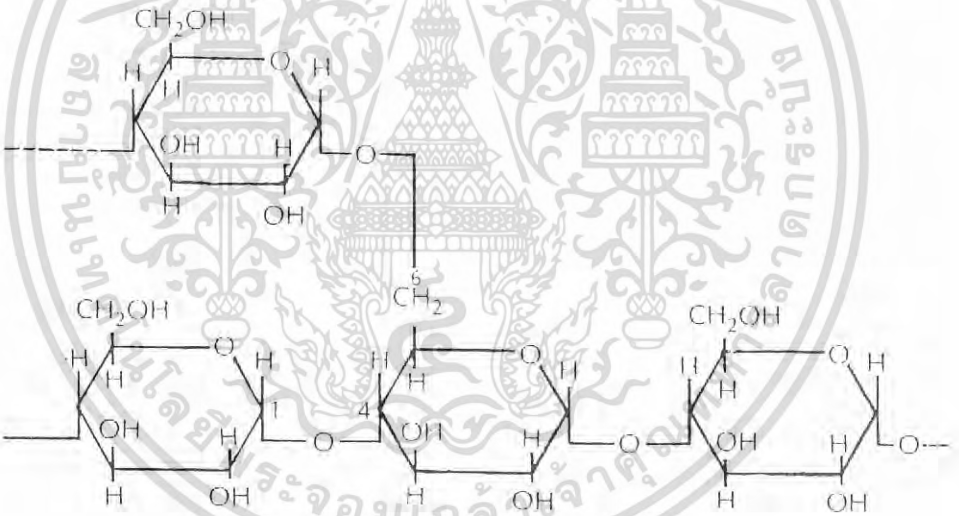
- อะมิโลส ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น Linear chains ด้วยพันธะ α – 1, 4 glucoside bond (อรอนงค์, 2547) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะมีสีน้ำเงิน ในแป้งข้าวจะมีอะมิโลสเป็นส่วนรองโดยอยู่ปะปนกับอะมิโลเพคติน (งามชื่น, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของอะมิโลส (จวงจันทร์, 2529)

- อะมิโลเพคติน ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งเป็นแขนงมากประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ต่อกันด้วยพันธะ α – 1, 4 glucoside bond และ พันธะ α – 1, 6 glucoside bond โครงสร้างของอะมิโลเพคตินมีลักษณะเป็นกิ่งก้านในลักษณะโซ่กิ่งเกลียวคู่ (อรอนงค์, 2547) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง (งามชื่น, 2545)



ภาพที่ 4 โครงสร้างโมเลกุลของอะมิโลเพคติน (จวงจันทร์, 2529)

ปริมาณและสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินจะมีผลต่อคุณภาพในการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะทำให้การหุงสุกมีลักษณะร่วนแข็ง ในขณะข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ จะทำให้ข้าวหุงสุกมีลักษณะนุ่มและเหนียว

โครงสร้างที่แตกต่างกันของแป้งสองชนิดดังกล่าวซึ่งประกอบกันเป็นเมล็ดข้าวนั้น ทำให้ข้าวมีลักษณะแตกต่างกัน 2 ประเภท ดังนี้ (ชาญ, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ข้าวเจ้า (non–glutinous rice, non–sticky rice, non–waxy rice)

ข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้งอะมิโลส 15–31 เปอร์เซ็นต์ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวแป้งที่เหลือจะเป็นอะมิโลเพคติน ปริมาณอะมิโลสในข้าวเจ้าทำให้ข้าวเมื่อหุงสุกแล้วมีลักษณะอ่อนนุ่มหรือแข็งกระด้างต่างกันไป เรียกว่า มีคุณภาพการหุงต้ม (cooking quality) ต่างกัน กล่าวคือ ข้าวพันธุ์ที่ยิ่งมีอะมิโลสมากเมื่อหุงสุกแล้วจะยิ่งแข็ง เช่น ข้าวพันธุ์ กข1 มีอะมิโลส 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อหุงสุกแล้วจะแข็ง ส่วนพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีอะมิโลส 22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อหุงสุกแล้วจึงมีลักษณะอ่อนนุ่ม น่ารับประทาน ส่วนข้าวญี่ปุ่นจัดอยู่ในประเภทจาโปนิกา (japonica) มีอะมิโลสเพียง 10–24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อหุงสุกแล้วจึงเหนียวมากกว่าข้าวไทยซึ่งเป็นข้าวประเภทอินดิกา (indica)

(2) ข้าวเหนียว (glutinous rice)

ประกอบด้วยแป้งประเภทอะมิโลเพคตินถึง 95 เปอร์เซ็นต์ มีแป้งประเภทอะมิโลสน้อยมากหรือบางพันธุ์ไม่มีเลยมีแต่แป้งอะมิโลเพคตินล้วนๆ เมื่อหุงจึงสุกง่ายซึ่งมีลักษณะอ่อนนุ่มและเหนียว

ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส (งามชื่น, 2545)

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0 – 2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
- ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	10 – 19	เหนียว - นุ่ม
- ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20 – 25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
- ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	26 - 34	ร่วน - แข็ง

2. โปรตีน ในข้าวมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว โปรตีนจะเกิดขึ้นตามส่วนต่างๆ ของเมล็ด มีมากในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด และเนื้อเมล็ดด้านนอกมีโปรตีนมากกว่าใจกลางเมล็ด

ปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดในโปรตีนของข้าวเปลือกไม่ต่างจากข้าวกล้องและข้าวสารมากนัก ในส่วนเปลือกมีโปรตีนอยู่น้อยมาก (2–3 เปอร์เซ็นต์) เราจะได้รับโปรตีนจากเนื้อเมล็ดมากเนื่องจากสัดส่วนของเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนอื่น และแหล่งที่มีโปรตีนมากอีกส่วนหนึ่งคือชั้นถัดจากแอลิวโรน และชั้นแอลิวโรน โดยสะสมเป็นกลุ่มโปรตีน (protein bodies) (อรอนงค์, 2538; อรอนงค์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลของโปรตีนรวมตัวกันเป็นรูปร่างโปรตีนมีกลูเทลินเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ภายในนั้น มี 3 รูปแบบ คือ แบบผลึก (crystalline) แบบรูปร่างกลมขนาดเล็กและรูปร่างกลมขนาดใหญ่ และโปรตีนที่แทรกอยู่ในเมล็ดจะแทรกอยู่ระหว่างเม็ดแป้งที่เชื่อมโยงกับเม็ดแป้ง อาจมีผลต่อการเกิดเจลาทิไนซ์ทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างได้ง่าย และโมเลกุลของอะมิโลสไม่ซึมผ่านออกไป มีผลต่อลักษณะความอ่อนหรือแข็งของเจลเมื่อเย็นลง ซึ่งส่งผลต่อข้าวสุกที่มีลักษณะนุ่ม เหนียวหรือร่วน (อรอนงค์, 2538)

3. ไขมัน ข้าวมีปริมาณไขมันประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของข้าวทั้งเมล็ด คล้ายกับธัญพืชอื่น และมีอยู่ในส่วนของรำข้าวมากกว่าเนื้อเมล็ด การสีข้าวให้ขาวทำให้มีไขมันเหลืออยู่เพียง 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์ ประเภทของไขมันในข้าวส่วนใหญ่คือ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมาคือฟอสฟอลิพิด (phospholipids) ไกลโคลิพิด (glycolipids) และ เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) (Hoseney, 1986; Henry and Kettlewell, 1996) องค์ประกอบของไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งมีอยู่มาก ได้แก่ กรดโอลิอิก 42.5 เปอร์เซ็นต์, ลิโนเลอิก 39.1 เปอร์เซ็นต์, และปาล์มมิติก 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรดไขมันที่มีน้อย ได้แก่ กรดสเทียริก 1.9 เปอร์เซ็นต์, ลิโนเลนิก 1.1 เปอร์เซ็นต์, ไมรีสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์ และบีเฮนิก 0.2 เปอร์เซ็นต์ (Kreuzer, 2000)

นอกจากสารอาหารต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ในน้ำมันรำข้าวยังมีสารที่มีประโยชน์อื่นๆ ได้แก่ ทอโคไทรอีนอล และทอโคเฟอรอล ซึ่งเป็นสารในกลุ่มวิตามินอี และมีสารโอรีซานอล ซึ่งเป็นสารประกอบเอสเทอร์ของกรดเฟอริวลิก มีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่น (antioxidation) มีผลต่อการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันการอุดตันของเส้นเลือด และช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมันและแร่ธาตุบางชนิด (Obanni *et al.*, 1998; Pszczola, 2001)

4. ความชื้น ปริมาณความชื้นเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับคุณภาพเมล็ดข้าวทั้งทางตรงและทางอ้อม คือปริมาณความชื้นของข้าวใช้เป็นเกณฑ์สำคัญเพื่อการซื้อขายข้าว ข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมเสียเร็วกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งความชื้นที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาที่เหมาะสมคือ 13 เปอร์เซ็นต์ จะเก็บรักษาได้ดีภายในเวลา 6 เดือน (Juliano,1985) และข้าวบางพันธุ์จะมีกลิ่นสารละเหยที่มีอยู่ประจำพันธุ์ เช่นข้าวหอมพันธุ์ที่ซื้อขายในตลาดโลกคือพันธุ์ข้าวที่มีสาร 2-แอซิทิล-1-ไพร์รอลีน (2-acetyl-1-pyroline) ซึ่งเป็นสารหลักของกลิ่นหอมจากข้าว (Juliano, 1985; Juliano, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว

ข้าวกล้อง คือ ข้าวที่สีเอาเปลือก (แกลบ) ออกโดยยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ ซึ่งจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวนี้ เป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมาก

ข้าวขาวหรือข้าวสาร คือ ข้าวที่เกิดจากการสีขัดหลาย ๆ ครั้ง จนเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวหลุดออกไปเหลือแต่เนื้อในของข้าว (แป้ง) (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

เมื่อกะเทาะเปลือกของข้าวเปลือกออกแล้วจะได้แกลบและข้าวกล้อง ในการขัดสีผิวข้าวกล้องด้วยเครื่องขัดขาวจะได้รำ (bran) ซึ่งประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด นิวเซลลัส ชั้นแอลิวโรน และคัพภะ รวมเป็นน้ำหนักประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวกล้องก่อนขัดสี รำนี้จะมีสีน้ำตาล เมื่อทำการขัดมันต่อไปจะมีส่วนของรำหลงเหลือบางส่วน ชั้นซับแอลิวโรนหลุดออกมาบางส่วนและเนื้อของเมล็ดบางส่วนรวมเรียกส่วนที่ได้จากการขัดมันนี้ว่า รำขาว

ลักษณะของข้าวกล้องจะมีผิวเมล็ดไม่เรียบ สีน้ำตาลเนื่องจากสารสีที่อยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ด มีคัพภะติดอยู่ด้านท้องของเมล็ด ส่วนข้าวสารมีสีขาวขนาดเล็กกว่าข้าวกล้องเล็กน้อย ไม่มีคัพภะติดอยู่ ส่วนที่คัพภะหลุดไปแล้วเรียกว่า จมูกข้าว ส่วนรำที่ได้ในขั้นขัดผิวข้าวจะมีสีน้ำตาลเข้มและรำที่ได้จากขั้นขัดมันจะมีสีขาว ส่วนข้าวสารมีผิวเรียบ มัน อาจมีสีขาวใส (ข้าวเจ้า) หรือสีขาวขุ่น (ข้าวเหนียว) ขึ้นอยู่กับลักษณะของพันธุ์ข้าว (Juliano, 1985)

สำหรับคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวกล้องและข้าวสาร ซึ่งสัมพันธ์กับคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานประกอบด้วย

(1) ความชื้น กิติยา (2545) กล่าวว่า หลังจากเก็บเกี่ยวและนวดข้าวจะได้ข้าวเปลือกซึ่งยังคงมีความชื้นในเมล็ดสูง เมล็ดเป็นสิ่งมีชีวิตมีการหายใจ การลดความชื้นเมล็ดจึงมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา อัตราการเสื่อมคุณภาพ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ เชื้อรา ดังนั้นหลังจากเก็บเกี่ยวและนวดจะต้องรีบตาก หรือลดความชื้นเมล็ดให้แห้งโดยเร็วที่สุด เพื่อลดอัตราการหายใจของเมล็ด ลดการเกิดเชื้อราซึ่งเป็นเหตุให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเร็วยิ่งขึ้น โดยลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือ 12–14 เปอร์เซ็นต์

Wimberly (1983) รายงานว่าความชื้นที่เหมาะสมของเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บรักษาไว้ในสภาพไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมหรืออุณหภูมินั้น ถ้าเก็บข้าวเปลือกไว้นาน 2–3 เดือน เมล็ดควรมีความชื้น 13–14 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเก็บรักษาไว้นานกว่า 3 เดือน จะต้องลดความชื้นเมล็ดให้ต่ำ 12–12.5 เปอร์เซ็นต์

(2) ปริมาณอะมิโลส อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคทินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่นแป้งข้าวเหนียวมีอะมิโลสอยู่เพียงเล็กน้อย 0-2 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะข้าวสุกจะเหนียวมากในแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะมิโลสอยู่มาก 10-34 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวสุกจะเหนียวนุ่ม ปริมาณอะไมโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอะมิโลสที่สุกแล้ว retrogradation

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มมีผลต่อคุณภาพข้าวสุกเช่นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำต้องการน้ำน้อยในการหุงต้มถ้าใส่น้ำมากเกินไปข้าวสุกจะแฉะเละ ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงต้องการน้ำมากในการหุงต้มจึงจะได้ข้าวสุกที่นุ่ม ข้าวหุงขึ้นหม้อซึ่งถ้าใส่น้ำน้อยเกินไปข้าวสุกจะแข็งกระด้าง

(3) ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) แม้ปริมาณอะมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ในระหว่างข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกันเนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน การทดสอบความแข็งของแป้งสุกสามารถทดสอบจากการอ่านระยะทางแป้งไหล (งามชื่น, 2545)

ตารางที่ 3 การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตัวของแป้งสุก (งามชื่น, 2545)

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

(4) ระยะเวลาในการหุงต้ม การต้มเมล็ดข้าวให้สุกอาจใช้เวลา 14–24 นาทีหรือมากกว่านั้น เมล็ดข้าวสุกต้องไม่มีไตของแป้งดิบภายในเมล็ด ระยะเวลานี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) หรือจากค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง (alkali test) โดยแช่เมล็ดข้าวสารในสารละลาย KOH 1.7 เปอร์เซ็นต์ นาน 23 ชั่วโมง และใช้ค่าการสลายของเมล็ดที่ปรากฏมาประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสุกได้ แม้ว่าระยะเวลาหุงต้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุก แต่ความหนาของเมล็ดข้าวทำให้ต้องยืดเวลาหุงต้มออกไปอีก เช่น ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากัน ข้าวที่มีเมล็ดหนาจะต้องใช้เวลาการหุงต้มนานกว่าข้าวเมล็ดบาง ในทำนองเดียวกันโปรตีนซึ่งมีมากตามบริเวณผิวนอกของเมล็ดอาจเป็นอุปสรรคในการซึมผ่านของน้ำและทำให้เวลาหุงต้มนานออกไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 การแบ่งชนิดข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุกและการประเมินด้วยค่าการสลายเมล็ดในด่างที่สัมพันธ์กับระยะเวลาหุงต้มข้าวสุก (งามชื่น, 2545)

อุณหภูมิแป้งสุก (°ซ)	ระดับ	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง	ระยะเวลาหุงต้ม (นาที)
ต่ำกว่า 65	ต่ำ	6-7	12–17
70 – 74	ปานกลาง	4–5	17–24
มากกว่า 75	สูง	1-3	> 24

ผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าว

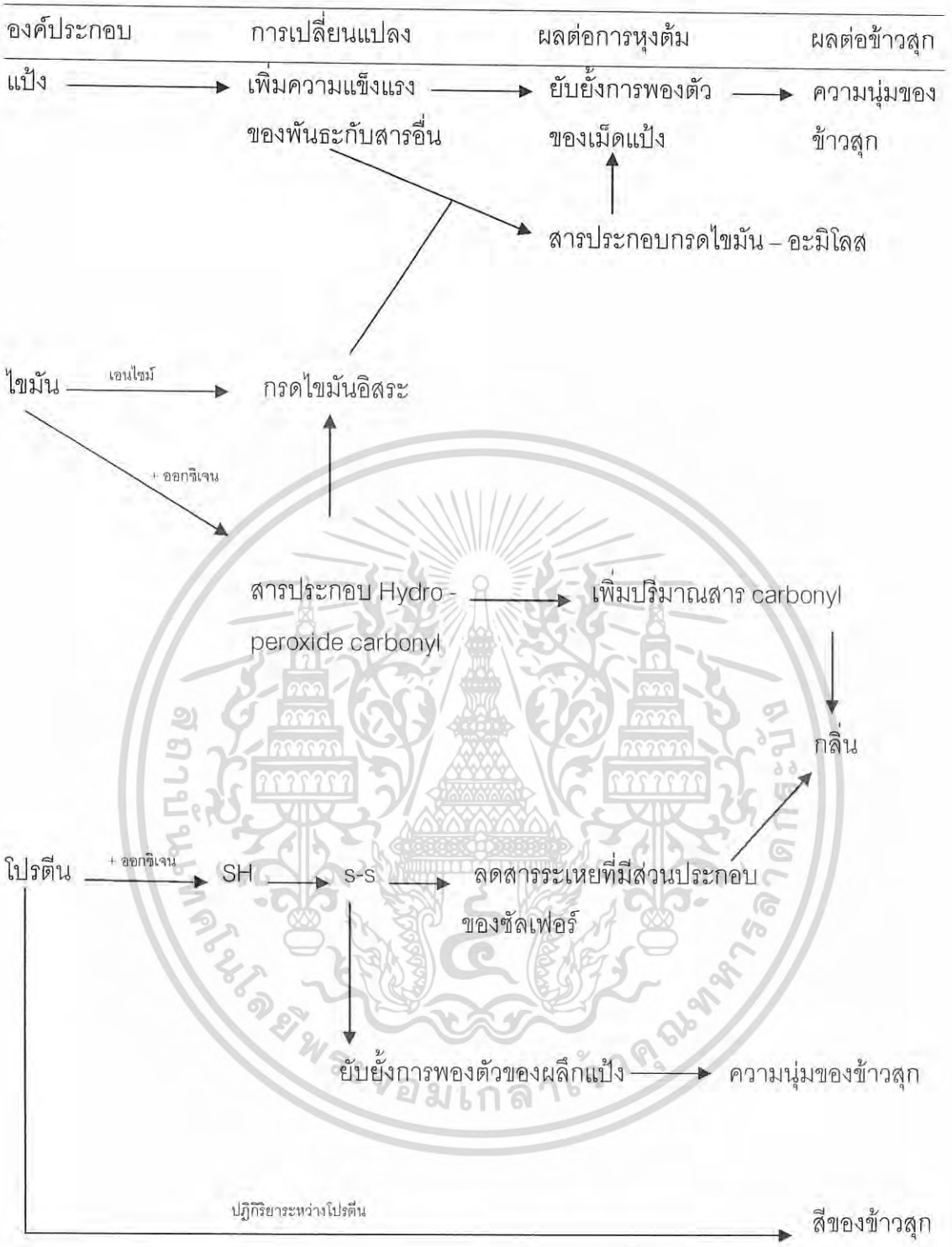
การเปลี่ยนแปลงของข้าวเกิดขึ้นตลอดเวลาตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงผู้บริโภค โดยขึ้นอยู่กับสภาวะของการเก็บรักษา ที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และความชื้น ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพข้าว โดยจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางเคมี-ฟิสิกส์ โดยพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสภาวะอื่น ข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่จะได้ลักษณะข้าวหุงสุกที่นุ่มแฉะ เกาะติดกัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มาก อุ้มน้ำได้น้อย ขยายปริมาตรไม่มาก ตรงกันข้ามกับลักษณะข้าวหุงสุกจากข้าวเก่าซึ่งร่วนแข็ง ไม่เกาะติดกัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อย อุ้มน้ำมาก ขยายปริมาตรมาก นอกจากนี้ข้าวที่เก็บไว้นานในอุณหภูมิสูงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แต่จะไม่เปลี่ยนแปลงมากถ้าเก็บที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับกลิ่นและรสชาติของข้าวเก่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบของข้าวโดยเฉพาะในกลุ่มของสารระเหยที่ให้กลิ่นผิดปกติ จากไขมัน กรดอะมิโน และวิตามิน เช่นสารกลุ่มแอลดีไฮด์ คีโตน ได้แก่ เมทิลเมอร์แคพเทน (methyl mercaptan) ไดเมทิลซัลไฟด์ (dimethyl sulfide) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide) และไฮโดเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) โดยในระหว่างการเก็บรักษาสารเหล่านี้จะเพิ่มหรือลดลงบ้าง แต่มีผลต่อกลิ่นที่ผิดจากปกติทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (อรอนงค์, 2547)

ข้าวที่ถูกเก็บรักษาไว้จะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแป้งและโปรตีนในเมล็ดข้าว ส่งผลให้มีการปรับสภาพการละลายและการเกิดเจลให้มีความคงตัวและการละลายในน้ำน้อยลง มีผลให้ข้าวเก่าต้องการน้ำในการหุงมากกว่าข้าวใหม่ (Swamy, 1972) ลักษณะข้าวหุงสุกของข้าวเก่าจะแข็งและร่วนมากกว่าข้าวใหม่ ความหนืดและความคงตัวของแป้งจะเพิ่มขึ้น ส่วนองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ปริมาณอะมิโลส และแป้งยังคงใกล้เคียงกับข้าวใหม่ (Joliano, 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของ 3 องค์ประกอบหลัก คือ แป้ง ไขมัน และโปรตีน กรดไขมันอิสระที่ได้จากการย่อยของ เอนไซม์ เมื่อทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้ง โดยเฉพาะโมเลกุลของอะมิโลสมีผลยับยั้งการขยายตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสวย นอกจากนี้ไขมันเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ จะได้สารประกอบประเภท Hydroperoxides carbonyl สารประเภท carbonyl นี้ ทำให้ข้าวมีกลิ่นหืน เช่นเดียวกับการเกิดกลิ่นหืนในน้ำมัน ในส่วนของโปรตีนเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะได้สารที่มีส่วนประกอบที่มีธาตุกำมะถัน –s-s- ที่คงตัวมากขึ้น ทำให้สารระเหยที่มีส่วนประกอบของซัลเฟอร์ลดลงและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นของข้าว ในพันธะเดียวกัน สารประกอบ -s-s- นี้ยังมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม ทำให้ข้าวสวยมีความนุ่มลดลง ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนทำให้ข้าวเก่ามีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ ผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีส่วนกระทบกระเทือนต่อคุณสมบัติการหุงต้มของเมล็ดและข้าวสุก กล่าวคือ ข้าวเก่าเมื่อหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้นหรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง และมีผลให้ข้าวสุกขยายปริมาตร (bulk volume) ได้มากขึ้นหรือขึ้นหม้อดีขึ้น ทั้งนี้ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้นโดยไม่แตกตัว น้ำข้าวจะใสขึ้น เมล็ดข้าวอาจต้องใช้เวลาต้มให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย สีของข้าวจะคล้ำมากขึ้น ในข้าวเก่าจะมีกลิ่นสาบ เมล็ดเหลืองมากขึ้น สีบเนื่องจากปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างจุลินทรีย์หรือเคมีในข้าวเปลือกที่ได้รับความชื้นและความร้อนสูงก่อนที่จะทำการลดความชื้น (Moritake and Yasumatsu,1972 อ้างโดย งามชื่น, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา
(Moritake and Yasumatsu,1972 อ้างโดย งามชื่น, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice)

การทำข้าวกล้องงอกสามารถทำได้เองโดยแช่ข้าวกล้องในน้ำที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 20-22 ชั่วโมงหรือแช่ข้าวกล้องในน้ำเย็น 2-3 วันแต่ต้องมีการเปลี่ยนน้ำบ่อยๆ เพื่อป้องกันเชื้อแบคทีเรียซึ่งจะทำให้ข้าวกล้องงอกที่ได้มีกลิ่นเหม็น Hiroshi (2005) กล่าวว่า ข้าวกล้องงอกที่ได้จะหุงง่าย และข้าวที่หุงจะมีรสชาติที่หวาน นุ่มกว่าข้าวกล้อง Suzuki and Maekewa (1999) กล่าวว่าในกระบวนการทำข้าวกล้องงอกนั้นต้องมีการควบคุมระยะเวลาในการแช่ข้าวกล้อง fluidization ของน้ำ อุณหภูมิน้ำ และปริมาณออกซิเจนในน้ำเพื่อให้การงอกมีประสิทธิภาพ ซึ่งจากการทดลองพบว่า อุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมคือ 30°ซ โดยควบคุมให้มีปริมาณออกซิเจนในน้ำระหว่าง 3.5-4.5 mg/l

กระบวนการทำข้าวกล้องงอกด้วยวิธี twin screw extruder และใช้จุลินทรีย์เป็นส่วนประกอบในการวิจัยโดยแช่ข้าวกล้องในน้ำอุ่น 30°ซ เวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดความชื้นเหลือ 13-15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสาร gamma-aminobutyric acid (GABA) เส้นใยอาหารและกรดเฟอร์ริคมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ (Ohtsubo *et al.*,2004)

Komatsuzaki *et al.* (2003) รายงานผลการทำข้าวกล้องงอกโดยการบ่มข้าวให้คัพภะมีขนาดใหญ่ขึ้น (ประมาณ 1 มม.) โดยการแช่น้ำอุ่นซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ 35°ซ (Komatsuzaki *et al.*, 2005) 3 ชั่วโมงและให้แก๊ส 21 ชั่วโมง พบว่าปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอก (24.9mg/100g) เพิ่มมากกว่าการแช่ข้าวกล้องแบบทั่วไป (10.1mg/100g) แม้ว่าจุลินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการแช่ข้าวกล้องแต่เมื่อฆ่าเชื้อโดยการนึ่ง 20 นาทีและใช้เอทานอล 3 นาที สาร GABA ก็ไม่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 จำนวน 20 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ความงอก 95 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นเริ่มต้น 12.63 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์

1. ตู้อบ (oven) ยี่ห้อ Memmert modell 800
2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo electron รุ่น Helios gamma
3. อ่างน้ำร้อน (water bath) ยี่ห้อ Memmert
4. เครื่อง vortex mixer
5. เครื่องสกัดไขมัน ยี่ห้อ FALC รุ่น BE 6
6. เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าว
7. เครื่องขัดสีข้าว
8. เครื่องโม่แป้ง
9. ตะแกรงร่อนที่มีความละเอียด100 เมช (mesh)
10. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย ประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 ข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. การทำข้าวกล้องงอก

(1) การทำข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้อง

นำข้าวเปลือกมากะเทาะเปลือกออกโดยเครื่องกะเทาะ ทำการคัดแยกเมล็ดแตกหัก เศษสิ่งเจือปนต่างๆ ออก นำข้าวกล้องที่ได้ไปล้างน้ำ 2-3 น้ำ จากนั้นนำไปแช่น้ำในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยทำการเปลี่ยนน้ำทุกชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำข้าวกล้องมาใส่ในตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำ แล้วใช้ผ้าขาวบางชุบน้ำหมาดปิดทับบ่มไว้เป็นเวลา 21 ชั่วโมง หลังจากการบ่มนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นให้เหลือ 10±1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เหมาะสมต่อการเก็บรักษา จากนั้นนำข้าวกล้องงอกที่ได้บรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดสนิทและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

(2) การทำข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก

ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่ไม่ต้องทำการกะเทาะเปลือกข้าวก่อนการแช่น้ำและการเก็บรักษาจะเก็บรักษาในรูปของข้าวเปลือก โดยทำการกะเทาะก่อนการวิเคราะห์คุณสมบัติเมื่อครบกำหนดการเก็บรักษาแต่ละระยะ

3. การบันทึกข้อมูล

(1) เปอร์เซ็นต์ความชื้น

ทำการหาความชื้นของข้าวหลังจากครบกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษาแต่ละระยะ โดยนำถ้วยทดสอบความชื้น (moisture can) ไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักจนคงที่ก่อนนำไปใช้และบันทึกค่าน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักถ้วยทดสอบความชื้นพร้อมฝา ใส่ตัวอย่างข้าวทั้งเมล็ด 25 กรัมต่อ 1 ถ้วย บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเก็บในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก คำนวณความชื้นของเมล็ดข้าวจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%น้ำหนักเปียก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างข้าวก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างข้าวหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างข้าวก่อนอบ}} \times 100$$

(2) ปริมาณอะมิโลส

บดเมล็ดข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องโม่แป้งร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช ชั่งแป้งมา 0.1000 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรที่แห้งสนิท เติมเอทธิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 1 มล. เขย่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99984

เบา ๆ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 9 มล. ต้มในอ่างน้ำร้อนนาน 10 นาทีให้เป็นน้ำแป้ง แล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล.

ดูดน้ำแป้งปริมาตร 5 มล. ใส่ในขวดแก้วปริมาตร 100 มล.อีก 1 ชุดเติมน้ำกลั่น 70 มล. กรดเกลเซียลอะซิติกปริมาณ 1 มล. และสารละลายไอโอดีน 2 มล. เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 100 มล.เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร (nm.) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณอะมิโลสโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวก ข)

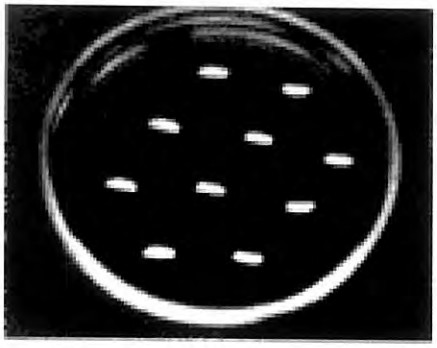
(3) ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)

ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวกล้องงอกที่บดและร่อนผ่านตะแกรงกรองขนาด 100 เมช แล้วชั่ง 0.0100 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 13×100 มิลลิเมตร เติมเอทธิลแอลกอฮอล์ที่ละลาย thymol blue 0.025 เปอร์เซ็นต์ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 N ปริมาณ มล.นำไปปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย vortex mixer นำไปต้มในน้ำเดือดโดยใช้ลูกแก้วปิดปากหลอดทดลอง ใช้เวลา 8 นาที เมื่อครบกำหนดนำมาปั่นอีกครั้งและทำให้เย็นด้วยน้ำเย็นจัด (น้ำผสมน้ำแข็ง) 20 นาที จากนั้นวางหลอดในแนวนอนบนกระดาษกราฟที่มีช่องแบ่งละเอียด วางทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาทีก่อนอ่านระยะทางที่น้ำแป้งสุกไหลไปบนกระดาษกราฟ

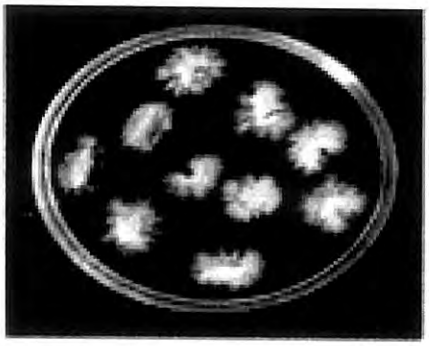
(4) การสลายเมล็ดในด่าง (alkaline digestion test)

สุ่มเมล็ดข้าวกล้องงอกมา 10 เมล็ดต่อซ้ำใส่ลงในจานแก้วทดสอบ (petri dish) แล้ววางบนพื้นราบสีดำ เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.7% ปริมาณ 10 มล. โดยให้เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควร ปิดฝาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ขยับเขยื้อนเป็นเวลา 23 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตรวจเมล็ดข้าวตามลักษณะการสลายของเมล็ดข้าวและให้คะแนน

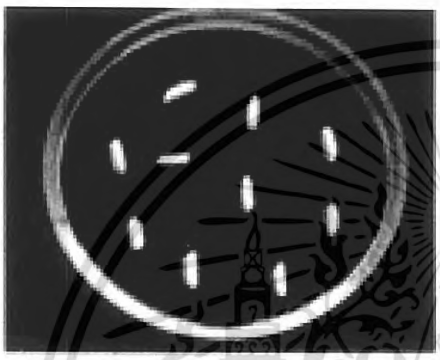
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



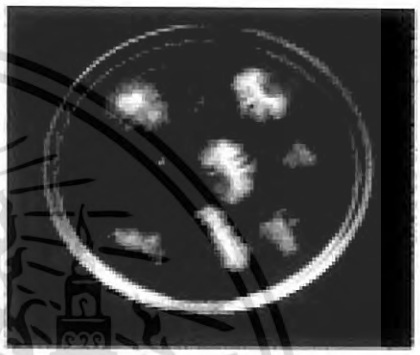
1 คะแนน



5 คะแนน

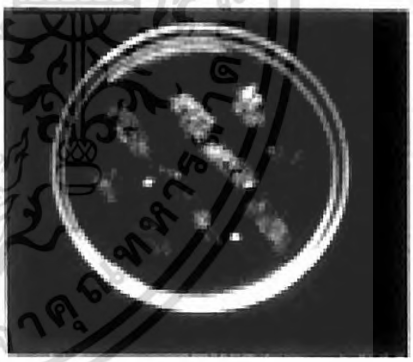


2 คะแนน

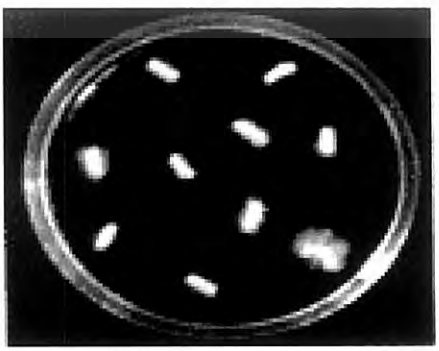


6 คะแนน

3 คะแนน



7 คะแนน



4 คะแนน

ภาพที่ 6 ระดับการสลายตัวของเมล็ดข้าวในสารละลายด่าง (อรอนงค์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ระดับของการสลายของเมล็ดข้าวในด่าง (งามชื่น,2545)

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

(5) เวลาการหุงต้ม

ต้มน้ำกลั่นปริมาตร 400 มล. ในบีกเกอร์ขนาด 600 มล. ให้เดือด ใส่ตัวอย่างข้าว 30 กรัมต่อซ้ำลงในน้ำเดือดพร้อมกับจับเวลา หลังจากครบ 10 นาทีทำการสุ่มตัวอย่างข้าวนาทีละ 10 เมล็ดวางบนแผ่นแก้วแล้วนำแผ่นแก้วอีกหนึ่งแผ่นกดบนเมล็ดข้าว ตรวจดูไตสีขาวตรงกลางเมล็ดข้าว บันทึกค่าเวลาต้มข้าวที่เหมาะสม เมื่อเมล็ดข้าว 9 ใน 10 เมล็ดไม่มีไตสีขาวตรงกลาง

(6) การดูดน้ำของข้าว

ชั่งตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องงอกจำนวน 2 กรัม ใส่หลอดทดลองที่ชั่งไว้แล้ว เติมน้ำ 20 มล. ปิดปากหลอดทดลองด้วยสำลี ต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที รินน้ำออกให้ข้าวสะเด็ดน้ำทิ้งให้เย็น 30 นาที ชั่งน้ำหนักข้าวสุก คำนวณการดูดน้ำของเมล็ดข้าวจากสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) การทดสอบหาปริมาณโอรีซานอล

นำข้าวกล้องงอกมาขัดสีเพื่อให้ได้รำข้าวมาสกัดน้ำมัน ปริมาณรำข้าวที่ใช้ 10 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชม. แล้วนำมาเก็บในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนนำไปสกัดด้วยเฮกเซน 200 มล. ด้วยเครื่องสกัดไขมัน จากนั้นนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporater) นำตัวอย่างน้ำมันที่ได้ตัวอย่างละ 0.1000 มิลลิกรัม ละลายด้วยเฮปเทน (n-heptane) ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร (nm.) นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับการดูดกลืนแสงของสารละลายแกรมมาโอรีซานอลมาตราฐาน (ภาคผนวก ข)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SAS version 6.12

สถานที่และเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์ความชื้น

ผลการทดลองการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของข้าว พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้งหมดของข้าวทั้ง 2 ชนิด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 และภาพที่ 7)

เมื่อพิจารณาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 1 และ 2 เดือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการเก็บรักษาข้าวทั้ง 2 ชนิดยิ่งใช้ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าก่อนการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ

แม้ว่าข้าวจะเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทแต่การที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาน่าจะเนื่องมาจากข้าวยังสามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศภายนอกได้โดยการแลกเปลี่ยนความชื้นจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุที่ใช้ในการเก็บรักษาและเมล็ดพืชมีคุณสมบัติเป็น hygroscopic คือสามารถรับหรือถ่ายเทความชื้นจากบรรยากาศที่อยู่รอบๆได้จนกว่าแรงดันไอน้ำ (moisture vapor pressure) ภายในเมล็ดจะเท่ากับแรงดันน้ำภายนอกเมล็ดซึ่งที่จุดนี้จะเกิดสภาวะสมดุล (equilibrium) ขึ้นหรืออาจกล่าวได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเป็นตัวกำหนดความชื้นเมล็ด (จวงจันทร์, 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	11.32	12.27	12.27	13.31	12.33[a]
ข้าวเปลือกงอก	12.34	12.40	13.21	13.60	12.83[a]
เฉลี่ย	11.83[b]	12.33[ab]	12.80[ab]	13.45[a]	
CV(%)	= 7.22				

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 7 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณอะมิโลส

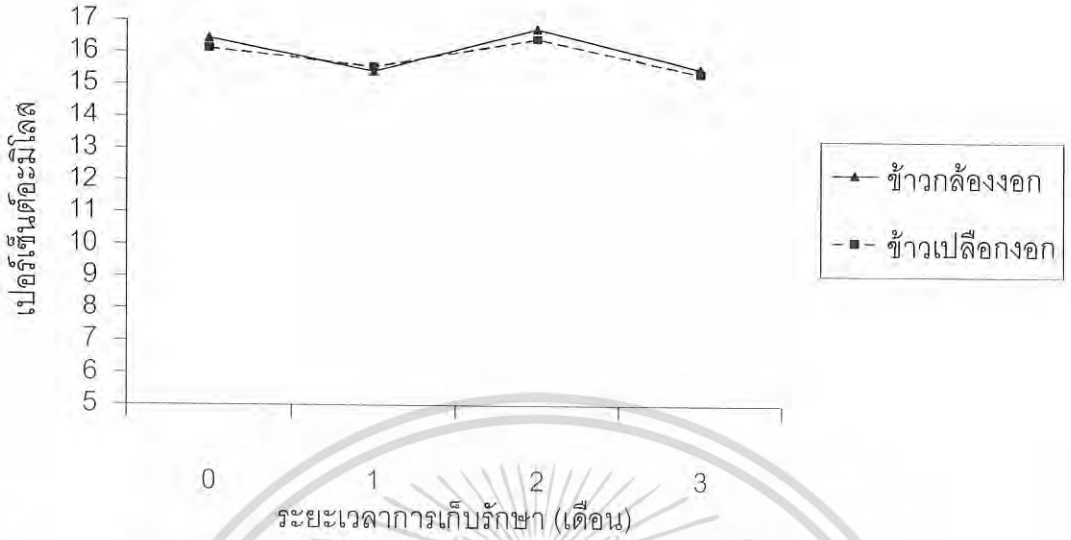
สมบัติทางเคมีที่สามารถใช้บอกความแข็งของข้าวหุงสุกได้ คือ ปริมาณอะมิโลส จากการทดลองพบว่าแม้เปอร์เซ็นต์อะมิโลสของข้าวทั้ง 2 ชนิดจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6 และภาพที่ 7) โดยข้าวเปลือกงอกมีเปอร์เซ็นต์อะมิโลสสูง (16.05 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าข้าวกล้องงอก (15.90 เปอร์เซ็นต์) ก็ตาม แต่เปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสดังกล่าวยังจัดอยู่ในกลุ่มอะมิโลสต่ำ (มีปริมาณอะมิโลส <20 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งลักษณะข้าวสุกที่ได้จะแฉะติดกัน นุ่ม และมีความมันวาว (อรอนงค์, 2538)

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันก็พบว่ามีผลให้ปริมาณอะมิโลสของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามปริมาณอะมิโลสดังกล่าวยังคงอยู่ระหว่าง 15.50–16.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าค่าสูงสุดของข้าวกลุ่มอะมิโลสต่ำ (20 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	16.44	15.43	16.79	15.56	15.90[a]
ข้าวเปลือกงอก	16.13	15.60	16.47	15.41	16.05[b]
เฉลี่ย	16.28[b]	15.51[c]	16.63[a]	15.49[c]	
CV(%) = 3.49					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 แสดงปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก พันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

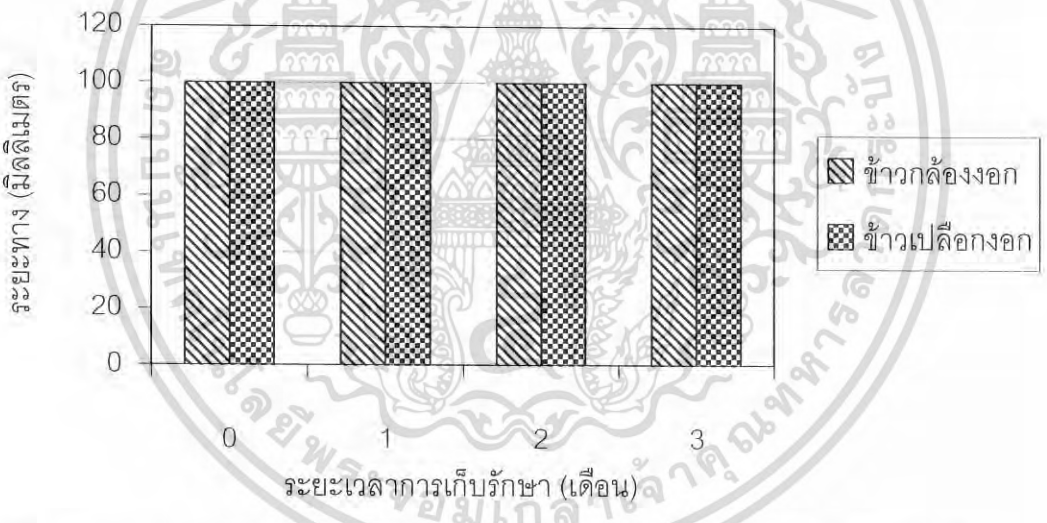
ความคงตัวของแป้งสุก

การทดลองเรื่องความคงตัวของแป้งสุกในข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกโดยวัดระยะทางที่น้ำแป้งสุกหรือเจลไหลบนกระดาษกราฟ แสดงในตารางที่ 8 และภาพที่ 9 พบว่าค่าความคงตัวของแป้งสุกทั้งหมดของข้าวทั้ง 2 ชนิดมีค่าคงที่เท่ากันคือ 100 มม. และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันของข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่าค่าความคงตัวของแป้งสุกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน โดยค่าความคงตัวของแป้งสุกของข้าวทั้ง 2 ชนิดยังมีค่าเท่ากันคือ 100 มม. แสดงว่าข้าวทั้ง 2 ชนิดเป็นข้าวประเภท soft gel consistency เมื่อหุงแล้วจะยังคงได้ข้าวสุกที่มีความนุ่มอยู่เช่นเดียวกับก่อนการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

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



ภาพที่ 9 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าว

จากการตรวจสอบการสลายเมล็ดข้าวในด่างของข้าวกล้องและข้าวเปลือกงอก เปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน โดยสังเกตลักษณะการสลายของเมล็ดข้าวทั้ง 2 ชนิด พบว่า เมล็ดข้าวทั้ง 2 ชนิด แตกปริทางขวางหรือทางยาวกระจายออกโดยรอบและกว้าง เมล็ดข้าวพองตัวและมีการกระจายตัวของแป้ง เมล็ดบางเมล็ดสลายรวมกับแป้งที่กระจายออกมา โดยมีคะแนนการสลายอยู่ในช่วง 5 – 6 คะแนน

ตารางที่ 9 แสดงค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
ข้าวเปลือกงอก	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
เฉลี่ย	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	

ระยะเวลาในการหุงต้ม

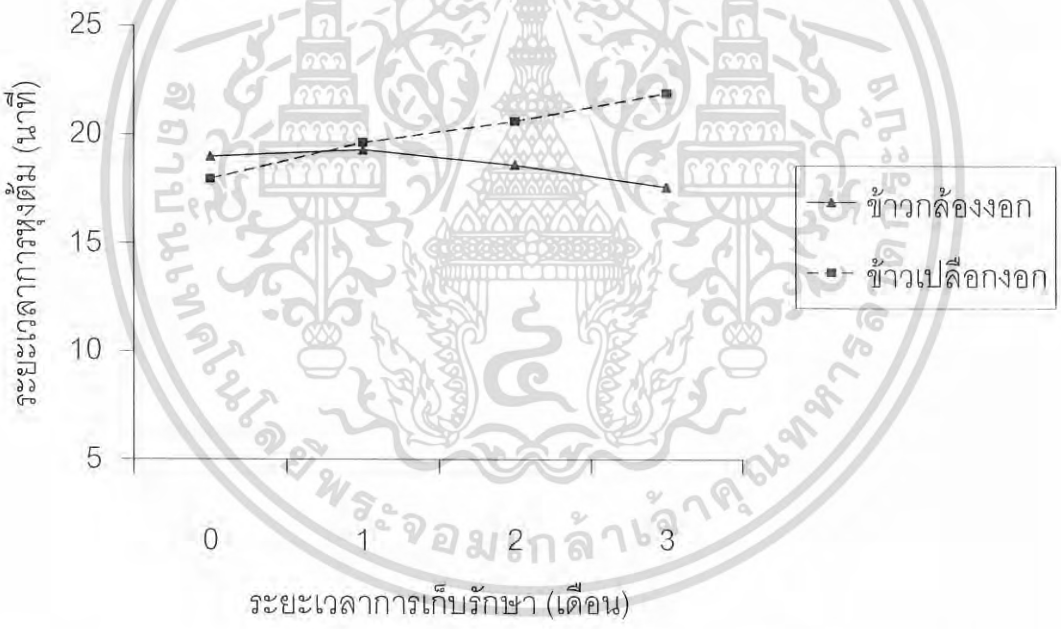
ระยะเวลาในการหุงต้มของข้าวเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก ในการทดลองนี้พบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวเปลือกงอกจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวกล้องงอก

เมื่อเก็บรักษาข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าการเก็บรักษา ไม่มีผลทำให้เวลาในการหุงต้มของข้าวแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มให้เห็นว่าระยะเวลาการหุงต้มจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาข้าวนานขึ้น โดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 3 เดือน ข้าวจะใช้เวลาในการหุงต้มนานที่สุด (ตารางที่ 10 และภาพที่ 10) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้มจะสอดคล้องกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ เมื่อเปรียบเทียบจากตารางที่ 11 และภาพที่ 11 ของเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	19.00	19.33	18.67	17.67	18.67[b]
ข้าวเปลือกงอก	18.00	19.67	20.67	22.00	19.92[a]
เฉลี่ย	18.50[b]	19.50[a]	19.67[a]	19.83[a]	
CV(%) = 3.49					



ภาพที่ 10 แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอก พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำทั้งหมดของข้าวทั้ง 2 ชนิดจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 11) โดยข้าวกล้องงอกจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำทั้งหมดสูงกว่าข้าวเปลือกงอก เนื่องมาจากข้าวกล้องงอกสัมผัสอากาศเกิดขบวนการเสื่อมสภาพได้ไวกว่าข้าวเปลือกงอก

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวทั้ง 2 ชนิดในแต่ละระยะการเก็บรักษา พบว่าข้าวจะมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน จะมีค่าการดูดน้ำสูงกว่าข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือนอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าการดูดน้ำที่ระยะการเก็บรักษา 3 เดือนเท่ากับ 115.61 เปอร์เซ็นต์

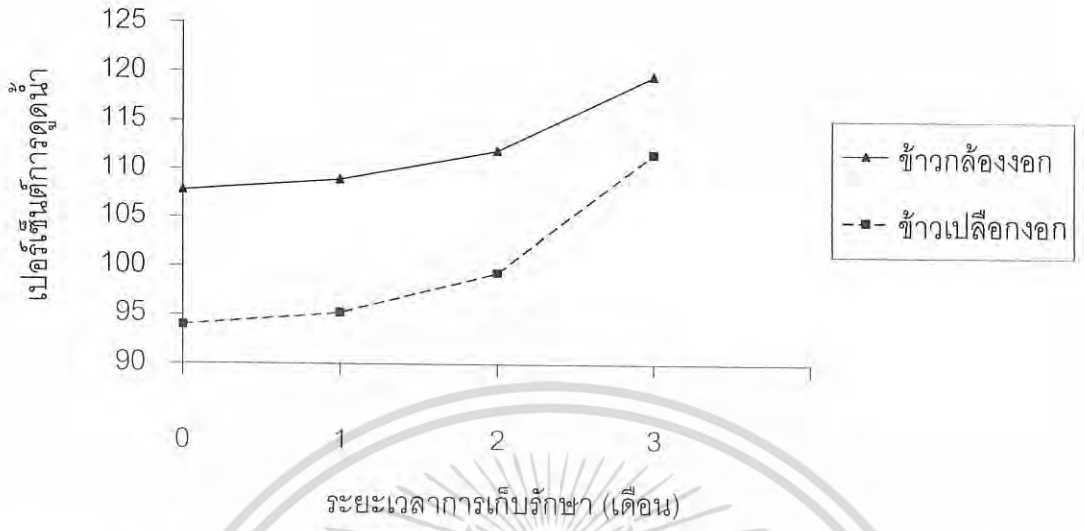
โดยทั่วไปข้าวเก็บไว้นาน (ข้าวเก่า) จะมีการดูดน้ำสูงกว่าข้าวใหม่ทำให้ข้าวเก่าต้องการน้ำมากในการหุงต้มมากกว่าข้าวใหม่ ซึ่งข้าวที่เก็บไว้ในสภาพข้าวเปลือกจะเสื่อมสภาพหรือมีสภาพของข้าวเก่าช้ากว่าข้าวที่กะเทาะเปลือกแล้ว

ตารางที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	107.82	108.92	111.99	119.60	112.08[a]
ข้าวเปลือกงอก	93.96	95.21	99.34	111.63	100.08[b]
เฉลี่ย	100.89[b]	102.06[b]	105.66[b]	115.61[a]	

CV(%) = 5.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ปริมาณโอรีซานอล

เปรียบเทียบระหว่างชนิดข้าวของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพบว่า ปริมาณโอรีซานอลทั้งหมดของข้าวทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณโอรีซานอลของข้าวเปลือกงอกมีค่ามากกว่าข้าวกล้องงอก (ตารางที่ 12 และภาพที่ 12)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวก็พบว่ามีผลต่อปริมาณโอรีซานอลของข้าวทั้ง 2 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน จะมีปริมาณโอรีซานอลสูงสุด รองลงมาได้แก่ข้าวที่เก็บไว้เป็นเวลา 0, 3 เดือน และ 1 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	18.8006	17.1950	20.2500	17.6737	18.4798[b]
ข้าวเปลือกงอก	19.2793	18.5646	22.7931	19.5120	20.0373[a]
เฉลี่ย	19.0400[b]	17.8798[d]	21.5216[a]	18.5929[c]	

CV(%) = 1.07

ภาพที่ 12 แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ข้าวกล้องเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวที่ขัดสีแล้ว แต่ในการหุงต้มเป็นข้าวสุกนั้นต้องใช้เวลานานและข้าวหุงสุกจะมีลักษณะแข็งกว่าข้าวสาร ในการทดลองนี้พบว่าการทำข้าวกล้องงอกสามารถลดระยะเวลาในการหุงต้มข้าวสุก โดยข้าวกล้องงอกมีการดูดน้ำน้อยกว่าข้าวกล้องปกติ และค่าสลายตัวในด่าง (5- 6 คะแนน) สูงกว่าข้าวกล้องปกติ แสดงถึงอุณหภูมิในการหุงต้มที่ต่ำ (ค่าวิเคราะห์คุณภาพข้าวกล้องแสดงในภาคผนวก ก)

จากการศึกษาการทำข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้องและข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และศึกษาผลของการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน 4 ระยะได้แก่ 0, 1, 2 และ 3 เดือน ที่มีต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก พบว่า ข้าวกล้องงอกที่ได้จากข้าวกล้องและข้าวเปลือกมีคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานใกล้เคียงกันในทุกลักษณะที่ทำการวัด ยกเว้นการดูดน้ำระหว่างการหุงต้ม ระยะเวลาในการหุงต้มและปริมาณโอรีซานอล ซึ่งข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวเปลือกจะดูดน้ำได้น้อยกว่าในระยะเวลาที่กำหนด ในขณะที่ใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวเปลือกนั้นสูงกว่าข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวกล้อง สำหรับผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก พบว่า การเก็บรักษาที่นานขึ้นจะทำให้ความชื้น ค่าการดูดน้ำในระหว่างการหุงต้ม และระยะเวลาการหุงต้มของข้าวกล้องงอกทั้งที่ทำจากข้าวกล้องและข้าวเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2543. ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1. [http://www.doa.go.th/germplasm/rice4.htm] วันที่ 16 มีนาคม 2549.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. มาตรฐานข้าวไทย. [http://www.doa.go.th/rri/tech/m6_3_1.htm] วันที่ 16 มีนาคม 2549.

กัญญา เชื้อพันธุ์. 2545. คุณภาพข้าวทางกายภาพ. หน้า 1-10. ใน: คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. งามชื่น คงเสรี (บรรณาธิการ). จริวัฒน์เอ็กเพรส. กรุงเทพฯ.115 หน้า

กิติยา กิจควรดี. 2545. การเก็บเกี่ยวและปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ข้าวคุณภาพดี. หน้า 47-60. ใน: คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. งามชื่น คงเสรี (บรรณาธิการ). จริวัฒน์เอ็กเพรส. กรุงเทพฯ. 115 หน้า

งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวสวย. หน้า 11-30. ใน: คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. งามชื่น คงเสรี (บรรณาธิการ). จริวัฒน์เอ็กเพรส.กรุงเทพฯ.115 หน้า

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กลุมหนังสือเกษตร. 210 หน้า.

ชาญ มงคล. 2536. เรื่องข้าว. โรงพิมพ์การศาสนากรมการศาสนา. กรุงเทพฯ. 149 หน้า

นิรนาม. 2548. ข้าวกล้อง. [http://www.silvergreenshop.com/info/rice/rice/_brown.html] วันที่ 16 มีนาคม 2549.

บุญหงษ์ จงคิด. 2547. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย-ธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 184 หน้า

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2542. ข้าว. หน้า 1-29. ใน: พืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538.เอกสารคำสอนวิชาเคมีธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหา-วิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า

Henrry, R.J. and P.S. Keltlewell. 1996. Cereal Grain Quality. Chapman & Hall, London.

James E.W. 1983. Drying. Technical Handbook for the Paddy Rice Post harvest Industry inDeveloping Countries. International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Phillipines. pp. 18-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Juliano, B.O.1985. Rice: Chemistry and Technology. 2nd ed. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St.Paul, Minnesota.

Juliano, B.O.1993. Rice in Human Nutrition. FAO Food and Nutrition Series, No 26. the International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Laguna (Phillipines), and Food and Agriculture Organization of the united Nations (FAO). Rome

Kreuzer, H. 2000. Dividends from Rice. Food Product Design, Weeks Publishing Company, USA Rice Foundation. Texas.

Moritaka, S. and K, Yasumatsu. 1972. Study on Cereal. The effect of sulfhydryl group on storage deterioration of mille rice. Eiyo To Shokuryo 25 : 59-62. อ้างโดย งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวสวย. หน้า 11-30. ใน: คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. งามชื่น คงเสรี (บรรณาธิการ). จริวัฒน์เอ็กเพรส.กรุงเทพฯ.115 หน้า

Komatsuzaki N., Tsukahara K., Toyoshima H., Suzuki T., Shimizu N., and Kimura T.2003. Effect of Soaking and Gaseous Phase Sprout Process The GABA Content of Pre-Germinated Brown Rice.[http://www.asae.frymulti.com/abstract.asp?aid=15332&t=2] June 30, 2005.

Komatsuzaki N., Tsukahara K., Toyoshima H., Suzuki T., Shimizu N., and Kimura T.2005. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. [http://www.sciencedirect.com/science] March 13, 2006.

Obanni M.,C. Mitchell and D. Medcalf. 1998. Healthy ingredients and food from rice Cereal foods world. 43 (9) : 696-698.

Ohtsubo, K., Suzuki K., Yasui Y., and Kasumi T. 2004. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin screw extruder [http://www.sciencedirect.com/science] March 13, 2006.

Pszczola, D.E. 2001. Rice : Not just for throwing. Food Tech. 55 (2) : 53-59.

Suzuki K., and Maekawa T. 1999. Analysis on Sprouting of Brown Rice. [http://www.sasj.org/journal_e/abstract/p30_101e.html] June 30, 2005.

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

Wimberly, J.E. 1983. Paddy Rice. Post Harvest Industry in Developing Countres, International Rice Research Institure, Manila, Phillippines. 188 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1

การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวกล้องพันธุ์ปทุมธานี 1 ก่อนการทำข้าวกล้องงอกได้ผลดังนี้

คุณสมบัติที่ตรวจวัด	ค่าวิเคราะห์	หมายเหตุ
ความชื้น	12.63 %	
ปริมาณอะมิโลส	15.41%	อยู่ในกลุ่มอะมิโลสต่ำ
ความคงตัวแป้งสุก	100 มม.	จัดอยู่ในประเภท soft gel consistency
ค่าการสลายเมล็ดในด่าง	4-5 คะแนน	ลักษณะการแตกปริของเมล็ดข้าว เมล็ดจะพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง จนถึงระดับที่ผิวของเมล็ดข้าวบริทางขวางหรือทางยาว และมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง
ระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม	22 นาที	
เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ	97.88 %	
ปริมาณโอรีซานอล	19.6084 ppm	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

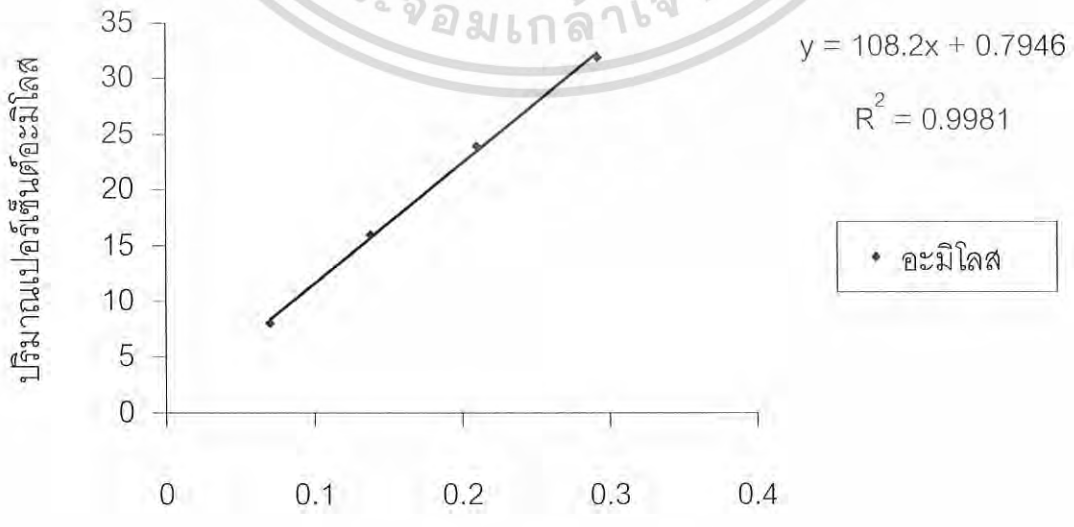
ภาคผนวก ข

การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

ชั่งโปเตโตอะมิโลส 0.0400 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรที่แห้งสนิทแล้วดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่างที่เป็นสารละลายมาตรฐาน (น้ำแป้ง) เตรียมขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 100 มล. จำนวน 4 ขวด ดูดสารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 1, 2, 3 และ 4 มล. ซึ่งเทียบเท่าปริมาณอะมิโลส ร้อยละ 8, 16, 24 และ 32 ใส่ในขวดที่เตรียมไว้ เติมน้ำกลั่นขวดละ 70 มล. เติมกรดเกลเชียลอะซิติก ปริมาณ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มล.ในขวดที่ 1-4 ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มล. ลงในแต่ละขวดที่เตรียมไว้ เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร (nm.) หลังปรับเครื่องด้วย blank ให้ได้ค่าเท่ากับ 0 นำค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณอะมิโลสในสารละลายมาตรฐานมาเขียนกราฟมาตรฐานกราฟระหว่างปริมาณอะมิโลสและค่าการดูดกลืนแสง

ตารางผนวกที่ ข.1 แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

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



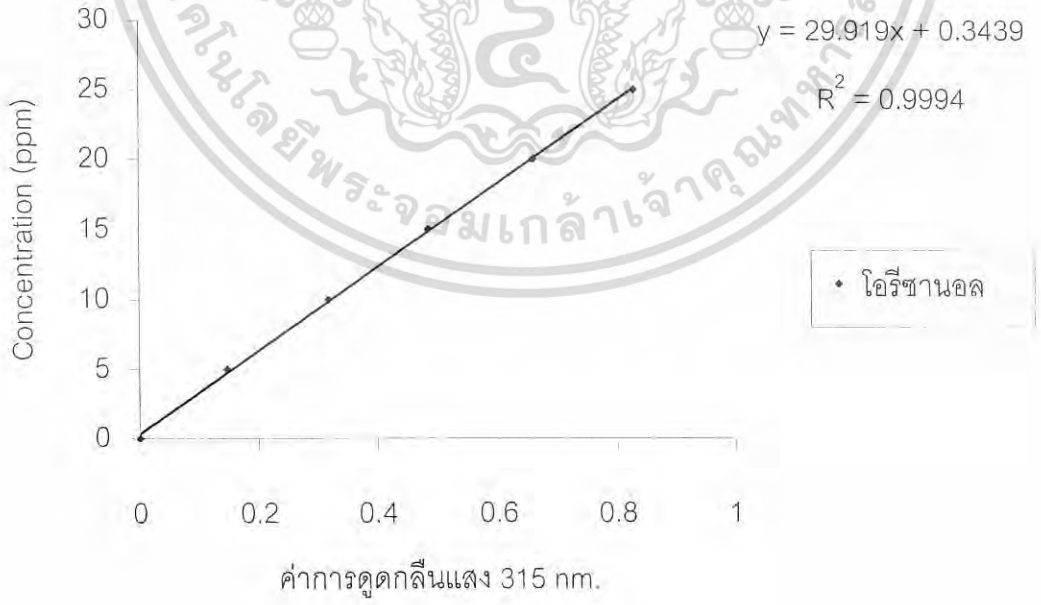
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล

ชั่งแกรมมาโอรีซานอล 50±0.0001 มก. ปรับปริมาตรด้วยเฮปเทน (n-heptane) ด้วยขวดปริมาตร 100 มล. เพื่อเป็น stock solution จากนั้นเตรียมความเข้มข้นต่างๆ โดยปิเปตสารเริ่มต้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 มล. ลงในขวดปรับปริมาตร 50 มล. ปรับปริมาตรด้วยเฮปเทน (n-heptane) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร (nm.) และนำค่าการดูดกลืนแสงต่างๆ ที่วัดได้เขียนกราฟมาตรฐาน

ตารางผนวกที่ ข.2 แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางผนวกที่ ค.1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	13.27	12.26	13.42	12.99
	1	12.39	12.28	12.16	12.27
	2	12.42	12.43	12.35	12.40
	3	13.26	13.23	13.44	13.31
ข้าวเปลือกงอก	0	12.22	12.35	12.47	12.34
	1	12.36	12.40	12.43	12.40
	2	13.34	13.12	13.15	13.21
	3	13.47	13.49	13.83	13.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.2 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	15.6748	17.2140	16.4287	16.4391
	1	16.4601	14.5439	15.2978	15.4339
	2	17.2454	16.1459	16.9627	16.7847
	3	15.2664	16.2402	15.1722	15.5596
ข้าวเปลือกงอก	0	15.9575	16.8056	15.6119	16.1250
	1	15.8318	15.7376	15.2036	15.5910
	2	17.0255	16.1774	16.2088	16.4705
	3	15.5805	15.6748	14.9837	15.4130

ตารางผนวกที่ ค.3 แสดงข้อมูลความคงตัวของแป้งสุก (มม.) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (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
ข้าวเปลือกงอก	0	100	100	100	100
	1	100	100	100	100
	2	100	100	100	100
	3	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.4 แสดงข้อมูลการสลายตัวในสารละลายด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
	1	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
	2	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
	3	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
ข้าวเปลือกงอก	0	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
	1	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
	2	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
	3	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6

ตารางผนวกที่ ค.5 แสดงข้อมูลระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	18	19	20	19.00
	1	19	19	20	19.33
	2	19	19	18	18.67
	3	18	18	17	17.67
ข้าวเปลือกงอก	0	18	18	18	18.00
	1	20	20	19	19.67
	2	21	20	21	20.67
	3	21	22	23	22.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.6 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	106.47	109.50	107.50	107.82
	1	105.42	111.39	109.95	108.92
	2	111.50	107.96	116.50	111.99
	3	110.45	132.34	116.00	119.60
ข้าวเปลือกงอก	0	97.51	87.80	96.55	93.96
	1	91.09	97.51	97.01	95.21
	2	93.03	102.49	102.49	99.34
	3	108.46	114.43	112.00	111.63

ตารางผนวกที่ ค.7 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชนิดของข้าว	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
ข้าวกล้องงอก	0	18.5347	19.3026	18.5646	18.8006
	1	17.1484	17.3080	17.1285	17.1950
	2	20.2799	20.1204	20.3497	20.2500
	3	17.7867	17.7667	17.4675	17.6737
ข้าวเปลือกงอก	0	19.3126	19.2627	19.2627	19.2793
	1	18.7740	18.6444	18.2754	18.5646
	2	22.7034	22.8430	22.8330	22.7931
	3	19.5220	19.6616	19.3524	19.5120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางผนวกที่ ง.1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	11.2587	1.6084	1.94 ^{ns}	0.1285
A	1	1.8768	1.8768	2.27 ^{ns}	0.1516
B	3	8.5693	2.8564	3.45*	0.0417
AB	3	0.8126	0.2709	0.33 ^{ns}	0.8057
ERROR	16	13.2443	0.8278		
TOTAL	23	24.5030			

GRAND MEAN = 12.61 %

CV(%) = 7.22

* (singnificant) = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ns (non significant) = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Factor A = ชนิดของข้าว

Factor B = ระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	6.2029	0.8861	93.71*	0.0001
A	1	0.1431	0.4131	15.13*	0.0013
B	3	5.8376	1.9459	205.78*	0.0001
AB	3	0.2221	0.0740	7.83*	0.0019
ERROR	16	0.1513	0.0095		
TOTAL	23	6.3542			
GRAND MEAN	= 15.98 %				
CV(%)	= 0.61				

ตารางผนวกที่ ง.3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	42.2917	6.0417	13.18*	0.0001
A	1	12.0417	12.0417	26.27*	0.0001
B	3	6.4583	2.1528	4.70*	0.0155
AB	3	23.7917	7.9306	17.30*	0.0001
ERROR	16	7.3333	0.4583		
TOTAL	23	49.6250			
GRAND MEAN	= 19.36				
CV(%)	= 3.49				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง.4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	.MS	F	F(0.05)
Treatment	7	1710.9668	244.4238	8.14*	0.0003
A	1	871.3355	871.3355	29.02*	0.0001
B	3	804.9456	268.3152	8.94*	0.0010
AB	3	34.6857	11.5619	0.39 ns	0.7652
ERROR	16	480.4174	30.0261		
TOTAL	23	2191.3842			
GRAND MEAN	= 106.06 %				
CV(%)	= 5.17				

ตารางผนวกที่ ง.5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาแตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	63.0077	9.0011	210.26*	0.0001
A	1	14.5539	14.5539	339.97*	0.0001
B	3	45.0796	15.0265	351.01*	0.0001
AB	3	3.3741	1.1247	26.27*	0.0001
ERROR	16	0.6845	0.0428		
TOTAL	23	63.6926			
GRAND MEAN	= 19.2585 ppm				
CV(%)	= 1.07				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวกุลวลี ทรัพย์เฉลิม

วันเดือนปีเกิด : 30 มิถุนายน พ.ศ. 2526

ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน : 94 ม.5 ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30320

โทรศัพท์ : 04-0387859

ที่อยู่ปัจจุบัน : 94 ม.5 ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา 30320

โทรศัพท์ : 05-9593234

การศึกษา : พ.ศ. 2533-2538 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนเรืองศรีวิทยา
จังหวัดนครราชสีมา

พ.ศ. 2539-2541 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนรุ่งอรุณวิทยา
จังหวัดนครราชสีมา

พ.ศ. 2542-2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนปากช่อง
จังหวัดนครราชสีมา

พ.ศ. 2545 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวผกามาศ อินทร์พันธ์
วันเดือนปีเกิด : 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2526
ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน : 14 ม.4 ต.พุแค อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี 18240
โทรศัพท์ : 07-9169452
ที่อยู่ปัจจุบัน : 14 ม.4 ต.พุแค อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี 18240
โทรศัพท์ : 07-9169452
การศึกษา : พ.ศ. 2533-2538 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดใหม่สามัคคีธรรม
จังหวัดสระบุรี
พ.ศ. 2539-2541 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพุแควิทยา
จังหวัดสระบุรี
พ.ศ. 2542-2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพุแควิทยา
จังหวัดสระบุรี
พ.ศ. 2545 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้