สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Packing Material on Quality of Geminated Brown Rice during Storage

โดย

นายทศพล สิทธิวงศ์

นางสาววรลักษณ์ บุญสมภาพ

T 102739

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. อุมา แสงคร้าม

สบว. ท 8387 2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 102739
วัน,เดือน,ปี 18 ส.ค. 2552

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)

พุทธศักราช 2550

b.19040952
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาคเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

ชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Packing Material on Quality of Geminated Brown Rice during Storage

โดย

นายทศพล สิทธิวงศ์
นางสาววรลักษณ์ บุญสมภพ

ได้พิจารณาเห็นชอบจาก

.....

(ผศ.ดร. อุมา แสงคร้าม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรอง

.....

(รศ.ดร.สมยศ เดชภิรัตนมงคล)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่ 21 เดือน ม.ค. พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง :ชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกระหว่างการเก็บรักษา
โดย :นายทศพล สิทธิวงศ์
:นางสาววรลักษณ์ บุญสมภพ
ภาควิชา :เทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะ :เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา :ผศ.ดร.อุมา แสงคร้าม

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบผลของวัสดุที่ใช้บรรจุและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 วางแผนทดลองแบบ 2x4 factorial in CRD ปัจจัยการทดลองประกอบด้วย บรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ และระยะเวลาเก็บรักษา 5 ระยะ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน การทำข้าวกล้องงอกดำเนินการโดยนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 19 ชั่วโมง และบ่มในสภาพชื้นอีก 5 ชั่วโมง ก่อนลดความชื้นและเก็บรักษาไว้ในรูปข้าวเปลือกซึ่งจะนำมากะเทาะเพื่อวิเคราะห์เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด ผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันไม่มีผลให้คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ที่ตรวจวัดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งค่าการสลายตัวในด่างของข้าว ระยะเวลาหุงต้ม การดูดน้ำในระหว่างหุงต้ม การขยายปริมาตรของข้าวหุงสุก และความแข็งของข้าวหุงสุก รวมทั้งเปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าว และปริมาณโอรีซานอล สำหรับผลของการเก็บรักษา พบว่า เวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก ทำให้การดูดน้ำระหว่างการหุงต้ม และการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุกเพิ่มขึ้น แต่ความแข็งของข้าวหุงสุก เปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าวและปริมาณโอรีซานอลลดลง นอกจากนี้ในการทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสยังพบว่าระยะเวลาเก็บรักษาทำให้กลิ่นและรสชาติของข้าวเปลี่ยนแปลงเป็นผลให้ความชอบโดยรวมของผู้ชิมต่อข้าวลดลง

คำสำคัญ : ข้าวกล้องงอก การเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว ปริมาณน้ำมัน สารโอรีซานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title :Effect of Packing Material on Quality of Germinated Brown Rice during Storage

Authors :Mr.Tossapon Sitthiwong

:Ms.Worraluck Boonsomphop

Department :Plant Production Technology

Faculty :Agricultural Technology

Advisor :Asst.Prof.Dr. Uma Sangkram

ABSTRACT

This research was conducted to study the effects of packing material and storage time on the quality of germinated brown rice cv.RD.6. The experimental design was 2*4 factorial in CRD which consisted of 2 packing materials (polyethylene bag or PE bag and vacuum bag) and 5 storage times (0, 1, 2, 3 and 4 months). The results indicated that the difference of packing materials did not significantly effect the physico-chemical properties of germinated brown rice which were cooking time, water absorption during cooking, volume expansion of cooked rice and hardness of cooked rice also with rice bran oil content and quantity of oryzanol. When germinated brown rice was stored for 4 months, it was found that the storage time effected the quality of germinated brown rice. Water absorption during cooking and volume expansion of cooked rice were increased with the increase of storage time. However, hardness of cooked rice, the quantity of rice bran oil and oryzanol content were decreased. In addition, storage time also caused change in odor and taste of cooked rice resulted in the decrease of overall sensory impression of the testers.

Key word : germinated brown rice, storage time, packing material, physico – chemical properties, oryzanol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ขอขอบพระคุณ ผศ. อุมา แสงคร้าม อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษเป็นอย่างยิ่ง ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและเป็นคนผลักดันให้มีปัญหาพิเศษเรื่องนี้ พร้อมทั้งเอื้อเฟื้อวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการในการทำปัญหาพิเศษ ซึ่งในระหว่างการทำปัญหาพิเศษท่านอาจารย์ได้ให้ความเอาใจใส่ดูแลอย่างใกล้ชิดและคอยช่วยเหลือชี้แนะแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้ปัญหาพิเศษเรื่องนี้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ในการเรียนการสอนอย่างเต็มความสามารถ ซึ่งข้าพเจ้าได้นำวิชาความรู้เหล่านั้นที่ได้รับ นำมาร่วมใช้ในการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เป็นแหล่งศึกษาประสิทธิ์วิชาความรู้ต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาครอบครัว เจริญยิ่ง และครอบครัว เกิดสาย ที่ได้เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้โอกาสทางการศึกษาและคอยเป็นกำลังใจให้อยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่สำคัญให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จบรรลุผลดั่งที่ใจมุ่งหวัง

ขอขอบคุณ คุณสมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร ที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ไพฑูรย์ และพี่ศิริรัตนาพร นักศึกษาปริญญาโท ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเรื่องการทดลองในห้องปฏิบัติการ เรื่องค่าความแปรปรวนทางสถิติ อีกทั้งยังให้คำปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้

ขอขอบคุณ พี่แคทและพี่เอ นักศึกษาปริญญาโท ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆในการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้ให้สำเร็จตามความคาดหมาย

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและเพื่อนๆ ที่ร่วมทำปัญหาพิเศษทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ทศพล สิทธิวงศ์

วรลักษณ์ บุญสมภพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญภาคผนวก	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลการทดลองและวิจารณ์	18
สรุป	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	33
ประวัติผู้เขียน	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส	4
2	คุณค่าสารอาหารของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว	7
3	ประโยชน์ของสารอาหารในข้าวกล้องงอกต่อร่างกาย	9
4	ระดับของการสลายของเมล็ดข้าวในด่างแต่ละเมล็ด	15
5	แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0,1, 2, 3 และ 4 เดือน	18
6	แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงต้ม (นาที) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	19
7	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	20
8	แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข. 6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	22
9	แสดงข้อมูลการวัดความแข็งของข้าว (texture analysis) (กรัม)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	23
10	แสดงค่าการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)ของข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	25
11	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าวของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	26
12	แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บในรักษาถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลแพคติน	4
2	ปริมาณสารอาหารของข้าวกล้องงอกเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว	8
3	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีขณะทำการเก็บรักษา	9
4	แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงต้ม (นาที) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6	13
	ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3	19
	และ 4 เดือน	
5	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษา	21
	ในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	
6	แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข. 6 ที่	22
	เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3	
	และ 4 เดือน	
7	แสดงข้อมูลการวัดความแข็งของข้าว (texture analyzer) (กรัม)ของ	24
	ข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ	
	เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	
8	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าวของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บ	27
	รักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3	
	และ 4 เดือน	
9	แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บ	28
	รักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
ค.1	แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และแบบสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	36
ค.2	แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงต้ม (นาที)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และแบบสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	37
ค.3	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และแบบสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	38
ค.4	แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข. 6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และแบบสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	39
ค.5	แสดงข้อมูลการวัดความแข็งของข้าว (hardness) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และแบบ สุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	40
ค.6	แสดงค่าลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)ของข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	41
ค.7	แสดงค่ากลิ่นของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	42
ค.8	แสดงค่าการเกาะตัวของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค.9	แสดงค่าความแข็งของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	44
ค.10	แสดงค่ารสชาติข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	45
ค.11	แสดงค่าความชอบโดยรวมข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	46
ค.12	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าวของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	47
ค.13	แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคได้หันมาสนใจในเรื่องของสุขภาพมากขึ้น การบริโภคข้าวกล้องแทนข้าวขัดขาวจึงเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ รวมทั้งมีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มผลผลิตทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค ข้าวกล้องงอกเป็นรูปแบบหนึ่งของผลิตภัณฑ์ที่กำลังได้รับความสนใจ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวขัดขาวและข้าวกล้องปกติ และมีคุณภาพการรับประทานที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามข้าวกล้องงอกที่ผลิตในปัจจุบันเป็นข้าวกล้องงอกจากข้าวเจ้า ในการศึกษาครั้งนี้จึงทดลองทำข้าวกล้องงอกจากข้าวเหนียว และโดยที่การเก็บรักษาจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าว ดังนั้นในการทดลองจึงมุ่งเน้นศึกษาถึงผลของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้และผลของระยะเวลาเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาข้าวให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของบรรจุภัณฑ์ซึ่งได้แก่ถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6
2. เพื่อศึกษาผลของระยะการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข. 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ความสำคัญของข้าว

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียซึ่งนิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าในภูมิภาคอื่นๆของโลก การผลิต บริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงกระจุกตัวอยู่ในทวีปเอเชีย แต่ข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะใช้ในการบริโภคภายในประเทศ ทำให้มีข้าวเพียงร้อยละ 6 เท่านั้นที่เข้าสู่ตลาดการค้าข้าวระหว่างประเทศ โดยประเทศที่มีบทบาทมากที่สุดในการส่งออกข้าว คือประเทศไทย รองลงมาคือ อินเดีย เวียดนาม จีนและพม่า ตามลำดับ โดยไทยส่งออกข้าวปีละประมาณ 7 ล้านตัน เป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของการส่งออกข้าวทั้งหมดทั่วโลก (นิรนาม, 2550)

ประเภทของข้าว

ข้าวที่นำมาปลูกเป็นอาหารนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ข้าว *Oryza saiva* ปลูกในทวีปเอเชีย*และ Oryza glaberrima* ปลูกในทวีปแอฟริกา แต่ข้าวที่ค้าขายกันในตลาดโลกเกือบทั้งหมดเป็นข้าวที่ปลูกจากแถบเอเชีย ซึ่งข้าวชนิดดังกล่าวยังสามารถแบ่งได้ตามแหล่งปลูกอีก คือ (งามชื่น และคณะ, 2546)

ข้าวอินดิกา (Indica) มีลักษณะเมล็ดยาวรี ต้นสูง เป็นข้าวที่ปลูกในเอเชียเขตมรสุม ตั้งแต่ จีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย และศรีลังกา ข้าวพันธุ์นี้ค้นพบครั้งแรกในอินเดียและต่อมาได้พัฒนาไปปลูกที่ทวีปอเมริกา

ข้าวจาปอนิกา (Japonica) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี มีลักษณะเมล็ดป้อมกลมรี ต้นเตี้ย

ข้าวจาวานิกา (Javanica) ปลูกในอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ มีเมล็ดป้อมใหญ่ แต่ไม่ได้รับความนิยมเพราะให้ผลผลิตต่ำ

ลักษณะของข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6

ลักษณะประจำพันธุ์ กข.6 เป็นข้าวต้นสูง ความสูง 150 ซม. ทรงกอตั้ง แตกกอดี ลำต้นแข็งแรงปานกลางปล้องกาบใบและใบมีสีเขียว มีขนบนใบ มุมของยอดแผ่นใบดก ข้อต่อระหว่างใบและกาบใบสีเขียวอ่อน ใบธงค่อนข้างนอน ลิ้นใบรูปร่างแหลมมี 2 ยอด หูใบมีสีเขียวอ่อน ปลายยอดดอกสีฟาง กลีบของดอกสีฟาง ยอดเกสรตัวเมียสีขาว รวงยาวแน่น ระแง้ ค่อนข้างถี่ คอรวงยาว เมล็ดข้าวเปลือกสีน้ำตาล ปลายยอดเมล็ดสีฟาง มีขนบนเมล็ดกลีบรองดอกสั้น เมล็ดข้าวกล้องรูปร่างเรียว ยาว 7.2 มม. กว้าง 2.3 มม. หนา 1.8 มม. ข้าวสุกนิ่งนุ่มหอม ระยะพักตัวของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ผลผลิต เฉลี่ยประมาณ 670 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด ประมาณ 27.0 กรัม

ข้อดีของข้าวพันธุ์ กข6 คือให้ผลผลิตที่ค่อนข้างมีเสถียรภาพในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทนแล้ง และต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคไหม้ ข้าวสุกนึ่งมีลักษณะนุ่มและมีกลิ่นหอมแต่มีข้อจำกัด คือ ไม่ต้านทานต่อโรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแมลงบั่ว (ลัดดาวัลย์ และคณะ, 2550)

องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

ข้าวที่บริโภคกันจะอยู่ในรูปของข้าวสารขาว และข้าวกล้อง ซึ่งองค์ประกอบหลักทางเคมีของข้าวสารขาว และข้าวกล้องประกอบด้วย

1. คาร์โบไฮเดรต ที่พบมากในข้าวจะอยู่ในรูปของแป้ง (starch) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรดประเภท พอลิแซ็คคาไรด์จะพบมากที่สุด ประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ จึงมีผลต่อคุณภาพข้าวมากที่สุด โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ อะมิโลส และอะมิโลเพคติน ซึ่งโมเลกุลแป้งทั้ง 2 ชนิด รวมกันแน่นจนเป็นเม็ดแป้ง (อรอนงค์, 2547)

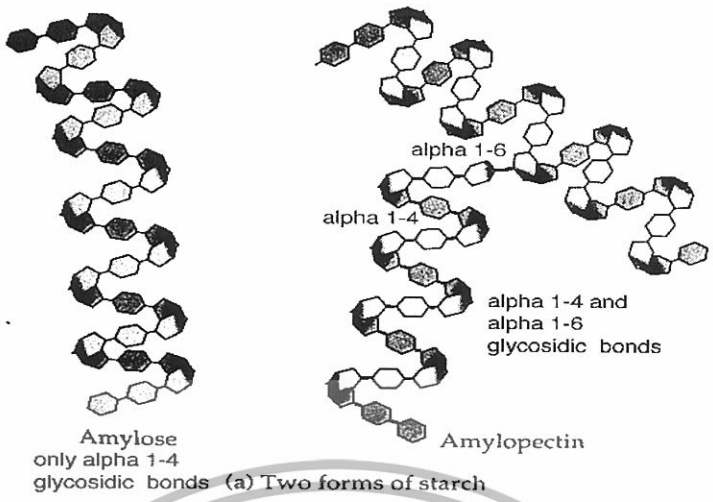
(1) อะมิโลส (amylose) ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (Linear chains) ด้วยพันธะ α - 1,4 glucoside bond (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะมีสีน้ำเงิน และละลายน้ำได้ ในแป้งจะมีอะมิโลสเป็นส่วนรองโดยอยู่ปะปนกับอะมิโลสเพคติน (งามชื่น , 2545)

(2) อะมิโลเพคติน (amylopectin) ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งเป็นแขนงมากประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ ต่อกันด้วยพันธะ α - 1,4 glucoside bond และพันธะ α - 1,6 glucoside bond โครงสร้างของอะมิโลเพคตินมีลักษณะเป็นกิ่งก้านในลักษณะโซ่กิ่งเกลียวคู่ (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง และไม่สามารถละลายน้ำได้ (งามชื่น, 2545)

ปริมาณและสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินจะมีผลต่อคุณภาพในการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะทำให้การหุงสุกมีลักษณะร่วนแข็ง ในขณะที่ข้าวซึ่งมีอะมิโลสต่ำจะทำให้ข้าวหุงสุกมีลักษณะนุ่มและเหนียว

โครงสร้างที่แตกต่างกันของแป้งสองชนิดซึ่งประกอบกันเป็นเมล็ดข้าวนั้น ทำให้ข้าวมีลักษณะของข้าวหุงสุกที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 โครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลแพคติน (อรอนงค์, 2547)

ตารางที่ 1 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 ปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดในโปรตีนของข้าวเปลือกไม่ต่างจากข้าวกล้องและข้าวสารมากนักเพราะในส่วนเปลือกมีโปรตีนน้อยมาก (2-6 เปอร์เซ็นต์) เราจะได้รับโปรตีนจากเนื้อเมล็ดมากเนื่องจากสัดส่วนของเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนอื่น และแหล่งที่มีโปรตีนมากอีกส่วนหนึ่งคือชั้นถัดจากแอลิวโรนและชั้นแอลิวโรนโดยสะสมเป็นกลุ่มโปรตีน (protein bodies) (อรอนงค์,2538; อรอนงค์, 2547)

โมเลกุลของโปรตีนจะรวมตัวกันเป็นรูปร่างโปรตีนที่มีกลูเทลินเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ภายใน ซึ่งมี 3 รูปแบบ คือ แบบผลึก (crystalline) แบบรูปร่างกลมขนาดเล็ก และรูปร่างกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่ โดยโปรตีนที่แทรกอยู่ในเมล็ดจะแทรกอยู่ระหว่างเม็ดแป้งที่เชื่อมโยงกับเม็ดแป้ง ซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดเจลาทิไนซ์ทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างได้ง่าย และโมเลกุลของอะมิโลสไม่ซึมผ่านออกไป มีผลต่อลักษณะความอ่อนหรือแข็งของเจลเมื่อเย็นลง ซึ่งส่งผลต่อข้าวสุกที่มีลักษณะนุ่นเหนียวหรือร่วน (อรอนงค์, 2538)

3.ไขมัน ข้าวมีปริมาณไขมันประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของข้าวทั้งเมล็ด คล้ายกับธัญพืชอื่น และมีอยู่ในส่วนของรำข้าวมากกว่าเนื้อเมล็ด การสีข้าวให้ขาวทำให้มีไขมันเหลืออยู่เพียง 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์ ประเภทไขมันในข้าวส่วนใหญ่คือ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมาคือฟอสฟอลิพิด (phosphoilpids) ไกลโคลิพิด (glycolipids) และ เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) (Henry and Kettlewell, 1996) องค์ประกอบของไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งมีอยู่มาก ได้แก่ กรดโอลิอิก 4.25 เปอร์เซ็นต์ ลิโนเลอิก 39.1 เปอร์เซ็นต์ ปาล์มิติก 15 เปอร์เซ็นต์ ไมรีสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์ และบีเฮนิก 0.2 เปอร์เซ็นต์ (Kreuzer, 2000)

คุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน

คุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทานของข้าวจะสัมพันธ์กับโครงสร้างทางเคมี ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าว จะตรวจวัดจากค่าดังต่อไปนี้ (อรอนงค์ , 2547)

1. อุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนเซชัน (gelatinization temperature) ข้าวที่มีค่าอุณหภูมิการเกิดของเจลลาทิไนเซชันสูง จะใช้เวลาในการหุงสุกนานกว่าข้าวที่มีค่าอุณหภูมิการเกิดของเจลลาทิไนเซชันที่ต่ำกว่า เมื่อใช้อุณหภูมิหุงเท่ากัน การเกิดเจลาทิไนเซชั่นจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสข้าวหุงสุก กล่าวคือ หากข้าวที่หุงมีแป้งบางส่วนไม่เกิดเจลาทิไนซ์ จะทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวแข็ง

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

3. การดูดน้ำ (water absorption) เป็นความสามารถของข้าวที่จะดูดน้ำเข้าไปในระหว่างการหุงต้ม ซึ่งมีความสำคัญต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้ม

ข้าวกล้อง (brown rice)

ข้าวกล้อง (cargo rice, loozain rice, brown rice, husked rice) คือ ข้าวที่กะเทาะเอาเปลือกหรือแกลบออก โดยผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว ข้าวที่ได้จึงมีสีขุ่น และยังคงส่วนของจมูกข้าว เยื่อหุ้มเมล็ด และเยื่อแอริวโรนหรือรำข้าวที่หุ้มเมล็ดอยู่ซึ่งอุดมไปด้วยสารที่มีประโยชน์ ได้แก่ วิตามินบี สารโทโกเฟอรอล (tocopherols หรือ vitamin E) โทโกไตรอินอล (tocotrienols)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอรีซานอล (oryzanols) และกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริค (γ-aminobutyric acid หรือ GABA) ซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่มีประโยชน์มากต่อร่างกายโดยเฉพาะสารโอรีซานอลจะพบเฉพาะในรำข้าวเท่านั้น ข้าวกล้องโดยทั่วไปมีสีน้ำตาลอ่อน ในสมัยก่อนจะใช้วิธีซ้อมหรือตำด้วยมือจึงเรียกว่า ข้าวซ้อมมือ (วิจิตร, 2549)

ข้อดีของข้าวกล้องที่ดีกว่าข้าวขาว (วิจิตร, 2549)

1. ข้าวกล้องมีวิตามินบี 1 มากกว่าข้าวขาวประมาณ 4 เท่า ถ้ารับประทานเป็นประจำจะป้องกันโรคเหน็บชา(Beriberi)

2. มีวิตามินบี 2 มากจึงช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก (stomatitis)

3. วิตามินบีรวมที่มีมากจะป้องกัน และบรรเทาอาการอ่อนเพลีย และขาไม่มีแรง อาการปวดแสบและเสียวในขา ปวดน่อง ปวดกล้ามเนื้อ สิ้นแตก หรือมีแผล โรคผิวหนังบางชนิด โรคปลายประสาทอักเสบโรคเกี่ยวกับระบบประสาท บางชนิด และยังช่วยบำรุงสมอง

4. มีธาตุเหล็กมากกว่าข้าวขาว 2 เท่า ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง

5. มีฟอสฟอรัสมากกว่า ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน

6. มีแคลเซียมมากกว่า ทำให้กระดูกแข็งแรง ช่วยป้องกันไม่ให้เป็นตะคริว

7. มีไขมันมากกว่า ช่วยให้พลังงานแก่ร่างกาย

8. มีกากอาหารมากกว่าจะช่วยป้องกันท้องผูก และมะเร็งลำไส้ใหญ่

9. เกลือแร่และวิตามินต่าง ๆ (trace element) ในข้าวกล้องมีรวมกัน 20 กว่าชนิด มีหน้าที่ทำให้การทำงานของร่างกาย ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างร่างกายให้สมบูรณ์

10. มีโปรตีนมากกว่า 20 – 30 เปอร์เซ็นต์

11. แป้ง (คาร์โบไฮเดรต) มีน้อยกว่าข้าวขาว ช่วยลดความอ้วน ส่วนคนที่ผอม ก็จะสมบูรณ์ขึ้น เนื่องจากได้รับสารอาหารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้น

ถึงแม้ข้าวกล้องจะมีคุณค่าสารอาหารที่ดี แต่พื้นผิวที่ล้อมรอบเมล็ดชั้นนอกนั้นจะแข็งอุดมไปด้วยน้ำมันและเส้นใย ซึ่งเป็นส่วนที่ป้องกันการแทรกผ่านของความร้อนและการดูดซับน้ำ ทำให้การหุงข้าวภายใต้แรงดันบรรยากาศเกิดการเจลาติไนซ์ของสตาร์ชและการอ่อนตัวหรือการสลายตัวของเนื้อเยื่อชั้นนอกเกิดขึ้นได้ไม่ดีพอ จึงทำให้ข้าวกล้องหุงสุกหุงข้าวภายใต้ความดันปกติมีความแข็งและร่วน คุณภาพในการรับประทานต่ำเมื่อเทียบกับข้าวขาว ฉะนั้นเพื่อให้ข้าวกล้องมีลักษณะนุ่ม อร่อย และสามารถหุงได้ง่ายเช่นเดียวกับข้าวขาว จึงได้มีการพัฒนาเป็นข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) (Komatsuzaki *et al.*, 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณค่าสารอาหารของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว (นิรนาม, 2548)

สารอาหารและวิตามิน	ข้าวกล้อง (brown rice)	ข้าวขาว (milledrice)
โปรตีน (protein) (เปอร์เซ็นต์)	7.1 - 8.3	6.3 - 7.1
ไขมัน (crude) (เปอร์เซ็นต์)	1.6 - 2.8	0.3 - 0.5
เส้นใย (crude fibers) (เปอร์เซ็นต์)	0.6 - 1.0	0.2 - 0.5
เถ้า (ash) (เปอร์เซ็นต์)	1.0 - 1.5	0.3 - 0.8
แป้ง (carbohydrate) (เปอร์เซ็นต์)	75.9	76.7 - 78.4
วิตามิน B1 (thiamine) (mg)	2.9 - 6.1	0.2 - 1.1

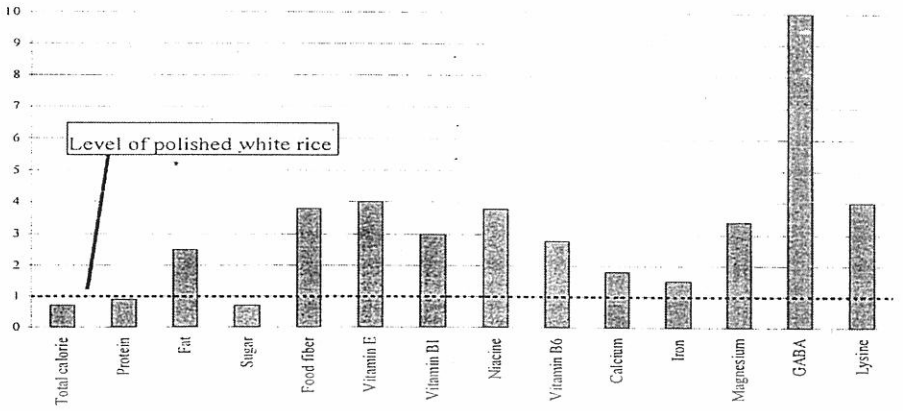
หมายเหตุ คุณค่าสารอาหารตามธรรมชาติของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร คิดเป็นคุณค่าสารอาหารต่อน้ำหนักข้าวสาร 100 กรัม

ข้าวกล้องงอก (Germinate brown rice : GBR)

ข้าวกล้องงอก คือ ข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการงอกในระยะเวลาสั้นๆโดยจะนำข้าวกล้องมาแช่น้ำในระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง จนส่วนของจมูกข้าวงอกมีความยาวประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตรแล้วจึงนำไปลดความชื้น โดยเมล็ดธัญพืชงอก เช่น ข้าวบาเลย์ ข้าวสาลี และข้าว จะสร้างเอนไซม์ hydrolytic ซึ่งจะย่อยสลายแป้งโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งและโปรตีน ทำให้มีโอลิโกแซคาร์ไรด์และกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ข้าวกล้องงอกหุงง่ายขึ้น มีรสชาติดีขึ้น เนื้อสัมผัสนุ่มและมีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มขึ้น (Ohtsubo *et al.* ,2004)

ในข้าวกล้องเมื่อผ่านกระบวนการงอกระยะเวลาสั้นๆจะมีสารอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวที่ขัดขาว คือ มีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (GABA) มากกว่า 10 เท่า มีใยอาหาร วิตามินอี ไนอะซิน และไลซีนมากกว่าประมาณ 4 เท่าและมีวิตามินบี 1 บี 6 และแมกนีเซียมมากกว่าข้าวขาวประมาณ 3 เท่า (Kayahara and Tsukahara, 2000) ดังแสดงในภาพที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ปริมาณสารอาหารของข้าวกล้องงอกเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว (Kayahara and Tsukahara, 2000)

สารอาหารแต่ละตัวจะมีประโยชน์ต่อร่างกายดังแสดงในตารางที่ 3 โดยสารอาหารที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ คือกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (γ-aminobutyric acid : GABA) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่พบได้โดยทั่วไปในธรรมชาติ โดยทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทในสมอง นอกจากกลูตาเมตและไกลซีน จะมีความสำคัญเป็นอันดับ 2 รองจากกลูตาเมตซึ่งเป็นสารสื่อประสาทหลัก โดยถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสารสื่อประสาทชนิดยับยั้งในระบบประสาทส่วนกลาง GABA เกิดจากปฏิกิริยา decarboxylation ของกรด กลูตามิก โดยเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลส (Komatsuzaki *et al*., 2007)

โอรีซานอลมีรากศัพท์มาจากคำว่า โอรีซา ซัลทิวา (Oryza Saltiva) ซึ่งแปลว่าข้าว เนื่องจากพบโอรีซานอลมากที่สุดในข้าว โดยเฉพาะในส่วนผิวสีน้ำตาลอ่อนของข้าวกล้องที่เราเรียกกันว่า “รำข้าว” ซึ่งเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงสุดของข้าวกล้อง โอรีซานอลเป็นสารธรรมชาติที่พบในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น ไม่พบในน้ำมันพืชชนิดอื่น จึงทำให้น้ำมันรำข้าวมีความโดดเด่นมากยิ่งขึ้นเพราะโอรีซานอลเป็นสารที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวิตามินอีในการต้านอนุมูลอิสระ และยังเป็นสารธรรมชาติที่ดีในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (Antioxidation) คือการที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้โครงสร้างของกรดไขมันเปลี่ยนแปลงและเกิดกลิ่นหืน ซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งไขมันในอาหารและไขมันที่อยู่ในร่างกาย ซึ่งการเกิดออกซิเดชันนั้นเป็นสาเหตุของการเกิดสภาวะที่ผิดปกติในร่างกาย เช่น โรคมะเร็ง และโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือด นอกจากนั้นโอรีซานอลยังมีคุณสมบัติช่วยลดโคเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C) ให้กับร่างกายอีกด้วย ปัจจุบันโอรีซานอลยังมีความสำคัญมากขึ้นในการใช้เป็นยา อาหารเสริมสุขภาพ และเครื่องสำอาง เพราะมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินอีถึง 6 เท่า ในสภาวะที่อยู่ในน้ำ นอกจากนั้นยังช่วยปรับสมดุลของระดับฮอร์โมนในสตรีวัยทอง ลดอาการร้อนวูบวาบ (Hot Flashes) ป้องกันแสงยูวี ทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น ใช้ต้านการอักเสบ และสามารถเพิ่มระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคเลสเตอรอลที่ดี (HDL-C) ปริมาณโอรีซานอลที่พบในน้ำมันรำข้าวเพื่อการบริโภค มีอยู่ประมาณ 700-2,000 ppm. น้ำมันรำข้าวจึงมีคุณสมบัติพิเศษในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นิรนาม, 2550)

ตารางที่ 3 ประโยชน์ของสารอาหารในข้าวกล้องงอกต่อร่างกาย (Kayahara and Tsukahara,2000)

สารอาหาร	ประโยชน์ของสารอาหาร
กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (γ-aminobutyric acid : GABA)	เร่งกระบวนการเผาผลาญพลังงานในสมอง ป้องกันภาวะความดันต่ำ ป้องกันอาการปวดหัวหรือภาวะซึมเศร้าซึ่งเป็นผลจากเส้นเลือดแดงในสมองหนา แข็งตัวและไม่ยืดหยุ่นจากการที่คลอเลสเตอรอลไปเกาะที่ผนังเส้นเลือด ป้องกันภาวะผิดปกติของผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน เช่น หงุดหงิดง่าย กระตุ้นการทำงานของไต
ใยอาหาร (food fiber)	บรรเทาอาการท้องผูก ป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด
อินโนซิทอล (inositols)	เร่งกระบวนการเผาผลาญไขมัน ป้องกันการสะสมไขมันที่ตับ ป้องกันผนังหลอดเลือดแดงหนาและแข็งตัว
กรดเฟอร์รูลิก (ferulic acid)	ทำลายสาร superoxides ที่ก่อให้เกิดสารอนุมูลอิสระได้ง่าย ระงับการสร้างเม็ดสีของผิว
กรกไฟติก (phytic acid)	เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคทางหัวใจและหลอดเลือด เช่น ความดัน ป้องกันการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด
สารกลุ่มวิตามิน อี (tocotorienols)	ทำลายสาร superoxides ที่ก่อให้เกิดสารอนุมูลอิสระได้ง่าย ป้องกันผิวจากรังสีอุลตร้าไวโอเลต
แมกนีเซียม (magnesium)	ป้องกันโรคหัวใจ
โพแทสเซียม (potassium)	ลดระดับความดันเลือด
สังกะสี (zinc)	กระตุ้นการทำงานของระบบสืบพันธุ์ ป้องกันภาวะเส้นเลือดแดงหนาและแข็งตัวจากการที่คลอเลสเตอรอลไปเกาะที่ผนังเส้นเลือด
แกมมาโอรีซานอล (γ-oryzanol)	เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันผิวเหี่ยวย่น ปรับระดับคลเลสเตอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาข้าว

เป้าหมายหลักของการเก็บรักษาข้าว คือ ต้องมีการสูญเสียของข้าวในขณะเก็บรักษาน้อยที่สุด ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ หลักการเก็บรักษาโดยทั่วไป คือ ควรเก็บรักษาข้าวไว้ในสภาพหรือโรงเก็บที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศต่ำ (ในที่แห้งและเย็น) วิธีการเก็บรักษาข้าวและวิธีปฏิบัติในการเก็บรักษาข้าวคือ

1. วิธีการเก็บรักษาข้าว แบ่งออกเป็น 4 วิธี ได้แก่

(1) การเก็บในสภาพปกติไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หมายถึง การเก็บข้าวไว้ในโรงเก็บปกติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บเป็นวิธีที่นิยมใช้อยู่เป็นส่วนใหญ่เพราะมีการลงทุนน้อยและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่โอกาสที่จะเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษามีสูง เช่น การเก็บในโรงเก็บหรือยุ้งฉางของเกษตรกร โรงสีหรือโกดังส่งออกข้าวขนาดใหญ่ๆ

(2) การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว เช่น การเก็บข้าวไว้ในตู้แช่ ตู้เย็น หรือในไซโลเก็บข้าวที่มีการเป่าลมเย็น เป็นต้น

(3) การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ได้แก่การเก็บข้าวไว้ในภาชนะเก็บที่มิดชิด สามารถป้องกันการเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกของอากาศได้ เช่น การเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในปี๊ปสังกะสี หรือ polyethylene bags เป็นต้น การเก็บข้าวในสภาพปิดเช่นนี้ ความชื้นของข้าวจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะที่เก็บ ถ้าความชื้นของข้าวต่ำความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะต่ำ ข้าวที่เก็บเกิดความเสียหายน้อย ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของข้าวสูง ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะสูง ข้าวที่เก็บก็จะเกิดความเสียหายสูง ดังนั้น การเก็บรักษาข้าวด้วยวิธีนี้ ข้าวควรมีความชื้นก่อนเก็บต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปความชื้นไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้ผลดี และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

(4) การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถป้องกันและลดความเสียหายของข้าวได้ดี เก็บรักษาข้าวให้คงคุณภาพดีได้เป็นเวลานาน แต่มีการลงทุน และเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลสูง เช่นการเก็บอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ข้าวในธนาคารเชื้อพันธุ์

2. วิธีปฏิบัติในการเก็บรักษาข้าว สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการรักษาข้าว คือการรักษาปริมาณและคุณภาพข้าวที่เก็บให้คงที่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้าวได้แก่

(1) ความชื้นของข้าวที่จะเก็บ โดยทั่วไปความชื้นของข้าวไม่ควรสูงเกิน 14 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเป็นเมล็ดพันธุ์ความชื้นไม่ควรเกิน 12 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ความสะอาด ข้าวที่จะเก็บต้องสะอาดไม่มีสิ่งเจือปนเช่น เศษฟาง ตอซัง วัชพืช กรวด หิน ดิน ทราย เพราะสิ่งเหล่านี้ดูดความชื้นได้ดี ทำให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นในขณะเก็บรักษา

(3) การปลอดจากโรค แมลง ศัตรูต่างๆ ข้าวที่จะนำเข้าเก็บต้องปลอดจากโรค แมลง และศัตรูต่างๆ หากพบควรหาวิธีป้องกันกำจัดที่ถูกต้องและเหมาะสม

(4) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

(5) ลักษณะและสถานที่ตั้งของโรงเก็บ โรงเก็บที่ดีควรตั้งอยู่บนที่ดอนและแห้ง มีการระบายน้ำดี เพื่อป้องกันน้ำท่วม รอบๆบริเวณโรงเก็บต้องสะอาด โปร่ง ไม่มีต้นไม้ใหญ่ขึ้นปกคลุม สภาพโรงเก็บต้องมีผนังปิดมิดชิด แน่นหนา มีหลังคากันแดด กันฝน น้ำค้าง ควรยกพื้นสูงเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศด้านล่างตามช่องเปิดต่างๆ ควรมีตาข่ายป้องกัน นก หนู และสัตว์ศัตรูต่างๆ

(6) การจัดการในขณะเก็บรักษา ควรมีการตรวจสอบข้าวที่เก็บและโรงเก็บเป็นระยะๆ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าว ส่วนหนึ่งจะเกิดจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง และส่วนหนึ่งจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในเมล็ด ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของข้าวได้แก่ แป้ง ไขมัน และโปรตีน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวจะส่งผลต่อคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพในการรับประทาน

การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของ 3 องค์ประกอบหลัก คือ แป้ง ไขมัน และโปรตีน กรดไขมันอิสระที่ได้จากการย่อยไขมันของเอนไซม์ เมื่อทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้งโดยเฉพาะโมเลกุลของอะมิโลสมีผลยับยั้งการขยายตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าว นอกจากนี้ไขมันเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ จะได้สารประกอบประเภท hydroperoxides carbonyl สารประเภท carbonyl นี้ทำให้เกิดกลิ่นหืน ในส่วนของโปรตีนเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะได้สารที่มีส่วนประกอบที่มีธาตุกำมะถัน (–s-s-) ทำให้คงตัวมากขึ้น ทำให้สารระเหยที่มีส่วนประกอบของซัลเฟอร์ลดลงและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นของข้าว ในพันธะเดียวกันสารประกอบ –s-s- ยังมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้มทำให้ข้าวสุกมีความนุ่มลดลง ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนทำให้ข้าวเก่ามีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ ผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีส่วนกระทบกระเทือนต่อคุณสมบัติการหุงต้มของข้าวสุก กล่าวคือ ข้าวเก่าเมื่อหุงสุกจะแข็งและร่วนมากขึ้นหรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง และมีผลให้ข้าวสุกขยายปริมาตร (bulk volume) ได้มากขึ้นหรือขึ้นหม้อดีขึ้น ทั้งนี้เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้นโดยไม่แตกตัว น้ำข้าวจะใสขึ้น เมล็ดข้าวอาจต้องใช้เวลาในการต้มให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย สีของข้าวจะคล้ำมากขึ้น ใน

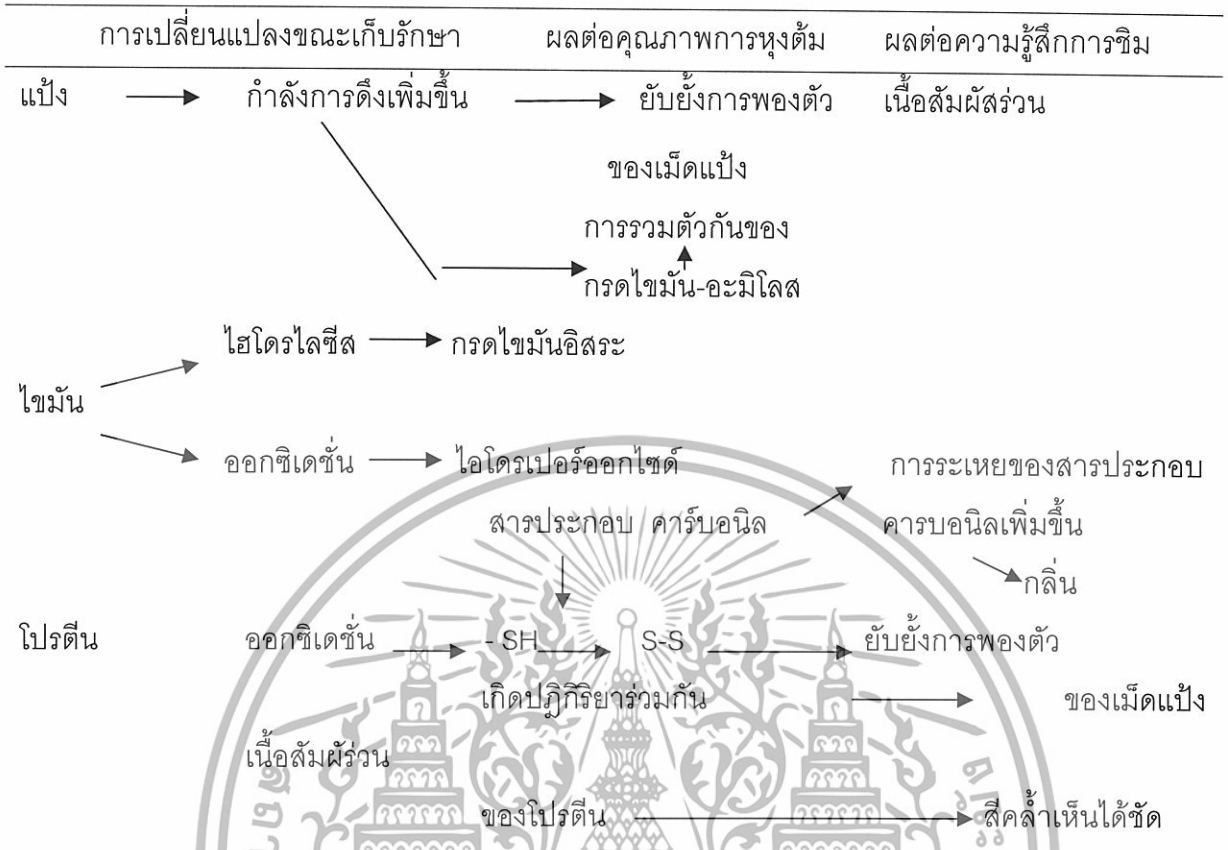
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเก่าจะมีกลิ่นสาบ เมล็ดเหลืองมากขึ้น (Moritake and Yasumatsu, 1972 อ้างโดย งามชื่น, 2545) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการเก็บรักษาข้าวแสดงในภาพที่ 3

งามชื่น และคณะ (2528) ได้ศึกษาการเก็บรักษาข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 และข้าวกล้องที่บรรจุในภาชนะแตกต่างกัน 4 แบบ จากผลการทดลอง พบว่า ข้าวกล้อง หรือข้าวสารที่บรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศมีคุณภาพในการรับประทานดีที่สุด เพราะเมื่อนำข้าวมาหุงสุก จะได้ข้าวที่มีคะแนนกลิ่นเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 12 เดือน ส่วนกระสอบปอถุงพลาสติกหรือโอ่งเคลือบ เก็บรักษาข้าวสารได้เพียง 2 – 3 เดือน เพราะหากเก็บนานกว่านั้นข้าวสุกจะเกิดกลิ่นสาบขึ้น และมีแมลงเข้าทำลาย แต่ข้าวกล้องที่เก็บในโอ่งเคลือบ การเสื่อมคุณภาพของข้าวจะรุนแรงที่สุด โดยข้าวที่ถูกทำลายสูง เมื่อหุงสุกจะมีสีคล้ำ กลิ่นสาบอ่อนๆ ในข้าวสุกอาจเกิดจากการเพิ่มปริมาณกรดไขมันอิสระทั้งในข้าวสารและข้าวกล้อง เมื่อนำข้าวสารมาหุงสุก ข้าวเก่ามีแนวโน้มที่มีความนุ่มความเหนียว และความเลื่อมมันลดลง แต่การดูดซึมน้ำและขยายตัวตามปริมาตร (ขึ้นหม้อ) เพิ่มขึ้น ค่าการคืนตัว (Set back) จากการวัดน้ำแป้งด้วยเครื่องบราเบนเดอร์ วิโคกราฟ(brabender viscograph) ของเก่าจะสูงกว่าข้าวใหม่ ในขณะที่ปริมาณของอะมิโลส (26%) โปรตีน (8.77%) และการสลายเมล็ดในสารละลายด่างของข้าว (คะแนน 5.0) ไม่เปลี่ยนแปลง (Swamy et al.,1972

Champagne and Hron (1993) นำสารกันหืนพวกสารบิวทีเลทไฮดรอกซิลโทลูอินสารโพรพิลแกลเลท และสารโทโคฟีรอล ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.013-0.28 , 0.019-0.25 และ 0.018-1.05 ตามลำดับ ที่ใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.019-0.25 ในการสกัดข้าวกล้องด้วยเอทานอล พบว่า การใช้สารบิวทีเลทไฮดรอกซิลโทลูอินลดการหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นดีกว่า โพรพิลแกลเลท และสารโทโคฟีรอลที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน และสารบิวทีเลทไฮดรอกซิลโทลูอินให้ผลดีที่ 30 ppm ส่วนสารโพรพิลแกลเลทให้ผลดีที่ 79 ppm และพบว่าสารโทโคฟีรอลมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำแม้การใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูง การทดลองที่ใช้ปริมาณเฮกซานอลเป็นตัวบ่งชี้กึ่งสารหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดลิโนเลอิก(linoleic) ทั้งนี้เนื่องจากกรดลิโนเลอิกเมื่อถูกออกซิไดซ์จะมีผลให้ปริมาณเฮกซานอลเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการทดลองของ Shin *et al.* (1986) ซึ่งศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงของกรดลิโนเลอิกที่สัมพันธ์กับปริมาณเฮกซานอลในข้าวกล้องที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 35 และ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า การเก็บข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดลิโนเลอิกถูกออกซิไดซ์มากกว่าการเก็บที่ 5 องศาเซลเซียส จึงมีปริมาณเฮกซานอลสูงกว่าและเพิ่มขึ้นมากตามระยะเวลาการเก็บดังนั้นปริมารสารเฮกซานอลในข้าวกล้องจึงขึ้นกับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีขณะทำการเก็บรักษา (ดัดแปลงจาก Moritaka and Yasumatsu, 1972)

Ory *et al.* (1980 อ้างโดยอรอนงค์, 2547) ทดลองเก็บข้าวกล้องบรรจุถุงพลาสติกซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสภาพปกติที่อุณหภูมิ 4 และ 24 องศาเซลเซียสนาน 7 เดือน พบว่า ที่การเก็บรักษาข้าวกล้องในถุงพลาสติกซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสข้าวกว่าการเก็บในสภาพปกติและการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เกิดการเปลี่ยนเปลงกลิ่นและรสน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 จำนวน 20 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ความงอก 97 เปอร์เซ็นต์และความชื้นเริ่มต้น 12.51 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์

1. ตู้อบ (oven) ยี่ห้อ Memert model 800
2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo electron รุ่น Helios gamma
3. อ่างน้ำร้อน (water bath) ยี่ห้อ Memert
4. เครื่อง vortex mixer
5. เครื่องสกัดไขมัน ยี่ห้อ FALC รุ่น BE 6
6. เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าว
7. เครื่องขัดสีข้าว
8. เครื่องโม่แป้ง
9. ตะแกรงร่อนที่มีความละเอียด 100 เมช (mesh)
10. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

วิธีการ

1.การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย ประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 ชนิดภาชนะบรรจุ ได้แก่ ถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาการเก็บรักษา 5 ระยะ ได้แก่ 0, 1, 2 , 3 และ 4 เดือน

2.การทำข้าวกล้องงอก และการเก็บรักษา

(1) การทำข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก

นำข้าวเปลือก 1.5 กิโลกรัม ต่อ 1 สิ่งทดลองไปแช่น้ำในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 30^{0}ซ เป็นเวลา 19 ชั่วโมง โดยทำการเปลี่ยนน้ำทุก 3 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด(19 ชั่วโมง) นำข้าวใส่ตระแกรง ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ แล้วบ่มโดยนำกระดาษหนังสือพิมพ์มาคลุมปิดทับตะแกรงข้าวไว้เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำไปลดความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 45^{0}ซ ให้เหลือความชื้น10±1เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(น้ำหนักเปียก) จากนั้นนำข้าวเปลือกไปกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะแล้วทำการเก็บรักษาข้าวกล้องในถุงพลาสติกธรรมดาปิดสนิทแบบสุญญากาศ เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบกำหนดการเก็บรักษา ทำการสุ่มข้าวตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ และบันทึกผล

3.การบันทึกข้อมูล

(1) การสลายเมล็ดในด่าง (alkaline digestion test)

สุ่มเมล็ดข้าวกล้องงอกมา 10 เมล็ดต่อซ้ำใส่ลงในจานแก้วทดสอบ (pertri dish) แล้ววางบนพื้นราบสีดำเติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.7%ให้เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควร ปิดฝาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ขยับเขยื้อน เป็นเวลา 23 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตรวจเมล็ดข้าวตามลักษณะการสลายของเมล็ดข้าวและให้คะแนน 1-7 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ระดับของการสลายของเมล็ดข้าวในด่างแต่ละเมล็ด (งามชื่น คงเสรี, 2546)

ค่าการสลาย	ลักษณะของเมล็ดข้าวที่สลายในด่าง
1	ลักษณะของเมล็ดไม่เปลี่ยนแปลงเลย
2	เมล็ดขาวพองตัว
3	เมล็ดข้างพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ดข้าว
4	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาว และมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง
6	เมล็ดข้าวสลายตัวทั้งเมล็ด มีลักษณะเป็นเมือกขาวขุ่น
7	เมล็ดข้าวสลายตัวทั้งเมล็ด และมีลักษณะเป็นแป้งเปียกใส

(2) เวลาการหุงต้ม

ต้มน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ให้เดือด ใส่ตัวอย่างข้าว 30 กรัมต่อซ้ำลงในน้ำเดือดพร้อมกับจับเวลา หลังจากครบ 10 นาที ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวทุกนาทีๆละ 10 เมล็ด วางบนแผ่นแก้วแล้วนำแผ่นแก้วอีกหนึ่งแผ่นกดบนเมล็ดข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจดูไตสีขาวตรงกลางเมล็ดข้าว บันทึกค่าเวลาต้มข้าวที่เหมาะสม เมื่อเมล็ดข้าว 9 ใน 10 เมล็ด ไม่มีไตสีขาวตรงกลาง

(3) การดูดน้ำของข้าว

ชั่งเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 2 กรัม ใส่หลอดทดลองที่ชั่งน้ำหนักแล้ว เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรปิดปากหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว นำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 90 °ซ เป็นเวลา 50 นาที เมื่อครบตามเวลา นำหลอดแก้วนั้นออกมาคว่ำให้สะเด็ดน้ำโดยระวังไม่ให้ข้าวที่อยู่ข้างในไหลออกมา หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักทั้งหลอดทดลอง คำนวณค่าการดูดน้ำของเมล็ดข้าว จากสูตร

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

(4) การขยายปริมาตร

จากวิธีในข้อ (3) หลังจากชั่งข้าว 2 กรัม ใส่หลอดทดลองให้ขีดเส้นที่ความสูงของข้าวไว้ และหลังจากนำข้าวไปต้มเสร็จก็วัดความสูงของข้าวที่เพิ่มขึ้น

(5) การวัดความแข็งของข้าว

เตรียมตัวอย่างโดยนุ่งข้าวกล้องงอกให้สุก หลังจากนั้นวัดความแข็งด้วยเครื่อง texture analyser โดยชั่งข้าวสุกมา 2 กรัม เรียงกันบน Plate form ที่สะอาด เรียงเมล็ดข้าวให้เป็นชั้นเดียว แล้ววัดเนื้อสัมผัสโดยใช้แรงกด (compression) ความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ลงก่อนสัมผัส (pre-test speed) 10 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงบนเนื้อข้าว (test speed) 1.0 มิลลิเมตร/วินาที โดยมีระยะพัก 30 วินาที และความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ขึ้นจากเมล็ดข้าว (post-test speed) 10 มิลลิเมตร/วินาที

(6) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ทำโดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 8 คน และให้คะแนนความชอบแบบ 7 ระดับ (7-point hedonic scale) แบ่งได้เป็น ลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าว กลิ่นของเมล็ดข้าว การเกาะตัวกันของเมล็ดข้าว เนื้อสัมผัสของข้าว (หลังเคี้ยว) ความแข็งของเมล็ดข้าว รสชาติของเมล็ดข้าว ความชอบโดยรวม

(7) เปอร์เซ็นต์น้ำมัน

นำข้าวกล้องงอกจำนวน 300 กรัมมาเข้าเครื่องขัดสีเพื่อให้ได้ส่วนของรำ นำส่วนของรำที่ได้ไปชั่งปริมาณ 10 กรัม ใส่ในกระป๋องวัดความชื้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วนำมาเก็บในโถดูดความชื้นจนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนนำไปสกัดด้วยเฮกเซน (hexane) โดยห่อรำข้าวด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ในเครื่องสกัดน้ำมัน ใช้เฮกเซนปริมาณ 250 มิลลิลิตร สกัดเป็นเวลา 12-14 ชั่วโมง แล้วนำไประเหยเฮกเซนออกจากน้ำมัน ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 85 °ซ นาน 2 ชั่วโมง คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำมันจากสูตร

$$\% \text{ น้ำมันในรำ} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมัน}}{\text{น้ำหนักรำ}} \times 100$$

(8) การทดสอบหาปริมาณโอรีซานอล

นำตัวอย่างน้ำมันที่ได้จากข้อที่ (7) ไปชั่ง 0.1000 มิลลิกรัม แล้วนำมาละลายด้วยเฮปเทน (n-heptane) ใส่ในขวดปรับปริมาตรแล้วปรับปริมาตรด้วยเฮปเทนให้ได้ 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร (nm.) นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแกรมมาโอรีซานอลมาตรฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้โปรแกรม SAS version 6.12

สถานที่และเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือน สิงหาคม ถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2551

102739

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

การสลายตัวในด่าง

จากการตรวจสอบการสลายตัวในด่างของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 พบว่า ผลที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งข้าวที่บรรจุในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ โดยค่าการสลายตัวในด่างของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 มีค่าเท่ากับ 5 - 6 สำหรับระยะการเก็บรักษาพบว่าไม่มีผลต่อการสลายตัวในด่างของข้าวเปลือกงอกในการทดลองนี้ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0,1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	1	2	3	4	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอธิลีน	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
ถุงสุญญากาศ	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
เฉลี่ย	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	

ระยะเวลาการหุงต้ม

ตารางที่ 6 และภาพที่ 4 แสดงระยะเวลาการหุงต้มข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ซึ่งจะเห็นว่าการเก็บรักษาข้าวในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันไม่มีผลให้ระยะเวลาการหุงต้มข้าวแตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด จะใช้เวลาในการหุงต้มเฉลี่ยประมาณ 27 นาที

ในการเก็บรักษาข้าวปั่นเวลา 4 เดือน พบว่าระยะเวลาการหุงต้มข้าวก่อนเก็บรักษาและระยะเวลาการหุงต้มข้าวเก่าที่ผ่านการเก็บรักษาจะผันแปรขึ้นลงเล็กน้อยโดยจะอยู่ในช่วง 26 - 28.50 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงต้ม (นาที)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	1	2	3	4	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอธิลีน	27.67	26.67	26.67	28.333	28.00	27.47A
ถุงสุญญากาศ	27.67	25.67	26.67	28.67	28.33	27.40A
เฉลี่ย	27.67a	26.17b	26.67b	28.50a	28.17a	

CV (%) = 2.58

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในคอลัมน์ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 4 แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงต้ม (นาที)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ

ผลการทดลองหาเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวเปลือกงอกที่บรรจุในถุงโพลีเอธิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศ พบว่าข้าวเปลือกงอกในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 285.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวซึ่งเก็บรักษาในถุงสุญญากาศมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเฉลี่ย 289.87 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 5)

สำหรับผลของระยะการเก็บรักษาต่อเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวเปลือกงอกพบว่าข้าวเปลือกงอกจะดูดน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อข้าวถูกเก็บรักษา โดยข้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 4 เดือน มีค่าการดูดน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 319.25 และ 323.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่เพิ่มขึ้นจากข้าวก่อนเก็บรักษา ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ 269.17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7 ภาพที่ 5)

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

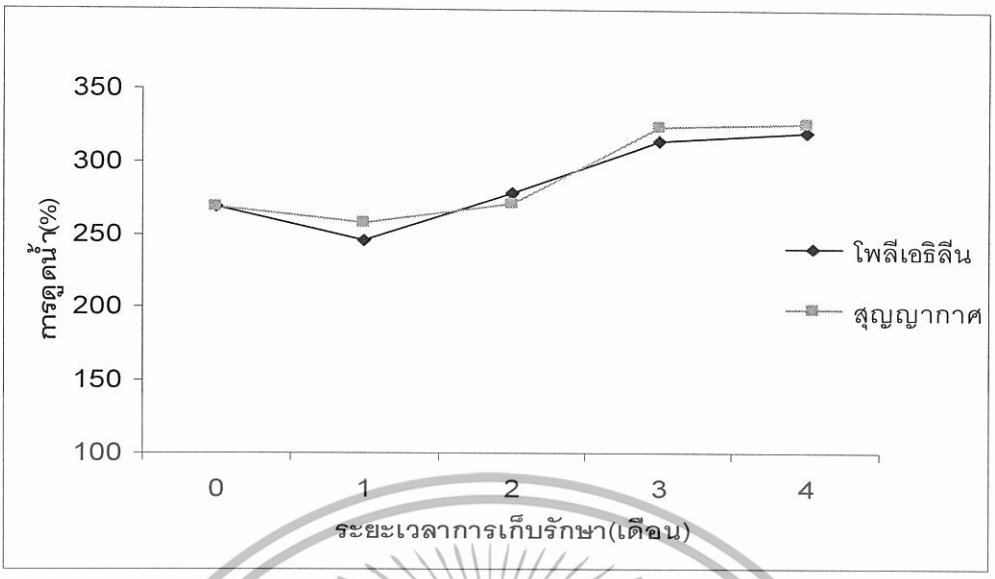
ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	1	2	3	4	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอธิลีน	269.17	245.67	278.33	314.33	320.83	285.67A
ถุงสุญญากาศ	269.17	258.00	271.50	324.17	326.50	289.87A
เฉลี่ย	269.17b	251.83c	274.92b	319.25a	323.67a	

CV (%) = 2.95

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในคอลัมน์ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

การขยายปริมาตร

การวัดการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุกพบว่า ข้าวที่บรรจุในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 2.15 และ 2.07 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 8 ภาพที่ 6)

เมื่อศึกษาผลของการเก็บรักษาของข้าวเปลือกงอกต่อการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุก พบว่า ข้าวที่เก็บรักษาในช่วง 2 เดือนแรก เมื่อนำมาหุงแล้วจะมีค่าการขยายปริมาตรในช่วง 1.92 – 2.10 เซนติเมตร และเพิ่มขึ้นเป็น 2.20 และ 2.35 เซนติเมตร เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 3 และ 4 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 8 ภาพที่ 6) การที่ข้าวเก่าขยายปริมาตรได้มากกว่าข้าวใหม่ เมื่อนำมาหุงเนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโดยเฉพาะ โปรตีน แป้ง และไขมันจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีผลต่อกรพองตัวของเมล็ดแป้ง ทำให้ข้าวหุงสุกร่วนมากขึ้นและขยายปริมาตรมากขึ้น (Moritake and Yasumatsu, 1972 อ้างโดย งามชื่น, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

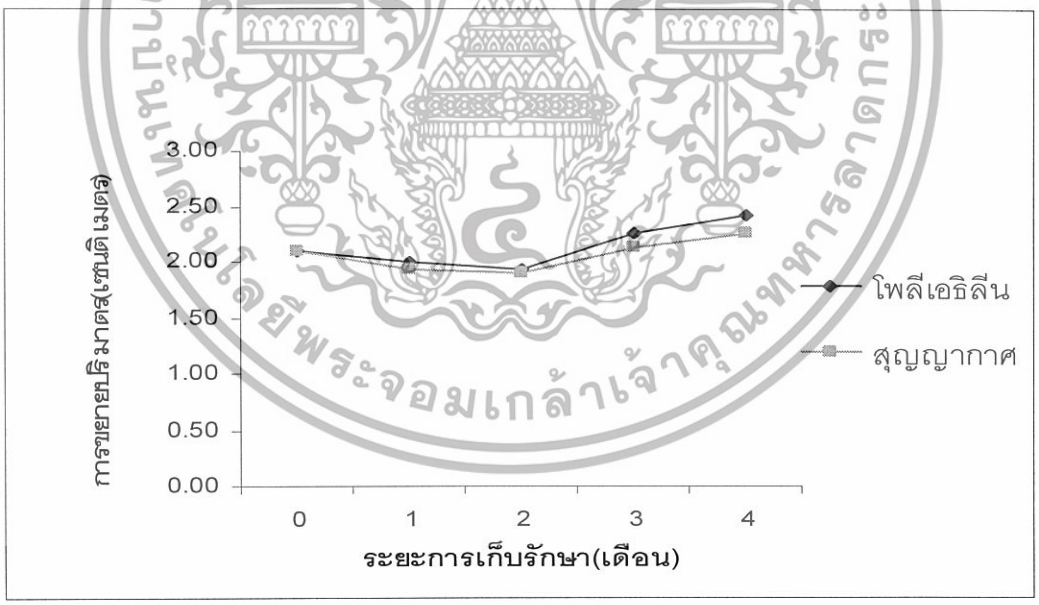
ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข. 6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	1	2	3	4	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอธิลีน	2.10	2.00	1.93	2.27	2.43	2.15A
ถุงสุญญากาศ	2.10	1.93	1.90	2.13	2.27	2.07A
เฉลี่ย	2.1bc	1.97c	1.92d	2.20ab	2.35a	

CV (%) = 6.54

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในคอลัมน์ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 6 แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข. 6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งของข้าว

จากการวัดความแข็งของข้าวหุงสุกเปรียบเทียบภาชนะบรรจุ 2 ชนิด พบว่า ข้าวที่เก็บรักษาในภาชนะทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถุงโพลีเอธิลีนมีค่า 1779.43 กรัม และถุงสุญญากาศมีค่า 1763.48 กรัม (ตารางที่ 9 ภาพที่ 7) อย่างไรก็ตามพบว่า ความแข็งของข้าวหุงสุกในการทดลองนี้จะลดลงตามเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวเหนียวงอก กข.6 ก่อนเก็บรักษาเมื่อนำมาหุง จะมีความแข็งของข้าวหุงสุก 2161.16 กรัม และลดลงเหลือ 1348.13 กรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน (ตารางที่ 9 และภาพที่ 7)

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลความแข็งของข้าว (texture analysis) (กรัม) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

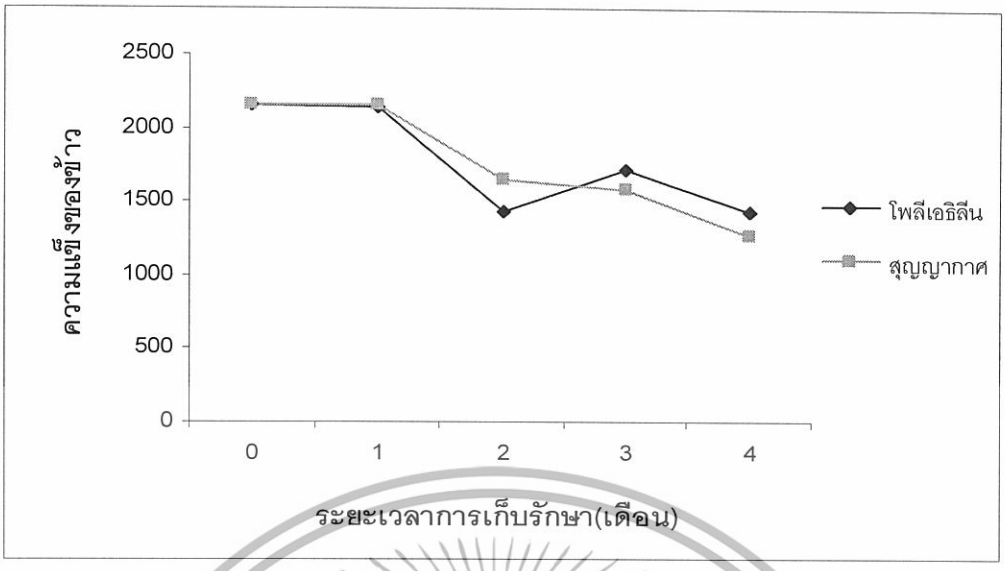
ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	1	2	3	4	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอธิลีน	2161.16	2147.89	1440.50	1715.24	1432.39	1779.43A
ถุงสุญญากาศ	2161.16	2153.45	1654.11	1584.86	1263.87	1763.49A
เฉลี่ย	2161.16a	2150.67a	1547.30bc	1650.05b	1348.13c	

CV (%) = 10.00

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในคอลัมน์ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 แสดงข้อมูลความแข็งของข้าว (texture analysis) (กรัม)ของข้าวเปลือก งอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกหุงสุกแสดงในตารางที่ 10 ซึ่งพบว่าความชอบของผู้ทดสอบต่อลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าว กลิ่น การเกาะตัวกันของเมล็ดข้าว และความแข็งของข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไม่ว่าจะเก็บรักษาข้าวไว้ในถุงโพลีเอทธิลีนหรือถุงสุญญากาศ ส่งผลให้ความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบต่อข้าวกล้องงอกหุงสุกไม่แตกต่างกัน แม้ว่าความชอบต่อรสชาติของข้าวที่เก็บไว้ในถุงสุญญากาศจะสูงกว่าก็ตาม

สำหรับผลของการเก็บรักษาต่อความชอบของผู้ทดสอบพบว่า การเก็บรักษาที่นานขึ้นจะมีผลให้ความชอบในเรื่องของ กลิ่น และรสชาติของข้าวลดลง และทำให้ความชอบโดยรวมต่อข้าวหุงสุกลดลงตามเวลาของการเก็บรักษาด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงค่าการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)ของข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)					
		ลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าว	กลิ่นของข้าว	การเกาะตัวของเมล็ดข้าว	ความแข็งของเมล็ดข้าว	รสชาติของข้าว	ความชอบโดยรวม
ถุงโพลีเอธิลีน	0	4.19a	4.00ab	4.68a	4.75a	5.00a	5.00a
	1	4.19a	3.50b	4.56a	4.75a	4.44ab	4.30ab
	2	4.50a	3.31b	4.31a	5.12a	3.88ab	4.25ab
	3	5.19a	2.87b	4.25a	5.37a	3.69ab	3.56b
	4	5.44a	2.62b	4.43a	4.93a	3.56b	3.56b
	เฉลี่ย	4.70A	4.70A	4.45A	4.99A	4.11B	4.14A
ถุงสุญญากาศ	0	4.19a	4.00ab	4.68a	4.75a	5.00a	5.00a
	1	4.63a	3.31b	4.50a	4.81a	4.56ab	4.56ab
	2	5.00a	3.31b	4.31a	5.31a	4.56ab	4.18ab
	3	5.31a	2.68b	4.12a	5.25a	4.00ab	4.18ab
	4	5.38a	2.75b	4.37a	5.12a	3.94ab	3.56b
	เฉลี่ย	4.90A	4.90A	4.40A	5.05A	4.41A	4.30A
	cv%	14.44	14.44	11.14	11.07	8.22	11.47

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบ โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าว

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันของข้าวที่เก็บในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าจะอยู่ระหว่าง 26-27 เปอร์เซ็นต์ และการเก็บรักษาข้าวพบว่า จะทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันรำข้าวที่สกัดได้ลดลง โดยข้าวก่อนเก็บรักษาจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำเท่ากับ 28.49 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือ 27.36, 26.34, 25.40 และ 24.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่11 และภาพที่ 8)

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าวของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

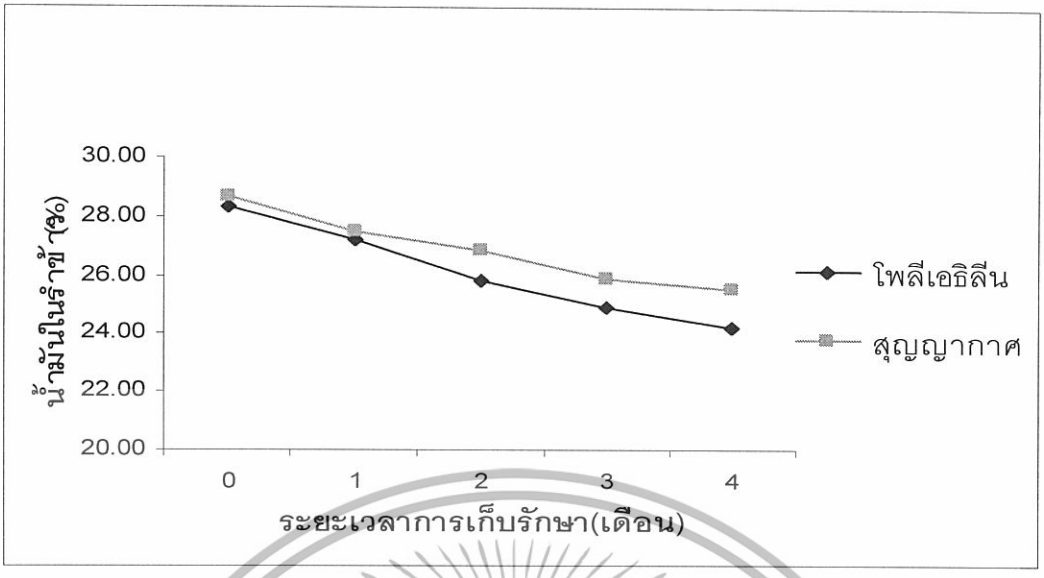
ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	1	2	3	4	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอธิลีน	28.33	27.19	25.83	24.93	24.25	26.11A
ถุงสุญญากาศ	28.66	27.52	26.85	25.88	25.59	26.90A
เฉลี่ย	28.49a	27.36b	26.34c	25.40d	24.92d	

CV (%) = 1.98

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในคอลัมน์ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าวของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ปริมาณโอรีซานอล

เมื่อเปรียบเทียบถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ พบว่าปริมาณโอรีซานอลของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวจะมีค่าประมาณ 17.47-17.72 ppm (ตารางที่ 12 ภาพที่ 9)

เมื่อนำการเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า การเก็บรักษาจะทำให้ปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะลดลงจาก 18.81 ppm เหลือ 16.57 ppm หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน (ตารางที่ 12 ภาพที่ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา					
	0	1	2	3	4	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอธิลีน	18.81	17.92	17.23	16.91	16.49	17.47A
ถุงสุญญากาศ	18.81	18.25	17.70	17.22	16.64	17.72A
เฉลี่ย	18.81a	18.08b	17.46c	17.06d	16.57e	

CV (%) = 0.40

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ในคอลัมน์ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแถวที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ภาพที่ 9 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์

การเก็บรักษาข้าวในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศในการทดลองนี้พบว่าไม่มีผลให้คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวกล้องงอกแตกต่างกันมากนัก แต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้คุณสมบัติของข้าวเปลี่ยนแปลงโดยข้าวจะดูดน้ำระหว่างการหุงต้มเพิ่มขึ้น ระยะเวลาหุงต้มนานขึ้น และข้าวหุงสุกขยายปริมาตรมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Moritake and Yasumatsu (1972 อ้างโดย งามชื่น, 2545) สำหรับปริมาณน้ำมันและสารโอรีซานอลพบว่าจะมีค่าลดลงเมื่อข้าวถูกเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งน่าจะเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโดยเฉพาะน้ำมันซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างเก็บรักษาทำให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ลดลง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการศึกษาการทำข้าวกล้องเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวที่ขัดสีแล้วแต่เนื่องจากยังมีส่วนของรำซึ่งมีน้ำมันสูงทำให้เก็บรักษาได้ไม่นาน โดยเฉพาะหากสภาวะการเก็บรักษาไม่เหมาะสม จากการศึกษา การเก็บรักษาข้าวเปลือกงอกในถุงโพลีเอธิลีน และสุญญากาศของข้าวเปลือกงอกพันธุ์กข.6 พบว่าข้าวเปลือกที่เก็บรักษาในทั้งสองสภาวะ มีคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานใกล้เคียงกันในทุกลักษณะที่ทำการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งข้าวเปลือกงอกที่เก็บถุงสุญญากาศจะดูดน้ำมากกว่าในระยะเวลาที่กำหนด ในขณะที่ใช้เวลาการหุงต้มน้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโอรีซานอลของข้าวเปลือกงอกที่เก็บในถุงโพลีเอธิลีนนั้นสูงกว่าข้าวเปลือกที่เก็บในถุงสุญญากาศ สำหรับผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวเปลือกงอก พบว่า การเก็บรักษาที่นานขึ้นจะทำให้ค่าการดูดน้ำในระหว่างหุงต้ม ระยะเวลาหุงต้ม การขยายปริมาตรของข้าวเปลือกงอกมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซนต์น้ำมันในรำข้าวและปริมาณโอรีซานอลลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

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

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด.น. 1 – 35. ในเอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ฝ่ายฝึกอบรมสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ

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

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

นิรนาม. 2548. ข้าวกล้อง. แหล่งที่มา http://www.silvergreenshop.com/info/rice/rice/_brown.html วันที่ 6 กรกฎาคม 2550

นิรนาม. 2550. โครงสร้างเมล็ดข้าว. แหล่งที่มา http://www.oswego.org วันที่ 6 กรกฎาคม 2550

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

วิจิตร บุณยะโหตระ. ข้าวกล้องยอดฮิต. แหล่งที่มา http://www.elib-online.com/doctors/food_rice1.html วันที่ 6 กรกฎาคม 2549

วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย. 2549. ผลของระยะเวลาในการงอกต่อสารชีวกิจกรรมบางชนิดและคุณภาพของข้าวกล้องงอกหอมมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

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

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366

Henry, R.J. and P.J. Kettlewell. 1996. Cereal Grain Quality. Chapman & Hall. London.

Ito, S. 2004. Marketing of Value-Aadded Rice Products in Japan: Germinated brown rice and rice bread.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAO Rice Conference. Rome, Italy, 12-13 February 2004.

Kayahara, H. and K. Tsukahara. 2000. Flavor, health and nutritional quality of pre-germinated brown rice. Presented at 2000 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii, December 2000.

Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu and T. Kimura. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice.

Journal of Food Engineering. 78 ; 556-560.

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

O'Brien, R. and N. Fowkes. 2005. Modification patterns in germinating baley-malting II. Journal of Theoretical Biology. 233: 315-325.

Ohtsubo, K., K. Susuki, Y. Yasui and T. Kasumi. 2005. Bio-functional components in The processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. Journal of Food Composition and Anylysis. 18: 303-316.

World Market & Trade, USDA. [Online] Available http://www.riceexporters.or.th/world%20rice%20prod_cons_ends.html 6 June 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวกล้องพันธ์ กข.6

การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวกล้องพันธ์ กข.6 ก่อนนำมาทำข้าวเปลือกงอกได้ผลดังนี้

คุณสมบัติที่ตรวจวัด	เฉลี่ย
การสลายตัวในด่าง	5-6
ระยะเวลาการหุงสุก (นาที)	27.67
การดูดน้ำ	269.17
การขยายปริมาตร (ซม.)	2.10
ความแข็งของข้าว (กรัม)	2161.16
เปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าว	28.33
โอรีซานอล (ppm)	18.81

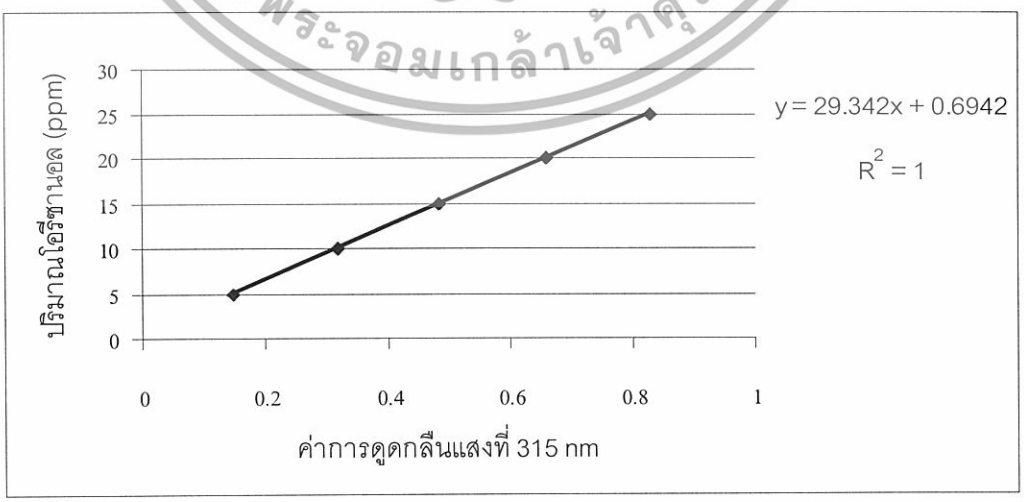
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล

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

ปริมาณโอรีซานอล (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
5	0.15
10	0.32
15	0.48
20	0.66
25	0.83



กราฟแสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวกที่ ค.1 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอธิลีน	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
	4	5-6	5-6	5-6	5-6
ถุงสุญญากาศ	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
	4	5-6	5-6	5-6	5-6

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.2 แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงสุก (นาที)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	27	28	28	27.67
	1	27	27	26	26.67
	2	26	27	27	26.67
	3	28	29	28	28.33
	4	28	28	28	28
ถุงสุญญากาศ	0	27	28	28	27.67
	1	25	25	27	25.67
	2	26	27	27	26.67
	3	29	28	29	28.67
	4	27	29	29	28.33

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.3 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	278.50	267	262	269.17
	1	241.50	245.50	250	245.67
	2	277	283	275	278.33
	3	309	316	318	314.33
	4	318.50	320	324	320.83
ถุงสุญญากาศ	0	278.50	267	262	269.17
	1	251.50	241.50	281	258
	2	274.50	271	269	271.50
	3	326.50	315	331	324.17
	4	322	329	328.5	326.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.4 แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข. 6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0,1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	2.20	2	2.10	2.10
	1	1.80	2	2.20	2
	2	1.90	2	1.90	1.93
	3	2.10	2.30	2.40	2.27
	4	2.20	2.50	2.60	2.43
ถุงสุญญากาศ	0	2.20	2	2.10	2.10
	1	1.90	2	1.90	1.93
	2	1.90	2	1.80	1.90
	3	2	2.10	2.30	2.13
	4	2.10	2.30	2.40	2.27

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.5 แสดงข้อมูลการวัดความแข็งของข้าว (texture analyser) (กรัม)ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	2149.31	2019.75	2314.40	2161.16
	1	1849.58	2125.26	2468.82	2147.89
	2	1281.23	1490.31	1549.94	1440.50
	3	1540.94	1685.21	1919.56	1715.24
	4	1359.86	1411.68	1525.62	1432.39
ถุงสุญญากาศ	0	2149.31	2019.75	2314.41	2161.16
	1	2148.39	2007.28	2304.70	2153.46
	2	1735.26	1592.22	1634.84	1654.11
	3	1468.32	1813.31	1472.93	1584.86
	4	1042.14	1457.62	1291.86	1263.87

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.6 แสดงค่าลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำที่								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	3.50	3.50	5.50	2	5.50	5.5	2	6	4.19
	1	4	5.50	4	3	3	5.50	2.50	6	4.19
	2	5	5.50	4.50	3	4	5	3	6	4.50
	3	5.50	6	5.50	4	5	6	3.50	6	5.19
	4	6	6	6	4.50	5.50	5.50	4	6	5.44
ถุงสุญญากาศ	0	3.50	3.50	5.50	2	5.50	5.50	2	6	4.19
	1	6	6	4	3.50	4	5	2.50	6	4.63
	2	6	6	4.50	5	4.50	5	3	6	5.00
	3	5.50	6	6	4.50	5	5.50	4	6	5.31
	4	6	5.50	5.50	5	5	5.50	4.50	6	5.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.7 แสดงค่ากลิ่นของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำที่								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	2	3.50	3.50	4	5	4.50	3	6.50	4
	1	1	2.50	3.50	3	4	5	3	6	3.50
	2	1	3	3	3	4.50	4.50	3	4.50	3.31
	3	1	3	3	2.50	3	4	2.50	4	2.88
	4	1	2	3	3	3	4	2	3	2.63
ถุงสุญญากาศ	0	2	3.50	3.50	4	5	4.50	3	6.50	4
	1	1	3	3	4	4	4	2.50	5	3.31
	2	1	3	3.50	2.50	4	4	2	5	3.31
	3	1	2.50	2.50	3	3.50	3	2	4	2.69
	4	1	2.50	3	3	3.50	3	2	4	2.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.8 แสดงค่าการเกาะตัวของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำที่								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	4	4.50	5.50	2.50	6	5	4	6	4.69
	1	4	5	5	2.50	5.50	5	4	5.50	4.56
	2	4.5	3.50	6	2	5	4.50	4.50	4.50	4.31
	3	3.5	4	5	3.50	5	4.50	3.50	5	4.25
	4	4	4.50	4.50	3	5.50	5	4	5	4.44
ถุงสุญญากาศ	0	4	4.50	5.50	2.50	6	5	4	6	4.69
	1	4.5	5	5	2	5.50	5	3.50	5.5	4.50
	2	3.5	3.50	4.50	2.50	6	5	3.50	6	4.31
	3	3.5	4.50	4	2	4.50	5.50	3	6	4.13
	4	4.5	4	4.50	3	4.50	4.50	4	6	4.38

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.9 แสดงค่าความแข็งของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำที่								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	5	4	5	5	4	6	2	7	4.75
	1	4.50	4.50	5.50	4.50	4.50	6	2	6.50	4.75
	2	4	5	6	5	5	6.50	3	6.50	5.13
	3	5	4.50	4.50	5.50	6.50	7	3	7	5.38
	4	4.50	4	5.5	6	4.50	6	2.50	6.50	4.99
ถุงสุญญากาศ	0	5	4	5	5	4	6	2	7	4.75
	1	5.50	4	5.50	5	3.50	5.50	3.50	6	4.81
	2	5.50	5.50	6	6.50	4	5	3	7	5.31
	3	6	4.50	5.50	5.50	4.50	6.50	2.50	7	5.25
	4	4.50	5	5.50	6	5	5.50	3	6.50	5.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.10 แสดงค่ารสชาติข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำที่								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	5.50	4.50	5	5	5.50	6	2.50	6	5
	1	5.50	3.50	5	4.50	5.50	5	1.50	5	4.44
	2	4.50	3.50	4	4	5	4	1	5	3.88
	3	4	3	4	3	4	4.50	2	5	3.69
	4	4	3	4.50	3.50	4	4	1	4.50	3.56
ถุงสุญญากาศ	0	5.50	4.50	5	5	5.50	6	2.50	6	5
	1	5	4	4.50	5	5	5	2	6	4.56
	2	5	4	4	4.50	5	5.50	2.50	6	4.56
	3	4.50	3.50	4	3.50	4	5	1.50	6	4
	4	4.50	3.50	4	4	4	4.50	2	5	3.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.11 แสดงค่าความชอบโดยรวมข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน) ข้าวเปลือกงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีนและถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำที่								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	4.50	4	5.50	5	5	5.50	4	6.50	5
	1	4.40	4	5	4.50	4	4	3	5.50	4.30
	2	4	4.5	5.50	4.50	3	4	3	5.50	4.25
	3	4	3	4	3	3	3.5	2	6	3.56
	4	4	3.5	3.50	4	3	3.50	2	5	3.56
ถุงสุญญากาศ	0	4.50	4	5.50	5	5	5.50	4	6.50	5
	1	4	4	5	4	5	5	3.50	6	4.56
	2	4	3	4	4	4.50	5	3	6	4.19
	3	4	3.50	3	4.50	4	5	3	6.50	4.19
	4	3.50	3	3	4	4	4	2	5	3.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.12 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำมันในรำข้าวของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำที่			เฉลี่ย
		1	2	3	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	28	29	27.98	28.33
	1	27.33	27.83	26.42	27.19
	2	26	26.17	25.32	25.83
	3	24.29	25.43	25.06	24.93
	4	24.53	24.38	23.85	24.25
ถุงสุญญากาศ	0	28	29	28.98	28.66
	1	27.17	27.33	28.06	27.52
	2	26.43	27.57	26.54	26.85
	3	26.43	25.56	25.64	25.88
	4	25.76	25.65	25.36	25.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.13 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวเปลือกงอกพันธุ์ กข.6 ที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอธิลีน และถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ภาชนะบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำที่			เฉลี่ย
		1	2	3	
ถุงโพลีเอธิลีน	0	18.95	18.68	18.80	18.81
	1	17.91	17.88	17.99	17.95
	2	17.19	17.28	17.22	17.23
	3	16.92	16.92	16.89	16.91
	4	16.47	16.50	16.50	16.49
ถุงสุญญากาศ	0	18.95	18.68	18.80	18.81
	1	18.24	18.18	18.33	18.25
	2	17.67	17.73	17.70	17.70
	3	17.19	17.22	17.25	17.22
	4	16.65	16.65	16.62	16.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	: นายทศพล สิทธิวงศ์
วันเดือนปีเกิด	: 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2526
ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน	: 80 หมู่ 7 ตำบล ขึ่ง อำเภอ เวียงสา จังหวัด น่าน 55110
โทรศัพท์	: 0866128386
ที่อยู่ปัจจุบัน	: 80 หมู่ 7 ตำบล ขึ่ง อำเภอ เวียงสา จังหวัด น่าน 55110
โทรศัพท์	: 0866128386
การศึกษา	: พ.ศ. 2536 – 2541 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนศรีเวียงสา วิทยาคาร อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน
	พ.ศ. 2541 – 2546 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีศรีน่าน จังหวัดน่าน
	พ.ศ. 2547 ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต(พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	: นางสาววรลักษณ์ บุญสมภพ
วันเดือนปีเกิด	: 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528
ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน	: 1/93 ม.เคหะรามคำแหง ถ.รามคำแหง แขวงมีบุรี เขตมีนบุรี กทม. 10510
โทรศัพท์	: 0870432843
ที่อยู่ปัจจุบัน	: 1/93 ม.เคหะรามคำแหง ถ.รามคำแหง แขวงมีบุรี เขตมีนบุรี กทม. 10510
โทรศัพท์	: 0870432843
การศึกษา	: พ.ศ. 2537 – 2542 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านระหัด อำเภอเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ
	พ.ศ. 2542 – 2547 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กทม.
	พ.ศ. 2547 ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้