สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของระยะเวลาการแช่น้ำ และการเก็บรักษาแบบสุญญากาศต่อคุณภาพข้าวกล้องงอก
พันธุ์สุพรรณบุรี 1

Effect of Soaking Time and Vacuum Storage on the Quality of Germinated Brown Rice
cv. Suphanburi 1

T 1 0 2 7 2 7

โดย

นายพิษณุ แก้วตะพาน
นางสาวเจตน์สุดา สุขม่อย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. อุมา แสงคร้าม

ปพ.
พ 964 ผ
2549
เลขหมู่
เลขทะเบียน 102727
วัน,เดือน,ปี 18 ส.ค. 2552

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)
พุทธศักราช 2549

b12039913
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

ผลของระยะเวลาการแช่น้ำ และการเก็บรักษาแบบสุญญากาศต่อคุณภาพข้าวกล้องงอก
พันธุ์สุพรรณบุรี 1

Effect of Soaking Time and Vacuum Storage on the Quality of Germinated Brown Rice cv. Suphanburi 1

โดย

นายพิษณุ แก้วตะพาน
นางสาวเจตน์สุดา สุขม่อย

ได้พิจารณาเห็นชอบจาก

....
(ดร. อุมา แสงคร้าม)
อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรอง

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

วันที่ .... เดือน .... พ.ศ. ....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : ผลของระยะเวลาการแช่น้ำ และการเก็บรักษาแบบสุญญากาศต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1

โดย : นายพิษณุ แก้วตะพาน

: นางสาวเจตน์สุดา สุขม่อย

ภาควิชา : เทคโนโลยีการผลิตพืช

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. อุมา แสงคร้าม

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของระยะเวลาการแช่น้ำในการทำข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกโดยวางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in CRD โดยปัจจัยที่ 1 คือ ระยะเวลาในการแช่น้ำ 6 และ15 ชั่วโมง และปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวกล้องงอก 0, 1, 2 และ 3 เดือน โดยระหว่างการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกถูกเก็บไว้ในถุงสุญญากาศ ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวที่ 6 ชั่วโมง มีผลให้ระยะเวลาการหุงต้มข้าวกล้องงอกสูงกว่าการแช่น้ำที่ 15 ชั่วโมง แต่ปริมาณโอรีซานอลจะมีค่าต่ำกว่า ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในถุงสุญญากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก พบว่าการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ระยะเวลาการหุงต้มของข้าวกล้องงอกเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่าการดูดน้ำ ปริมาณโอรีซานอล และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก การเก็บรักษา คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว น้ำตาลรีดิวซ์ โอรีซานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : Effect of Soaking Time and Vacuum Storage on the Quality of Germinated Brown Rice c.v. Suphanburi 1

Author : Mr. Phissanu Kaewtaphan

: Miss Jetsuda Sookmoise

Department : Plant Production Technology

Faculty : Agriculture Technology

Advisor : Dr. Uma Sangkram

ABSTRACT

The effects of soaking time and storage time on the quality of germinated brown rice cv. Suphanburi 1 were studied. The experimental design was 2x4 factorial in CRD which consisted of 2 soaking time (6 and 15 hours) and 4 storage time (0, 1, 2 and 3 months). The results showed that cooking time of 6 hour-soaked rice was higher than 15 hour-soaked rice while the quantity of oryzanol was lower. The other measured properties were not significantly different by soaking time. When germinated brown rice was kept in vacuum plastic bag for 3 months, it was found that cooking time of rice was increased with the storage time while water absorption during cooking, the quantity of oryzanol and reducing sugar ware decreased.

Key word : germinated brown rice, soaking time, storage, physico-chemical property, oryzanol, reducing sugar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.อุมา แสงคร้าม อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษาที่ดียิ่ง และการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการในระหว่างการทำปัญหาพิเศษ รวมทั้งการดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ รวมทั้งประสบการณ์ต่างๆ อย่างเต็มความสามารถ ซึ่งข้าพเจ้าได้นำวิชาความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดูอบรมสั่งสอน สนับสนุนช่วยเหลือ ให้โอกาสในการศึกษา เป็นแรงผลักดันให้ ประสบความสำเร็จในการเรียน และการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่อำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน และการช่วยเหลือในเรื่องการทำรูปเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณ พี่ไพฑูรย์ ละลา นักศึกษาปริญญาโทที่ให้ความช่วยเหลือ เรื่องการทดลองในห้องปฏิบัติการ

นายพิษณุ แก้วตะพาน

นางสาวเจตน์สุดา สุขม่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางผนวก	(4)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	15
ผลการทดลองและวิจารณ์	19
สรุป	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	31
ภาคผนวก ก คุณสมบัติของข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1	32
ภาคผนวก ข กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส, โอรีซานอล และน้ำตาลรีดิวซ์	33
ภาคผนวก ค ตารางข้อมูลผลการทดลอง	36
ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	40
ประวัติผู้เขียน	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การแบ่งประเภทของข้าวและลักษณะของข้าวหุงสุกตามปริมาณอะมิโลส	7
2	การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามเจ้าตามความคงตัวของแป้งสุก	8
3	การแบ่งชนิดข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุกและการประเมินด้วยค่าการสลายเมล็ดในด่างที่สัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้มข้าวสุก	8
4	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวขัดขาวที่ความชื้นร้อยละ 12	10
5	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	19
6	แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	20
7	แสดงค่าการสลายตัวในด่างของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	21
8	แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	22
9	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	23
10	แสดงปริมาณโอริซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	24
11	แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมงเมื่อเก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1,2 และ3 เดือน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว	5
2	กลิ่นหืนของข้าวที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออโทออกซิเดชัน	13
3	แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	20
4	แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที)ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	22
5	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	23
6	แสดงปริมาณโอริซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	24
7	แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6และ 15ชั่วโมงเมื่อเก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
ก. 1	คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1	31
ข. 1	แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส	32
ข. 2	แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล	33
ข. 3	แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคส	34
ค. 1	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15ชั่วโมงเมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	35
ค. 2	แสดงข้อมูลปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	35
ค. 3	แสดงข้อมูลการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	36
ค. 4	แสดงข้อมูลระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมงเมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	36
ค. 5	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	37
ค. 6	แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	37
ค. 7	แสดงข้อมูลปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

ง. 1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน 39

ง. 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน 39

ง. 3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน 40

ง. 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน 40

ง. 5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบปริมาณโอริซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน 41

ง. 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมงเมื่อ เก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน 41

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ข้าวจัดเป็นอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง เนื่องจากมีแป้งเป็นองค์ประกอบ 80% ถือได้ว่าเป็นแหล่งอาหารสำคัญที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย นอกจากคาร์โบไฮเดรตแล้วข้าวยังมีโปรตีน 7% และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 2% ข้าวที่ผ่านการขัดสีแต่น้อยจะมีจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวเหลืออยู่มาก ทำให้ข้าวเหล่านี้ อุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่คนไทยส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวขาวที่ผ่านการขัดสีมากถึง 3 ครั้ง ทำให้จมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวหลุดออกไปเกือบหมด ทำให้ข้าวขาวไม่ค่อยเหลือประโยชน์มากนัก ดังนั้นนอกจากแป้งแล้ว การบริโภคข้าวให้ได้สารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุด จึงควรบริโภคข้าวที่ผ่านการขัดสีแต่น้อยหรือข้าวกล้อง เพราะการบริโภคข้าวกล้องจะทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารอย่างครบถ้วน

สาเหตุที่คนไทยส่วนใหญ่ไม่นิยมบริโภคข้าวกล้องนั้นเนื่องมาจาก ข้าวกล้องมีสีสันไม่น่ารับประทาน หุงสุกแล้วไม่นุ่ม แต่ในสถานการณ์ปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มหันมาให้ความสนใจต่อสุขภาพ จึงมีการพัฒนาให้ข้าวกล้องมีความเหมาะสมต่อการรับประทานมากขึ้น อย่างไรก็ตามคุณภาพข้าวกล้องงอกอาจผันแปรขึ้นอยู่กับ ชนิดข้าว พันธุ์ข้าว กระบวนการผลิต และการเก็บรักษา และผลของการเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศของข้าว การศึกษาในเรื่องดังกล่าวจึงเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อการพัฒนาข้าวกล้องงอกต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมในการทำข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1
2. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศ ที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ข้าวเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของคนไทย ซึ่งมีการบริโภคกันมาเป็นเวลานาน และมีปริมาณการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก นำรายได้เข้าสู่ประเทศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในการบริโภคข้าวของคนไทยจะนิยมบริโภคข้าวเจ้าเป็นหลัก และมีการบริโภคข้าวเหนียวเป็นอันดับรองซึ่งข้าวทั้งสองชนิดนี้มีหลายพันธุ์โดยแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน (ณรงค์, 2538)

ข้าว

ข้าวเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งข้าวจัดอยู่ในตระกูล Gramineae วงศ์ Oryzea มีมากกว่า 60 ชนิด แต่ที่รู้จักกันทั่วไปคือ *Oryza sativa* จัดเป็นข้าวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากที่สุด ประกอบด้วยข้าวอินดิกา จาปอนิกา และจาวานิกา (Matz, 1959) ชนิดของข้าวแบ่งออกได้หลายลักษณะดังนี้คือ

1. แบ่งตามความยาวและรูปร่างของเมล็ด

ขนาดและรูปร่างของเมล็ด หมายถึง ความยาว ความกว้าง ความหนา และความป้อมของเมล็ด ข้าวอินดิกา มีรูปร่างเมล็ดเรียวค่อนข้างป้อม ข้าวจาปอนิกามีเมล็ดสั้นและกลม ส่วนข้าวจาวานิกา มีเมล็ดกว้างและหนา (เครือวัลย์, 2534)

Sharp (1991) แบ่งชนิดข้าวตามความยาวออกเป็น 3 ระดับ คือ ข้าวเมล็ดยาว ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง และข้าวเมล็ดสั้น ซึ่งมีขนาดต่างกันไปเล็กน้อยตามลักษณะข้าว ถ้าเป็นข้าวเปลือกเมล็ดยาวมีความยาวเกินกว่า 3.4 มม. ส่วนข้าวกล้องเมล็ดยาวมีความยาวเกินกว่า 3.1 มม. และข้าวขัดขาวเมล็ดยาวมีความยาวเกินกว่า 3.0 มม.สำหรับข้าวเปลือกเมล็ดปานกลางมีความยาวอยู่ในช่วง 2.3-3.3มม. ข้าวกล้องเมล็ดปานกลางมีความยาวอยู่ในช่วง 2.1-3.0 มม. ข้าวขัดขาวที่มีขนาดปานกลางมีความยาวอยู่ในช่วง 2.0-2.9 มม. ส่วนข้าวเปลือกที่จัดเป็นข้าวเมล็ดสั้นมีขนาดต่ำกว่า 2.2 มม. ข้าวกล้องเมล็ดสั้นมีความยาว 2.0 มม. ข้าวขัดขาวเมล็ดสั้นมีความยาว 1.9 มม.

ขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าวมีผลต่ออัตราการดูดซึมน้ำระหว่างการหุงต้ม เช่น ผลการทดลองของ Ali *et al.* (1994) ที่ศึกษาขนาดและรูปร่างของเมล็ดโดยคิดเป็นพื้นที่ผิวทั้งหมดของเมล็ดข้าว พบว่า มีพื้นที่ผิวตั้งแต่ต่ำกว่า 14, 16-17 และ17-19 ตร.ซม/กรัม เมล็ดข้าวที่มีพื้นที่ผิวต่ำกว่า 14 ตร.ซม/กรัม มีอัตราการดูดน้ำน้อยกว่าเมล็ดข้าวที่มีพื้นที่ผิว 16-17 และ 17-19 ตร.ซม/กรัม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบ่งตามปริมาณอะมิโลส

Juliano (1985) แบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลสเป็น 5 ประเภทคือ ข้าวเหนียว ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำมาก ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง และข้าวเจ้าอะมิโลสสูง ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 1-2, 2-9, 9-20, 20-25 และ 25-33 ตามลำดับ เมื่อนำข้าวเจ้ามาหุงต้มจะให้ลักษณะข้าวสุกเหนียวมาก เหนียวนุ่ม นุ่มค่อนข้างเหนียว และร่วนแข็ง ตามลำดับ สำหรับประเทศไทย มาตรฐานข้าวที่ใช้ในทางการค้าข้าวแบ่งตามปริมาณอะมิโลสเป็น 4 ประเภทคือ ข้าวเหนียวมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 0-2 ลักษณะข้าวสุกเหนียวมาก ข้าวอะมิโลสต่ำ มีปริมาณอะมิโลส ร้อยละ 10-20 เมื่อหุงสุกจะข้าวนุ่ม ค่อนข้างเหนียว ได้แก่ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 กข 15 และ กข 21 เป็นต้น ข้าวอะมิโลสปานกลางมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 20-25 ข้าวสุกที่ได้ค่อนข้างนุ่ม แต่ไม่เหนียว ได้แก่ พันธุ์ กข 7 กข 23 และสุพรรณบุรี 60 และข้าวอะมิโลสสูงมีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 25-34 ลักษณะข้าวสุกแข็งร่วนหุงขึ้นหม้อ ได้แก่ พันธุ์ กข 11 กข 25 และเหลืองประทิว 123 เป็นต้น (งามชื่น, 2537) การที่ข้าวมีองค์ประกอบของ อะมิโลส และ อะมิโลเพกติน ในสัดส่วนที่ต่างกัน ทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้มและคุณภาพในการบริโภคต่างกัน โดยเฉพาะข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จัดเป็นข้าวคุณภาพสูงที่นิยมบริโภคกันมากเพราะเมื่อหุงสุกแล้วจะมีเนื้อสัมผัสที่ถูกใจผู้บริโภค ทั้งมีกลิ่นหอมที่เป็นลักษณะเด่นเฉพาะตัวด้วย

3. แบ่งตามอายุข้าว

3.1 ข้าวเบา คือ ข้าวที่มีอายุสั้น ออกดอกให้เก็บเกี่ยวได้ในตอนต้นปีของฤดูการทำนาระหว่างเดือนกันยายน-ตุลาคม

3.2 ข้าวกลาง คือ ข้าวที่มีอายุปานกลาง ออกดอกให้เก็บเกี่ยวได้ในตอนกลางปีของฤดูการทำนา คือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม หรือหลังจากนั้น

3.3 ข้าวหนัก คือ ข้าวที่มีอายุมาก ออกดอกให้เก็บเกี่ยวได้ในระยะปลายปีของฤดูการทำนา คือ ระหว่างเดือนธันวาคม-มกราคม หรือหลังจากนั้น (เครือวัลย์, 2534)

ลักษณะของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี

เป็นพันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ผสม ระหว่าง พันธุ์ผสมชั่วที่ 1 ของ IR 25393– 57 – 2 – 3 กข 23/IR 27316-96-3-2-2 และคู่ผสมเดี่ยวของ IR 77205-3-2-1-1/SPPLR 79134-51-2-2 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2528 แล้วปลูกคัดเลือกแบบสืบตระกูลจนได้สายพันธุ์ SPRLR 85163-5-1-1-2 แล้วปลูกศึกษาพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตทั้งในสถานีทดลองและนาเกษตรจนถึงปี 2535 ผ่านการพิจารณารับรองพันธุ์ของคณะกรรมการวิจัย และพัฒนาของกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 23 ตุลาคม 2537 และให้ชื่อว่า ข้าวเจ้าสุพรรณบุรี 1 มีลักษณะ ตรงกอตั้ง ต้นแข็งไม่ล้ม ใบสีเขียวเข้ม มีขน กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาวค่อนข้างตั้ง คอรวงยาวค่อนข้างแน่น ระแง้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างถี่ เปลือกเมล็ดสีฟาง อายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 120-125 วัน ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 22 วันเมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.3 มม.ความสูง ประมาณ 125 ซม.ผลผลิต เฉลี่ย 806 กก./ไร่ ลักษณะพันธุ์ ไม่ไวต่อช่วงแสงคุณภาพข้าวสุกร่วนแข็ง เปอร์เซ็นต์แป้งอะมิโลส 29 (กรมวิชาการเกษตร, 2537)

โครงสร้างของเมล็ดข้าว

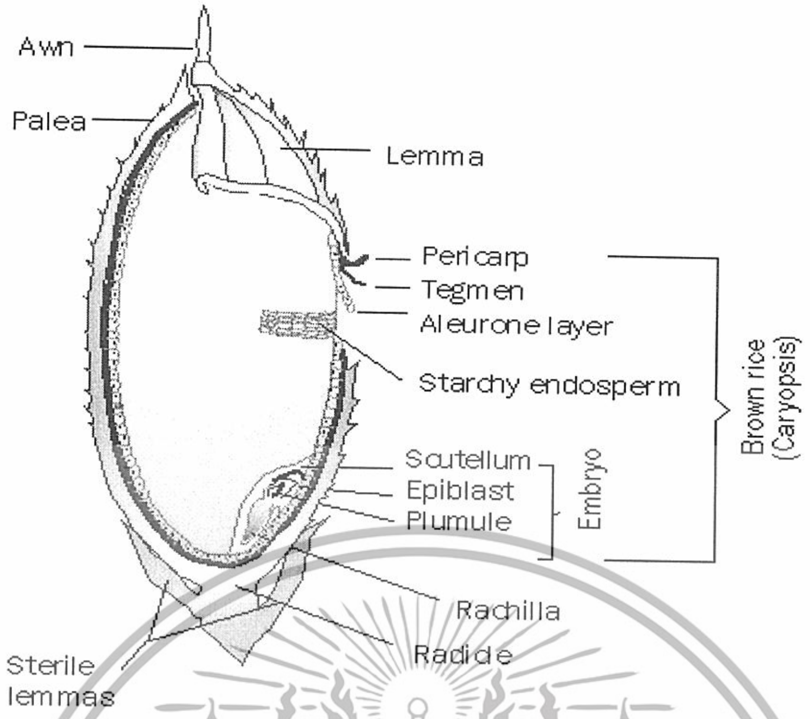
เมล็ดของข้าว หมายถึง ส่วนรวมที่เป็นแป้งซึ่งเป็นส่วนสะสมอาหาร (endosperm) และส่วนที่เป็นคัพภะ (embryo) ซึ่งถูกห่อหุ้มไว้โดยเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) และเปลือกนอกคือ lemma และ palea ส่วนที่เป็นแป้งคือส่วนที่ใช้บริโภค ส่วนคัพภะเป็นส่วนมีชีวิต และงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อนำไปเพาะ การที่ละอองเกสรตัวผู้ตกลงบนที่รองรับละอองเกสรตัวเมียนั้น เรียกว่า การผสมเกสร (pollination) หลังจากการผสมเกสรเล็กน้อย ละอองเกสรตัวผู้ก็จะงอกลงไปในก้านของละอองเกสรตัวเมีย เพื่อนำนิวเคลียสจากละอองเกสรตัวผู้ลงไปผสมเพื่อรวมตัวกับไข่ และนิวเคลียสที่รวมตัวกับนิวเคลียสอื่นๆ (polarnuclei) ก็จะเจริญเติบโตเป็นส่วนสะสมอาหาร หรือ endosperm หลังจากการผสมเกสรประมาณ 30 วัน เมล็ดข้าวก็จะแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ (งามชื่น, 2546)

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

1. เปลือกข้าวหรือแกลบ (hull)

เป็นส่วนที่หุ้มอยู่ภายนอกประกอบด้วยเปลือกหนากับเปลือกบาง (lemma และ palea) หาง (awn) กลีบเลี้ยง (sterile lemma) และขั้วเมล็ด (rachilla) (Houston, 1972) มีแกลบประมาณร้อยละ 18-20 ของข้าวเปลือก ทำหน้าที่ป้องกันการทำลายจากแมลงต่างๆ และป้องกันการสูญเสียความชื้นของเมล็ดข้าว (Lorenz and Kulp, 1991) แกลบจัดเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตพวกเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสประมาณร้อยละ 68.2 ลิกนินร้อยละ 19.2-24.7 และ เถ้าร้อนร้อยละ 13.2-29.0 (เครือวัลย์, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว (นิรนาม, 2549)

2. ส่วนเนื้อของเมล็ดข้าว

เรียกว่า ข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือ (brown rice) เป็นส่วนสำคัญที่จะนำไปใช้บริโภคหรือเพื่อประโยชน์อื่นซึ่งมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้คือ

2.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp layer) มีปริมาณร้อยละ 1-2 ของข้าวกล้องเป็นชั้นหุ้มส่วนนอกสุดของข้าวกล้องที่อยู่ติดกับส่วนเปลือก หนาประมาณ 10 ไมโครเมตร และมีท่ออาหารอยู่ด้านหลัง (dorsal) ของเมล็ด

2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat layer) มีปริมาณร้อยละ 4-6 ของข้าวกล้องเป็นชั้นที่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามาภายในมีส่วนสารที่เป็นไข (thick cuticle) หนาประมาณ 0.5 ไมโครเมตร ส่วนนี้อุดมด้วยโปรตีน ไขมัน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ดังนั้นเมื่อบริโภคข้าวกล้องจึงรู้สึกแข็งกระด้างกว่าข้าวสาร

2.3 เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (aleurone layer) เป็นชั้นที่ห่อหุ้มทั้งเนื้อเมล็ด เมื่อรวมกับเยื่อหุ้มเมล็ดมีประมาณร้อยละ 4-6 ของข้าวกล้อง ประกอบด้วย ไขมัน โปรตีน และวิตามิน

2.4 คัพภะ (germ) มีประมาณร้อยละ 2-3 ของข้าวกล้อง อยู่ปลายด้านท้องของเมล็ด ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน และวิตามิน ได้แก่ วิตามินบี 1 (thiaimine) วิตามินบี 2 (riboflavin) และไนอะซิน (niacin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เอนโดสเปอร์ม (endosperm) มีประมาณร้อยละ 89-94 ของข้าวกล้อง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่มีปริมาณร้อยละ 90.2 คาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุดคือ แป้ง รองมาคือ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เนื่องจากเซลลูโลสมีลักษณะโครงสร้างที่ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะเบต้า 1, 4 กูลโคซิติก ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยได้เมื่อบริโภคแล้วจึงขับถ่ายในรูปกากอาหาร ส่วนโปรตีน ไขมัน และเส้นใยในเอนโดสเปอร์มมีปริมาณร้อยละ 7.8, 0.5 และ 0.4 ตามลำดับ (Lorenz and Kulp, 1991)

3. รำข้าว

เมื่อนำข้าวกล้องมาทำการขัดสี จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นข้าวขาว และรำ ซึ่งเป็นส่วนของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด เยื่ออะลิวโรน คัพภะ และผิวส่วนนอกของเอนโดสเปอร์ม ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 13.2-17.3 ไขมันร้อยละ 17.0-22.9 เส้นใยอาหารร้อยละ 27.6-33.3 และแป้งร้อยละ 16.1 สามารถใช้เลี้ยงสัตว์ ในปัจจุบันมีการนำรำไปสกัดน้ำมันทำอาหารเด็กอ่อนหรืออาหารเสริมอื่นๆ (จำรัส, 2536; เครือวัลย์, 2534; อรอนงค์, 2532) รวมทั้งการนำไขรำข้าวมาเคลือบผิวผักและผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยสายสนม และคณะ (2535) ได้นำรำข้าวที่ทำให้บริสุทธิ์แล้วมาพัฒนาเป็นอิมัลชันไขรำข้าวโดยใช้เคลือบผัก และผลไม้ เช่น มะนาว พบว่า สามารถเก็บรักษามะนาวที่เคลือบไขรำข้าวไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานถึง 1 เดือน ทั้งนี้เพราะไขรำข้าวช่วยลดการสูญเสียน้ำจึงป้องกันการเหี่ยวเฉา และชะลอการสลายของคลอโรฟิลล์ ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาความสดของผัก และผลไม้ได้นานยิ่งขึ้น

คุณสมบัติของเมล็ดข้าว

คุณสมบัติของเมล็ดข้าว หมายถึง คุณภาพทั่วไปของเมล็ดข้าวทั้งทางกายภาพและทางเคมีซึ่งนิยมใช้เป็นข้อกำหนดชนิดของข้าว และกำหนดระดับฐานของคุณภาพข้าวทั้งที่ยังไม่ได้หุงต้มและข้าวหุงต้มแล้ว

1. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ

หมายถึง คุณสมบัติต่างๆภายนอกของเมล็ดข้าวที่เห็นได้ง่าย สามารถชั่ง ตวง วัด จำแนกได้ ซึ่งคุณภาพทางกายภาพที่สำคัญได้แก่

1.1 น้ำหนักเมล็ด หมายถึง น้ำหนัก (กรัม) ของเมล็ดข้าว 100 หรือ 1000 เมล็ด ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันตามขนาด และรูปร่างของเมล็ด (Webb, 1980)

1.2 ลักษณะท้องไข่ (Chalkiness) เป็นจุดขุ่นขาวทึบแสงภายในเมล็ดข้าว ซึ่งเกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆของเม็ดแป้งกับเม็ดโปรตีน ทำให้เกิดช่องอากาศเล็กๆภายในเมล็ดที่เห็นเป็นลักษณะทึบแสง โดยจุดขุ่นขาวนี้อาจมีขนาดแตกต่างกัน การที่เมล็ดข้าวมีท้องไข่มากทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดลดลงระหว่างการขัดสี ลักษณะท้องไข่จึงจัดว่าเป็นตำหนิที่ไม่ต้องการในเมล็ดข้าวและใช้เป็นปัจจัยหนึ่งที่บอกถึงคุณภาพและราคาข้าวได้ (Webb, 1980 ; งามชื่น, 2538)

1.3 คุณภาพการสี การสีข้าวจะแยกแกลบ รำ และส่วนเนื้อของเมล็ดข้าวที่หักปะปนมาเล็กน้อย ส่วนที่เหลือคือข้าวสาร ข้าวคุณภาพดีควรสีได้ข้าวเต็มเมล็ดมากมีข้าวหักน้อย ทั้งนี้พบว่ามีหลายปัจจัยที่ทำให้ข้าวหักในระหว่างการขัดสี ได้แก่ พันธุ์ข้าว ขนาดและรูปร่างของเมล็ด ลักษณะท้องไข่ และระดับความชื้นของข้าวเปลือก เป็นต้น (เครือวัลย์, 2534)

Webb (1980) นำข้าวเมล็ดยาว เมล็ดปานกลาง และเมล็ดสั้น มาทำการขัดสี พบว่าข้าวเมล็ดสั้นให้ปริมาณข้าวสารเต็มเมล็ดมากกว่าการขัดสีข้าวเมล็ดปานกลาง และเมล็ดยาวตามลำดับ

2. คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าว

หมายถึง สัดส่วนและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพในการบริโภค ปัจจัยที่ทำให้ข้าวพันธุ์ต่างๆมีคุณภาพข้าวสุกแตกต่างกันได้แก่

2.1 ปริมาณอะมิโลส อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ในระหว่างการหุงต้ม ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำได้มากกว่าข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ เมื่อต้มให้สุกแล้วจะเกิดการคืนสภาพ (retrogradation) ข้าวที่มีอะมิโลสสูงเมื่อทำให้สุกจึงมีลักษณะร่วนกว่าและแข็งกว่าข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ และมีผลให้ข้าวไม่เหนียวติดกันจึงทำให้ข้าวฟูมีช่องอากาศมากและขยายปริมาตรมาก (ขึ้นหม้อ) กว่าด้วย (งามชื่น, 2536) ซึ่งปริมาณอะมิโลสสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทของข้าวและลักษณะของข้าวหุงสุกตามปริมาณอะมิโลส (งามชื่น,2536)

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	10-19	เหนียว
ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20-25	เหนียวเล็กน้อย
ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	25-34	ร่วน ค่อนข้างแข็ง

2.2 ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) ใช้แบ่งประเภทข้าวได้ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute : IRRI) ได้แบ่งประเภทข้าวตามสมบัติดังกล่าวไว้ดังนี้คือ แป้งข้าวสุกค่อนข้างแข็ง แป้งข้าวสุกปานกลาง และแป้งข้าวสุกอ่อน โดยการวัดระยะทางที่แป้งไหล เมื่อน้อยกว่า 35 มม. เป็นแป้งข้าวสุกแข็ง 36-40 มม. จัดเป็นแป้งข้าวสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างแข็ง 41-60 มม.จัดเป็นแป้งข้าวสุกปานกลาง และมากกว่า 60 มม. จัดเป็นแป้งข้าวสุกอ่อน การวิเคราะห์ทำได้โดยการต้มแป้ง 100 มล. ให้ใส เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.2 นอร์-มอล 2 มล. ต้มนาน 8 นาที แล้วทำให้เย็น และวัดระยะทางที่แป้งไหล (มม.) ดังแสดงในตารางที่ 2 (Cagampang *et al.*, 1973)

ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามเจ้าตามความคงตัวของแป้งสุก (งามชื่น, 2545)

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

2.3 การสลายเมล็ดในด่าง (alkali spreading value) วิเคราะห์โดยแช่เมล็ดข้าว 10 เมล็ด ในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.7 และประเมินค่าการสลายของเมล็ดภายหลังแช่ 23 ชั่วโมง หากระดับการกระจายตัวสูงหมายถึงเวลาในการหุงต้มน้อยกว่าระดับการกระจายตัวต่ำดังแสดงในตารางที่ 3 (Little *et al.*, 1958)

ตารางที่ 3 การแบ่งชนิดข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุกและการประเมินด้วยค่าการสลายเมล็ดในด่างที่สัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้มข้าวสุก (งามชื่น, 2545)

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

2.4 อัตราการยืดเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) ระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวขยายออกรอบด้านโดยเฉพาะด้านยาว พันธุ์ข้าวที่อัตราการยืดเมล็ดข้าวสุกมากทำให้ข้าวสุกไม่เหนียวติดกันเนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่น และช่วยให้ข้าวนุ่มมากกว่า ข้าวพันธุ์ที่ยืดตัวน้อยจึงจัดเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ (งามชื่น, 2531) การวิเคราะห์อัตราการยืดเมล็ดข้าวสุก หาได้จากสัดส่วนของความยาวของข้าวสุกต่อความยาวของข้าวก่อนหุงต้ม หรือคำนวณจากสูตรของ Juliano and Perez (1984) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{อัตราการยืดเมล็ดข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก 10 เมล็ด}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวก่อนหุงต้ม 10 เมล็ด}}$$

2.5 ปริมาณโปรตีน โปรตีนเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของข้าว ในเมล็ดข้าวมีโปรตีนเฉลี่ยประมาณ 8% มากเป็นอันดับ 2 รองจากคาร์โบไฮเดรต (Juliano, 1972) ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ และข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะดูดซึมน้ำได้ช้ากว่า เนื่องจากโปรตีนจะอยู่รอบๆโมเลกุลของแป้ง ดังนั้นการดูดซึมน้ำจึงเป็นไปได้อย่างช้าๆ และมีอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชันสูงกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ (Marshall and Wadsworth, 1994) นอกจากนี้โปรตีนยังมีความสัมพันธ์กับความเหนียวของข้าว ซึ่งเกิดจากโปรตีนออริเซนิน (oryzenin) และแป้งในระหว่างการหุงต้ม โดยโปรตีนและแป้งจะถูกทำลายบางส่วน ซึ่งทั้งสองส่วนนี้สามารถเกิดอันตรกริยา (interaction) ระหว่างกันได้ โดยที่เมื่อเกิดอันตรกริยาระหว่างออริเซนินกับแป้งมากจะทำให้มีความเหนียวมาก แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานความสามารถในการเกิดพันธะระหว่างออริเซนินกับแป้งจะลดลง จึงทำให้ข้าวหุงสุกมีความเหนียวลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน (Ramesh *et al.*, 2000)

2.6 กลิ่นหอม (aroma) ข้าวหอมเป็นข้าวที่คนนิยมบริโภคกันทั่วไป เนื่องจากมีกลิ่นหอมและมีความนุ่ม กลิ่นหอมที่พบในข้าวเกิดจากสาร 2-acetyl-1-pyrroline (AP) ในข้าวหอมจะมีสารนี้ประมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัม/กรัม และในข้าวกล้องหอมมีปริมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัม/กรัม (Buttery *et al.*, 1983) และพบว่าสาร AP เป็นสารประกอบที่ให้กลิ่นหอมในใบเตยหอมเช่นเดียวกับที่พบในข้าวหอม ใบเตยที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดจากแช่เยือกแข็ง (freeze-dried pandan) จะมี AP เข้มข้นมากกว่าในข้าวที่มีกลิ่นหอม 10 เท่า และมากกว่าเป็น 100 เท่าในข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอม (Buttery *et al.*, 1983)

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้อง

ข้าวที่นิยมบริโภคส่วนใหญ่เป็นข้าวขัดขาว แต่เมื่อศึกษาสัดส่วนและปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในเอนโดสเปอร์ม คัพภะ และรำของข้าวกล้อง พบว่า เอนโดสเปอร์มมีแป้งร้อยละ 90.2 โปรตีนร้อยละ 7.8 ไขมันร้อยละ 0.5 เส้นใยร้อยละ 0.4 เถ้าร้อยละ 0.6 และอื่นๆร้อยละ 0.4 ส่วนคัพภะและรำมีแป้งร้อยละ 2.4 และ 16.0 โปรตีนร้อยละ 20.2 และ 15.2 ไขมันร้อยละ 21.6 และ 20.1 เส้นใยร้อยละ 3.5 และ 10.7 เถ้าร้อยละ 7.9 และ 9.6 และอื่นๆร้อยละ 44.4 และ 28.4 ตามลำดับ เมื่อขัดสีข้าวกล้องทำให้ส่วนคัพภะ และรำของข้าวกล้องที่มีปริมาณไขมัน โปรตีน เกลือแร่ และวิตามินสูงแยกออไปกับแกลบ เหลือแต่ข้าวขาวที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงประมาณร้อยละ 80 (Barber, 1972 ; Lorenz and Kulp, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mitsuda and Murakani (1969) ศึกษาการกระจายของโปรตีน (ร้อยละของน้ำหนักสด) ในข้าวกล้องพันธุ์ IR-32 และ IR 480-5-9 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าร้อยละ 7.4 และ 10.7 ตามลำดับ พบว่า การกระจายตัวของโปรตีนในข้าวกล้องส่วนใหญ่อยู่ที่บริเวณผิวนอกมากกว่ากึ่งกลางเมล็ด เช่นเดียวกับการกระจายตัวของวิตามินไทอะมีนในข้าวพันธุ์ต่างๆ (Kik, 1945) ดังนั้นการนำข้าวกล้องมาขัดสีจึงทำให้ปริมาณโปรตีนและวิตามินไทอะมีนในข้าวลดลง

ข้าวกล้องมีปริมาณไทอะมีนและไขมันสูงกว่าข้าวขัดขาวประมาณ 5 เท่า ในขณะที่ปริมาณ เถ้า เยื่อใย ไนอะซีน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก โซเดียมและไรโบฟลาวิน สูงกว่าประมาณ 2-3 เท่า (ตารางที่ 4) ดังนั้นข้าวกล้องจึงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวขัดขาวยกเว้นแป้ง (Juliano and Bechtel, 1985) ปัจจุบันจึงมีการรณรงค์ให้บริโภคข้าวกล้องแทนข้าวขัดขาวมากขึ้นเนื่องจากการบริโภคข้าวกล้องเป็นประจำทำให้มีสุภาพแข็งแรง สามารถป้องกันโรคเหน็บชา และโรคปากนกกระจอก

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวขัดขาวที่ความชื้นร้อยละ 12 (Juliano, 1980 ;Lorenz and Kulp, 1991)

คุณค่าทางโภชนาการ	ข้าวกล้อง	ข้าวขัดขาว
เถ้าหยาบ(%)	1.0	0.5
ไขมันหยาบ(%)	1.9	0.3
เส้นใยหยาบ(%)	0.7	0.3
โปรตีน(%)	7.2	5.8
แป้ง(%)	57.0	67.0
แคลเซียม (มิลลิกรัม/กรัม)	0.3	0.2
เหล็ก (มิลลิกรัม/กรัม)	24.0	13.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กรัม)	2.5	1.2
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม/กรัม)	1.7	1.0
โซเดียม (ไมโครกรัม/กรัม)	315.0	45.0
ไนอะซิน (ไมโครกรัม/กรัม)	43.0	18.0
ไรโบฟลาวิน (ไมโครกรัม/กรัม)	0.9	0.4
ไทอะมีน (ไมโครกรัม/กรัม)	4.5	1.8
ไพริดอกซิน (ไมโครกรัม/กรัม)	11.2	6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice)

ข้าวกล้องงอก เป็นข้าวกล้องที่นำไปแช่น้ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวเกิดการดูดน้ำและเริ่มต้นกระบวนการงอกขึ้นและหยุดกระบวนการก่อนที่รากจะงอก โดยข้าวจะถูกนำมาลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ข้าวกล้องที่ได้นี้จะสามารถดูดน้ำได้ดีขึ้น หุงสุกง่าย และยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Charmayne, 2005; Shanker, 2005; Ziniah, 2006) Hiroshi (2005) กล่าวว่า ข้าวกล้องงอกที่ได้จะหุงง่ายและข้าวที่หุงจะมีรสชาติหวาน นุ่มกว่าข้าวกล้อง และในข้าวกล้องงอกยังมีปริมาณโอรีซานอล (oryzanol) และกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริค (gamma aminobutyric acid : GABA)มากกว่าข้าวกล้องปกติ ซึ่งโอรีซานอลจะมีประโยชน์ คือ ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิต ช่วยเพิ่มการไหลเวียนของโลหิต มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดอนุมูลอิสระ ส่วน GABA จะมีประโยชน์ คือ เป็นสารที่ช่วยให้เกิดความรู้สึกผ่อนคลาย บรรเทาและนอนหลับได้ เช่นเดียวกับยานอนหลับประเภทบาร์บิทูเรต และเบนโซไดอะซิแพท สามารถกระตุ้นตัวตอบรับในเซลล์ประสาททำให้เกิดความผ่อนคลาย อีกบทบาทหนึ่งของ GABA ที่น่าสนใจคือ ส่งเสริมให้ไขมันที่ร่างกายสะสมไว้ลดลง พบว่า GABA กระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตออกมา (human growth hormone : HGH) ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตนี้ มีบทบาทสำคัญในการเผาผลาญไขมันเพื่อให้พลังงานและสร้างกล้ามเนื้อ ร่างกายจะสร้างฮอร์โมนชนิดนี้ลดลงเมื่ออายุมากขึ้น ทำให้แก่ มีไขมันสะสมตามที่ต่างๆ และลดน้ำหนักยาก ด้วยเหตุนี้ อาหารเสริมหลายชนิดทั้งที่เป็นสูตรสำหรับผู้สูงวัย และสูตรสำหรับนักกีฬา จึงเติม GABA ผสมลงไปด้วย เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถควบคุมน้ำหนัก มีสุขภาพที่ดี สามารถพักผ่อนและนอนหลับได้เต็มที่นั่นเอง ผลงานวิจัยของ Kayahara และ Tukahara จากประเทศญี่ปุ่นระบุว่า ข้าวกล้อง จะมีสารกาบา มากกว่าข้าวขัดขาวถึง 10เท่า (นิรนาม, 2550)

กระบวนการพื้นฐานเพื่อทำการเตรียมข้าวกล้องงอก ได้แก่ การคัดเลือกข้าวกล้องที่มีคุณภาพดี แล้วนำมาแช่น้ำประมาณ 20 ชั่วโมงในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียสหรือเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิเย็น เปลี่ยนน้ำจำนวนน้อยครั้งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกลิ่นในระหว่างการแช่

การแช่น้ำจะมีผลให้ส่วนคัพภะของเมล็ดเกิดการงอก มีความยาวประมาณ 0.5 - 1 มิลลิเมตร และจะทำให้ข้าวกล้องนั้นมีการเพิ่มปริมาณของสารที่มีประโยชน์เช่น GABA ขึ้น

Komatsuzaki *et al.* (2003) รายงานผลการทำข้าวกล้องงอกโดยการบ่มข้าวให้คัพภะมีขนาดใหญ่ขึ้น (ประมาณ 1 มม.) โดนการแช่น้ำอุ่น ซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ 35 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และให้แก๊ส 21 ชั่วโมง พบว่าปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอก (24.9 มก./100 ก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มมากกว่าการแช่ข้าวกล้องแบบทั่วไป (10.0 มก./100 ก.) แม้ว่าจุลินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการแช่ข้าวกล้องแต่เมื่อฆ่าเชื้อโดยการนึ่ง 20 นาทีและใช้เอทานอล 3 นาที สาร GABA ก็ไม่ลดลง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวขณะเก็บรักษา

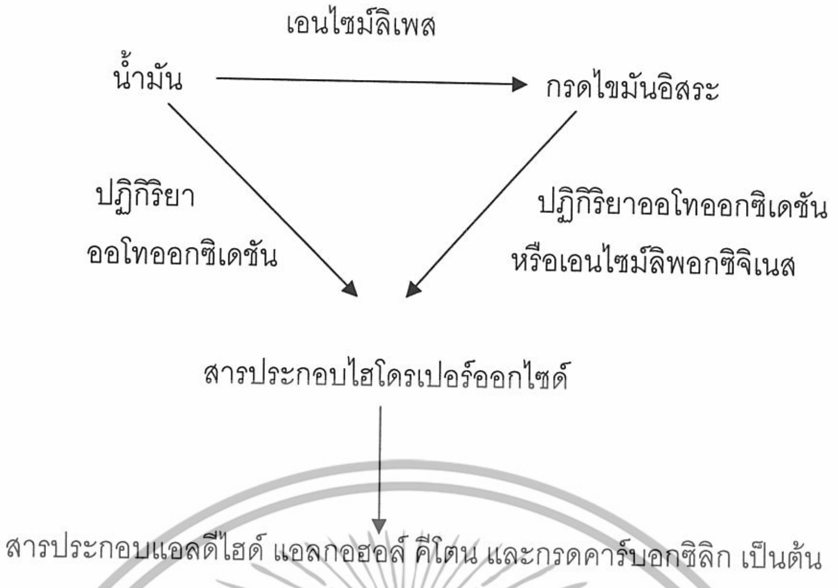
การเก็บรักษาข้าวเป็นขั้นตอนปฏิบัติหลังจากเก็บเกี่ยว นวด และตาก มีความสำคัญต่อคุณภาพข้าว วัตถุประสงค์การเก็บรักษา คือ ยืดอายุการเก็บให้มีไว้ใช้ในยามขาดแคลน โดยปราศจากการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ และการเข้าทำลายของแมลงหรือหนู รวมทั้งลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพให้ดีขึ้นเมื่อเก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสม

ในการเก็บรักษาข้าวกล้อง พบว่า ส่วนของอะมิโลสในเม็ดแป้งจะเกิดจากการเกาะเกี่ยวกับโปรตีนกลายเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรง มีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันเพิ่มขึ้น การพองตัวของเม็ดแป้งจากการหุงต้มน้อยจึงใช้เวลาในการหุงต้มนาน ข้าวสุกที่ได้มีลักษณะร่วนแข็งกว่าข้าวขัดขาว (Barber, 1972)

นอกจากนี้ข้าวกล้องยังมีเยื่อชั้นแอลิวโรน และคัพภะที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและออกซิเดชัน โดยน้ำมันในข้าวถูกออกซิไดซ์โดยเอนไซม์ลิเพส (lipase) และลิพอกซิจิเนส (lipoxygenase) เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสารนี้ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนในข้าวแต่เกิดการแตกตัวต่อไปกลายเป็นสารประกอบต่างๆ ได้แก่ แอลดีไฮด์ คีโตน และกรดคาร์บอซิลิก ที่ก่อให้เกิดกลิ่นหืนเมื่อหุงต้มข้าว (Marshall and Wadsworth, 1994) ซึ่งความสัมพันธ์ของการเกิดปฏิกิริยาแสดงในภาพที่ 2

จากข้อจำกัดด้านกลิ่นหืนของข้าวกล้องนี้ Bardet *et al.* (1961) ได้ทดลองใช้ไอน้ำร้อนและลมร้อนผ่านไปยังข้าวกล้อง เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิเพสที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมันในข้าว ซึ่ง Miller (1963) ได้นำไอน้ำร้อนเข้ามาประยุกต์ใช้เป็นขั้นตอนหนึ่งในการผลิตข้าวนึ่ง Champagne *et al.* (1991) ได้ลดกลิ่นหืนของข้าวกล้องโดยใช้เอทานอล (ร้อยละ 95 โดยปริมาตร) สกัดข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 20 และ70 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที พบว่า สามารถลดการหืนจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ดีกว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการสกัด และข้าวกล้องที่ผ่านความร้อนเพียงอย่างเดียว โดยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์ลิเพสได้ดีที่สุด แต่เพิ่มการหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากเอธานอลทำให้ผิวนอกเมล็ดข้าวเกิดรอยแตกร้าวให้โอกาสที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับไขมันไม่อิ่มตัว จึงมากขึ้นเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยานี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 กลิ่นหืนของข้าวที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออโทออกซิเดชัน (Marshall and Wadsworth, 1994)

Champagne and Hron (1993) นำสารกันหืนพวกสารบิวทีเลทไฮดรอกซิลโทลูอินสาร โพรพิลแกลเลท และสารโทโคฟีรอล ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.013-0.28, 0.019-0.25 และ 0.018-1.05 ตามลำดับ ที่ใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.019-0.25 ในการสกัดข้าวกล้องด้วยเอทานอล พบว่า การใช้สารบิวทีเลทไฮดรอกซิลโทลูอินลดการหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันดีกว่าโพรพิลแกลเลทและสารโทโคฟีรอลที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน และสารบิวทีเลทไฮดรอกซิลโทลูอินให้ผลดีที่ 30 ppm ส่วนสารโพรพิลแกลเลทให้ผลดีที่ 79 ppm และพบว่าสารโทโคฟีรอลมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำแม้การใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูง การทดลองนี้ใช้ปริมาณเฮกซานอลเป็นตัวบ่งชี้การหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดลิโนเลอิก (linoleic) ทั้งนี้เนื่องจากกรดลิโนเลอิกเมื่อถูกออกซิไดซ์มากมีผลให้ปริมาณเฮกซานอลเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ Shin *et al.* (1986) ซึ่งศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงของกรดลิโนเลอิกที่สัมพันธ์กับปริมาณเฮกซานอลในข้าวกล้องที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 และ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า การเก็บข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ปริมาณกรดลิโนเลอิกถูกออกซิไดซ์มากกว่าการเก็บที่ 5 องศาเซลเซียส จึงมีปริมาณเฮกซานอลสูงกว่าและเพิ่มขึ้นมากตามระยะเวลาการเก็บ ดังนั้นปริมาณสารเฮกซานอลในข้าวกล้องจึงขึ้นกับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Champange and Grimm (1995) เติมสารกันหืนบิวทีเลทไฮดรอกซิลโทลูอินปริมาณ 0.0, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0 และ 20.0 กรัม ร่วมกับการสกัดข้าวกล้องด้วยเอทานอลแล้วเก็บตัวอย่างข้าวกล้องใส่ถุงโพลีเอธิลีน ที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน พบว่า การเติมบิวทีเลทไฮ-ดรอกซิลโทลูอินปริมาณ 20.0 กรัมมีปริมาณเฮกซานอลต่ำที่สุด รองมาคือการเติมสารบิวทีเลทไฮ-ดรอกซิลโทลูอินปริมาณ 15.0, 10.0, 5.0, 2.0, 1.0 และ0.0 กรัมตามลำดับ แสดงว่า บิวทีเลทไฮ-ดรอกซิลโทลูอิน สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในข้าวกล้องระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 จำนวน 7 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ความงอก 95 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์

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

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

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

ปัจจัยที่ 1 ข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก

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

2. การทำข้าวกล้องงอก

(1) การทำข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก

นำข้าวเปลือกจำนวน 2 กิโลกรัมต่อสิ่งทดลอง (treatment) มาล้างเอาสิ่งเจือปนออก แล้วนำไปแช่น้ำในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ 15 ชั่วโมง โดยทำการเปลี่ยนน้ำทุก 6 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำข้าวเปลือกที่ได้ไปล้างน้ำ 2-3 ครั้งหลังจากนั้นนำข้าวเปลือกมาใส่ในตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำ ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ปิดทับบ่มไว้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 และ 9 ชั่วโมงตามลำดับ หลังจากครบกำหนด นำข้าวเปลือกไปอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นให้เหลือประมาณ 11±1 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำข้าวเปลือกที่ได้ไปกะเทาะเปลือกออกแล้วบรรจุใส่ถุงสุญญากาศเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 1, 2, และ 3 เดือน เมื่อครบกำหนดการเก็บรักษานำตัวอย่างข้าวมาศึกษาคุณสมบัติ

3. การบันทึกข้อมูล

(1) เปอร์เซ็นต์ความชื้น

ทำการหาความชื้นของข้าวกล้องหลังจากครบกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษาแต่ละระยะโดยนำถ้วยทดสอบความชื้น (moisture can) ไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักจนคงที่ก่อนนำไปใช้และบันทึกค่าน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักถ้วยทดสอบพร้อมฝา ใส่ตัวอย่างข้าวทั้งเมล็ด 25 กรัมต่อ 1 ถ้วยบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเก็บในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก คำนวณความชื้นของเมล็ดข้าวจากสูตร

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

(2) ปริมาณอะมิโลส

บดเมล็ดข้าวกล้องงอกด้วยเครื่องโม่แป้งร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช ชั่งแป้ง 0.1000 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 20 มล.ปิเปตเอทธิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 1 มล. เติมในตัวอย่างเขย่าเบาๆ เพื่อเกลี่ยแป้งให้กระจายออก ระวังไม่ให้แป้งขึ้นมาเกาะตามผนังขวด ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 1N ปริมาณ 9 มล.พร้อมทั้งล้างแป้งที่เกาะอยู่ตามผนังขวด ต้มในอ่างน้ำร้อนนาน 10 นาทีให้เป็นน้ำแป้ง แล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. ดูดน้ำแป้งปริมาตร 5 มล. ใส่ในขวดปริมาตร 100 มล.

ดูดน้ำแป้งปริมาตร 5 มล. ใส่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่น 70 มล.กรดอะซิติกปริมาณ 1N 1 มล. และสารละลายไอโอดีน 2 มล. เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรเป็น 100 มล. เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร (nm) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณอะมิโลสโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวกที่ ข.)

(3) การสลายเมล็ดในด่าง (alkaline digestion test)

สุ่มเมล็ดข้าวกล้องงอกมา 10 เมล็ดต่อซ้ำ ใส่ลงในจานแก้วทดสอบ (Petri dish) วางบนพื้นราบสีดำ เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.7%ปริมาตร 10 มล. หรือท่วมเมล็ดข้าวโดยให้ เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กันพอสมควร ปิดฝาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ขยับเขยื้อนเป็นเวลา 23 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด ตรวจเมล็ดข้าวตามลักษณะการสลายของเมล็ดข้าว และให้คะแนน 1-7 ซึ่งแต่ละระดับคะแนนแสดงลักษณะของเมล็ดข้าวดังนี้ (งามชื่น, 2545)

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

(4) เวลาการหุงต้ม

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

(5) การดูดน้ำของข้าว

ชั่งตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องงอกจำนวน 2 กรัม ใส่หลอดทดลองที่ชั่งไว้แล้ว เติมน้ำ 20 มล. ปิดปากหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว ต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที รินน้ำออกให้ข้าวสะเด็ดน้ำทิ้งให้เย็น 30 นาที ชั่งน้ำหนักข้าวสุก คำนวณการดูดน้ำของเมล็ดข้าวจากสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
102727

(6) การทดสอบหาปริมาณโอริซานอล

นำข้าวกล้องงอกมาขัดสีเพื่อให้ได้รำข้าวมาสกัดน้ำมัน ปริมาณรำข้าวที่ใช้ 10 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชม. แล้วนำมาเก็บในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนนำไปสกัดด้วยเฮกเซน 200 มล. ด้วยเครื่องสกัดไขมัน จากนั้นนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporater) นำตัวอย่างน้ำมันที่ได้ตัวอย่างละ 0.10000 มิลลิกรัม ละลายด้วยเฮปเทน (n-heptane) ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร (nm.) นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับการดูดกลืนแสงของสารละลายแกรมมาโอริซานอลมาตรฐาน

(7) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของแป้งข้าว

ทำการชั่งชั่งแป้ง 2 กรัม (±0.0001) ผสมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ค่าเท่ากับ 100 มล. เขย่าเบาๆ จนครบ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงแยกเอาเฉพาะส่วนใสนำส่วนใสที่กรองได้ไปกรองน้ำแป้งด้วยกระดาษ No.42 จากนั้นนำน้ำแป้งที่ได้มา 1 มล.นำมาผสมกับสารละลาย DNS 1 มล.ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำให้เย็นทันที นำไปเติมน้ำกลั่น 5 มล.แล้วเขย่าด้วยเครื่อง Vortex แล้วนำสารที่ได้ไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร (nm)

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. 2549 ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์ความชื้น

การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกหลังจากการอบแห้งแล้ว พบว่าจะมีค่าอยู่ในช่วง 11.5 – 11.78 เปอร์เซ็นต์ และค่าความชื้นดังกล่าวมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	11.78	11.66	11.79	12.26	11.87
15 ชั่วโมง	11.57	11.88	11.74	12.63	11.95
เฉลี่ย	11.67	11.77	11.76	12.44	

ปริมาณอะมิโลส

ปริมาณอะมิโลสจะเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงความแข็งของข้าวหุงสุกได้ จากการทดลองนี้พบว่า ชั่วโมงที่ข้าวแช่น้ำ และระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวมีผลต่อปริมาณอะมิโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมงจะมีปริมาณอะมิโลสสูงกว่าข้าวที่แช่น้ำเป็นเวลา 15 ชั่วโมง คือ 31.53 และ 30.78 ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวมีผลให้ปริมาณอะมิโลสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่าปริมาณอะมิโลสจะมีค่าแตกต่างกัน แต่ค่าดังกล่าวในภาพรวม แสดงให้เห็นว่าข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 จัดเป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูง มีผลให้ข้าวหุงสุกมีลักษณะร่วน แข็ง และหุงขึ้นหม้อ (งามชื่น, 2537) แสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 3

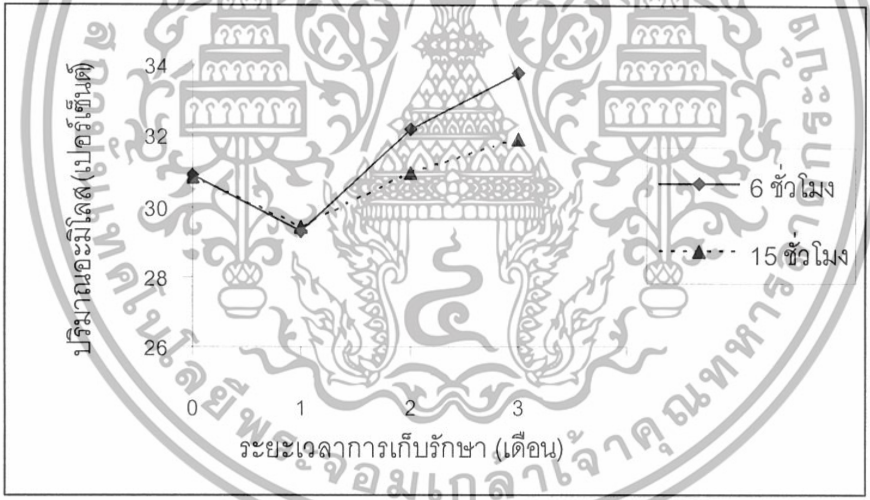
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	30.88	29.29	32.16	33.79	31.53^{A}
15 ชั่วโมง	30.82	29.43	30.95	31.92	30.78^{B}
เฉลี่ย	30.85^{c}	29.36^{d}	31.55^{b}	32.85^{a}	

CV (%) = 1.48

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

การสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าว

ลักษณะการสลายตัวของข้าวในสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.7% และให้คะแนนตามเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าผิวของเมล็ดข้าวกล้องงอกส่วนใหญ่ปริทางขวาง มีบางเมล็ดที่ปริทางยาว โดยระยะเวลาการแช่น้ำ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าการสลายตัวในด่างของข้าว ค่าการสลายตัว 5-6 แสดงว่าอุณหภูมิในการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลาติไนซ์หรืออุณหภูมิในการหุงสุกของข้าวจะมีค่าประมาณ 65-72 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าการสลายตัวในด่างของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
15 ชั่วโมง	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
เฉลี่ย	5-6	5-6	5-6	5-6	

ระยะเวลาในการหุงต้ม

ชั่วโมงที่แช่น้ำของข้าวและระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวมีผลต่อเวลาการหุงต้มข้าวกล้องงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่แช่น้ำ 6 ชั่วโมง ใช้เวลา 39.49 นาที ในการหุงต้มสูงกว่าข้าวที่แช่น้ำ 15 ชั่วโมง ซึ่งจะใช้เวลาในการหุงต้ม 38.41 นาที ทั้งนี้น่าจะเนื่องมาจากการแช่น้ำโดยใช้เวลาที่มากกว่า เมล็ดข้าวจะดูดน้ำเข้าไปภายในเมล็ดได้มาก ซึ่งน้ำจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของเมล็ดข้าวเนื่องมาจากกระบวนการ germination ซึ่งทำให้โครงสร้างของแป้งและรำเปลี่ยนไปจากเดิม แต่ที่ระยะเวลาการแช่น้ำที่น้อยกว่าแม้จะเกิดกระบวนการ germination ก็ตาม แต่ก็เกิดในลักษณะที่ไม่มาก ดังนั้นเมื่อทำการหุงต้มข้าวจึงทำให้ข้าวที่แช่น้ำนานกว่าจะหุงสุกได้เร็วกว่า สำหรับระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวที่นานขึ้นส่งผลให้ข้าวใช้เวลาในการหุงต้มนานขึ้น โดยข้าวก่อนเก็บรักษาจะใช้เวลาในการหุงต้ม 37.66 นาที และเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 41 นาที เมื่อเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 2 และ 3 เดือน แสดงดังตารางที่ 8 และภาพที่ 4

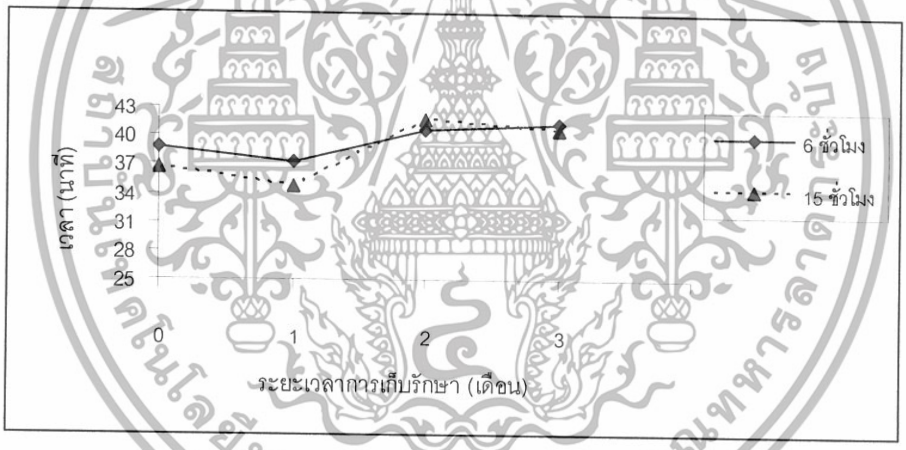
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาแบบถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	38.66	37.33	40.66	41.33	39.49^{A}
15 ชั่วโมง	36.66	34.66	41.66	40.66	38.41^{B}
เฉลี่ย	37.66^{b}	35.99^{c}	41.16^{a}	40.99^{a}	

CV (%) = 1.96

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4 แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ

จากการทดลองเพื่อทดสอบการดูดน้ำของข้าวกล้องงอกในระหว่างการหุงต้ม พบว่า ชั่วโมงที่แช่น้ำของข้าวไม่มีผลต่อการดูดน้ำระหว่างการหุงต้มข้าวกล้องงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการดูดน้ำระหว่างการหุงต้มข้าว โดยข้าวจะมีค่าการดูดน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อข้าวถูกเก็บรักษา โดยข้าวเริ่มต้นก่อนเก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ 404.24 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือประมาณ 326-333 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 – 3 เดือน ค่าการดูดน้ำก่อนการเก็บรักษาที่สูงกว่าข้าวที่ผ่านการเก็บรักษาในการทดลองนี้อาจจะเนื่องมาจากความผิดพลาดในการทดลอง ซึ่งจากการทดลองของกุลวลีและผกามาศ (2548) พบว่า ข้าวจะมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ดังตารางที่ 9 และภาพที่ 5

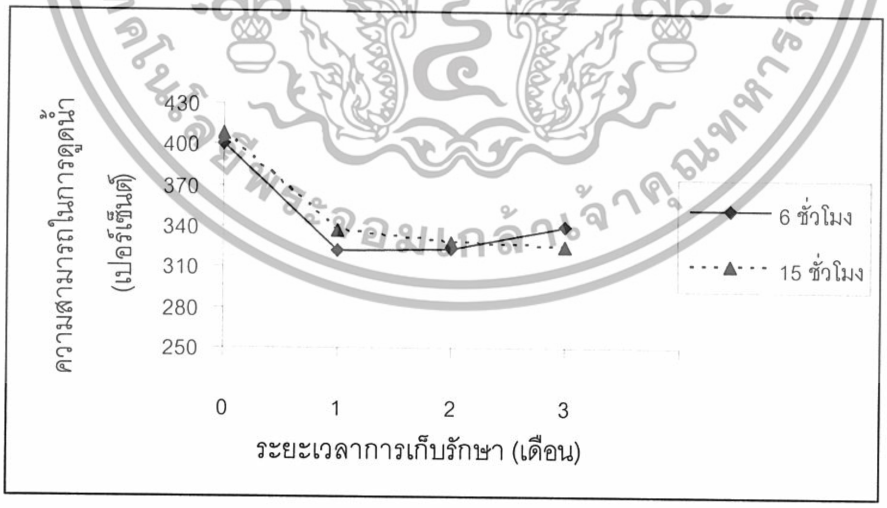
ตารางที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย[ns]
6 ชั่วโมง	400.83	322.00	323.64	339.50	346.49
15 ชั่วโมง	407.66	337.66	328.91	325.66	349.97
เฉลี่ย	404.24[a]	329.83[b]	326.27[b]	332.58[b]	

CV (%) = 2.82

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns (non singnificant) = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโอรีซานอล

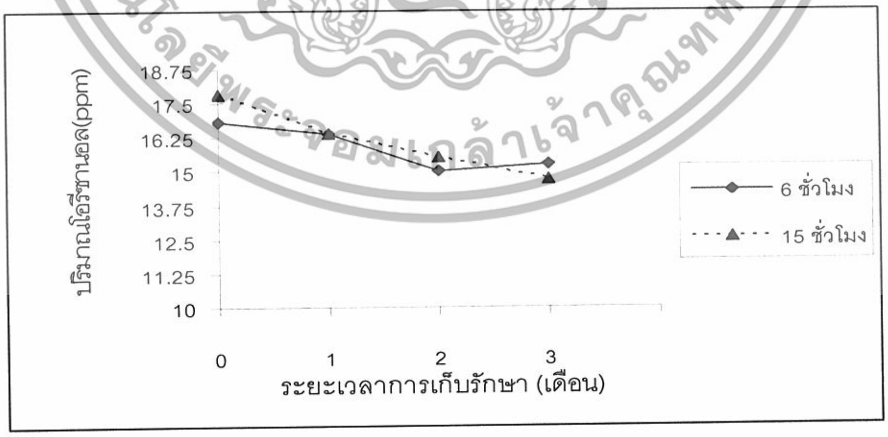
จากการทดลองปรากฏว่า ชั่วโมงที่แช่น้ำของข้าวและระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวมีผลต่อปริมาณโอรีซานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ข้าวที่แช่น้ำ 15 ชั่วโมงมีปริมาณโอรีซานอลเฉลี่ยสูงกว่าข้าวที่แช่น้ำ 6 ชั่วโมง คือ 16.10 และ 15.88 ppm ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทำให้ปริมาณโอรีซานอลลดลงจาก 17.33 ppm ก่อนเก็บรักษาเหลือ 14.97 ppm เมื่อเก็บรักษาข้าวกล้องงอกไว้เป็นเวลา 3 เดือน ดังตารางที่ 10 และภาพที่ 6

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณโอริซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	16.8518	16.40	15.00	15.26	15.88^{B}
15 ชั่วโมง	17.8103	16.38	15.52	14.69	16.10^{A}
เฉลี่ย	17.3310^{a}	16.39^{b}	15.26^{c}	14.97^{d}	

CV (%) = 1.09

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 6 แสดงปริมาณโอริซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ชั่วโมงที่แช่น้ำของข้าว ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวกล้องงอกมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.05 มก.กลูโคส เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว พบว่ามีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยข้าวที่เริ่มต้นเก็บรักษามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด คือ 0.0869 มก.กลูโคสและลดลงเหลือ 0.0525 มก.กลูโคส เมื่อเก็บรักษาข้าวไว้เป็นเวลา 3 เดือน ดังตารางที่11 และภาพที่ 7

ตารางที่ 11 แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 **และ** 15 ชั่วโมงเมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

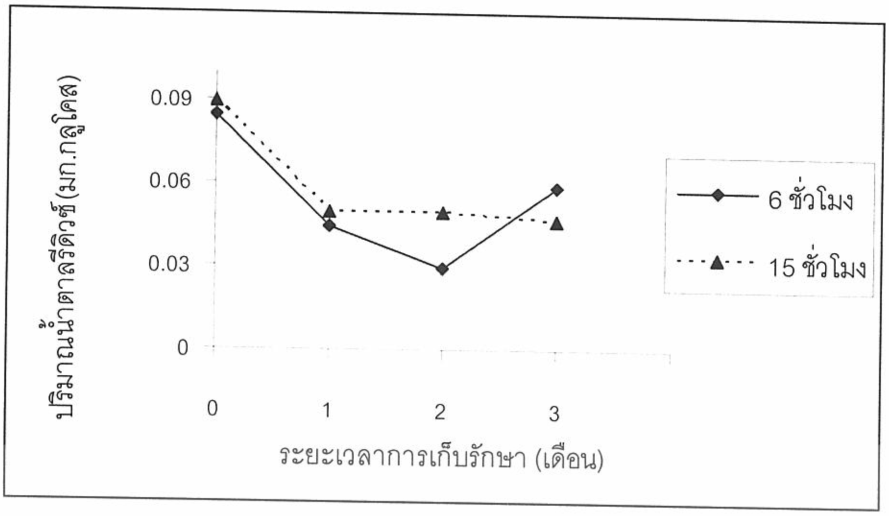
ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย^{ns}
6 ชั่วโมง	0.0844	0.0442	0.0294	0.0585	0.0541
15 ชั่วโมง	0.0895	0.0496	0.0493	0.0465	0.0587
เฉลี่ย	0.0869^{a}	0.0469^{bc}	0.0393^{c}	0.0525^{b}	

CV (%) =13.502

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns (non singnificant) = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมงเมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ข้าวกล้องงอกเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวกล้องธรรมดา รวมทั้งยังมีคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่แตกต่างกันด้วย ข้าวกล้องงอกเมื่อหุงสุกจะมีลักษณะที่อ่อนนุ่ม น่ารับประทานขึ้นเพราะได้ผ่านกระบวนการแช่น้ำ ทำให้โครงสร้างทางเคมีภายในเปลี่ยนสภาพ

การทำข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ในการทดลองพบว่า ระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวที่ 6 ชั่วโมง จะมีผลให้ระยะเวลาการหุงต้มข้าวกล้องงอกสูงกว่าการแช่น้ำที่ 15 ชั่วโมง แต่ปริมาณโอรีซานอลจะมีค่าต่ำกว่า ส่วนระยะเวลาในการแช่น้ำนั้นไม่มีผลต่อค่าการดูดน้ำ และปริมาณน้ำรีดิวซ์ของข้าว สำหรับผลของระยะเวลาการเก็บรักษาในถุงสุญญากาศต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก พบว่าการเก็บรักษาที่นานขึ้นจะทำให้ระยะเวลาการหุงต้มของข้าวกล้องงอกเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่าการดูดน้ำ ปริมาณโอรีซานอล และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2537. ข้าวสุพรรณบุรี 1 [www.paujinjong.com/webboard/show.] วันที่ 18 ตุลาคม 2549.

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพข้าว. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 51 น.

งามชื่น คงเสรี. 2531. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง, น. 94-101. ใน : การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2536. คุณภาพเมล็ดทางเคมี : เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. 120 หน้า

งามชื่น คงเสรี. 2537. ศักยภาพพันธุ์ข้าวไทยสู่การแปรรูป, หน้า 7 - 15. ใน : ศักยภาพข้าวไทยทิศทางใหม่สู่อุตสาหกรรม. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวสวย, หน้า 11 – 30. ใน : คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. งามชื่น คงเสรี (บรรณาธิการ). จิรวัฒน์เอ็กเพรส.กรุงเทพฯ. 115 น.

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

จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2536. ความรู้เรื่องข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 474 หน้า

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. ข้าว : ธัญชาติและพืชหัว. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 3 – 102.

นิรนาม. 2549. ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว. [www.ikisan.com] วันที่ 12 ธันวาคม 2549.

นิรนาม. 2550. ประโยชน์ของกาบาและโอรีซานอล. [http//:th.wikipedia.org/wiki/] วันที่ 6 มกราคม 2550.

สายสนม ประดิษฐดวง เนื้อทอง วนานุวัธ และ รุ่งทิพย์ จูฑะมงคล. 2535. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ นิทรรศการ 50 ปี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. เคมีทางธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 148 หน้า

Ali, S.Z., B.S. Ramesh and C.M. Sowbhagya. 1994. Hydration, swelling and solubility behaviour of rice in relation to other physicochemical properties. J. Sci. Food Agric. 64 (1) : 1 – 7.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Barber, S. 1972. Milled rice and changes during aging, pp. 215 – 256. In: D.F. Houston (ed.).Rice: Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem., Inc.,St.Paul, Minnesota.

Bardet , G.V. and R.C. Glease. 1961. Processing of brown rice. U.S. Patent 2,992,921.

Buttery, R.G., L.C. Ling and B.O. Juliano. 1983 a. Identification of rice aroma compound 2 – acetyl – 1 – pyrroline in pandan leaves. Chem Industry. 478 pp.

Buttery, R.G., L.C. Ling. B.O. Juliano and J.G. Tawenbangh. 1983 b. Cooked rice aroma and 2 – acetyl – 1 – pyrroline. J. Agric. Food Chem. 31 : 823 – 826 .

Cagamgang, G.B., C.M. Perez and B.O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. J. Sci. Food Agric. 24 (12) : 1589 – 1594.

Champagne, E.T. and R.J. Hron. 1993. Utilization ethanol containing an antioxidant or chelator to produce brown rice product. Cereal Chem. 70 (5) : 562 – 567.

Champagne, E.T., R.J. Hron and G. Abraham. 1991. Stabilization brown rice products by aqueous ethanol extraction. Cereal Chem. 68 (3) : 267 – 271.

Champagne, E.T. and C.C. Grimm. 1995. Stabilization of brown rice products using ethanol vapors as an antioxidant delivery system. Cereal Chem. 72 (3) : 255 – 258.

Houston, D.F. 1972. Rice : Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem., Inc., St. Paul, Minnesota. 517 pp.

Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition, pp. 16 – 74. In : D.F. Houston (ed.). Rice : Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem., Inc., St. Paul, Minnesota.

Juliano, B.O. 1985. Rice : Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem., Inc., St. Paul, Minnesota. 755 pp.

Juliano, B.O. and C.M. Perez. 1984. Result of a collaborative test on the measurement of grain elongation of milled rice during cooking. J. Cereal Sci. 2 : 281 – 292.

Juliano, B.O. and D.B. Bechtel. 1985. The rice grain and its gross composition, pp. 17 – 57. In : B.O. Juliano (ed.). . Rice : Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem., Inc., St. Paul, Minnesota.

Juliano, J.B. and M.J.Aldama. 1937. Morohology of Oryza Sativa Linnaeus. Cereal Chem. 36 : 91 – 97.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kik, M.C.1945. Effect of Milling, Processing, Washing, Cooking and Storage on Thaimine, Riboflavin and Niacin in Rice. Univ. Ark. Bull. 458 pp.

Little, R.R., G.B. Hilder and E.H. Dawson. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem. 35 (1) : 111 – 126.

Lorenz, K.J. and K. Klup. 1991. Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker Inc., New York. 870 pp.

Marshall, W.E. and J.I. Wadsworth. 1994. Rice Science and Technology. Marcel Dekker Inc., New York. 470 pp.

Matz, S.A. 1959. The Chemistry and Technology of Cereal as Food and Feed. The AVI Publ. CO. Inc., Westport, Connecticut. 732 pp.

Miller, F.J. 1963. Process of preparing quick cooking brown rice. U.S. Patent 3,086,867.

Mitsuda, H. and k. Murakami. 1969. Protein body isolated from rice endosperm. Physiol. Plants. 8 : 1 – 5.

Ramesh, M., K.R. Bhattacharya and J.R. Mitchell. 2000. Development in understanding the basic of cooked–rice texture. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 40 (6) : 449 – 460.

Sharp, R.N. 1991. Rice : production, processing and utilization, pp. 301 – 319. In : K.J. Lorenz and K. kulp (eds.). Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker Inc., New York.

Shin, M.G., S.H. Yoon, J.S. Rhee and T.W.K. Won. 1986. Correlation between oxidation deterioration of unsaturated lipid and n – hexanal durning storage of brown rice. J. Food Sci. 51 (2) : 460 – 463.

Webb, B.D. 1980. Rice quality and grades, pp. 543 – 565. In : B.S. Luh (ed.). Rice : Production Utilization. The AVI Publ. CO. Inc., Westport, Connecticut .

Komatsusaki 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] November 20,2006.

Kayahara, Hiroshi and Kikuichi Tsukahara. 2003. Contribution of GBR to health [http://www.abc.net.au/science/news/syories/s225249.htm.] December 4, 2006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1

การทดลองคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ของข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ก่อนการทำข้าวกล้องงอกได้ผลดังนี้

คุณสมบัติที่ตรวจวัด	ค่าวิเคราะห์	หมายเหตุ
ความชื้น	12.43 (%)	
ปริมาณอะมิโลส	28.98 (%)	จัดอยู่ในกลุ่มอะมิโลสสูง
ค่าการสลายเมล็ดในด่าง	3-4(คะแนน)	เมล็ดข้าวพองตัว และมีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ดข้าว และมีแป้งกระจายออกมา
ระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม	31.66 (นาที)	
เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ	277.33 (%)	
ปริมาณโอรีซานอล	16.1280 (ppm)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

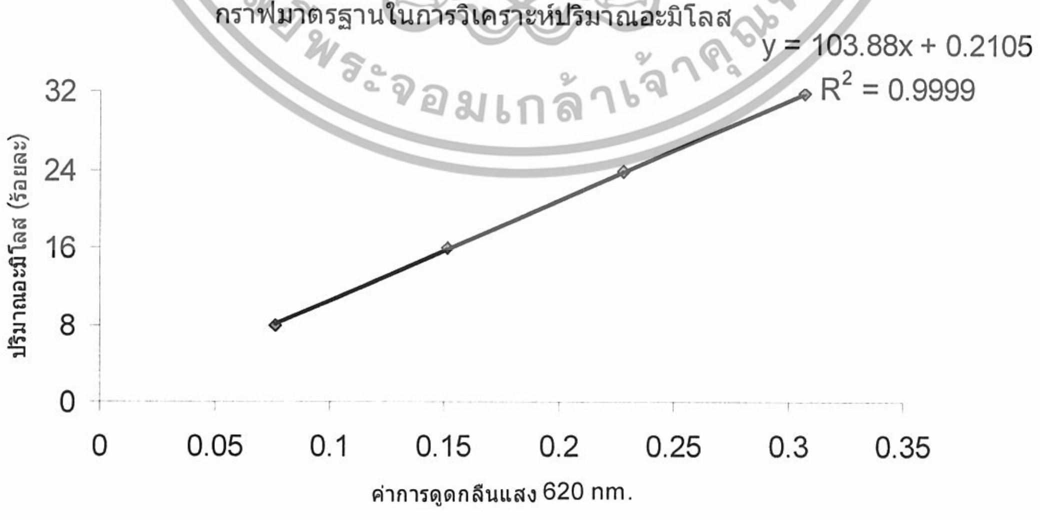
ภาคผนวก ข

การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

ชั่งโปเตโตอะมิโลส 0.0400 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตรที่แห้งสนิทแล้วดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำแป้ง เตรียมขวดปริมาตรขนาดความจุ 100 มล. จำนวน 4 ขวด สารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 1, 2, 3 และ 4 มล. ซึ่งเทียบปริมาณอะมิโลส 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.) หลังปรับด้วย blank (เติมกรดเกลเชียลอะซิติกปริมาณ 1 มล.แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มล. ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล.) ให้ได้ค่าเท่ากับ 0 นำค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณอะมิโลสในสารละลายมาตรฐานมาเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะมิโลสและค่าการดูดกลืนแสง

ตารางผนวกที่ ข. 1 แสดงค่าปริมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

ปริมาณอะมิโลส (ร้อยละ)	ค่าการดูดกลืนแสง
8	0.076
16	0.151
24	0.228
32	0.307



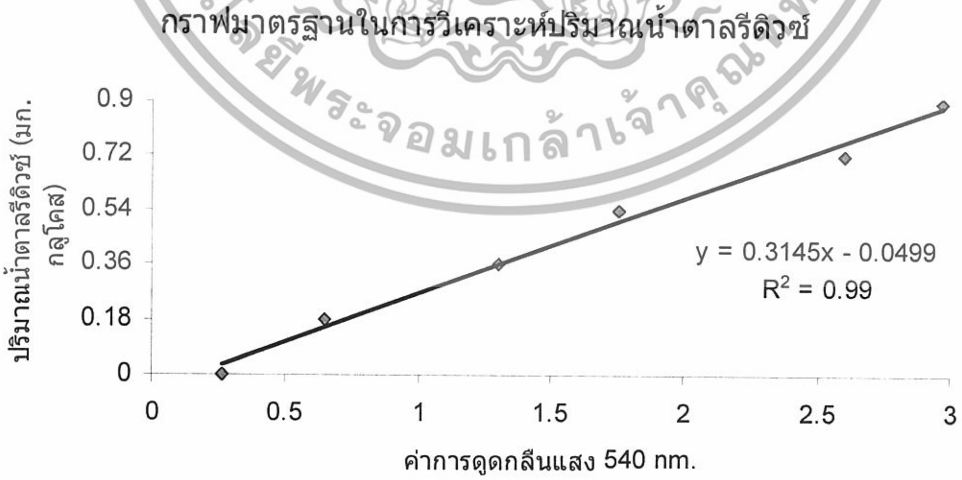
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์

เตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 5.0 ไมโครโมล/มล. โดยสารละลายกลูโคส 0.902 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. จากนั้นปิเปตสารละลายปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, และ 1.0 มล. และเติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมเป็น 1 มล. จากนั้นเติม DNS regent หลอดละ 1 มล. นำหลอดแช่ในน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วมาแช่ในน้ำแข็งทันที เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร (nm.) โดยหลอดเปรียบเทียบใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส เขียนกราฟระหว่างค่าที่อ่านได้กับปริมาณกลูโคสแต่ละหลอด

ตารางผนวกที่ ข. 2 แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคส

ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง
0	0.263
0.18	0.6485
0.36	1.301
0.54	1.757
0.72	2.5985
9.0	2.968



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล

ชั่งแกรมม่าโอรีซานอล 50 ± 0.0001 มก. ละลายด้วยเฮปเทน (n-heptane) และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. ด้วยเฮปเทน 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. 3 แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางผนวกที่ ค.1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่ข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	0	12.37	11.77	11.20	11.78
	1	11.16	11.87	11.96	11.66
	2	11.15	12.08	12.16	11.79
	3	12.56	11.98	12.26	12.26
15 ชั่วโมง	0	11.50	11.77	11.44	11.57
	1	11.98	11.76	11.90	11.88
	2	12.40	11.57	11.26	11.74
	3	12.46	12.97	12.47	12.63

ตารางผนวกที่ ค.2 แสดงข้อมูลปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	0	31.06	31.06	30.54	30.88
	1	29.60	29.40	28.88	29.29
	2	32.10	31.68	32.72	32.16
	3	33.76	33.45	34.17	33.79
15 ชั่วโมง	0	31.16	30.75	30.54	30.82
	1	29.92	29.81	28.56	29.43
	2	31.58	30.85	30.43	30.95
	3	31.68	32.20	31.89	31.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.3 แสดงข้อมูลการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่ข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	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
15 ชั่วโมง	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. 4 แสดงข้อมูลระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันสุพรรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่ข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	0	39	38	39	38.66
	1	37	37	38	37.33
	2	40	40	42	40.66
	3	40	42	42	41.33
15 ชั่วโมง	0	37	36	37	36.66
	1	35	34	35	34.66
	2	42	42	41	41.66
	3	40	41	41	40.66

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค. 5 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่ข้าว	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	0	409.00	390.00	403.50	400.83
	1	321.50	321.00	323.50	322.00
	2	326.10	326.60	318.22	323.64
	3	342.50	339.50	336.50	339.50
15 ชั่วโมง	0	415.00	420.50	387.50	407.66
	1	336.50	335.00	341.50	337.66
	2	335.50	326.23	325.00	328.91
	3	311.50	321.00	344.50	325.66

ตารางผนวกที่ ค.6 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่ 6 ชั่วโมง และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	0	17.15	16.94	16.45	16.85
	1	16.18	16.36	16.65	16.40
	2	15.01	15.07	14.92	15.00
	3	15.15	15.33	15.30	15.26
15 ชั่วโมง	0	17.65	17.80	17.97	17.81
	1	16.36	16.27	16.50	16.38
	2	15.54	15.54	15.48	15.52
	3	14.66	14.71	14.69	14.69

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.7 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่แช่น้ำ 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

ชั่วโมงที่แช่น้ำ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่ 1	2	3	เฉลี่ย
6 ชั่วโมง	0	0.0821	0.0790	0.0922	0.0844
	1	0.0425	0.0353	0.0548	0.0442
	2	0.0306	0.0290	0.0287	0.0294
	3	0.0573	0.0435	0.0749	0.0585
15 ชั่วโมง	0	0.0884	0.0837	0.0966	0.0895
	1	0.0551	0.0450	0.0488	0.0496
	2	0.0479	0.0510	0.0491	0.0493
	3	0.0466	0.0460	0.0469	0.0465

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางผนวกที่ ง.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	2.6548	0.3792	2.15^{ns}	0.0967
A	1	0.0384	0.0384	0.22^{ns}	0.6469
B	3	2.3123	0.7707	4.37*	0.0198
AB	3	0.3041	0.1013	0.58^{ns}	0.6395
ERROR	16	2.8189	0.1761		
TOTAL	23	5.4737			

Grand Mean = 11.91 % CV = 3.52 %

A = ชั่วโมงที่แช่ข้าว B = ระยะเวลาการเก็บรักษา

* (singnificant) = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ns (non singnificant) = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ง. 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	45.7293	6.5327	30.57*	0.0001
A	1	3.4126	3.4126	15.97*	0.0010
B	3	38.2403	12.7467	59.65*	0.0001
AB	3	4.0763	1.3587	6.36*	0.0048
ERROR	16	3.4192	0.2137		
TOTAL	23	49.1485			

Grand Mean = 31.51 % CV = 1.48 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง. 3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	135.625	19.375	33.21*	0.0001
A	1	7.0416	7.0416	12.07*	0.0031
B	3	116.7916	38.9305	66.74*	0.0001
AB	3	11.7916	3.9305	6.74*	0.0038
ERROR	16	9.3333	0.5833		
TOTAL	23	144.9583			

Grand Mean = 38.95% CV = 1.96%

ตารางผนวกที่ ง. 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาแบบถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	25988.0163	3712.5737	38.37*	0.0001
A	1	72.8365	72.8365	0.75^{ns}	0.3984
B	3	25221.1069	8407.0356	86.88*	0.0001
AB	3	694.0728	231.3576	2.39^{ns}	0.1068
ERROR	16	1548.2548	96.7659		
TOTAL	23	27536.2711			

Grand Mean = 348.23% CV = 2.82%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ง. 5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนการทดสอบปริมาณโอริซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	23.3538	3.3362	109.5*	0.0001
A	1	0.2903	0.2903	9.53*	0.0071
B	3	21.0725	7.0241	230.54*	0.0001
AB	3	1.9909	0.6636	21.78*	0.0001
ERROR	16	0.4874	0.0304		
TOTAL	23	23.8413			

Grand Mean = 15.99% CV = 1.09%

ตารางผนวกที่ ง. 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส) ของข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำเป็นเวลา 6 และ 15 ชั่วโมงเมื่อ เก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

SOURCE	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	0.0088	0.0012	21.83*	0.0001
A	1	0.0001	0.0001	2.18^{ns}	0.1588
B	3	0.0079	0.0026	45.8*	0.0001
AB	3	0.0007	0.0002	4.41*	0.0192
ERROR	16	0.0009	0.00005		
TOTAL	23	0.0098			

Grand Mean = 0.0564% CV = 13.502%

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นายพิษณุ แก้วตะพาน

วันเดือนปีเกิด : 19 กรกฎาคม 2527

ที่อยู่ตามทะเบียนบ้าน : 35/127 ม.6 รพ. อานันทมหิดล ต.เขาสามยอด อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000

โทรศัพท์ : 086-627-4006

การศึกษา : พ.ศ 2534-2539 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบรรจงรัตน์ จ.ลพบุรี

พ.ศ 2540-2542 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวินิตศึกษาในพระราชูปถัมภ์ฯ จ.ลพบุรี

พ.ศ 2543-2545 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จ.ลพบุรี

พ.ศ 2546-2549 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล : นางสาวเจตน์สุดา สุขม่อย

วันเดือนปีเกิด : 10 กุมภาพันธ์ 2527

ที่อยู่ตามทะเบียนบ้าน : 22/2 ม.2 ต.อ่าวลึกเหนือ อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ 81110

โทรศัพท์ : 084-026-9110

การศึกษา : พ.ศ 2534-2539 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านอ่าวลึกเหนือ จ.กระบี่

พ.ศ 2540-2542 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กระบี่ จ.กระบี่

พ.ศ 2543-2545 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา จ.นครศรีธรรมราช

พ.ศ 2546-2549 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้