การผลิตข้าวกล้องงอก และผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก

PRODUCTION OF GERMINATED BROWN RICE AND EFFECT OF STORAGE ON GERMINATED BROWN RICE QUALITY

ไพฑูรย์ ละลา
PAITOON LALA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AG-M-010-263

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตข้าวกล้องงอก และผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก

PRODUCTION OF GERMINATED BROWN RICE AND EFFECT OF STORAGE ON GERMINATED BROWN RICE QUALITY

ไพฑูรย์ ละลา

PAITOON LALA

เลขหมู่..........
เลขทะเบียน 81383
วัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2551

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชไร่

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AG-M-010-263

PRODUCTION OF GERMINATED BROWN RICE AND EFFECT OF STORAGE ON GERMINATED BROWN RICE QUALITY

PAITOON LALA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN AGRONOMY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

KMITL-2008-AG-M-010-263

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตข้าวกล้องงอก และผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก
นักศึกษา	นาย ไพฑูรย์ ละลา
รหัสประจำตัว	48065202
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	พืชไร่
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. อุมา แสงคร้าม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. โศรดา วัลภา

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองผลิตข้าวกล้องงอกจากข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6 และข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 2 แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองแรก เป็นการศึกษาหาช่วงเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องงอก โดยแช่ข้าวกล้องทั้งสองพันธุ์ในน้ำที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 และ 23 ชั่วโมง จากนั้นทำให้ข้าวสะเด็ดน้ำแล้วบ่มต่อในสภาพชื้นเป็นเวลา 23, 21, 19, 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ ก่อนลดความชื้นให้เหลือ 12±1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักสด) พิจารณาระยะเวลาแช่น้ำที่เหมาะสมจากการลดลงของปริมาณกรดกลูตามิก และการเพิ่มขึ้นของปริมาณสาร โอรีซานอล พบว่า ข้าวพันธุ์ กข.6 มีปริมาณกรดกลูตามิกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่น้ำ โดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อทำการแช่ข้าวเป็นเวลา 9 ชั่วโมง และเมื่อแช่ข้าวนานขึ้นพบว่าปริมาณกรดกลูตามิกจะมีค่าลดลง โดยหลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 17, 19, 21 และ 23 ชั่วโมง ปริมาณกรดกลูตามิกจะลดลงเหลือ 2369.16, 1895.31, 1949.48 และ 1190.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมแป้งตามลำดับ ส่วนปริมาณโอรีซานอล พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานขึ้น โดยการแช่น้ำที่ระยะเวลา 19 ชั่วโมงจะมีปริมาณโอรีซานอลสูงสุด คือ 22.59 ppm สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 พบว่า การแช่ข้าวเป็นเวลา 17 ชั่วโมง ทำให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณกรดกลูตามิกสูงสุด คือ 2401.97 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมแป้ง และเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานกว่า 17 ชั่วโมง ปริมาณกรดกลูตามิกในแป้งข้าวจะลดลง โดยจะลดลงเหลือ 1241.75 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมแป้ง เมื่อแช่ข้าวเป็นเวลา 23 ชั่วโมง และการแช่น้ำเป็นระยะเวลาที่นานขึ้นมีแนวโน้มที่ปริมาณโอรีซานอลจะเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับที่พบในข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 โดยข้าวที่แช่น้ำเป็นเวลา 19 ชั่วโมงจะมีปริมาณโอรีซานอลสูงสุดเท่ากับ 19.08 ppm จากผลการทดลองดังกล่าว ในการทดลองที่สอง จึงเลือกระยะเวลาการแช่ข้าว 19 ชั่วโมง สำหรับการทำข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และ 23 ชั่วโมงสำหรับพันธุ์ชัยนาท 2

การทดลองที่สองเป็นการศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวกล้องงอก แบ่งการทดลองเป็นสองขั้นตอน โดยขั้นแรกเป็นการศึกษาคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกก่อนเก็บรักษาเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ ผลการทดลองพบว่า ค่าการสลายตัวในด่างของข้าวกล้องปกติและข้าวกล้องงอกทั้งสองพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ข้าวกล้องงอกจะใช้เวลาการหุงสุกลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ ในขณะที่จะดูดน้ำระหว่างการหุงต้มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และเมื่อวัดเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยเครื่อง texture analyzer พบว่า ข้าวกล้องงอกทั้งสองพันธุ์จะมีเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้นกว่าข้าวกล้องปกติ ส่วนค่าการเกิดกลิ่นหืนของข้าวพบว่า กระบวนการทำข้าวกล้องงอกไม่ทำให้ค่ากลิ่นหืนแตกต่างกับข้าวกล้องปกติ เมื่อทำการทดสอบคุณภาพข้าวทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้ชิมมีความชอบโดยรวมต่อข้าวกล้องปกติหุงสุกและข้าวกล้องงอกหุงสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มที่จะพึงพอใจต่อความนุ่มและรสชาติของข้าวกล้องงอกหุงสุกสูงกว่า และเมื่อวัดคุณสมบัติของแป้งข้าวด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA) ผลการตรวจวัดแสดงให้เห็นว่า ความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าแป้งข้าวกล้องปกติอย่างมีนัยสำคัญในข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ ยกเว้นค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัวซึ่งแป้งข้าวกล้องงอกจะมีค่าต่ำกว่า

สำหรับขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาวิธีและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก โดยการเก็บรักษาข้าวแบบถุงธรรมดาและถุงสุญญากาศเป็นเวลา 4 เดือน ในอุณหภูมิห้อง พบว่า วิธีการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการสลายตัวในด่าง ระยะเวลาในการหุงสุก เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ การขยายปริมาตร และการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก แต่จะมีผลต่อปริมาณน้ำมันในรำข้าวที่สกัดได้ ปริมาณสารโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว และค่ากลิ่นหืนของข้าว โดยการเก็บรักษาแบบถุงสุญญากาศจะให้ผลที่ดีกว่าการเก็บแบบถุงธรรมดา ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมพบว่าผู้ชิมมีความพึงพอใจในข้าวที่เก็บรักษาแบบถุงสุญญากาศสูงกว่า สำหรับผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น พบว่าไม่มีผลต่อค่าการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าว แต่ ข้าวมีระยะเวลาการหุงสุก ปริมาณการดูดน้ำ การขยายปริมาตร และค่ากลิ่นหืน เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่าเนื้อสัมผัส ปริมาณน้ำมันในรำข้าว ปริมาณโอรีซานอล และความพึงพอใจจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะมีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA พบว่า ข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 ที่การเก็บรักษาแบบถุงธรรมดามีแนวโน้มของค่าความหนืดแป้งต่ำกว่าการเก็บแบบถุงสุญญากาศ ในขณะที่พันธุ์ชัยนาท 2 ค่าความหนืดแป้งทั้งการเก็บแบบถุงธรรมดาและสุญญากาศมีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความหนืดแป้งมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่เวลาการเกิดความหนืดสูงสุด และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดจะไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

Thesis Title	Production of Germinated Brown Rice and Effect of Storage on Germinated Brown Rice Quality
Student	Mr. Paitoon Lala
Student ID.	48065202
Degree	Master of science
Program	Agronomy
Year	2008
Thesis Advisor	Asstist. Prof. Dr. Uma Sangkram
Thesis co-Advisor	Dr. Sorada Walapa

ABSTRACT

This study was consisted of two experiments.The first experiment, the effect of soaking time for producing germinated brown rice (GBR) was investigated. Sticky rice of cv. RD.6 and non-glutinous rice of cv. Chainat 2 were soaked in water at 30°C for 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 and 23 hrs. and incubated under humid condition for 23, 21, 19, 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3 and 1 hrs., respectively. Moist grain then was dried at 45°C to reduce moisture content to 12$\pm$1% (wb.). The optimum soaking time was determined from the minimum content of glutamic acid in GBR flour and the maximum content of oryzanol in rice bran oil. For rice of cv. RD.6, the results showed that glutamic acid content was increased with the increase of soaking time from 1 to 9 hrs. When brown rice was soaked longer than 9 hrs., the glutamic acid was decreased. The values were 2369.16, 1895.31, 1949.48 and 1190.20 mg/100 g rice flour when soaking time was 17, 19, 21 and 23 hrs., respectively. The oryzanol content was found to increase with soaking time and at soaking time of 19 hrs., the rice bran oil had the maximum quantity. For GBR of cv. Chainat 2, the minimum content of glutamic acid and the maximum content of oryzanol were found when rice was soaked for 23 hrs. Therefore, the second experiment, the soaking times of 19 and 23 hrs. were selected for producing GBR from brown rice of cv. RD.6 and Chainat 2, respectively.

The second experiment, the effect of packing method and storage time on the quality of GBR was studied. GBR of both cultivars were kept in polyethylene bag and in vacuum plastic bag and stored in room temperature for 4 months. Before storage, GBR was analyzed for the properties compared to non-germinated brown rice (BR). It was found that cooking time of GBR was shorter while water absorption during cooking was higher and texture of cooked GBR was softer.

Sensory evaluation of cooked rice showed that the overall sensory impression was not significantly different ($p<0.05$) between cooked GBR and BR. However, the panelists preferred softness and taste of cooked GBR to cooked BR. Apart from those properties, the higher value of GBR flour viscosity measured by rapid visco analyzer also found in this study.

When GBR was stored for 4 months and the quality of rice was measured every month during storage, the results indicated that packing method did not have significant effect on alkaline spreading value, cooking time, water absorption during cooking, volume expansion and texture of cooked rice but the rice bran oil content and oryzanol content of GBR kept in vacuum plastic bag were higher than of GBR kept in polyethylene bag. Sensory evaluation showed that GBR kept in vacuum bag was preferred to that kept in polyethylene bag. When rice was stored, cooking time, water absorption during cooking, volume expansion of cooked rice and the rancidity of rice flour were found to increase significantly with storage time whereas the rice bran oil content and oryzanol content were decreased. The preference of panelists to cooked rice was found to decrease when rice was stored as well. Besides those properties, the viscosity of rice flour was also changed with storage time. The increase of storage time caused the increase of rice flour viscosity.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. อุมา แสร้งคร้าม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้ความรู้ คำแนะนำและคอยดูแลเป็นอย่างดีตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. โศรดา วัลภา และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ช่วยสนันสนุนด้านงบประมาณและเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. ทรงยศ ตันพิพัฒน์ และ ดร. อภินันท์ วัลภา ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณรัตนา และพี่ๆศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยาบางปู สำหรับคำแนะนำและความรู้ในการวิเคราะห์หากรดอะมิโน

ขอขอบคุณ คุณพัชรี ชูอำไพ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช และคุณสามารถ อยู่ยิ่งสถาพร ในการช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ต่างๆ และให้คำแนะนำต่างๆในการทำเล่มวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณการันต์ ผึ่งบรรหาร คุณแพรวนภา ผ่องอุดม คุณศรอนงค์ อุยโต และคุณศิริรัตนาภรณ์ หล้าบัววงศ์ นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณ พี่ๆ บริษัท จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์ สำหรับความรู้การใช้เครื่องวัดค่าความหนืด และให้การต้อนรับเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณภมรรัตน์ ขำวิเศษ ที่คอยเป็นกำลังใจและแรงกระตุ้นในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุทัศน์ คุณแม่ยุพร ละลา ที่ให้โอกาสและสนันสนุนทางการศึกษามาตลอด

ไพฑูรย์ ละลา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	XVIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ข้าวและความสำคัญของข้าว	3
2.2 ชนิดของข้าว	3
2.3 ลักษณะทั่วไปของข้าวพันธุ์ กข.6	4
2.4 ลักษณะทั่วไปของข้าวพันธุ์ชัยนาท 2	4
2.5 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	5
2.6 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว	6
2.7 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว	7
2.8 การเก็บรักษาข้าว	10
2.9 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวระหว่างการเก็บรักษา	11
2.10 ข้าวกล้องงอก	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง	18
3.2 สถานที่การดำเนินงานวิทยานิพนธ์	19
3.3 ระยะเวลาการดำเนินงาน	19
3.4 วิธีการทดลอง	19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.. 25

บทที่ 4 ผลการทดลอง.. 26

4.1 การศึกษาระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมต่อการทำข้าวกล้องงอก............................ 26

4.1.1 ปริมาณกรดกลูตามิกและปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกข้าวเหนียว กข.6.. 26

4.1.2 ปริมาณกรดกลูตามิกและปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกข้าวเจ้า ชัยนาท 2.. 26

4.2 การศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวกล้องงอก............... 29

4.2.1 การศึกษาคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 ก่อนเก็บรักษา เปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ... 29

4.2.1.1 คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว... 29

4.2.1.2 ระดับการหืน... 30

4.2.1.3 ปริมาณน้ำมันรำข้าวและสารโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว.................. 30

4.2.1.4 การทดสอบคุณภาพข้าวทางประสาทสัมผัส..................................... 31

4.2.1.5 คุณสมบัติของแป้งข้าวที่วัดด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA).. 33

4.2.2 การศึกษาผลของวิธีการและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนคุณภาพของข้าวกล้องงอก... 33

4.2.2.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น... 33

4.2.2.2 ค่าการสลายตัวในด่าง... 35

4.2.2.3 ระยะเวลาในการหุงสุก... 35

4.2.2.4 ปริมาณการดูดน้ำของข้าวระหว่างการหุงต้ม.................................... 37

4.2.2.5 การขยายปริมาตรของข้าวหุงสุก... 38

4.2.2.6 การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกหุงสุก.. 38

4.2.2.7 การวัดค่าระดับการหืนในแป้งข้าว.. 39

4.2.2.8 ปริมาณน้ำมันในรำข้าว (%).. 40

4.2.2.9 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโอรีซานอล.. 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2.10 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าว.. 42

4.2.2.11 การวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA).. 50

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.. 58

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.. 63

บรรณานุกรม.. 64

ภาคผนวก.. 68

ภาคผนวก ก การเตรียมกราฟมาตรฐานแกมมาโอรีซานอล...................................... 69

ภาคผนวก ข.. 70

ประวัติส่วนตัว.. 106

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว.......... 7

2.2 คุณค่าสารอาหารของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว.......... 13

2.3 ประโยชน์ของสารอาหารในข้าวกล้องงอกที่มีต่อร่างกาย.......... 15

3.1 แสดงระยะเวลาการแช่น้ำและระยะเวลาการบ่มในสภาพชื้นในการทำข้าวกล้องงอก ของข้าวพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2.......... 20

3.2 แสดงระดับค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง.......... 23

4.1 แสดงปริมาณกรดกลูตามิกและโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆ.......... 27

4.2 แสดงคะแนนการสลายตัวในด่าง ระยะเวลาการหุงสุก ปริมาณการดูดน้ำ การขยายปริมาตร และเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2.......... 30

4.3 แสดงค่าระดับการหืน ปริมาณน้ำมัน และปริมาณ โอรีซานอลของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก พันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2.......... 31

4.4 แสดงคะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2.......... 32

4.5 แสดงค่าความหนืดแป้งจากการวัดด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2.......... 34

4.6 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้น (%) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 35

4.7 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 36

4.8 แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงสุก (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 36

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9 แสดงข้อมูลปริมาณการดูดน้ำ (%) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 37

4.10 แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 38

4.11 แสดงข้อมูลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (texture analysis) (กรัม) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 39

4.12 แสดงค่าระดับการหืน (TBA) (nmol/กรัมแป้งข้าว) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 40

4.13 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมัน (%) ในรำข้าวของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 41

4.14 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 42

4.15 แสดงคะแนนลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าวหุงสุกที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 43

4.16 แสดงคะแนนสีของเมล็ดข้าวหุงสุกที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 44

4.17 แสดงคะแนนกลิ่นของข้าวหุงสุกที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.18	แสดงคะแนนการเกาะตัวของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน…………....................	46
4.19	แสดงคะแนนเนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน…………...	47
4.20	แสดงคะแนนความนุ่มของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน..	48
4.21	แสดงคะแนนรสชาติของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน...	49
4.22	แสดงคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน…………...	50
4.23	แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกข้าวพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน…………………………………………………………………	51
4.24	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน…………………………………………………………………	52
4.25	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน..	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.26 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 54

4.27 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 55

4.28 แสดงค่าเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 56

4.29 แสดงค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°C) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน.......... 57

ก.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของโอรีซานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ.......... 69

ข.1 แสดงปริมาณกรดกลูตามิกและโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 ที่แช่น้ำระยะเวลาต่างๆ.......... 70

ข.2 แสดงปริมาณกรดกลูตามิกและโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 2 ที่แช่น้ำระยะเวลาต่างๆ.......... 71

ข.3 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2.......... 72

ข.4 แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงสุก (นาที) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2.......... 72

ข.5 แสดงข้อมูลปริมาณการดูดน้ำ (%) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2.......... 72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.6	แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2……………………………………………	73
ข.7	แสดงข้อมูลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (texture analysis) (กรัม) ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2………………………....	73
ข.8	แสดงข้อมูลค่าระดับการหืน (TBA) (nmol/กรัมแป้งข้าว) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2………………………………	73
ข.9	แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมัน (%) ในรำข้าวของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2…………………………………………………...	74
ข.10	แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2……………………………………………….....	74
ข.11	แสดงข้อมูลคะแนนลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2………………………………………………………………..	75
ข.12	แสดงข้อมูลคะแนนสีของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก ของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2.....................	75
ข.13	แสดงข้อมูลคะแนนกลิ่นของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก ของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2…….....	76
ข.14	แสดงข้อมูลคะแนนการเกาะตัวของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2………………………………………………………………………..	76
ข.15	แสดงข้อมูลคะแนนเนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2……………………………………………………………………………...	77
ข.16	แสดงข้อมูลคะแนนความนุ่มของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2………………………………………………………………………..	77
ข.17	แสดงข้อมูลคะแนนรสชาติข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก ของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2……………....	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ | หน้า

ข.18 แสดงข้อมูลคะแนนความชอบโดยรวมข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 78

ข.19 แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 79

ข.20 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 79

ข.21 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 79

ข.22 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 80

ข.23 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 80

ข.24 แสดงค่าเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 80

ข.25 แสดงค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°C) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 81

ข.26 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้น (%) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน 82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.27	แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	83
ข.28	แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงสุก (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	84
ข.29	แสดงข้อมูลปริมาณการดูดน้ำ (%) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	85
ข.30	แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	86
ข.31	แสดงข้อมูลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (texture analysis) (กรัม) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	87
ข.32	แสดงข้อมูลค่าระดับการหืน (TBA) (nmol/กรัมแป้งข้าว) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	88
ข.33	แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมัน (%) ในรำข้าวของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	89
ข.34	แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	90
ข.35	แสดงข้อมูลคะแนนลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.36	แสดงข้อมูลคะแนนสีของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	92
ข.37	แสดงข้อมูลคะแนนกลิ่นของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	93
ข.38	แสดงข้อมูลคะแนนการเกาะตัวของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	94
ข.39	แสดงข้อมูลคะแนนเนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	95
ข.40	แสดงข้อมูลคะแนนความนุ่มของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	96
ข.41	แสดงข้อมูลคะแนนรสชาติข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	97
ข.42	แสดงข้อมูลคะแนนความชอบโดยรวมข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	98
ข.43	แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (centipoise) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	99
ข.44	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (centipoise) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.45	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (centipoise) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	101
ข.46	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (centipoise) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	102
ข.47	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (centipoise) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	103
ข.48	แสดงค่าเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	104
ข.49	แสดงค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°C) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน	105

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของเมล็ดข้าว..	6
2.2	โครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน..	8
2.3	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีขณะทำการเก็บรักษา..	12
2.4	ปริมาณสารอาหารของข้าวกล้องงอกเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว..............................	14
3.1	แสดงระดับการสลายตัวในด่าง..	23
3.2	แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA........	25
4.1	แสดงปริมาณกรดกลูตามิก (มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข. 6 และพันธุ์ชัยนาท 2 เมื่อผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆกัน..........................	28
4.2	แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 เมื่อผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆกัน..	28
ก.1	แสดงกราฟของโอรีซานอลมาตรฐาน..	69

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าว (rice ; *Oryza sativa* L.) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับสามของโลกรองจากข้าวสาลีและข้าวโพดที่มนุษย์ใช้ในการบริโภค โดยพลังงานที่ได้จากข้าวคิดเป็น 22 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมดที่มนุษย์ได้รับจากการบริโภค (Ohtsubo *et al.* 2004) โดยทั่วโลกมีมากกว่า 100 ประเทศที่ปลูกและบริโภคข้าว ซึ่งประมาณ 92 เปอร์เซ็นต์ ของการผลิตและการบริโภคข้าว จะอยู่ในทวีปเอเชีย และสำหรับประเทศไทยข้าวไม่ได้เป็นเพียงอาหารหลักเท่านั้น แต่ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ (The Rice Exporters Association Bangkok. 2006)

การบริโภคข้าวอาจอยู่ในรูปของข้าวสารขัดขาว และข้าวกล้อง ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่ามีคุณค่าทางสารอาหารสูงกว่าข้าวสารขัดขาว สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายส่วนใหญ่ จะอยู่ในส่วนของรำข้าว ซึ่งจะถูกขัดทิ้งไปในการขัดขาว ได้แก่ วิตามินบี สารโทโกเฟอรอล (tocopherols หรือวิตามินอี) โทโกไตรอินอล (tocotrienols) โอรีซานอล (oryzanols) และกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริค (γ-aminobutyric acid หรือ GABA) อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้าวกล้องหุงสุกได้ยาก และเมื่อหุงสุกจะแข็งและร่วนไม่น่ารับประทาน ทำให้ได้รับความนิยมในการบริโภคน้อยกว่าข้าวสารขัดขาว การพัฒนาข้าวกล้องให้มีคุณภาพในการรับประทานและการหุงต้ม (eating and cooking quality) ดีขึ้นจึงได้รับความสนใจและเริ่มมีการศึกษาวิจัยมากขึ้น

ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) เป็นข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการงอกในระยะเวลาสั้นๆ โดยการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำในระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้ข้าวกล้องซึ่งยังคงมีส่วนของคัพภะติดอยู่เริ่มกระบวนการงอก แล้วจึงนำไปลดความชื้น หรือการนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำเพื่อให้เกิดการงอก จากนั้นจึงนำไปลดความชื้นและทำการกะเทาะเปลือกออกด้วยกระบวนการเดียวกับข้าวกล้องปกติ (Ito and Ishikawa. 2004; Toyoshima *et al.* 2004) เมล็ดธัญพืชงอก เช่น ข้าวบาเลย์ ข้าวสาลี และข้าว จะสร้างเอนไซม์ hydrolytic ซึ่งทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายแป้งโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่ไม่ใช่แป้ง และโปรตีน ทำให้มีปริมาณโอลิโกแซคคาร์ไรด์ (oligosaccharide) และกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น จึงทำให้ข้าวกล้องงอกหุงง่ายขึ้น มีรสชาติดีขึ้น เนื้อสัมผัสนุ่มและมีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องธรรมดา (Ohtsubo *et al.* 2004)

ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการผลิตข้าวกล้องงอก และข้อมูลในการศึกษาวิจัยคุณสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่มาจากญี่ปุ่นและเป็นข้าวญี่ปุ่น เนื่องจากข้าวกล้องงอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดได้ว่าเป็นภูมิปัญญาของชาวญี่ปุ่นมาแต่โบราณ จึงทำให้การวิจัยและพัฒนาในด้าน

กระบวนการผลิต สภาวะที่ใช้ในการผลิต และปริมาณสารอาหารที่สำคัญต่างๆในข้าวกล้องงอกที่ผลิตจากข้าวจาปอนิคา (japonica) เกิดขึ้นในประเทศญี่ปุ่นเป็นหลัก สำหรับข้าวที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นข้าวในกลุ่มอินดิคา (indica) ซึ่งทั้งองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์แตกต่างไปจากข้าวในกลุ่มจาปอนิคา (Ito and Ishikawa. 2004; Ohtsubo *et al.* 2004; Komatsuzaki *et al.* 2005) กระบวนการและสภาวะในการผลิตข้าวกล้องงอกเพื่อให้มีสารอาหารสำคัญต่างๆในปริมาณที่สูงจึงอาจมีความแตกต่างไปจากข้าวจาปอนิคา การวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกที่เหมาะสมกับข้าวไทย 2 กลุ่ม ได้แก่ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6 และข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 2 เพื่อให้ได้ข้าวกล้องงอกที่มีสารอาหารสำคัญ และมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ ในการวิจัยยังได้ครอบคลุมถึงการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาข้าวกล้องงอก ซึ่งยังคงมีส่วนของรำข้าวที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่มาก และน้ำมันจะเสื่อมคุณภาพได้ง่ายหากเก็บรักษาไว้นาน และการเสื่อมจะเกิดขึ้นได้เร็วหากสภาวะการเก็บรักษาไม่เหมาะสม การวิจัยในการพัฒนากระบวนการผลิตและการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกนี้จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาส่งเสริมให้มีการบริโภคข้าวไทยเกิดประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น เป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตข้าวไทยในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวกล้องงอกจากข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6 และข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 2 และศึกษาคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องงอกสำหรับข้าวสองพันธุ์ที่ทำการทดสอบ และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอกเป็นการค้า หรือใช้เป็นตัวอย่างในการที่จะผลิตข้าวกล้องงอกสำหรับข้าวพันธุ์อื่นๆ

1.3.2 ได้วิธีการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกที่เหมาะสม

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวและความสำคัญของข้าว

ข้าว (rice ; *Oryza stiva* L.) เป็นธัญพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับสามของโลกรองจากข้าวสาลีและข้าวโพด พลังงานที่ได้จากข้าวคิดเป็น 22 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมดที่มนุษย์ได้รับจากการบริโภค (Ohtsubo *et al*., 2004) โดยทั่วโลกมีมากกว่า 100 ประเทศที่ปลูกและบริโภคข้าว ซึ่งในปี 2006/2007 มีพื้นที่ปลูกข้าวทั่วโลกประมาณ 153.25 ล้านเฮกตาร์และผลิตข้าวได้ประมาณ 417.54 ล้านเมตริกตัน ซึ่งประมาณ 92 เปอร์เซ็นต์ ของการผลิตและการบริโภคข้าวจะอยู่ในทวีปเอเชีย สำหรับประเทศไทยข้าวไม่ได้เป็นเพียงอาหารหลักเท่านั้น แต่ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ โดยถึงแม้ประเทศไทยจะผลิตข้าวได้เป็นอันดับ 6 ของโลกแต่ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวได้เป็นอันดับ 1 ของโลกยาวนานต่อเนื่องกว่า 20 ปีและปัจจุบันมีสัดส่วนการตลาดประมาณเกือบ 30 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2548 พบว่าการส่งออกข้าวทั้งหมดยกเว้นข้าวหอมมะลิมีปริมาณ 7,537,341 ตัน คิดเป็นมูลค่า 93,547.59 ล้านบาท ส่วนข้าวหอมมะลิมีปริมาณการส่งออก 2,325,621 ตัน คิดเป็นมูลค่า 35,165.29 ล้านบาท (The Rice Exporters Association Bangkok. 2006)

2.2 ชนิดของข้าว

ข้าวเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า (annual grass) ถูกจัดอยู่ในสกุลออไรซา (Genus *Oryza*) ของวงศ์เกรมินี (Family Paoceae หรือ Gramineae) สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตร้อน (tropical zone) และเขตอบอุ่น (temperate zone) จำนวนชนิด (species) ทั้งหมดที่พบในสกุลออไรซาของข้าวนั้นมีประมาณ 20 ชนิดด้วยกัน โดยที่ส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่มีจำนวนโครโมโซมเป็น 2 ชุด (diploid, 2n = 24) และส่วนน้อยเป็นพวกที่มีโครโมโซม 4 ชุด (บุญหงส์ จงคิด. 2547)

Chang (1976) กล่าวว่า ข้าวที่เกิดขึ้นในท้องที่ต่างๆของโลก แบ่งออกได้เป็น 3 พวก คือ *Oryza sativa* มีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียและปลูกกันทั่วไป *Oryza glaberrima* มีปลูกเฉพาะในแอฟริกาเท่านั้น และข้าวป่าซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในประเทศต่างๆ

ในปัจจุบันข้าวเอเชียได้รับความนิยม และมีผู้นำไปปลูกแทนข้าวแอฟริกามากขึ้น ข้าวเอเชียที่ปลูกกันในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 พวกได้ดังนี้ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. 2547)

1. อินดิคา (indica) เมล็ดยาวเรียว ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ตอบสนองต่อปุ๋ยน้อย แต่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ปลูกมากในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และ อินเดีย

2. จาปอนิคา (japonica) เมล็ดป้อมสั้น ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ปลูกมากในเขตกึ่งร้อนหรืออบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ

3. จาวานิคา (javanica) เมล็ดค่อนข้างป้อมอ้วน ผลผลิตต่ำ ปลูกมากในอินโดนีเซีย

2.3 ลักษณะทั่วไปของข้าวพันธุ์ กข.6

ข้าวพันธุ์ กข.6 เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวหอมที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์จากข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้รังสีแกมม่า (gamma ray) ในปีพ.ศ. 2508 ปลูกและคัดเลือกถึงปี พ.ศ. 2519 จนได้ข้าวพันธุ์ กข.6 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียวนุ่ม มีกลิ่นหอม ทนแล้งและมีคุณภาพการหุงต้มรับประทานดี ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเป็นอันดับ 1 และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เหนียวสันป่าตอง

ข้าวพันธุ์ กข.6 เป็นข้าวเหนียวนาสวน ไวต่อช่วงแสง ต้นสูงประมาณ 160 เซนติเมตร ทรงกอแผ่ ปล้องสีเหลืองอ่อน ลำต้นแข็งแรง ไม่ล้ม ใบสีเขียวจาง มีขนเล็กน้อย กาบใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างสั้น การแก่ของใบปานกลาง ดอกมีกลีบรองดอกสั้นสีฟาง รวงยาวปานกลาง คอรวงยาว จำนวนรวงต่อตารางเมตรเฉลี่ย 146 รวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวงเฉลี่ย 109 เมล็ด เมล็ดยาวเรียว มีเปลือกสีนำตาล ขนาดเมล็ดยาว 10.59 มิลลิเมตร กว้าง 2.79 มิลลิเมตร และหนา 2.02 มิลลิเมตร น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 26.11 กรัม คิดเป็นน้ำหนักข้าวเปลือก 10.84 กิโลกรัมต่อถัง ข้าวกล้องมีสีขาวยาว 7.25 มิลลิเมตร กว้าง 2.26 มิลลิเมตร และหนา 1.80 มิลลิเมตร ลักษณะอื่นๆผลผลิตเฉลี่ย 670 กิโลกรัมต่อไร่

ข้าวพันธุ์ กข.6 ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงบั่ว เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ปลูกได้เฉพาะนาปี เก็บเกี่ยวได้ประมาณวันที่ 21 พฤศจิกายน ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ (กรมวิชาการเกษตร. 2550)

2.4 ลักษณะทั่วไปของข้าวพันธุ์ชัยนาท 2

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่าง ข้าวเจ้าพันธุ์หอมพม่า (Hawm Pamah) GS.No 3780 จากธนาคารเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี (เป็นข้าวหอมพันธุ์พื้นเมืองเก็บมาจากจังหวัดกาญจนบุรี) กับสายพันธุ์ IR11418-19-2-3 จากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ในปี พ.ศ. 2530 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท ปลูกและคัดเลือกถึงปี พ.ศ.2545 จนได้สายพันธุ์ CNT87040-284-1-4 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุสั้นประมาณ 103-105 วัน สูง (วัดถึงปลายรวง) ประมาณ 95 เซนติเมตร (ในฤดูนาปี) และ 83 ซม. (ในฤดูนาปรัง) มีลักษณะทรงกอแบะ ใบสีเขียวเข้ม ลักษณะใบธงเป็นแนวนอน รวงแน่นปานกลาง ระแง้ถี่ คอรวงยาว ต้นแข็ง ไม่ล้ม ใบค่อนข้างแก่เร็ว น้ำหนักข้าวเปลือกเฉลี่ย 10.57 ก.ก.ต่อถัง เปลือกเมล็ดสีฟาง ขนาดข้าวเปลือกยาว 10.59 มิลลิเมตร

กว้าง 2.46 มิลลิเมตร หนา 2.11 มิลลิเมตร ขนาดข้าวกล้อง ยาว 7.72 มิลลิเมตร กว้าง 1.12 มิลลิเมตร หนา 1.76 มิลลิเมตร มีระยะพักตัวประมาณ 5 สัปดาห์ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 757 กิโลกรัมต่อไร่ (ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม) คุณภาพการหุงต้ม เป็นข้าวร่วน มีกลิ่นหอม

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 อ่อนแอต่อแมลงบั่วมาก ค่อนข้างอ่อนแอต่อโรคใบสีส้ม และโรคขอบใบแห้ง ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 ในภาคเหนือตอนล่างแปลงนาที่ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์และปุ๋ยไนโตรเจนสูงเมื่อสภาพอากาศมีความชื้นสูง อาจเกิดการระบาดของโรคไหม้สร้างความเสียหายต่อผลผลิตได้ พื้นที่แนะนำ ควรปลูกในพื้นที่การทำนาเขตชลประทาน ที่มีการทำนาอย่างต่อเนื่องในภาคเหนือตอนล่าง (ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท. 2551)

2.5 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวเรียกว่า คารีออพซิส (caryopsis) เมื่อนำข้าวไปผ่าตัดตามความยาวและศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบว่าเมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้ (กัญญา เชื้อพันธุ์. 2545; บุญหงส์ จงคิด. 2547)

1. แกลบ (hull หรือ husk) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palae) หาง (awn) ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemma)

2. ข้าวกล้อง (brown rice) เป็นส่วนที่ใช้บริโภค ซึ่งประกอบด้วย

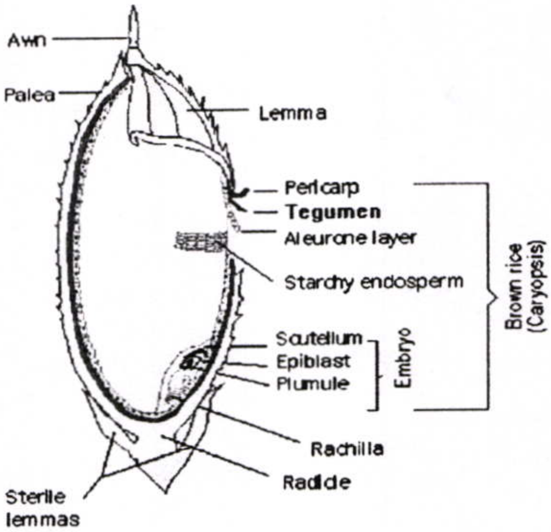
2.1 เยื่อหุ้มข้าวกล้อง (caryopsis coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่ เยื่อชั้นนอก (pericarp) มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเส้นใย 6 ชั้น มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง น้ำตาลจนเกือบดำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญ เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้ามา ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้นรูปยาวเรียวตามขวางประกอบด้วยไขมันและสารสีเช่นกัน และเยื่อคั่น (nucellus) เป็นเซลล์ที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่พันธะระหว่างเยื่อคั่นกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่นจึงแยกจากกันได้ง่าย

2.2 เยื่อหุ้มชั้นใน (aleurone layer) อยู่ด้านในต่อจากเยื่อคั่น เป็นเนื้อเยื่อชนิดเดียวกับเนื้อเมล็ด (endosperm) เซลล์ของเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดประกอบด้วยโปรตีนและไขมัน

2.3 ส่วนสะสมอาหาร (starchy endosperm) เรียกว่า เอนโดสเปิร์ม เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ (ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์) ของข้าวกล้อง เอนโดสเปิร์มจะถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มชั้นใน (aleurone layer) และตัวเอนโดสเปิร์มเองจะประกอบไปด้วยเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cells) ที่มีผนังบางซึ่งบรรจุเม็ดแป้ง (compound starch granules) ไว้เต็มโดยมีโปรตีนแทรกอยู่รอบนอกใกล้ๆ กับชั้นของเยื่อหุ้มชั้นใน

2.4 คัพภะ (embryo) เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป ดังนั้นจึงประกอบด้วยส่วนของต้นอ่อน (plumule) รากแรกเกิด (radicle) โดยมีส่วนของลำต้นอ่อนสั้นๆ (mesocotyl) เชื่อมอยู่ตรง

กลางระหว่างส่วนของใบและราก ส่วนของใบจะถูกห่อหุ้มด้วยปลอกหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) และส่วนของรากก็จะถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ส่วนของปลอกหุ้มต้นอ่อนนั้นจะถูกล้อมรอบด้วยชั้นของเซลล์ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนจึงอุดมด้วยโปรตีนและไขมัน



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว (นิรนาม. 2549ก)

2.6 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว

จากโครงสร้างของเมล็ดข้าว ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ แกลบและข้าวกล้อง เมื่อเปรียบเทียบส่วนต่างๆของเมล็ดข้าวจากน้ำหนักเมล็ดข้าว (ข้าวเปลือก) 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นว่าสัดส่วนของน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นส่วนของแกลบประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และข้าวกล้องประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบน้ำหนักข้าวกล้องให้เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีส่วนของเยื่อหุ้มต่างๆรวมประมาณ 6.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของคัพภะ 3 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อเมล็ดประมาณ 90.5 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของคัพภะจะประกอบด้วยใบเลี้ยงมากที่สุด (1.18-1.4 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสัดส่วนต่างๆในข้าวเปลือกนี้ จะมีผลต่อกระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง และข้าวสารในปริมาณผลผลิตที่ได้ (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536)

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536)

โครงสร้างเมล็ดข้าว	สัดส่วน (เปอร์เซ็นต์)	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงสัดส่วน
ข้าวเปลือก	100	-
แกลบ	20	16 - 28
ข้าวกล้อง	80	72 - 84
ข้าวกล้อง	100	-
เยื่อหุ้มเมล็ด	5	4 - 6
เยื่อหุ้มผล	1.5	1 - 2
เนื้อเมล็ด	90.5	89 - 94
คัพภะ	3	2 - 3
คัพภะ	3	-
รากอ่อน	0.18	-
ต้นอ่อน	0.34	-
เยื่อหุ้มรากอ่อน	0.18	-
ใบเลี้ยง	1.29	1.18 - 1.40
ท่อน้ำ ท่ออาหาร	0.26	-
อื่นๆ	0.75	-

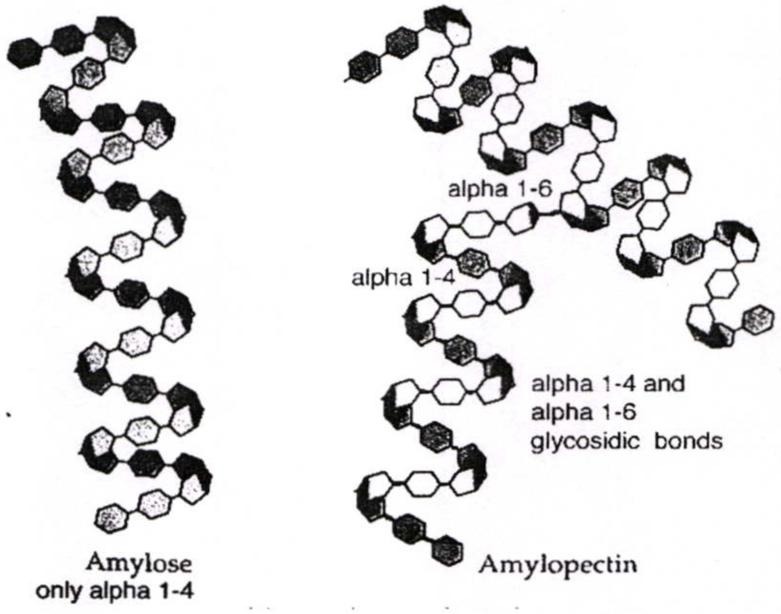
2.7 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

ข้าวที่บริโภคกันจะอยู่ในรูปของข้าวสารขาว และข้าวกล้อง ซึ่งองค์ประกอบหลักทางเคมีประกอบด้วย

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

1.1 อะมิโลส (amylose) ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น (linear chains) ด้วยพันธะ α-1,4 glucoside bond (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะมีสีน้ำเงิน และละลายน้ำได้ ในแป้งจะมีอะมิโลสเป็นส่วนรอง โดยอยู่ปะปนกับอะมิโลสเพคติน (งามชื่น คงเสรี. 2545)

1.2 อะมิโลเพคติน (amylopectin) ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสที่จัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเกลียวคู่โซ่กิ่งเป็นแขนงมากประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ โดยโมลกุลของกลูโคสจะต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 glucoside bond และพันธะ α-1,6 glucoside bond (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง และไม่สามารถละลายน้ำได้ (งามชื่น คงเสรี. 2545)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลแพคติน (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547)

ปริมาณและสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินจะมีผลต่อคุณภาพในการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะทำให้การหุงสุกมีลักษณะร่วนแข็ง ในขณะที่ข้าวซึ่งมีอะมิโลสต่ำจะทำให้ข้าวหุงสุกมีลักษณะนุ่มและเหนียว ข้าวเหนียว (อะมิโลส 0-2 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะข้าวสุกที่เหนียวมาก ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ (อะมิโลส 10-19 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะข้าวสุกที่เหนียวและนุ่ม ข้าวเจ้า อะมิโลสปานกลาง (อะมิโลส 20-25 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะข้าวสุกค่อนข้างร่วนแต่ไม่แข็ง และข้าวเจ้าอะมิโลสสูง (อะมิโลส 26-34 เปอร์เซ็นต์) มีลักษณะข้าวสุกที่ร่วนและแข็ง (งามชื่น คงเสรี. 2545)

2. โปรตีน ในข้าวมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว โปรตีนจะเกิดขึ้นตามส่วนต่างๆ ของเมล็ด มีมากในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด และเนื้อเมล็ดด้านนอกมีโปรตีนมากกว่าใจกลางเมล็ด ปริมาณกรดอะมิโนแต่ละชนิดในโปรตีนของข้าวเปลือกไม่ต่างจากข้าวกล้องและข้าวสารมากนัก เพราะในส่วนเปลือกมีโปรตีนน้อยมาก (2-6 เปอร์เซ็นต์) เราจะได้รับโปรตีนจากเนื้อเมล็ดมาก เนื่องจากสัดส่วนของเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนอื่น และแหล่งที่มีโปรตีนมากอีกส่วนหนึ่งคือชั้นถัด

จากแอลิวโรนและชั้นแอลิวโรนโดยสะสมเป็นกลุ่มโปรตีน (protein bodies) (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538; อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547)

โมเลกุลของโปรตีนจะรวมตัวกันเป็นรูปร่างโปรตีนที่มีกลูเทลินเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ภายใน ซึ่งมี 3 รูปแบบ คือ แบบผลึก (crystalline) แบบรูปร่างกลมขนาดเล็ก และรูปร่างกลมขนาดใหญ่ โดยโปรตีนที่แทรกอยู่ในเมล็ดจะแทรกอยู่ระหว่างเม็ดแป้งที่เชื่อมโยงกับเม็ดแป้ง ซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดเจลาทิไนซ์ทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งเสียรูปร่างได้ง่าย และโมเลกุลของอะมิโลสไม่ซึมผ่านออกมา มีผลต่อลักษณะความอ่อนหรือแข็งของเจลเมื่อเย็นลง ซึ่งส่งผลต่อข้าวสุกที่มีลักษณะนุ่มเหนียวหรือร่วน (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538) โปรตีนในเมล็ดข้าวสามารถแบ่งเป็น 4 ชนิด ตามคุณสมบัติในการละลายได้แก่

2.1 อัลบลูมิน (alblumin) มีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำ (water soluble protein)

2.2 โกลบูลิน (globulin) มีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำเกลือ (salt soluble protein)

2.3 โปรลามิน (prolamin) มีคุณสมบัติละลายได้ในแอลกอฮอล์ (alcohol soluble protein)

2.4 กลูเตลลิน (glutelin) มีคุณสมบัติละลายได้ในกรดหรือด่าง (acid or alkali soluble protein)

ในข้าวกล้องมีโปรตีนชนิดที่ละลายน้ำ (alblumin) และละลายได้ในเกลือ(globulin) มากกว่าใน ข้าวสาร ซึ่งโปรตีนทั้งสองชนิดนี้ส่วนใหญ่อยู่ในเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดและคัพภะ ส่วนโปรตีนที่ละลายได้ทั้งในกรดและด่าง (glutelin) เป็นโปรตีนหลักที่พบทั้งในเมล็ดข้าวกล้องและข้าวสาร และในรำข้าวก็มีความแตกต่างกันของชนิดของโปรตีนเช่นกัน

3. ไขมัน ข้าวมีปริมาณไขมันประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของข้าวทั้งเมล็ด คล้ายกับธัญพืชอื่นและมีอยู่ในส่วนของรำข้าวมากกว่าเนื้อเมล็ด การสีข้าวให้ขาวทำให้มีไขมันเหลืออยู่เพียง 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์ ประเภทไขมันในข้าวส่วนใหญ่คือ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมาคือฟอสฟอลิพิด (phospholipids) ไกลโคลิพิด (glycolipids) และ เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) (Henry and Kettlewell. 1996) องค์ประกอบของไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งมีอยู่มาก ได้แก่ กรดโอลิอิก 4.25 เปอร์เซ็นต์ ลิโนเลอิก 39.1 เปอร์เซ็นต์ ปาลมิติก 15 เปอร์เซ็นต์ ไมริสติก 0.2 เปอร์เซ็นต์ และบีเฮนิก 0.2 เปอร์เซ็นต์ (Kreuzer. 2000)

ในรำข้าวจะมีน้ำมันสูงถึงร้อยละ 20 และเป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในรูป polyunsaturated และ monounsaturated โดยมีกรดไขมันที่สำคัญคือ กรดโอลิอิกและลิโนเลอิก รำข้าวเหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับการสกัดน้ำมันเพื่อบริโภค โดยในรำข้าวจะมีสารโทโกเฟอรอล (tocopherols) และโทโกไตรอินอล (tocotrienols) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มวิตามินอีอยู่มาก และนอกจากนี้ โอรีซานอล หรือ แกมมา-โอรีซานอล (γ - oryzanols) ซึ่งเป็นเอสเตอร์ของกรดเฟอรูลิคกับไฟโตสเตอรอล เป็นสารที่พบในรำข้าวมากที่สุดเมื่อเทียบกับธัญพืชอื่น น้ำมันรำข้าวดิบมีปริมาณโอริซานอลประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร (Norton. 1995)

แกมมา-โอรีซานอล (gamma oryzanol) หรือ โอรีซานอลเป็นสารธรรมชาติที่ถูกค้นพบครั้งแรกในน้ำมันรำข้าวเมื่อปี ค.ศ. 1954 โดยปริมาณโอรีซานอลที่ค้นพบในน้ำมันรำข้าวมีมากกว่าวิตามินอี ประมาณ 20 เท่า

คุณสมบัติของโอรีซานอล ได้แก่ (เรวดี จงสุวัฒน์. 2547)

-ทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนท์คล้ายกับวิตามินอี ในการลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น แต่แกมมาโอรีซานอลสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคลอเลสเตอรอลได้สูงกว่าวิตามินอี

-ลดการสังเคราะห์คลอเลสเตอรอลในตับ และลดการดูดซึมคลอเลสเตอรอลของร่างกาย

-ช่วยรักษาอาการของระบบประสาทที่ทำงานผิดปกติ และภาวะหลังหมดประจำเดือนที่แปรปรวน โดยคาดว่าน่าจะไปมีผลกับระบบฮอร์โมน

-ช่วยส่งเสริมการสร้างกล้ามเนื้อ มักใช้กันมากในกลุ่มของนักกีฬา เนื่องจากมีผลต่อการปลดปล่อยสารเอนโดฟีน และการเพิ่มระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน

นอกจากนี้โอรีซานอลยังช่วยลดระดับพลาสมาคลอเลสเตอรอล (Lichenstein *et al.* 1994) และยับยั้งการจับตัวของเกล็ดเลือด (Scetharamaiah and Chandrasekhara. 1990) ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าว จึงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายทั้งทางด้านอาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์ โดยยืนยันได้จากงานทดลองที่มีเป็นจำนวนมาก

4. แร่ธาตุในเมล็ดข้าวที่สำคัญมี 9 ชนิด ได้แก่ แคลเซียม (calcium) แมกนีเซียม (magnesium) ฟอสฟอรัส (phosphorus) โพแทสเซียม (potassium) เหล็ก (iron) สังกะสี (zinc) แมงกานิส (manganese) ซีลีเนียม (selenium) และกาบา หรือ GABA (gamma-amino butyric acid) ซึ่งเป็นสารที่เกิดขึ้นในเมล็ดข้าวขณะที่ข้าวเริ่มงอก (ไชยรัตน์ เพชรชลนุวัฒน์. 2543)

5. วิตามิน (vitamin) ในเมล็ดข้าวมีวิตามินที่สำคัญได้แก่

5.1 กลุ่มวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ ประกอบด้วย วิตามิน บี 1 (thiamine) วิตามิน บี 2 (riboflavin) วิตามิน บี 3 (niacin) วิตามิน บี 5 (pathothenic acid) วิตามิน บี 6 (pyridoxine) วิตามิน บี 9 (folic acid) วิตามิน บี 12 (cobalamin) โคลีน (chlorine) และอีโนซิทอล (inosital) (ฉัตรชัย วงษ์รักษา. 2546)

5.2 กลุ่มวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ประกอบด้วยวิตามิน 4 ชนิด ได้แก่ วิตามิน เอ (retinol) วิตามิน อี (α-tocopherol) วิตามิน เอฟ หรือที่รู้จักกันในชื่อ กรดไลโนเลอิค (linoleic acid) และแคโรทีน (carotene) (จิราภรณ์ นามเมือง. 2546)

2.8 การเก็บรักษาข้าว

การเก็บรักษาข้าว เป้าหมายหลักของการเก็บรักษาข้าว คือต้องมีการสูญเสียของข้าวในขณะเก็บรักษาน้อยที่สุดทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ หลักการเก็บรักษาโดยทั่วไปคือ ควรเก็บรักษาข้าวไว้ใน

สภาพหรือโรงเก็บที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศต่ำ (ในที่แห้งและเย็น) วิธีการเก็บรักษาข้าวโดยทั่วๆไป แบ่งออกได้เป็น 4 วิธี ได้แก่ (นิรนาม. 2549ข)

1. การเก็บในสภาพปกติ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หมายถึง การเก็บข้าวไว้ในโรงเก็บปกติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บ เป็นวิธีที่นิยมใช้อยู่เป็นส่วนใหญ่ เพราะมีการลงทุนน้อย และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่โอกาสที่จะเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษามีสูง เช่น การเก็บในโรงเก็บหรือยุ้งฉางของเกษตรกร โรงสีหรือโกดังส่งออกข้าวขนาดใหญ่ๆ

2. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว เช่น การเก็บข้าวไว้ในตู้แช่ ตู้เย็น หรือในไซโลเก็บข้าวที่มีการเป่าลมเย็น เป็นต้น

3. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ได้แก่ การเก็บข้าวไว้ในภาชนะเก็บที่มิดชิด สามารถป้องกันการเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกของอากาศได้ เช่น polyethylene bags เป็นต้น การเก็บข้าวในสภาพปิดเช่นนี้ ความชื้นของข้าวจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะที่เก็บ ถ้าความชื้นของข้าวต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะต่ำ ข้าวที่เก็บจะเกิดความเสียหายน้อย ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของข้าวสูง ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะสูง ข้าวที่เก็บจะเกิดความเสียหายสูง ดังนั้น การเก็บรักษาข้าวด้วยวิธีนี้ ข้าวควรมีความชื้นก่อนเก็บต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปความชื้นไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้ผลดี และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

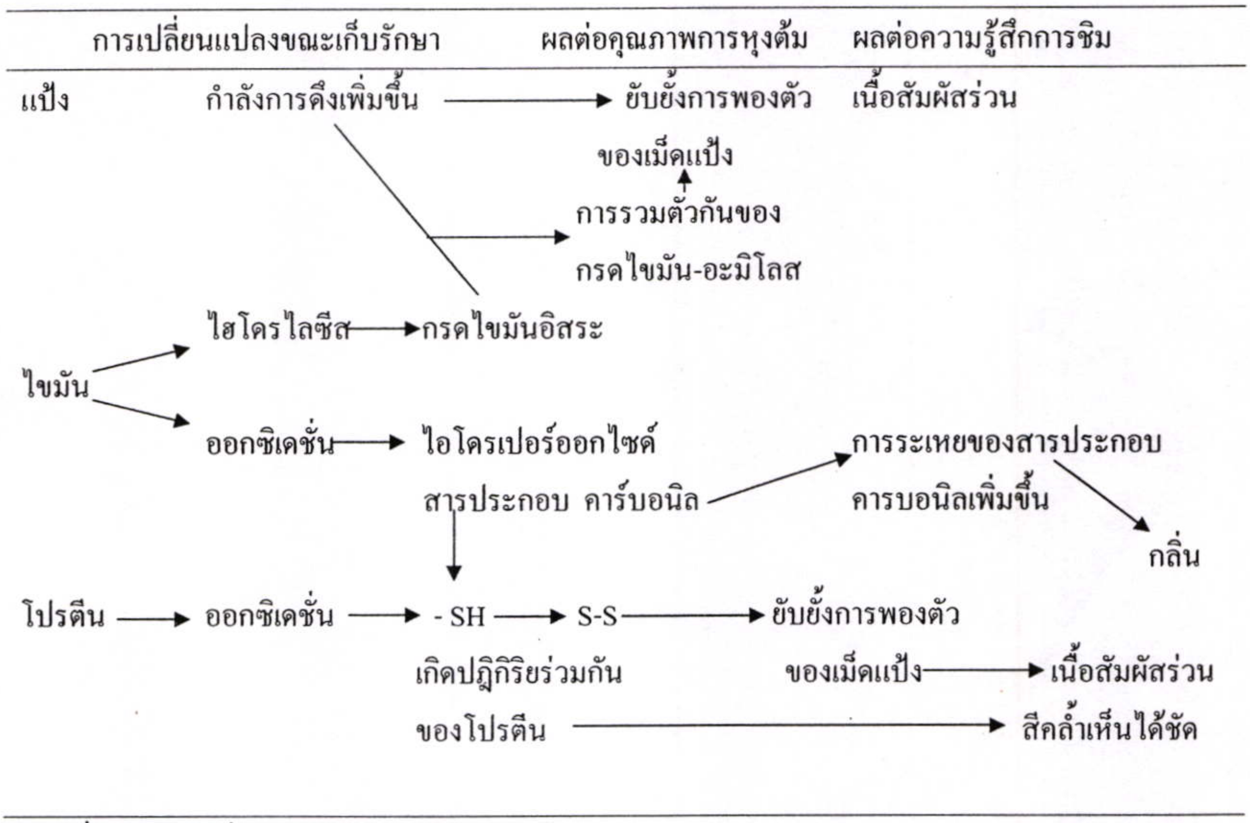
4. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถป้องกันและลดความเสียหายของข้าวได้ดี เก็บรักษาข้าวให้คงคุณภาพดีได้เป็นเวลานาน แต่มีการลงทุน และเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลสูง

2.9 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าว ส่วนหนึ่งจะเกิดจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง และส่วนหนึ่งจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในเมล็ด ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของข้าวได้แก่ แป้ง ไขมัน และโปรตีน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวจะส่งผลต่อคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพในการรับประทาน

การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของ 3 องค์ประกอบหลัก คือ แป้ง ไขมัน และโปรตีน กรดไขมันอิสระที่ได้จากการย่อยไขมันของเอนไซม์ เมื่อทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้ง โดยเฉพาะโมเลกุลของอะมิโลสมีผลยับยั้งการขยายตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม 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 ในข้าวเก่าจะมีกลิ่นสาบ เมล็ดเหลืองมากขึ้น (Moritake and Yasumatsu. 1972 อ้างโดย งามชื่น คงเสรี. 2545) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการเก็บรักษาข้าวแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีขณะทำการเก็บรักษา (Moritake and Yasumatsu. 1972 อ้างโดย งามชื่น คงเสรี. 2545)

2.10 ข้าวกล้องงอก

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าข้าวกล้องมีคุณค่าทางสารอาหารสูงกว่าข้าวขัดขาว (ตารางที่ 2.2) โดยข้าวกล้อง คือ ข้าวที่กะเทาะเอาเปลือกหรือแกลบออก โดยผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว ข้าวที่ได้จึงมีสีขุ่น และยังคงส่วนของจมูกข้าว เยื่อหุ้มเมล็ด และเยื่อแอลิวโรน (aleurone) หรือรำข้าวที่หุ้มเมล็ดอยู่ซึ่งอุดมไปด้วยสารที่มีประโยชน์ แต่ถึงแม้ข้าวกล้องจะมีคุณค่าสารอาหารที่ดีแต่พื้นผิวที่

ล้อมรอบเมล็ดชั้นนอกนั้นจะแข็ง อุดมไปด้วยน้ำมันและเส้นใย ซึ่งเป็นส่วนที่ป้องกันการแทรกผ่านของความร้อนและการดูดซับน้ำ ทำให้การหุงข้าวภายใต้แรงดันบรรยากาศเกิดการเจลาติไนซ์ของเม็ดแป้ง และการอ่อนตัวหรือการสลายตัวของเนื้อเยื่อชั้นนอกได้ไม่ดีพอ จึงทำให้ข้าวกล้องที่หุงสุกภายใต้ความดันปกติมีความแข็งและร่วน คุณภาพในการรับประทานต่ำเมื่อเทียบกับข้าวขาว ฉะนั้นเพื่อให้ข้าวกล้องมีลักษณะนุ่ม อร่อย และสามารถหุงได้ง่ายเช่นเดียวกับข้าวขาว จึงได้มีการพัฒนาเป็นข้าวกล้องงอก (Komatsuzaki *et al.* 2005)

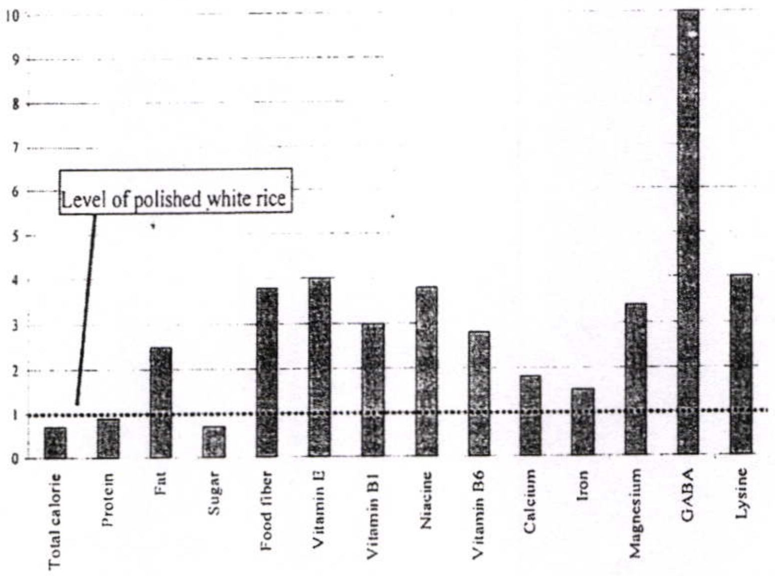
ตารางที่ 2.2 คุณค่าสารอาหารของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว (นิรนาม. 2548)

สารอาหารและวิตามิน	ข้าวกล้อง (brown rice)	ข้าวขัดขาว (milled rice)
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
วิตามิน B2 (riboflavin) (mg)	0.4 - 1.4	0.2 - 0.6
วิตามิน B3 (niacin) (mg)	35 - 53	13 - 24

หมายเหตุ คุณค่าสารอาหารตามธรรมชาติของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร คิดเป็นคุณค่าสารอาหารต่อน้ำหนักข้าวสาร 100 กรัม

ข้าวกล้องงอก (germinate brown rice : GBR) คือ ข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการงอกในระยะเวลาสั้นๆ โดยจะนำข้าวกล้องมาแช่น้ำในระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง จนส่วนของจมูกข้าวงอกมีความยาวประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร แล้วจึงนำไปลดความชื้น โดยเมล็ดธัญพืชงอก เช่น ข้าวบาเลย์ ข้าวสาลี และข้าว จะสร้างเอนไซม์ hydrolytic ซึ่งจะย่อยสลายแป้ง โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้งและโปรตีน ทำให้มีโอลิโกแซคคาร์ไรด์และกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ข้าวกล้องงอกหุงง่ายขึ้น มีรสชาติดีขึ้น เนื้อสัมผัสนุ่มและมีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มขึ้น (Ohtsubo *et al.* 2004)

โดยเมื่อเทียบกับข้าวขาวแล้ว ข้าวกล้องงอกจะมีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (GABA) มากกว่า 10 เท่า มีใยอาหาร วิตามินอี ไนอะซิน และไลซีนมากกว่าประมาณ 4 เท่าและมีวิตามินบี 1 บี 6 และแมกนีเซียมมากกว่าข้าวขาวประมาณ 3 เท่า (Kayahara and Tsukahara. 2000) ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ปริมาณสารอาหารของข้าวกล้องงอกเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว (Kayahara and Tsukahara. 2000)

สารอาหารแต่ละชนิดมีประโยชน์ต่อร่างกายดังแสดงในตารางที่ 2.3 โดยสารอาหารที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ คือกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (γ-aminobutyric acid : GABA) ซึ่งเป็นกรด อะมิโนที่พบได้โดยทั่วไปในธรรมชาติ โดยทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทในสมอง นอกจากกลูตาเมตและไกลซีน จะมีความสำคัญเป็นอันดับ 2 รองจากกลูตาเมตซึ่งเป็นสารสื่อประสาทหลัก โดยถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสารสื่อประสาทชนิดยับยั้งในระบบประสาทส่วนกลาง กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก เกิดจากปฏิกิริยา decarboxylation ของกรดกลูตามิก โดยเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลส (glutamate decarboxylase : GAD) (Komatsuzaki *et al.* 2005)

ตารางที่ 2.3 ประโยชน์ของสารอาหารในข้าวกล้องงอกที่มีต่อร่างกาย

(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
กรดไฟติก (phytic acid)	เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคทางหัวใจและหลอดเลือด เช่น ความดัน ป้องกันการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด
สารกลุ่มวิตามิน อี (tocotrienols)	ทำลายสาร superoxides ที่ก่อให้เกิดสารอนุมูลอิสระได้ง่าย ป้องกันผิวจากรังสีอุลตร้าไวโอเลต
แมกนีเซียม (magnesium)	ป้องกันโรคหัวใจ
โพแทสเซียม (potassium)	ลดระดับความดันเลือด
สังกะสี (zinc)	กระตุ้นการทำงานของระบบสืบพันธุ์ ป้องกันภาวะเส้นเลือดแดงหนาและแข็งตัวจากการที่คลอเลสเตอรอลไปเกาะที่ผนังเส้นเลือด
แกมมาโอรีซานอล (γ-oryzanol)	เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันผิวเหี่ยวย่น ปรับระดับคลอเลสเตอรอล

Ohtsubo *et al.* (2004) ได้ศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก โดยนำข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ Koshihikari มาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ทำการเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง และนำตัวอย่างข้าวกล้องงอกมาวิเคราะห์ปริมาณ GABA หลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าปริมาณ GABA จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานขึ้น โดยข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำ 72 ชั่วโมงจะมีสาร GABA มากกว่าข้าวขาว 40 เท่าและ

มากกว่าข้าวกล้อง 11.5 เท่า และข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำ 96 ชั่วโมงจะมี GABA มากกว่าข้าวขาวถึง 87.6 เท่าและมากกว่าข้าวกล้อง 24.6 เท่า เมื่อนำข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำ 72 ชั่วโมงไปวิเคราะห์สารอาหารได้แก่ inositol, total ferulic acid, total dietary fiber, soluble dietary fiber, insoluble dietary fiber และ oryzanol เปรียบเทียบกันระหว่าง ข้าวขาว ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก พบว่าข้าวกล้องงอกจะมีสารอาหารสูงที่สุด ยกเว้น inositol ที่มีปริมาณน้อยกว่าข้าวกล้องปกติเล็กน้อย ในขณะที่ข้าวขาวจะมีปริมาณสารอาหารทุกค่าต่ำที่สุด

Komatsuzaki *et al*. (2005) ศึกษาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกแบบใหม่โดยการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ช่วงสั้นๆเป็นเวลา 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ถ่ายน้ำทิ้งเมื่อครบกำหนดเวลา แล้วบรรจุในภาชนะพลาสติกก่อนนำไปบ่มในตู้อบอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 23.5, 23, 22, 21, 20 และ 19 ชั่วโมงตามลำดับ เปรียบเทียบกับข้าวกล้องงอกที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบเดิมโดยการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ข้าวที่ใช้ประกอบด้วย พันธุ์ Haiminori และ Oou 359 ซึ่งมีต้นอ่อน (embryo) ขนาดใหญ่ และพันธุ์ Koshihikari, Yumetsukushi และ Nipponbare ซึ่งมีต้นอ่อนขนาดปกติ ผลการทดลองพบว่า ข้าวกล้องงอกทุกพันธุ์ที่ผ่านการแช่น้ำช่วงสั้นๆแล้วนำไปบ่มในตู้อบมีปริมาณ GABA เฉลี่ยสูงกว่าข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยที่ข้าวพันธุ์ Haiminori มีปริมาณ GABA สูงที่สุด รองลงมาเป็นพันธุ์ Oou 359 ข้าวทั้งสองพันธุ์เป็นพันธุ์ที่มี ต้นอ่อนขนาดใหญ่ เมื่อพิจารณาระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ Haiminori พบว่าการแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วบ่มต่ออีก 21 ชั่วโมง เป็นวิธีที่เหมาะที่สุดที่ทำให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณ GABA สูงที่สุด และเมื่อนำข้าวกล้องงอกดังกล่าวไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนอิสระเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ และข้าวกล้องงอกที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบเดิมของข้าวพันธุ์ Haiminori พบว่า ปริมาณ กรดแอสพาติก (aspartic acid) เซอรีน (serine) แอสพาราจีน (asparagine) และกรดกลูตามิก (glutamic) จะลดลงในขณะที่กรดอะมิโนตัวอื่นเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะ GABA การที่กรดแอสพาติกและกรดกลูตามิกมีปริมาณลดลง เนื่องจากกรดอะมิโนที่ประกอบเป็นโปรตีนสะสม (storage protein) จะสลายตัวเมื่อมีการดูดซับน้ำเข้าไป มีผลให้กรดอะมิโนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเอไมด์ (amide) ที่ขนส่งได้และช่วยในการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว และเมื่อเมล็ดดูดซับน้ำ เอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลซ (glutamatedecarboxylase, GAD) จะทำงานและเปลี่ยนกรดกลูตามิกไปเป็นกรดแกมมาอะมิโน บิวทิริก (γ-aminobutyric acid : GABA)

วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย (2549) ศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำต่อสารชีวกิจกรรม (bioactive components) บางชนิดและคุณภาพของข้าวกล้องงอกพันธุ์หอมมะลิ 105 การทำข้าวกล้องงอกดำเนินการโดยนำข้าวกล้องแช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที ล้างน้ำให้สะอาดและแช่น้ำในอัตราส่วน 1:4 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ 0, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำทุกๆ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่าง

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ข้าวกล้องงอกไปทำให้แห้ง และบดละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์สารชีวกิจกรรมบางชนิด ซึ่งพบว่าปริมาณแกมมาโอรีซานอลมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานขึ้น โดยข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 96 ชั่วโมง มีปริมาณโอรีซานอลสูงสุดเท่ากับ 9.88 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการงอกนานขึ้น โดยข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 96 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเท่ากับ 5.41 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม ปริมาณกรดอะมิโน พบว่า หลังจากข้าวกล้องผ่านกระบวนการแช่น้ำมีผลให้ปริมาณกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น คือ ไกลซีน (glycine) อาร์จีนีน (arginine) ส่วนกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก ไม่พบในข้าวกล้องแต่จะพบในข้าวกล้องงอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำเป็นเวลา 96 ชั่วโมง จะพบในปริมาณ 0.02 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม ส่วนกรดอะมิโนที่ลดลงประกอบด้วย กรดกลูตามิก (glutamic) กรดแอสพาติก (aspartic acid) และไลซีน (lysine) ส่วนคุณภาพการหุงต้มและลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ข้าวกล้องงอกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำนานขึ้นจะใช้ระยะเวลาการหุงต้มลดลงโดยข้าวกล้องปกติใช้เวลา 45.33 นาที ในขณะที่เมื่อผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 96 ชั่วโมง จะใช้เวลา 41.66 นาที และข้าวกล้องงอกที่ผ่านการแช่น้ำนานขึ้นจะมีความแข็งของข้าวหุงสุกลดลงเช่นกัน โดยข้าวกล้องปกติมีความแข็ง 10977.72 กรัม จะลดลงเหลือ 8626.40 กรัม เมื่อข้าวกล้องผ่านระยะเวลาการแช่น้ำ 96 ชั่วโมง ในขณะที่การประเมินข้าวกล้องงอกด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ ซึ่งคุณลักษณะที่ทดสอบประกอบไปด้วย ลักษณะของข้าวที่ปรากฏ สี กลิ่น การเกาะตัว เนื้อสัมผัส ความแข็ง กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวม ซึ่งพบว่า คะแนนของทุกคุณลักษณะที่ทดสอบมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำเพิ่มขึ้น และข้าวกล้องปกติมีคะแนนส่วนใหญ่สูงกว่าข้าวกล้องงอก

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง

3.1.1 ตัวอย่างที่นำมาศึกษา

ข้าวที่นำมาศึกษาประกอบด้วยข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6 และข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 2 ที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 82 และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณโอรีซานอล

- เฮกเซน (hexane)
- เฮปเทน (n - heptane)

3.1.2.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณกรดกลูตามิก

- กรดไฮโดรคลอลิก (HCl) ความเข้มข้น 6 N
- กรดไฮโดรคลอลิก (HCl) ความเข้มข้น 0.1 N

3.1.2.3 สารเคมีที่ใช้หาค่าการสลายตัวในด่าง

- สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.7 เปอร์เซ็นต์ (19.54 กรัม KOH ใน น้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร)

3.1.2.4 สารเคมีที่ใช้ในการวัดค่าระดับการหืน (thiobarbituric acid number : TBA)

- โปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1.15 เปอร์เซ็นต์
- กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) 1 เปอร์เซ็นต์
- กรดไทโอบาบิทูริก (thiobarbituric acid) 0.67 เปอร์เซ็นต์
- บิวทานอล (n-butanol)
- เตตระอิทอกซีโพรเพน (tetraethoxypropane)

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์

3.1.3.1 เครื่องสกัดไขมัน รุ่น S306AK (Gerhardt)

3.1.3.2 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Electron รุ่น Helios Gamma (Thermo Electron)

3.1.3.3 เครื่องบดข้าวได้ละเอียด 100 เมช

3.1.3.4 ตู้อบ (Oven) Modell 700 (Memmert)

3.1.3.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าว รุ่น P-1 (Ngek seng huat)

3.1.3.6 เครื่องขัดสีข้าว รุ่น K-1 (Ngek seng huat)

3.1.3.7 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) รุ่น CENTRIKON 42K (Kontron instruments)

3.1.3.8 เครื่อง HPLC วิเคราะห์กรดอะมิโน รุ่น Rf-10Axl (Shimadzu)

3.1.3.9 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่น T.A. XT. Plus

3.1.3.10 เครื่องวัดค่าสี รุ่น CR200 (Chroma Meter)

3.1.3.11 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ Multi stirrer Magneti Stirrer (Velp scientifica)

3.1.3.12 เครื่อง RVA (Rapid Visco Analyzer) รุ่น RVA – super3 (Newport Scientific)

3.2 สถานที่ดำเนินงานวิทยานิพนธ์

3.2.1 ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.2 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

3.3 ระยะเวลาการดำเนินงาน

เดือนมกราคม 2550 – มกราคม 2551

3.4 วิธีการดำเนินการทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง คือ

3.4.1 การศึกษาระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมต่อการทำข้าวกล้องงอก

ทำการทดสอบโดยใช้ข้าว 2 ชนิด คือ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6 และข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 2 ในข้าวแต่ละพันธุ์วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยทรีตเมนต์ (treatment) คือ ระยะเวลาการแช่น้ำ 12 ระยะ ได้แก่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 และ 23 ชั่วโมง

การทำข้าวกล้องงอก ดำเนินการโดย นำข้าวกล้องของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามทรีตเมนต์ที่กำหนด แล้วทำให้สะเด็ดน้ำก่อนนำไปบ่มต่อในสภาพชื้น เป็นเวลา 23, 21, 19, 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3 และ 1 ชั่วโมงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 จากนั้นนำไปอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนข้าวมีความชื้นเหลือประมาณ 12±1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักสด) พักข้าวไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ (tempering) ก่อนนำข้าวไปวิเคราะห์หา

ปริมาณโอรีซานอล และปริมาณกรดกลูตามิก ซึ่งเป็นสารเริ่มต้นที่จะเปลี่ยนไปเป็นกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (GABA)

ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาการแช่น้ำและระยะเวลาการบ่มในสภาพชื้นในการทำข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2

ทรีตเมนต์	ระยะเวลาการแช่น้ำ (ชั่วโมง)	ระยะเวลาการบ่ม (ชั่วโมง)
1	1	23
2	3	21
3	5	19
4	7	17
5	9	15
6	11	13
7	13	11
8	15	9
9	17	7
10	19	5
11	21	3
12	23	1

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดกลูตามิก ใช้วิธีของ AOAC (1995) โดยการชั่งแป้งข้าวที่ได้จากการโม่ข้าวกล้องงอก 0.2-0.25 กรัม ใส่หลอดทดลองเติมกรด 6N HCl 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex หลังจากนั้นปิดจุก ดูดอากาศออกและเขย่าด้วยเครื่อง vortex อีก 4 นาที แล้วจึงนำไปบ่มในทรายร้อนอุณหภูมิประมาณ 110±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำตัวอย่างใส่ขวดปรับปริมาตรและปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ด้วย 0.1N HCl จากนั้นนำสารตัวอย่างมาเจือจางโดยใช้ตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร ใส่ใน reagent 1000 ไมโครลิตร แล้วเขย่าด้วยเครื่อง vortex ให้เข้ากัน นำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC ได้ chromatogram นำไปคำนวณหาปริมาณกรดอะมิโนตามสูตร

$$\text{ปริมาณกรดกลูตามิก (มิลลิกรัม ต่อ 100กรัม)} = \frac{\text{MW} \times \text{พื้นที่ใต้กราฟสารตัวอย่าง} \times \text{DF} \times \text{ปริมาณสารรวม} \times 100}{\text{พื้นที่ใต้กราฟสารมาตรฐาน} \times \text{น้ำหนักแป้งตัวอย่าง} \times 20 \times 10^{6} \times 2}$$

MW = น้ำหนักโมเลกุลของกรดกลูตามิก

DF = อัตราที่เจือจาง

การหาปริมาณโอรีซานอล ดัดแปลงจาก Bucci *et al.* (2003) ดำเนินการโดยนำรำข้าวที่ได้จากการขัดสีข้าวกล้องงอกไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาเก็บในโถดูดความชื้นจนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำรำที่ได้ 10 กรัม สกัดด้วยเฮกเซน 250 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องสกัดไขมัน จากนั้นนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporater) นำตัวอย่างน้ำมัน 0.1 มิลลิกรัม ละลายด้วยเฮปเทน (n-heptane) ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร นำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแกมมาโอรีซานอลมาตรฐาน

3.4.2 การศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก

จากการทดลองในข้อ 3.4.1 เมื่อพิจารณาการลดลงของกรดกลูตามิก และการเพิ่มขึ้นของสารโอรีซานอลแล้ว พบว่า ระยะเวลาการแช่น้ำและการบ่มในสภาพชื้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้าวพันธุ์ กข.6 คือ 19 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนเวลาที่เหมาะสมสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 คือ 23 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก จึงดำเนินการโดย นำข้าวกล้องของข้าวทั้งสองพันธุ์มาทำข้าวกล้องงอกตามระยะเวลาการแช่น้ำและการบ่มในสภาพชื้นดังกล่าว จากนั้นจึงลดความชื้นให้เหลือ 12±1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักสด) แล้วเก็บรักษาข้าวกล้องงอกที่ได้ในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอธิลีนและไนลอน/LLDPE (ถุงบรรจุแบบสุญญากาศ) เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง วางแผนทดลองแบบ factorial in CRD ให้วิธีการบรรจุข้าวเป็นปัจจัยที่ 1 และระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยที่ 2 โดยแยกวิเคราะห์ในข้าวแต่ละพันธุ์ เมื่อครบระยะเวลาการเก็บรักษาจึงนำข้าวกล้องงอกมาทดสอบคุณสมบัติซึ่งประกอบด้วย

(1) ปริมาณความชื้น

นำตัวอย่างข้าวใส่ถ้วยอบที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจากนั้นจึงนำไปอบในตู้อบที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกจากตู้อบแล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบ คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\% น้ำหนักสด)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวก่อนอบ} - \text{น้ำหนักข้าวหลังอบ}}{\text{น้ำหนักข้าวก่อนอบ}} \times 100$$

(2) การสลายเมล็ดในด่าง (alkaline digestion test)

สุ่มเมล็ดข้าวกล้องงอกครั้งละ 10 เมล็ดใส่ลงในจานแก้วทดสอบ (pertri dish) แล้ววางบนพื้นราบสีดำ เติมสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.7 เปอร์เซ็นต์ ให้เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควร ปิดฝาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ขยับเขยื้อน เป็นเวลา 23 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตรวจเมล็ดข้าวตามลักษณะการสลายของเมล็ดข้าวและให้คะแนน 1-7 (ตารางที่ 3.2 และ ภาพที่ 3.1)

(3) เวลาการหุงสุก

ต้มน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ให้เดือด ใส่ตัวอย่างข้าวครั้งละ 30 กรัม ลงในน้ำเดือดพร้อมกับจับเวลา หลังจากครบ 10 นาที ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวทุกนาทีๆละ 10 เมล็ด นำเมล็ดที่สุ่มได้มาวางบนแผ่นแก้วแล้วนำแผ่นแก้วอีกหนึ่งแผ่นกดบนเมล็ดข้าว ตรวจดูไตสีขาวตรงกลางเมล็ดข้าว บันทึกค่าเวลาต้มข้าวที่เหมาะสม เมื่อเมล็ดข้าว 9 ใน 10 เมล็ดไม่มีไตสีขาวตรงกลาง

(4) การดูดน้ำของข้าว

นำตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องงอก 2 กรัม ใส่หลอดทดลองที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร ปิดปากปลอดทดลองด้วยสำลี ต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ลองกดข้าวเช่นเดียวกับข้อ (3) หลังจากนั้นรินน้ำออกให้ข้าวสะเด็ดน้ำทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักข้าวสุก คำนวณการดูดน้ำของเมล็ดข้าวจากสูตร

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

(5) การขยายปริมาตร

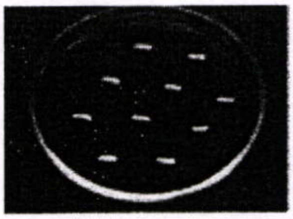
จากวิธีในข้อ (4) ทำการวัดความสูงของเมล็ดข้าวกล้องหลังจากชั่งข้าว 2 กรัม ใส่หลอดทดลอง และวัดความสูงที่เพิ่มขึ้นของข้าวสุกหลังการหุง

(6) การวัดเนื้อสัมผัส (texture analysis)

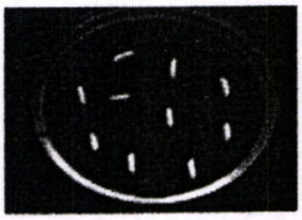
เตรียมตัวอย่างโดยหุงข้าวกล้องงอกให้สุก หลังจากนั้นวัดเนื้อสัมผัส โดยชั่งข้าวกล้องงอกสุก 2 กรัม นำมาเรียงกันบน plate form ที่สะอาด เรียงเมล็ดข้าวให้เป็นชั้นเดียว แล้ววัดเนื้อสัมผัสโดยใช้แรงกด (compression) ความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ลงก่อนสัมผัส (pre-test speed) 10 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงบนเนื้อข้าว (test speed) 1.0 มิลลิเมตร/วินาที โดยมีระยะพัก 30 วินาที และความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ขึ้นจากเมล็ดข้าว (post-test speed) 10 มิลลิเมตร/วินาที

ตารางที่ 3.2 แสดงระดับค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง (งามชื่น คงเสรี. 2546)

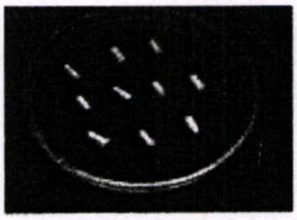
ค่าการสลาย	ลักษณะของเมล็ดข้าวที่สลายในด่าง
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลงเลย
2	เมล็ดข้าวพองตัว
3	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ดข้าว
4	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาว และมีเมล็ดกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง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



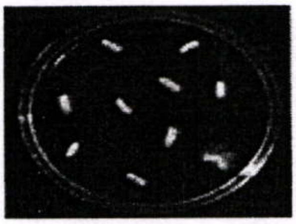
คะแนน 1



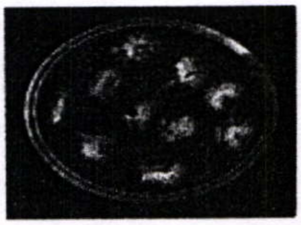
คะแนน 2



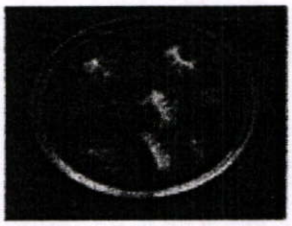
คะแนน 3



คะแนน 4



คะแนน 5



คะแนน 6

คะแนน 7

ภาพที่ 3.1 แสดงระดับการสลายตัวในด่าง (อรอนงค์ นัยวิกุล.2547)

(7) การวัดค่าระดับการหืน (thiobarbituric acid number : TBA)

นำแป้งข้าว 250 มิลลิกรัม เติม KCl ความเข้มข้น 1.15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร phosphoric acid ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 3 มิลลิลิตร และ 2-thiobarbituric acid ความเข้มข้น 0.67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือด 45 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติม n-butanol ปริมาณ 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกชั้นสาร นำสารส่วนใสที่อยู่ด้านบนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 535 และ 520 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ซึ่งดำเนินการ โดยวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ไม่ใส่แป้งข้าว และใส่สาร 1,1,3,3-tetraethoxypropane ความเข้มข้น 10 นาโนโมลต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร แทน KCl ความเข้มข้น 1.15 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณตามสูตร (Hayashi *et al.* 1998)

$$\text{TBA (nmol/g of rice)} = \frac{(\text{A535sa} - \text{A520sa}) \times 40}{(\text{A535st} - \text{A520st})}$$

A535sa และA520sa = ค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างที่ 535 และ 520 นาโนเมตร

A535st และA520st = ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานที่ 535 และ 520 นาโนเมตร

(8) ปริมาณน้ำมันในรำข้าว

ชั่งน้ำหนักรำข้าวก่อนที่จะนำไปเข้าเครื่องสกัดไขมันและชั่งน้ำหนักน้ำมันที่ได้จากการสกัด นำไปคำนวณหาปริมาณน้ำมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำมันในรำข้าว (\% น้ำหนักสด)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมัน}}{\text{น้ำหนักรำ}} \times 100$$

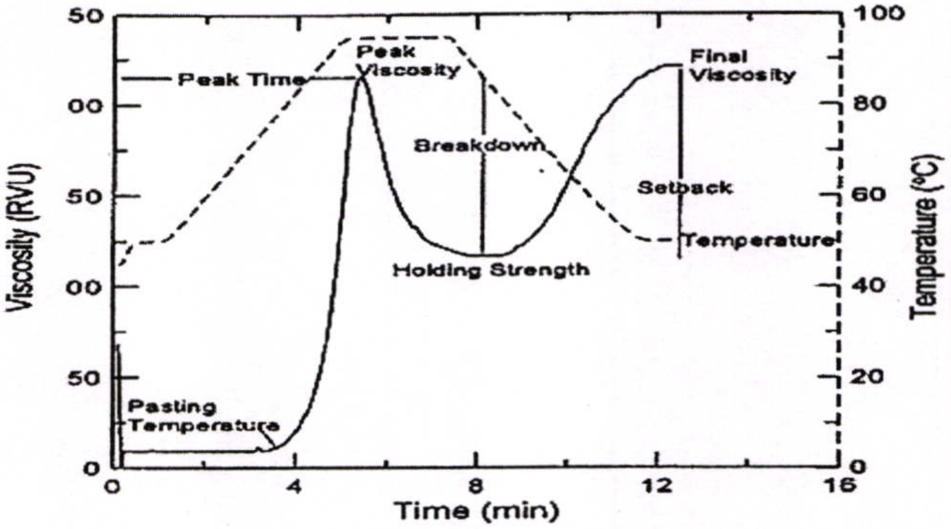
(9) การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

หุงข้าวกล้องงอกให้สุก เสิร์ฟตัวอย่างข้าวกล้องงอกหุงสุกให้แก่ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน และประเมินตัวอย่างข้าวกล้องงอกซึ่งประกอบด้วย ลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าว สีของเมล็ดข้าว กลิ่นของข้าว การเกาะตัวของเมล็ดข้าว เนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยว ความนุ่มของเมล็ดข้าว รสชาติของข้าว และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบจากน้อยไปหามาก 1-7 (7-point hedonic scale)

(10) การวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

ชั่งตัวอย่างแป้งข้าว 3 กรัม เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ลงในถ้วยอะลูมิเนียมของเครื่อง RVA ใส่พาย (paddle) ลงในถ้วยอะลูมิเนียม หมุนพายไปมาเพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับเป็น

ก้อน นำถ้วยอะลูมิเนียมที่ใส่พายเข้าเครื่อง RVA จากนั้นเปิดเครื่องทำงาน เริ่มให้ความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส เพิ่มความร้อนด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียสต่อนาที จนได้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ปล่อยไว้ 2-3 นาที แล้วทำให้เย็นลงด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เครื่องจะทำการบันทึกอุณหภูมิและค่าความหนืดที่เปลี่ยนไปกับเวลาดังภาพที่ 3.2 จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ได้ อ่านและบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้ อุณหภูมิที่ทำให้แป้งพองตัว (pasting temperature) เวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) ความหนืดเมื่อแป้งพองตัวสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (break down) ความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) และ ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) โดยค่าความหนืดแป้งที่ได้มีหน่วยเป็น centipoises



ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SAS version 6.12

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมต่อการทำข้าวกล้องงอก

ในการศึกษาระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสม จะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดกลูตามิก และปริมาณโอรีซานอลในข้าวกล้องงอก ซึ่งผลการทดลองปรากฏดังนี้

4.1.1 ปริมาณกรดกลูตามิกและปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกข้าวเหนียว กข.6

การแช่ข้าวกล้องข้าวเหนียว กข.6 ในน้ำเป็นระยะเวลาต่างๆ เพื่อทำให้ข้าวกล้องเกิดการงอกทำให้ปริมาณกรดกลูตามิกเพิ่มขึ้นตามลำดับและจะมีค่าสูงสุดเมื่อแช่ข้าวเป็นเวลา 9 ชั่วโมงซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 8,486.66 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม และเมื่อแช่ข้าวในน้ำเป็นเวลานานขึ้น พบว่าปริมาณกรดกลูตามิกมีค่าลดลง โดยหลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 17, 19, 21 และ 23 ชั่วโมง ปริมาณกรดกลูตามิกจะลดลงเหลือ 2,369.16, 1,895.31, 1,949.48 และ 1,190.20 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1

สำหรับการตรวจวัดปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 ที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆกัน พบว่า การแช่น้ำเป็นระยะเวลานานขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ข้าวมีปริมาณโอรีซานอลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการแช่น้ำเป็นเวลา 19 ชั่วโมงจะทำให้ข้าวมีปริมาณโอรีซานอลสูงสุด คือ 22.59 ppm รองลงมาได้แก่การแช่น้ำที่ระยะเวลา 17, 21, 23 และ 15 ชั่วโมงตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

4.1.2 ปริมาณกรดกลูตามิกและปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกข้าวเจ้าชัยนาท 2

ปริมาณกรดกลูตามิกของข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 2 ที่แช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆกันดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 พบว่า ปริมาณกรดกลูตามิกของข้าวกล้องงอกจะผันแปรในช่วงประมาณ 970-2,400 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม โดยการแช่เป็นเวลา 17 ชั่วโมงจะพบสูงที่สุด คือ 2401.97 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม และเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานกว่า 17 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณกรดกลูตามิกในแป้งข้าวจะลดลง โดยจะลดลงเหลือเพียง 1,241.75 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม เมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 23 ชั่วโมง

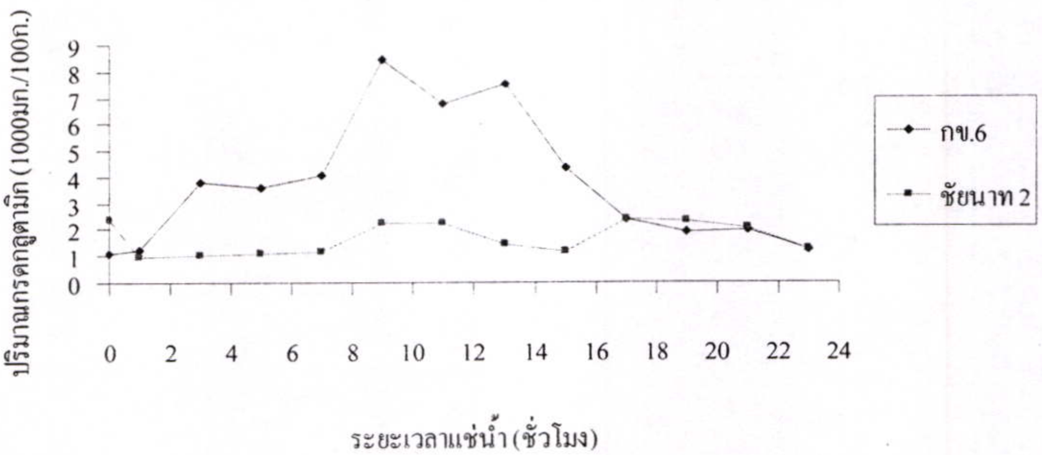
สำหรับปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 2 ที่แช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการแช่น้ำนานขึ้นข้าวมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณโอรีซานอลสูงขึ้นเช่นเดียวกับที่พบในข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 โดยพบว่าข้าวที่แช่น้ำเป็นเวลา 19 ชั่วโมงจะมีปริมาณโอรีซานอลสูงสุดเท่ากับ 19.08 ppm รองลงมาเป็นข้าวกล้องงอกที่แช่น้ำระยะเวลา 3, 17 และ 21 ชั่วโมงซึ่งให้ค่าเท่ากับ 18.88, 18.96 และ 18.86 ppm ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณโอรีซานอลของข้าวที่แช่น้ำเป็น 19 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.1และภาพที่ 4.2

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าในการทำข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 การแช่น้ำเป็นเวลา 19 ชั่วโมง และการบ่มในสภาพชื้นเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกมีปริมาณกรดกลูตามิกลดต่ำลง ในขณะที่ปริมาณโอรีซานอลเพิ่มขึ้นสูงสุด ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 ระยะเวลาการแช่น้ำและบ่มในสภาพชื้นที่เหมาะสมที่สุด คือ 23 และ 1 ชั่วโมงตามลำดับ เนื่องจากแป้งข้าวกล้องงอกมีปริมาณกรดกลูตามิกลดลงอยู่ในระดับต่ำที่สุด ในขณะที่ปริมาณโอรีซานอลยังคงสูงอยู่

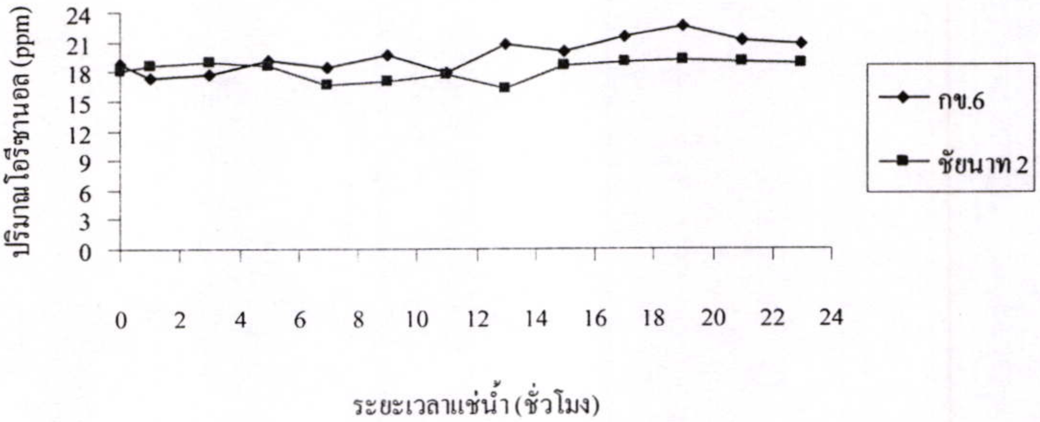
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณกรดกลูตามิกและโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่ผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาแช่น้ำ (ชั่วโมง)	พันธุ์ข้าว			
	กข.6		ชัยนาท 2	
	กรดกลูตามิก (มก./แป้ง 100 กรัม)	โอรีซานอล (ppm)	กรดกลูตามิก (มก./แป้ง 100 ก.)	โอรีซานอล (ppm)
0	1,092.05h	18.81g	2,344.06a	18.04f
1	1,244.32h	17.368j	979.12e	18.65cde
3	3,761.43f	17.727i	1,024.42de	18.88ab
5	3,597.43ef	19.063g	1,099.00de	18.56de
7	4,038.69de	18.42h	1,166.39cde	16.54i
9	8,486.66a	19.64f	2,240.57ab	16.93h
11	6,756.50c	17.80i	2,225.28ab	17.70g
13	7,490.57b	20.77d	1,408.33c	16.27j
15	4,357.67d	19.98e	2,278.60ab	18.54e
17	2,369.16g	21.48b	2,401.97a	18.96ab
19	1,895.31g	22.59a	2,286.47ab	19.08a
21	1,949.48g	21.13c	2,055.82b	18.86abc
23	1,190.20h	20.82d	1,241.75cd	18.78bcd

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT



ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณกรดกลูตามิก (มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 เมื่อผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆกัน



ภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณ โอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 เมื่อผ่านการแช่น้ำเป็นระยะเวลาต่างๆกัน

4.2 การศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวกล้องงอก

4.2.1 การศึกษาคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 ก่อนเก็บรักษาเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ

จากผลที่ได้ในการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นการหาระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมในการทำข้าวกล้องงอก ดังนั้นในการทดลองที่ 2 การทำข้าวกล้องงอก จึงแช่ข้าวกล้องพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ในน้ำเป็นเวลา 19 และ 23 ชั่วโมง ก่อนทำให้สะเด็ดน้ำแล้วบ่มในสภาพชื้นเป็นเวลา 5 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ หลังการบ่มนำข้าวมาลดความชื้นให้เหลือ 12±1 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักสด) ตรวจสอบคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกทั้งสองพันธุ์เปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ ผลการทดลองปรากฏในตารางที่ 4.2 – 4.5

4.2.1.1 คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าวกล้องปกติและข้าวกล้องงอกของข้าวทั้งสองพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 5.5 แต่กระบวนการทำข้าวกล้องงอกมีผลให้คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์อื่นของข้าวกล้องเปลี่ยนแปลง โดยข้าวกล้องงอกจะใช้เวลาการหุงสุกลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ ข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และ พันธุ์ชัยนาท 2 จะใช้เวลาการหุงต้มเท่ากันคือ 25.67 นาที ในขณะที่ข้าวกล้องปกติทั้งสองพันธุ์ใช้เวลาหุงต้ม 27.33 และ 27.67 นาที ตามลำดับ แม้ว่าระยะเวลาการหุงต้มจะลดลง แต่ข้าวกล้องงอกทั้งสองพันธุ์จะดูดน้ำระหว่างการหุงต้มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวกล้องปกติพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 จะดูดน้ำระหว่างหุงต้มเท่ากับ 263.00 และ 256.33 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 279.33 และ 293.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อผ่านกระบวนการทำเป็นข้าวกล้องงอก ส่วนการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุก พบว่า ข้าวกล้องงอกหุงสุกพันธุ์ กข.6 จะขยายปริมาตรน้อยกว่าข้าวกล้องปกติ ในขณะที่ข้าวกล้องงอกหุงสุกพันธุ์ชัยนาท 2 จะขยายปริมาตรมากกว่าข้าวกล้องปกติ เมื่อวัดเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกด้วยเครื่อง Texture analyzer พบว่าข้าวกล้องงอกทั้งสองพันธุ์จะมีเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น โดยมีค่าแรงกดเพียง 1,821.32 และ 962.70 กรัม ในขณะที่ค่าแรงกดของข้าวกล้องปกติหุงสุกมีค่า 2,220.80 และ 1,368.24 กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงคะแนนการสลายตัวในด่าง ระยะเวลาการหุงสุก ปริมาณการดูดน้ำ การขยายปริมาตร และเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอก พันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	คุณสมบัติที่ทดสอบ				
		สลายตัวในด่าง (คะแนน)	ระยะเวลาการหุงสุก (นาที)	ปริมาณการดูดน้ำ (%)	การขยายปริมาตร (ซม.)	เนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก (กรัม)
กข.6	ข้าวกล้อง	5.5a	27.33a	263.00b	2.37a	2,220.80a
	ข้าวกล้องงอก	5.5a	25.67a	279.33a	2.07b	1,831.32b
	CV (%)	0	3.44	1.59	5.21	6.60
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	5.5a	27.67a	256.33b	3.10b	1,368.24a
	ข้าวกล้องงอก	5.5a	25.67b	293.50a	3.47a	962.70a
	CV (%)	0	2.17	3.32	2.49	18.31

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.1.2 ระดับการหืน

สำหรับระดับการหืนที่ตรวจวัดจากการนำเมล็ดข้าวมาบดเป็นแป้งแล้วนำแป้งที่ได้มาตรวจวัดค่าระดับการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลผลิตของปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว คือ มาโลนอลดีไฮด์ (malonaldehyde) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาบิทูริกทำให้เกิดสีสามารถตรวจวัดค่าดูดกลืนแสงและบอกถึงค่ากลิ่นหืนที่เกิดขึ้นได้ พบว่า กระบวนการทำข้าวกล้องงอกไม่ทำให้ค่ากลิ่นหืนของข้าวกล้องงอกแตกต่างจากข้าวกล้องปกติ โดยค่าระดับการหืนที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 1.57-1.86 nmol/กรัมแป้งข้าว สำหรับข้าวพันธุ์ กข.6 และมีค่าในช่วง 0.55-0.59 nmol/กรัมแป้งข้าว สำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 (ตารางที่ 4.3)

4.2.1.3 ปริมาณน้ำมันรำข้าวและสารโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว

เมื่อนำรำข้าวมาสกัดน้ำมันและตรวจวัดปริมาณสารโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว พบว่า ปริมาณน้ำมันรำข้าวของข้าวกล้องปกติและข้าวกล้องงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยรำของข้าวกล้องปกติและข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 มีปริมาณน้ำมัน 22.64 และ 22.78 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรำของพันธุ์ชัยนาท 2 มีปริมาณน้ำมัน 17.59 และ 17.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แม้ปริมาณน้ำมันรำจะไม่แตกต่างกัน แต่พบว่ากระบวนการทำข้าวกล้องงอกมีผลให้ปริมาณสารโอรีซานอล

เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 มีปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำเพิ่มขึ้น 10.09 และ 11.63 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้าวกล้องปกติ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าระดับการหืน ปริมาณน้ำมัน และปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอก พันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	คุณสมบัติที่ทดสอบ		
		ระดับการหืน (nmol/กรัมแป้งข้าว)	น้ำมัน (%)	โอรีซานอล (ppm)
กข.6	ข้าวกล้อง	1.86a	22.64a	16.25b
	ข้าวกล้องงอก	1.57a	22.78a	17.89a
	CV (%)	7.83	2.01	0.85
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	0.59a	17.59a	15.56b
	ข้าวกล้องงอก	0.55a	17.37a	17.37a
	CV (%)	25.02	2.69	0.37

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.1.4 การทดสอบคุณภาพข้าวทางประสาทสัมผัส

ในการทดสอบโดยให้ผู้ชิมจำนวน 8 คน ชิมข้าวหุงสุกและให้คะแนนตามความชอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า สำหรับข้าวพันธุ์ กข.6 ผู้ชิมมีความพึงพอใจต่อ สีของเมล็ดข้าว และกลิ่นของข้าวกล้องปกติหุงสุกมากกว่าข้าวกล้องงอกหุงสุก แต่มีความพึงพอใจลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าว การเกาะตัวของเมล็ดข้าว เนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยว ความนุ่ม และรสชาติของข้าว รวมทั้งความชอบโดยรวมต่อข้าวกล้องปกติหุงสุกและข้าวกล้องงอกหุงสุกไม่แตกต่างกัน

ส่วนความพึงพอใจของผู้ชิมต่อข้าวหุงสุกพันธุ์ชัยนาท 2 พบว่า มีผลในทำนองเดียวกันกับข้าวพันธุ์ กข.6 สำหรับ สีของของเมล็ดข้าว กลิ่นของข้าว ลักษณะการเกาะตัวของเมล็ดข้าว และเนื้อสัมผัสของข้าว แต่พบว่าในด้านลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าวหุงสุกพันธุ์ชัยนาท 2 ผู้ชิมมีความพึงพอใจต่อข้าวกล้องปกติหุงสุกมากกว่า ในขณะที่ความพึงพอใจต่อความนุ่มของข้าวกล้องงอกหุงสุกจะสูงกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมแล้วพบว่าความพึงพอใจต่อข้าวกล้องปกติหุงสุกและข้าวกล้องงอกหุงสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกับข้าวพันธุ์ กข.6

ตารางที่ 4.4 แสดงคะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนน)							
		ลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าว	สีของเมล็ดข้าว	กลิ่นของข้าว	การเกาะตัวของเมล็ดข้าว	เนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยว	ความนุ่มของเมล็ดข้าว	รสชาติของข้าว	ความชอบโดยรวม
กข.6	ข้าวกล้อง	4.56a	4.06a	4.56a	4.81a	4.31a	4.75a	4.88a	4.75a
	ข้าวกล้องงอก	4.50a	3.63b	3.88b	4.50a	4.81a	5.19a	5.06a	4.94a
	CV (%)	8.79	5.89	8.89	15.15	10.96	8.01	8.45	11.66
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	4.19a	4.38a	4.63a	3.56a	3.00a	2.31b	3.19b	3.25a
	ข้าวกล้องงอก	3.44b	3.56b	2.81b	3.56a	3.19a	3.00a	3.94a	3.75a
	CV (%)	8.59	10.58	28.26	19.13	23.61	9.90	11.86	14.29

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.1.5 คุณสมบัติของแป้งข้าวที่วัดด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA)

เมื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งข้าวที่วัดด้วยเครื่อง RVA พบว่า แป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวทั้งสองพันธุ์แตกต่างจากแป้งข้าวกล้องปกติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.5) โดยค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) และความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) ของแป้งข้าวกล้องงอก กข.6 และชัยนาท 2 จะมีค่ามากกว่ากว่าค่าของแป้งข้าวกล้องปกติ ส่วนค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) ของแป้งข้าวกล้องงอก กข.6 ไม่แตกต่างจากข้าวกล้องปกติ แต่ค่าของแป้งข้าวกล้องงอกชัยนาท 2 มากกว่าแป้งข้าวกล้องปกติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) ของแป้งข้าวกล้องงอกทั้งสองพันธุ์ต่ำกว่าแป้งข้าวกล้องปกติ สำหรับเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 ไม่แตกต่างจากแป้งข้าวกล้องปกติ แต่ในพันธุ์ชัยนาท 2 พบว่า เวลาการเกิดความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวกล้องงอกจะน้อยกว่าข้าวกล้องปกติอย่างมีนัยสำคัญ และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดของแป้งข้าวกล้องงอกต่ำกว่าข้าวกล้องปกติอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

4.2.2 การศึกษาผลของวิธีการและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องงอก

ในการศึกษาการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2 ข้าวจะถูกเก็บในถุงพลาสติกปิดสนิดแบบธรรมดาและแบบสุญญากาศ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 เดือน นำข้าวกล้องงอกมาวิเคราะห์ก่อนเก็บรักษาและทุกเดือนระหว่างการเก็บรักษา ผลการทดลองปรากฏดังนี้

4.2.2.1 ปริมาณความชื้น

ข้าวกล้องงอกจากข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความชื้นในเมล็ดข้าวคล้ายกัน คือ ความชื้นของข้าวที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกธรรมดาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในถุงสุญญากาศมีความชื้นค่อนข้างคงที่ตลอดเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน (ตารางที่ 4.6) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถุงธรรมดาที่ผลิตจาก polyethylene มีความสามารถในการป้องกันการแลกเปลี่ยนก๊าซต่างๆได้น้อยแต่เก็บความชื้นได้ดี จึงอาจทำให้เกิดการหายใจของเมล็ดข้าวได้มากกว่าถุงสุญญากาศที่ป้องกันทั้งก๊าซและความชื้นได้ ทำให้ความชื้นของข้าวในถุงธรรมดาเพิ่มขึ้นในระหว่างเก็บรักษา

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความหนืดแป้งจากการวัดด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	การวัดความหนืดแป้ง (centipoise)					เวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (นาที)	อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (°C)
		ความหนืดสูงสุด	ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว	ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว	ความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว	ความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว		
กข.6	ข้าวกล้อง	2424.33b	1440.67a	983.67b	1737.33b	-687.00a	4.20a	65.93a
	ข้าวกล้องงอก	2801.33a	1432.33a	1369.00a	1777.67a	-1023.67b	4.20a	67.53a
	CV (%)	0.89	1.66	1.41	0.40	-1.94	1.67	1.16
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	848.67b	776.00b	72.67b	1458.00b	609.33a	6.22a	90.97a
	ข้าวกล้องงอก	1254.00a	963.67a	290.33a	1687.33a	433.33b	5.96b	87.73b
	CV (%)	2.88	4.65	6.91	1.41	3.88	1.80	0.14

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้น (%) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	10.18	10.53	10.92	11.60	12.02	11.05A
	สุญญากาศ	10.18	10.22	10.24	10.26	10.23	10.23B
	เฉลี่ย	10.18e	10.38d	10.58c	10.93b	11.13a	
	CV (%)	0.62					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	10.25	10.58	10.95	11.72	12.21	11.14A
	สุญญากาศ	10.25	10.24	10.25	10.23	10.24	10.24B
	เฉลี่ย	10.25e	10.41d	10.60c	10.98b	11.22a	
	CV (%)	0.73					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.2 ค่าการสลายตัวในด่าง

จากการสังเกตลักษณะการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าวพบว่าเมล็ดข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์มีลักษณะปริและแตกออกและเมล็ดบางส่วนสลายตัวมีลักษณะเป็นเมือกขาวขุ่น โดยรวมมีคะแนนการสลายตัวในด่างอยู่ที่ประมาณ 5.5 คะแนน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไม่ว่าจะเก็บในถุงธรรมดาหรือในถุงสุญญากาศ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

4.2.2.3 ระยะเวลาในการหุงสุก

ตารางที่ 4.8 แสดงระยะเวลาการหุงสุกของข้าวกล้องงอก พบว่า การเก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศไม่มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการหุงสุกของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ข้าวใช้ระยะเวลาการหุงสุกนานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยก่อนการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ ใช้เวลาในการหุงสุกเท่ากันคือ 25.67 นาที และเมื่อเก็บรักษาไปเป็นระยะเวลา 4 เดือน ข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 ใช้เวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 28.33 นาที และพันธุ์ชัยนาท 2 ใช้เวลาเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเป็น 29 นาที

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	สุญญากาศ	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	เฉลี่ย	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	
ชัยนาท 2	ธรรมดา	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	สุญญากาศ	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	เฉลี่ย	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงสุก (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	25.67	27.00	26.33	28.67	28.33	27.20A
	สุญญากาศ	25.67	26.33	26.33	28.33	28.33	27.00A
	เฉลี่ย	25.67c	26.67b	26.33bc	28.50a	28.33a	
	CV (%)	2.86					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	25.67	25.33	28.00	27.67	29.67	27.27A
	สุญญากาศ	25.67	25.67	27.33	27.67	28.33	26.93A
	เฉลี่ย	25.c	25.50c	27.67b	27.67b	29.00a	
	CV (%)	2.86					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.4 ปริมาณการดูดน้ำของข้าวระหว่างการหุงต้ม

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณการดูดน้ำของข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณการดูดน้ำระหว่างการหุงต้มเพิ่มขึ้น โดยข้าวพันธุ์ กข.6 ก่อนการเก็บรักษาจะดูดน้ำในระหว่างการหุงต้ม 279.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำหนักข้าวก่อนหุง และจะดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อข้าวถูกเก็บรักษาตั้งแต่ 2 เดือนขึ้นไป ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 จะดูดน้ำเพิ่มขึ้นจาก 293.50 เปอร์เซ็นต์ เป็น 364.42, 355.42, 378.25 และ 388.83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อข้าวถูกเก็บรักษาเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลปริมาณการดูดน้ำ (%) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
	รักษา	0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	279.33	270.33	312.33	326.17	323.67	302.37A
	สุญญากาศ	279.33	281.67	317.67	325.67	329.00	306.67A
	เฉลี่ย	279.33c	276.00c	315.00b	325.92a	326.33a	
	CV (%)	2.12					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	293.50	364.50	357.00	382.67	394.17	358.67A
	สุญญากาศ	293.50	364.33	353.83	373.83	383.50	353.80A
	เฉลี่ย	293.50e	364.42c	355.42d	378.25b	388.83a	
	CV (%)	1.94					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.5 การขยายปริมาตรของข้าวหุงสุก

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่า วิธีการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการขยายปริมาตรของข้าวกล้องงอกหุงสุกทั้ง 2 พันธุ์ ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวที่นานขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ข้าวขยายปริมาตรเพิ่มขึ้นเมื่อนำมาหุง โดยข้าวพันธุ์ กข.6 ที่ถูกเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ขึ้นไปจะขยายปริมาตรเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อนำมาหุง ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 ก่อนเก็บรักษา เมื่อนำมาหุงจะขยายปริมาตรเพิ่มขึ้นวัดเป็นความสูงได้ 3.47 เซนติเมตร และเพิ่มเป็น 3.72 เซนติเมตร เมื่อข้าวถูกเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

ตารางที่ 4.10 แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	2.07	1.87	2.03	2.30	2.30	2.11A
	สุญญากาศ	2.07	1.93	1.97	2.27	2.40	2.13A
	เฉลี่ย	2.07b	1.90b	2.00b	2.28a	2.35a	
	CV (%)	5.02					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	3.47	3.77	4.00	3.87	3.80	3.78A
	สุญญากาศ	3.47	3.70	3.97	3.63	3.63	3.68A
	เฉลี่ย	3.47c	3.73b	3.98a	3.75b	3.72b	
	CV (%)	5.04					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.6 การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกหุงสุก

การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกหุงสุกด้วยเครื่อง texture analyzer จะบอกถึงความแข็งของข้าวหุงสุก โดยวัดเป็นแรงกดลงบนเมล็ดข้าว จากการทดลองพบว่า การเก็บรักษาทั้งในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีผลให้ข้าวหุงสุกมีความแข็งแตกต่างกันทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 4.11 ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ค่าเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกทั้งสองพันธุ์ลดลงหรือข้าวเก่าเมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มมากขึ้น โดยข้าวพันธุ์ กข.6 ก่อนการเก็บรักษา

เมื่อหุงสุกจะมีค่าความแข็งสูงสุดโดยคิดเป็นแรงกดของเครื่องเท่ากับ 1,931.32 กรัม และลดลงเหลือ 1,302.17 กรัม เมื่อข้าวเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน สำหรับข้าวพันธ์ชัยนาท 2 พบว่า ข้าวหุงสุกที่ได้จากข้าวใหม่ (ก่อนเก็บรักษา) จะมีค่าเนื้อสัมผัสสูงสุดเช่นกัน โดยมีค่าแรงกดเท่ากับ 962.70 กรัม และค่าจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดหลังจากข้าวถูกเก็บรักษาตั้งแต่ 2 เดือนขึ้นไป

ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (texture analysis) (กรัม) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	1,831.32	1,769.32	1,615.35	1,687.43	1,383.81b	1,657.50A
	สุญญากาศ	1,831.32	1,462.16b	1,848.87	1,333.44	1,220.54	1,539.27A
	เฉลี่ย	1,831.32a	1,615.89bc	1,732.12ab	1,510.43c	1,302.17d	
	CV (%)	10.43					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	962.70	705.39	514.00	682.35	559.45	684.81A
	สุญญากาศ	962.70	646.31	525.07	542.75	583.54	652.07A
	เฉลี่ย	962.70a	675.85b	519.52c	612.63bc	571.49bc	
	CV (%)	16.73					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.7 การวัดค่าระดับการหืนในแป้งข้าว

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 ในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศไม่ทำให้ระดับการหืนของแป้งข้าวแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นว่าการเก็บในถุงธรรมดา มีแนวโน้มที่ทำให้ข้าวเกิดการหืนมากกว่าการเก็บในถุงสุญญากาศ และเมื่อนำข้าวมาเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ค่าระดับการหืนของแป้งข้าวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยข้าวกล้องงอกก่อนเก็บรักษาจะมีค่าระดับการหืนต่ำสุดเท่ากับ 1.57 nmol/กรัมแป้งข้าว และมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 4 เดือน โดยมีค่าเท่ากับ 3.24 nmol/กรัมแป้งข้าว ส่วนข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 2 พบว่า การเก็บรักษาในถุงธรรมดาจะทำให้ข้าวมีระดับการหืนสูงกว่าข้าวที่เก็บในถุงสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวที่เก็บรักษาในถุงธรรมดามี

ค่าระดับการหืนเท่ากับ 1.14 nmol/กรัมแป้งข้าว ในขณะที่ข้าวที่เก็บในถุงสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 0.97 nmol/กรัมแป้งข้าว สำหรับผลของระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ค่ากลิ่นหืนของข้าวจะเพิ่มสูงขึ้นตามเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญในทำนองเดียวกับข้าวพันธุ์ กข.6

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าระดับการหืน (TBA) (nmol/กรัมแป้งข้าว) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	1.57	1.49	2.61	2.55	4.15	2.47A
	สุญญากาศ	1.57	1.92	1.86	2.34	2.34	2.09A
	เฉลี่ย	1.57c	1.70c	2.23bc	2.66ab	3.24a	
	CV (%)	24.15					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	0.55	1.49	1.77	0.90	0.96	1.14A
	สุญญากาศ	0.55	1.40	1.12	0.90	0.85	0.97B
	เฉลี่ย	0.55c	1.45a	1.45a	0.91b	0.91b	
	CV (%)	16.35					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.8 ปริมาณน้ำมันในรำข้าว (%)

ในการหาปริมาณน้ำมันในรำข้าวของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 พบว่าข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในถุงสุญญากาศมีปริมาณน้ำมันสูงกว่าการเก็บรักษาในถุงธรรมดาอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในถุงธรรมดามีปริมาณน้ำมันในรำข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 21.57 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในถุงสุญญากาศมีปริมาณน้ำมันรำข้าวเฉลี่ยเท่ากับ 22.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.14) ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณน้ำมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ ก่อนเก็บรักษาข้าวจะมีปริมาณน้ำมัน 22.78 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือ 20.74 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 4 เดือน ทั้งนี้การเก็บรักษาข้าวในถุงธรรมดา พบว่า ทำให้ปริมาณน้ำมันในรำข้าวลดลงเร็วกว่าการเก็บข้าวในถุงสุญญากาศ สำหรับการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 2 แม้ผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าวิธีการเก็บรักษาไม่มีผลให้ปริมาณน้ำมันใน

รำข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาในถุงธรรมดาจะทำให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้น้อยกว่าข้าวที่เก็บในถุงสุญญากาศ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำมันในรำข้าวลดลงเช่นเดียวกับพันธุ์ กข.6 คือ ก่อนเก็บรักษาข้าวจะมีปริมาณน้ำมัน 17.37 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือ 15.47 เปอร์เซ็นต์ เมื่อข้าวถูกเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมัน (%) ในรำข้าวของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	22.78	20.57	22.16	21.92	20.43	21.57B
	สุญญากาศ	22.78	22.15	22.87	21.91	21.05	22.15A
	เฉลี่ย	22.78a	21.36bc	22.51a	21.92ab	20.74c	
	CV (%)	3.35					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	17.37	17.12	16.95	16.25	15.18	16.57A
	สุญญากาศ	17.37	16.95	16.76	16.28	15.76	16.62A
	เฉลี่ย	17.37a	17.04a	16.86a	16.27b	15.47c	
	CV (%)	2.66					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.9 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโอรีซานอล

ปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวแสดงในตารางที่ 4.14 พบว่า ข้าวกล้องงอกของทั้ง 2 พันธุ์มีแนวโน้มที่เหมือนกัน คือ การเก็บรักษาข้าวกล้องงอกในถุงแบบธรรมดามีผลให้ปริมาณโอรีซานอลลดลงเหลือน้อยกว่าการเก็บรักษาในถุงสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ กข.6 มีปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว 17.89 ppm ก่อนการเก็บรักษา และลดลงเหลือ 15.95 ppm เมื่อเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 4 เดือน ส่วนพันธุ์ชัยนาท 2 มีปริมาณ

โอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว 17.37 ppm ก่อนการเก็บรักษา และลดลงเหลือ 15.97 ppm เมื่อข้าวถูกเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm)ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	17.89	16.79	16.55	16.26	15.71	16.63B
	สุญญากาศ	17.89	17.17	17.04	16.52	16.18	16.96A
	เฉลี่ย	17.89a	16.98b	16.80c	16.38d	15.95e	
	CV (%)	0.55					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	17.37	16.62	16.34	16.04	15.78	16.43B
	สุญญากาศ	17.37	17.07	16.63	16.34	16.15	16.71A
	เฉลี่ย	17.37a	16.85b	16.49c	16.19d	15.97e	
	CV (%)	0.28					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.10 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าว

ความพึงพอใจของผู้ชิมต่อข้าวกล้องงอกหุงสุกพันธุ์ กข.6 ในด้านต่างๆที่ทดสอบแสดงในตารางที่ 4.15 – 4.22 พบว่า การเก็บรักษาข้าวในถุงธรรมดาและถุงสุญญากาศ ผู้ชิมมีความพึงพอใจต่อ ลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าว สีของเมล็ดข้าว กลิ่นของข้าว เนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยว ความนุ่ม และรสชาติของข้าวหุงสุกไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ผู้ชิมมีความพอใจต่อการเกาะตัวของเมล็ดข้าวหุงสุกของข้าวที่เก็บรักษาในถุงธรรมดามากกว่า อย่างไรก็ตาม พบว่าผู้ชิมจะมีความชอบโดยรวมต่อข้าวที่เก็บรักษาในถุงสุญญากาศสูงกว่า ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ความพึงพอใจของผู้ชิมต่อลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าวหุงสุกเพิ่มขึ้น และไม่มีผลต่อการเกาะตัวของเมล็ดข้าว เนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยว และความนุ่มของข้าวหุงสุก ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้สีของเมล็ดข้าว กลิ่นของข้าว รสชาติของข้าว และความชอบโดยรวม ได้รับความพึงพอใจลดน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

สำหรับความพึงพอใจของผู้ชิมต่อข้าวกล้องงอกหุงสุกพันธุ์ชัยนาท 2 พบว่า ผู้ชิมมีความพึงพอใจต่อลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าว สีของเมล็ดข้าว กลิ่นของข้าว การเกาะตัวของเมล็ดข้าว และความนุ่ม ของข้าวที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและถุงสุญญากาศไม่แตกต่างกัน แต่เนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยว รสชาติของข้าว และความชอบโดยรวม ผู้ชิมจะพึงพอใจในข้าวที่เก็บรักษาในถุงสุญญากาศมากกว่า ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้ผู้ชิมมีแนวโน้มความพึงพอใจลดลงในทุกลักษณะที่ทำการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 – 4.22

ตารางที่ 4.15 แสดงคะแนนลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าวหุงสุกที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	4.50	4.75	4.56	4.94	5.13	4.78A
	สุญญากาศ	4.50	4.38	4.75	5.31	5.44	4.88A
	เฉลี่ย	4.50b	4.56b	4.66b	5.13a	5.28a	
	CV (%)	10.04					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	3.44	3.13	2.25	2.25	2.19	2.65A
	สุญญากาศ	3.44	2.88	2.38	2.31	1.94	2.59A
	เฉลี่ย	3.44a	3.00b	2.31c	2.28cd	2.06d	
	CV (%)	12.84					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.16 แสดงคะแนนสีของเมล็ดข้าวหุงสุกที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) 0	1	2	3	4	เฉลี่ย
กข.6	ธรรมดา	3.63	3.63	3.19	3.31	2.81	3.31A
	สุญญากาศ	3.63	3.69	3.50	3.25	3.06	3.43A
	เฉลี่ย	3.63a	3.66a	3.34b	3.28b	2.94c	
	CV (%)	11.63					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	3.56	3.31	3.06	3.25	2.81	3.20A
	สุญญากาศ	3.56	3.31	3.56	2.88	3.00	3.26A
	เฉลี่ย	3.56a	3.31ab	3.31ab	3.06bc	2.91c	
	CV (%)	13.62					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.17 แสดงคะแนนกลิ่นของข้าวหุงสุกที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	3.88	3.31	2.81	2.31	2.31	2.93A
	สุญญากาศ	3.88	3.50	2.88	2.50	2.56	3.06A
	เฉลี่ย	3.88a	3.41b	2.84c	2.40d	2.44d	
	CV (%)	14.45					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	2.81	2.31	1.81	1.63	1.63	2.04A
	สุญญากาศ	2.81	2.25	2.00	2.00	1.8	2.18A
	เฉลี่ย	2.81a	2.28b	1.91c	1.81c	1.72c	
	CV (%)	19.40					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กและพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.18 แสดงคะแนนการเกาะตัวของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	4.50	4.56	4.19	4.50	4.31	4.41A
	สุญญากาศ	4.50	4.31	4.06	3.75	4.00	4.13B
	เฉลี่ย	4.50a	4.44ab	4.13b	4.13b	4.16ab	
	CV (%)	11.10					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	3.56	3.06	2.75	2.69	2.75	2.96A
	สุญญากาศ	3.56	3.13	3.19	2.94	2.69	3.10A
	เฉลี่ย	3.56a	3.09b	2.97bc	2.81cd	2.72d	
	CV (%)	10.56					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.19 แสดงคะแนนเนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	4.81	4.94	4.88	4.75	4.88	4.85A
	สุญญากาศ	4.81	4.50	5.13	5.19	4.50	4.86A
	เฉลี่ย	4.81ab	4.72b	5.09a	4.97ab	4.69b	
	CV (%)	9.56					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	3.19	2.75	2.25	2.31	2.19	2.54B
	สุญญากาศ	3.19	2.88	2.50	2.56	2.44	2.71A
	เฉลี่ย	3.19a	2.82b	2.38c	2.44c	2.32c	
	CV (%)	13.39					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.20 แสดงคะแนนความนุ่มของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	5.19	5.00	5.31	5.05	5.06	5.12A
	สุญญากาศ	5.19	4.88	5.50	5.19	5.31	5.21A
	เฉลี่ย	5.19ab	4.94b	5.41a	5.13ab	5.19ab	
	CV (%)	9.98					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	3.00	2.69	2.31	2.25	2.19	2.49A
	สุญญากาศ	3.00	2.75	2.44	2.31	2.06	2.51A
	เฉลี่ย	3.00a	2.72b	2.38c	2.28c	2.13c	
	CV (%)	14.75					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.21 แสดงคะแนนรสชาติของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	5.06	4.81	4.50	4.06	3.94	4.48A
	สุญญากาศ	5.06	4.81	4.50	3.75	3.75	4.38A
	เฉลี่ย	5.06a	4.81a	4.50b	3.91c	3.84c	
	CV (%)	8.45					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	3.94	3.44	2.94	2.50	2.44	3.05B
	สุญญากาศ	3.94	3.65	3.25	3.06	2.88	3.35A
	เฉลี่ย	3.94a	3.54b	3.09c	2.73d	2.66d	
	CV (%)	13.23					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.22 แสดงคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) 0	1	2	3	4	เฉลี่ย
กข.6	ธรรมดา	4.94	4.38	3.69	3.44	3.06	3.90B
	สุญญากาศ	4.94	4.63	4.00	3.81	3.69	4.21A
	เฉลี่ย	4.94a	4.50b	3.84c	3.63c	3.38d	
	CV (%)	7.86					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	3.75	3.38	2.81	2.25	2.31	2.90B
	สุญญากาศ	3.75	3.38	3.31	3.00	2.81	3.25A
	เฉลี่ย	3.75a	3.38b	3.06c	2.63d	2.56d	
	CV (%)	13.20					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

4.2.2.11 การวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA)

การตรวจสอบคุณสมบัติของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 ด้วยเครื่อง RVA ผลการทดลองพบว่า แป้งข้าวที่เก็บรักษาในถุงสุญญากาศ มีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) และความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) สูงกว่าแป้งข้าวที่เก็บรักษาในถุงธรรมดา แต่ความหนืดเมื่อแป้งคืน (setback) ตัวจะมีค่าติดลบและไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างวิธีเก็บรักษา เช่นเดียวกับเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) ซึ่งพบว่าการเก็บในถุงธรรมดาและถุงสุญญากาศ มีค่าประมาณ 4.20 นาที และ 67.30-67.52 องศาเซลเซียส สำหรับระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว และความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยทั้ง 4 ค่าจะมีค่าสูงสุดเมื่อแป้งข้าวถูกเก็บเป็นเวลา 3 เดือน และรองลงมาเป็นการเก็บรักษา 4 เดือน แต่ค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัวมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่เวลาการเกิดความหนืดสูงสุด และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดจะไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.23 – 4.29

สำหรับคุณสมบัติของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 2 จากการทดลองพบว่า ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว ความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว เวลาการเกิดความหนืดสูงสุด และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดของแป้งข้าวที่เก็บรักษาทั้งในถุงธรรมดาและถุงสุญญากาศไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งพบว่า เวลาการเกิดความหนืดสูงสุด และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดมีค่าประมาณ 6.09 นาที และ 88.44-88.52 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัวของแป้งข้าวที่เก็บในถุงสุญญากาศสูงกว่าในถุงธรรมดา แต่ค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัวการเก็บในถุงธรรมดาจะมีค่าสูงกว่า ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว ความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว ความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดของแป้งข้าวมีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่ค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว และเวลาการเกิดความหนืดสูงสุดจะไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.23 – 4.29

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกข้าวพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) 0	1	2	3	4	เฉลี่ย
กข.6	ธรรมดา	2801.33	1731.67	2543.67	3265.67	3040.33	2876.53B
	สุญญากาศ	2801.33	2836.00	2845.00	3060.33	3121.00	2952.93A
	เฉลี่ย	2801.33c	2783.83c	2694.33d	3213.50a	3080.67b	
	CV (%)	1.12					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	1254.00	1251.67	1184.67	1347.67	1307.67	1269.13A
	สุญญากาศ	1254.00	1253.33	1254.33	1419.00	1259.00	1287.93A
	เฉลี่ย	1254.00bc	1252.50bc	1219.50c	1383.33a	1283.33b	
	CV (%)	2.14					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	1432.33	1329.33	1370.67	1582.67	1502.33	1443.47B
	สุญญากาศ	1432.33	1412.00	1486.00	1557.33	1526.33	1482.80A
	เฉลี่ย	1432.33c	1370.67d	1428.33c	1570.00a	1514.33b	
	CV (%)	1.29					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	963.67	966.00	941.67	1126.67	1026.67	1004.93A
	สุญญากาศ	963.67	977.67	908.00	1120.00	1001.00	994.07A
	เฉลี่ย	963.67c	971.83c	924.83d	1123.33a	1013.83b	
	CV (%)	3.21					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	1369.00	1402.33	1173.00	1683.00	1538.00	1433.07B
	สุญญากาศ	1369.00	1424.00	1359.00	1604.00	1561.33	1463.47A
	เฉลี่ย	1369.00d	1413.17c	1266.00e	1643.50a	1549.67b	
	CV (%)	1.89					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	290.33	285.67	243.00	221.00	281.00	264.20B
	สุญญากาศ	290.33	275.67	346.33	299.00	258.00	293.87A
	เฉลี่ย	290.33a	280.67ab	294.67a	260.00b	269.50ab	
	CV (%)	8.06					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	1777.67	1692.00	1717.33	2090.33	1961.33	1847.73B
	สุญญากาศ	1777.67	1808.67	1939.67	2061.00	2036.33	1924.67A
	เฉลี่ย	1777.67d	1750.33e	1828.50c	2075.67a	1998.83b	
	CV (%)	0.81					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	1687.33	1748.33	1756.67	2374.33	1846.67	1882.67A
	สุญญากาศ	1687.33	1696.00	1619.67	2551.00	1766.67	1864.13A
	เฉลี่ย	1687.33c	1722.17c	1688.17c	2462.67a	1806.67b	
	CV (%)	2.24					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (centipoise) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	-1023.67	-1039.67	-826.33	-1175.33	-1079.00	-1028.80A
	สุญญากาศ	-1023.67	-1027.33	-905.33	-1100.33	-1084.67	-1028.27A
	เฉลี่ย	-1023.67b	-1033.50b	-865.83a	-1137.83d	-1081.83c	
	CV (%)	-2.23					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	433.33	496.67	560.00	1026.67	539.00	611.13A
	สุญญากาศ	433.33	442.67	365.33	1132.00	507.67	576.20B
	เฉลี่ย	433.33c	469.67c	462.67c	1079.33a	523.33b	
	CV (%)	5.73					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	4.20	4.18	4.24	4.25	4.25	4.22A
	สุญญากาศ	4.20	4.22	4.20	4.27	4.15	4.21A
	เฉลี่ย	4.20A	4.20A	4.22A	4.26A	4.20A	
	CV (%)	1.27					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	5.96	6.02	6.09	6.29	6.11	6.09A
	สุญญากาศ	5.96	6.16	6.13	6.13	6.09	6.09A
	เฉลี่ย	5.96B	6.09AB	6.11A	6.21A	6.10AB	
	CV (%)	1.87					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°C) จากการวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)					เฉลี่ย
		0	1	2	3	4	
กข.6	ธรรมดา	67.53	66.42	67.75	68.08	67.60	67.52A
	สุญญากาศ	67.53	67.28	66.65	67.77	67.25	67.30A
	เฉลี่ย	67.53AB	66.85B	67.20AB	67.93A	67.53AB	
	CV (%)	0.94					
ชัยนาท 2	ธรรมดา	87.73	87.82	88.93	89.98	88.13	88.52A
	สุญญากาศ	87.73	88.22	88.77	89.18	88.32	88.44A
	เฉลี่ย	87.73D	88.02CD	88.85B	89.58A	88.23C	
	CV (%)	0.42					

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่และพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของข้าวแต่ละพันธุ์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ DMRT

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

1. จากการทดลองพบว่า ปริมาณกรดกลูตามิกของข้าวกล้องพันธุ์ กข.6 และ ชัยนาท 2 จะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการแช่น้ำ เนื่องมาจากในระหว่างกระบวนการงอก ชีวสารโมเลกุลขนาดใหญ่ (biopolymer) จะสลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก โดย Jones (2005) พบว่า ในระหว่างกระบวนการงอกของข้าวบาเลย์ ชีวสารโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ประกอบอยู่ในเมล็ดจะสลายเป็นโมเลกุลขนาดเล็กด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) โดยโปรตีนจะถูกย่อยเป็นเปปไทด์ (peptides) และกรดอะมิโน (amino acid) เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ทำให้ในช่วงแรกของการแช่น้ำของเมล็ดข้าวกล้องจึงมีปริมาณกรดอะมิโนเพิ่มขึ้นรวมทั้งกรดกลูตามิกด้วย แต่เมื่อระยะเวลาแช่น้ำนานขึ้นกลับพบว่าปริมาณกรดกลูตามิกลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Komatsuzaki *et al*. (2005) ที่รายงานว่าในข้าวกล้องงอกปริมาณกรดอะมิโนส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้น แต่กรดแอสพาติก เซอรีน แอสพาราจีน และกรดกลูตามิกกลับมีปริมาณลดลง ซึ่งการที่กรดกลูตามิกและแอสพาติกมีปริมาณลดลง เนื่องมาจาก กรดอะมิโนที่ประกอบเป็นโปรตีนสะสม (storage protein) จะสลายตัวเมื่อเมล็ดมีการดูดซับน้ำ มีผลให้กรดอะมิโนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเอไมด์ (amide) ที่ขนส่งได้และช่วยในการเจริญเติบโตของต้นข้าว ขณะเดียวกันการทำงานของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลซ (glutamatedecarboxylase : GAD) จะทำงานและเปลี่ยนกรดกลูตามิก ไปเป็นกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (γ-aminobutyric acid : GABA)

สำหรับปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวของข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ พบว่ามีแนวโน้มคล้ายกัน คือ มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวกล้องนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากโครงสร้างทางเคมีของโอรีซานอลมีสเตียรอลและกรดเฟอร์รูริกเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งกรดเฟอร์รูริกเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญที่พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่น้ำ ดังนั้นเมื่อสารประกอบฟีนอลิกอิสระเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ปริมาณโอรีซานอลเพิ่มขึ้นด้วย (วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย. 2549) ผลการทดลองดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ Oloyo (2004) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ดถั่วนกพิราบ โดยพบว่า กระบวนการงอกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารหลายชนิด โดยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และกรดไฟติกมีปริมาณลดลง ในขณะที่ไขมัน ใยอาหาร แร่ธาตุ แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิก มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าปริมาณโอรีซานอลจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่น้ำ แต่การแช่น้ำที่นานเกินไปจะทำให้ข้าวกล้องงอกที่ได้เมื่อนำมาหุงจะแฉะไม่เป็นเม็ด และมีกลิ่นเหม็นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ

วิไลภรณ์ (2549) ที่พบว่า การแช่ข้าวนานเกินกว่า 24 ชั่วโมง แม้จะทำให้ข้าวมีปริมาณโอรีซานอลเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้ชิมในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการแช่ข้าวกล้องเพื่อให้ได้ข้าวกล้องงอกที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงได้พิจารณาจากทั้งปริมาณการลดลงของกลูตามิก ซึ่งเป็นเครื่องบ่งชี้ทางอ้อมถึงปริมาณ GABA ที่เพิ่มสูงขึ้น และปริมาณโอรีซานอลควบคู่กัน สำหรับข้าวกล้องพันธุ์ กข. 6 พบว่า ระยะเวลาการแช่ 19 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวกล้องงอก เนื่องจาก เป็นช่วงเวลาที่ทำให้ปริมาณกรดกลูตามิกลดลงอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่มีโอรีซานอลเพิ่มขึ้นจนมีปริมาณสูงสุด ข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท 2 มีระยะเวลาการแช่ที่เหมาะสม คือ 23 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณกรดกลูตามิกลดลงอยู่ในระดับต่ำที่สุดและมีปริมาณโอรีซานอลในระดับสูง สภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวกล้องงอกสำหรับข้าวทั้งสองพันธุ์จึงได้นำมาใช้ในการศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวกล้องงอกต่อไป

2. การทำข้าวกล้องงอกมีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวกล้องเปลี่ยนแปลงไปจากข้าวกล้องปกติ ซึ่งในการทดลองนี้พบว่า ข้าวกล้องงอกทั้งพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 สามารถหุงสุกได้เร็วขึ้น และมีการดูดน้ำระหว่างการหุงสุกมากขึ้นกว่าข้าวกล้องปกติ ส่วนการขยายปริมาตรพบว่า ข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 2 มีการขยายปริมาตรมากกว่าข้าวกล้องปกติ ในขณะที่พันธุ์ กข.6 ข้าวกล้องงอกจะมีการขยายปริมาตรน้อยกว่าข้าวกล้องปกติ เนื่องมาจาก พันธุ์ กข.6 เป็นข้าวเหนียว เมื่อมีการดูดน้ำมากขึ้น เมล็ดข้าวจะไม่ขยายตัวแต่กลับสลายตัวเชื่อมติดกัน ทำให้มีการขยายปริมาตรน้อยกว่า และเมื่อวัดเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องหุงสุกด้วยเครื่อง texture analyzer พบว่า ข้าวกล้องงอกมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่า (แรงกดที่วัดได้ต่ำกว่าข้าวกล้องปกติ) ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะข้าวกล้องปกติจะมีส่วนของรำข้าวหุ้มอยู่ ซึ่งรำข้าวจะมีใยอาหาร โปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ทำให้การดูดน้ำของข้าว และการพองตัวของเม็ดแป้งเป็นไปได้ยาก (Kang *et al.* 2003) แต่การแช่เมล็ดข้าวในน้ำในกระบวนการทำข้าวกล้องงอก จะทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกนิ่มขึ้น นอกจากนี้น้ำจะกระตุ้นการทำงานของ hydrolytic enzyme ซึ่งทำหน้าที่ย่อยแป้ง โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง และโปรตีน (Ohtsubo *et al.* 2004; Toyoshima *et al.* 2004) ทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดหรือรำข้าวบางส่วนถูกทำลาย หรือทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนแปลง น้ำจึงซึมผ่านได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับผลของปริมาณการดูดน้ำของข้าวกล้องงอกที่พบว่ามีค่ามากกว่าข้าวกล้องปกติ

ส่วนค่าการสลายตัวในด่าง ระดับการหืนในแป้งข้าว และปริมาณน้ำมันรำข้าว ของข้าวกล้องปกติและข้าวกล้องงอก มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวในข้าวกล้องงอกจะมีปริมาณสูงกว่าข้าวกล้องปกติ

คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์พบว่า ผู้ชิมมีแนวโน้มความพึงพอใจต่อลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าว สี และกลิ่นของข้าวกล้องงอกต่ำกว่าข้าว

กล้องปกติ เนื่องมาจากการที่ข้าวกล้องงอกผ่านการแช่น้ำ ทำให้เกิดการหมัก (fermentation) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่น และสีที่ไม่พึงประสงค์ อย่างไรก็ตามผู้ชิมมีแนวโน้มความพึงพอใจต่อความนุ่ม รสชาติและความชอบโดยรวมของข้าวกล้องงอกสูงกว่าข้าวกล้องปกติ

คุณสมบัติของแป้งข้าวที่วัดด้วยเครื่อง RVA พบว่า ข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว และความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัวสูงกว่าแป้งข้าวกล้องปกติ ในขณะที่ความหนืดเมื่อแป้งคืนตัวข้าวกล้องปกติมีค่าสูงกว่าข้าวกล้องงอก ซึ่งบ่งชี้ถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องที่มีความแข็งมากกว่าข้าวกล้องงอก ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นที่พบว่าค่าเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกนุ่มกว่าข้าวกล้องปกติ ส่วนเวลาการเกิดความหนืดสูงสุดและอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดของข้าวกล้องงอกและข้าวกล้องปกติพันธุ์ กข.6 มีค่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่พันธุ์ชัยนาท 2 ข้าวกล้องปกติมีค่าทั้ง 2 สูงกว่าข้าวกล้องงอก ซึ่งค่าเวลาการเกิดความหนืดและอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดที่สูงจะบ่งบอกว่าข้าวนั้นจะใช้ระยะเวลาในการหุงสุกนานขึ้น (Juliano. 1965) ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นที่พบว่าข้าวกล้องปกติจะใช้ระยะเวลาในการหุงสุกนานกว่าข้าวกล้องงอก

3. สำหรับผลการเปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกในถุงพลาสติกแบบธรรมดา กับในถุงสุญญากาศเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า วิธีการบรรจุไม่มีผลต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเก็บในถุงสุญญากาศมีแนวโน้มที่ทำให้คุณสมบัติด้านต่างๆ ของข้าวกล้องงอกที่ทำการตรวจวัดดีกว่าข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในถุงแบบธรรมดา สอดคล้องกับผลการทดลองของ ไพจิตร จันทรวงศ์ และคณะ (2528) ซึ่งพบว่า การเก็บรักษาข้าวกล้อง และข้าวสารในถุงพลาสติกสุญญากาศสามารถรักษาคุณภาพข้าวได้ดีที่สุด การเก็บในถุงพลาสติกธรรมดาเหมาะสำหรับการเก็บรักษาในระยะช่วงสั้น ไม่ควรเกิน 3 เดือน เพราะค่าความเป็นกรดของไขมัน (fat acidity) ขึ้นสูงเร็วมาก แม้ว่าจะเก็บในถุงพลาสติกสุญญากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บรักษาข้าวกล้อง ทั้งนี้เพราะกรดไขมันอิสระเกิดการออกซิไดส์ (auto oxidation) ดังนั้นแม้ว่าจะเก็บในถุงพลาสติกสุญญากาศ กรดไขมันอิสระยังคงมีการเปลี่ยนแปลงในตัวเองได้ ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวเปลี่ยนแปลง โดยข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาพบว่ามีความชื้นสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจาก ถุงธรรมดาที่ผลิตจาก polyethylene มีความสามารถในการป้องกันการแลกเปลี่ยนก๊าซต่างๆได้น้อยแต่เก็บความชื้นได้ดี จึงทำให้เมล็ดข้าวกล้องยังคงมีการหายใจ เกิดการสะสมของความชื้นสะสมภายในถุงในระหว่างการเก็บรักษา (Copeland and McDonald. 1985) ส่วนค่าการสลายตัวในด่าง จะไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ ระยะเวลาการหุงสุก ปริมาณการดูดน้ำของเมล็ดข้าว และการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุก มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Sowbhagya and Bhattacharyat (1971) ที่กล่าวว่า ปริมาณการดูดซึมน้ำของข้าวจะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพการหุง

ต้ม โดยปริมาณการดูดน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้การขยายปริมาตรและน้ำหนักของข้าวหุงสุกเพิ่มขึ้นด้วย และ Gujral and Kumar (2003) พบว่า การดูดน้ำของข้าวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกหุงสุก พบว่า ข้าวกล้องงอกมีค่าเนื้อสัมผัสลดลงคือมีความนุ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ข้าวกล้องงอกมีการดูดน้ำและขยายปริมาตรมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น จึงทำให้ข้าวมีค่าเนื้อสัมผัสลดลง ส่วนพันธุ์ กข.6 ซึ่งเป็นข้าวเหนียวเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ข้าวจะดูดน้ำเพิ่มขึ้น เมล็ดข้าวจะสลายตัวและเชื่อมติดกัน ทำให้มีค่าเนื้อสัมผัสดลลง

การวัดระดับการหืนในแป้งข้าว พบว่า ค่าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ค่าสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.15 nmol/กรัมแป้งข้าว ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 12.20 nmol/กรัมแป้งข้าว ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่บ่งชี้ว่าอาหารเกิดกลิ่นหืนในระดับที่ผู้ชิมสามารถรับรู้ได้ อันเป็นจุดที่บอกถึงการเสื่อมคุณภาพของอาหาร (Caldwell and Grogg. 1995)

ปริมาณน้ำมันในรำข้าว และปริมาณโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยการเก็บในถุงสุญญากาศถึงแม้จะสามารถรักษาปริมาณน้ำมันในรำข้าวและปริมาณโอรีซานอลได้ดีกว่าการเก็บในถุงธรรมดา แต่ยังคงเกิดการลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของไขมันในข้าวกล้องเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hodrolysis) โดยเอนไซม์ไลเพส (lipase) ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) และการสัมผัสออกซิเจน ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถูกออกซิไดซ์เป็นสาเปอร์ออกไซด์ (peroxide) และเปลี่ยนเป็นสารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl) ส่วนกรดไขมันอิสระจะเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันด้วยตัวมันเองเปลี่ยนเป็นสารประกอบคาร์บอนิลเช่นกัน ก่อให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติ (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2534) ทำให้ระดับการหืนในแป้งข้าวเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณน้ำมันในรำข้าว และปริมาณโอรีซานอลลดลงแม้แต่เก็บรักษาในถุงสุญญากาศ

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอก พบว่า ผู้ชิมมีแนวโน้มความพึงพอใจลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในทุกลักษณะที่ทดสอบ โดยเฉพาะกลิ่นของข้าวที่มีคะแนนต่ำมาก เนื่องจาก ข้าวกล้องงอกก่อนเก็บรักษามีกลิ่นไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นแล้ว และยิ่งเก็บรักษานานขึ้น เกิดกลิ่นจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันร่วมด้วย จึงทำให้ความพึงพอใจต่อกลิ่นลดลงมากขึ้น โดยการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกทั้ง 2 พันธุ์เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1 เดือนขึ้นไป จะทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลงจากข้าวกล้องงอกก่อนเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ

การวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA พบว่า ในข้าวพันธุ์ กข.6 ค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว ความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว และความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัวลดลง ในขณะที่เวลาการเกิดความหนืดสูงสุด และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดจะไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยค่า

ความหนืดสูงสุดเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการจับน้ำของแป้ง (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2543) มีค่าสูงขึ้นสอดคล้องกับปริมาณการดูดน้ำของข้าวที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัวจะบอกถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว ซึ่งมีค่าลดลงสอดคล้องกับผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสที่ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 พบว่ามีค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดเมื่อแป้งคงตัว ความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นเดียวกับพันธุ์ กข.6 แต่ค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว และอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด กลับมีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งการที่ค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัวสูงขึ้น แสดงว่า ข้าวจะมีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น ขัดแย้งกับผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของข้าวสุกข้างต้นที่มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจาก ข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 หุงสุกที่ใช้ในการวัดเนื้อสัมผัสที่ลักษณะแตกและปริออกการวัดด้วยเครื่อง texture analyzer กดลง 50 เปอร์เซ็นต์เครื่องจะกดลงเฉพาะส่วนที่แตกออกมา ต่างจากการวัดด้วยเครื่อง RVA ที่ใช้แป้งในการวัด ส่วนอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดสูงขึ้นสอดคล้องกับการที่ข้าวมีระยะเวลาการหุงสุกสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

บทที่ 6

สรุป

1. ข้าวกล้องงอกเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาข้าวกล้องปกติให้มีคุณภาพในการรับประทานดีขึ้นและมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น แต่การทำข้าวกล้องงอกจำเป็นต้องหาระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมกับข้าวแต่ละพันธุ์ เนื่องจากข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้คุณประโยชน์จากสารอาหารในข้าวกล้องงอกสูงที่สุด โดยในการทดลองนี้พบว่าระยะเวลาการแช่น้ำที่เหมาะสมสำหรับข้าวพันธุ์ กข.6 คือ 19 ชั่วโมง และการบ่มต่อในสภาพชื้นอีก 6 ชั่วโมง ส่วนระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับพันธุ์ชัยนาท 2 คือ การแช่น้ำเป็นเวลา 23 ชั่วโมง และการบ่มต่อในสภาพชื้นอีก 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาวะที่มีแนวโน้มที่จะทำให้มีปริมาณ GABA และโอรีซานอลในข้าวกล้องงอกเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากการเพิ่มขึ้นของโภชนสารสำคัญดังกล่าวแล้ว การทำข้าวกล้องงอกยังมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวกล้องและแป้งข้าว โดยทำให้คุณภาพในการรับประทานและการหุงต้ม (eating and cooking quality) มีแนวโน้มที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับข้าวกล้องปกติ โดยข้าวกล้องงอกจะใช้ระยะเวลาในการหุงสุกน้อยลง ในขณะที่เกิดการดูดน้ำระหว่างการหุงต้มมากขึ้น ข้าวหุงสุกขยายปริมาตรเพิ่มขึ้นและมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นกว่าข้าวกล้องปกติ ทำให้ข้าวกล้องงอกได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่าข้าวกล้องปกติ

2. สำหรับการศึกษาวิธีการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาของข้าวกล้องงอกจากข้าวทั้งสองพันธุ์เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า การเก็บรักษาในถุงสุญญากาศสามารถคงคุณภาพของข้าวกล้องงอกไว้ได้ดีและนานกว่าการเก็บในถุงธรรมดา ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลให้ข้าวกล้องงอกมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง คือ มีระยะเวลาการหุงสุก ปริมาณการดูดน้ำ และการขยายปริมาตรเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับการหืนในแป้งมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยังไม่ถึงระดับที่มีกลิ่นหืน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำมันในรำข้าวที่สกัดได้และปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ถึงแม้จะเก็บรักษาในถุงสุญญากาศ

นอกจากนี้การเก็บรักษายังมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอก โดยข้าวกล้องงอกจากข้าวทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มที่มีความนุ่มมากขึ้น แต่กลับได้รับการยอมรับจากจากผู้ชิมลดลง โดยข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 เดือนขึ้นไป จะทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลงจากข้าวกล้องงอกก่อนเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2550. ข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6. [Online]. Available : http://www.doa.go.th/public/plibai 45/october%2045/code 1.html.

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

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. หน้า 1-35. ใน **เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง.** กรุงเทพฯ. ฝ่ายฝึกอบรมสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

จิราภรณ์ นามเมือง. 2546. ความรู้เรื่องข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ฉัตรชัย วงษ์รักษา. 2546. ความรู้เรื่องข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ไชยรัตน์ เพชรชลนุวัฒน์. 2543. คุณสมบัติทางเคมีของข้าวสารจำนวน 8 พันธุ์. กรมวิชาการเกษตร.

นิรนาม. 2548. ข้าวกล้อง. [Online]. Available : http://www.silvergreenshop.com/info/rice/rice/_brown.html.

นิรนาม. 2549ก. โครงสร้างเมล็ดข้าว. [Online]. Available : http://www.oswego.org.

นิรนาม. 2549ข. การเก็บรักษาข้าว. [Online]. Available : http://www.plantscience.ucdavis.edu/uccerice/quality/rqw2003/c-12quality changes.html.

บุญหงส์ จงคิด. 2547. **ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ไพจิตร จันทรวงศ์ วีระศักดิ์ อนัมบุตร และวิไลศรี ลิมปพยอม. 2528. การเก็บรักษาข้าวสารและข้าวกล้องระยะยาว. **วารสารวิชาการเกษตร** 3: 85-88.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2543. การวิเคราะห์กระบวนการเจลาติไนเซชันและรีโทรกราเดชันที่มีผลต่อความพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว. โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เรวดี จงสุวัฒน์. 2549. เมื่อคลอเลสเตอรอลท่วมท้น โอรีซานอลคือกุญแจแก้ไข. [Online]. Available : http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9470000031360.

วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย. 2549. ผลของระยะเวลาในการงอกต่อสารชีวกิจกรรมบางชนิดและคุณภาพของข้าวกล้องงอกหอมมะลิ 105. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท. 2550. ข้าวพันธุ์ชัยนาท 2. [Online]. Available : http://www.chainat.go.th/sub1/doa/.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. 2547. พฤกษศาสตร์ทั่วไปของข้าว. หน้า 27-30. ใน: **พืชเศรษฐกิจ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

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

AOAC. 1995. Official Methodes of Analysis. 15^{th} ed. Assosiation of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Bucci, R. Magri, A.D. Magri, A.L. and F. Marini. 2003. Comparison of Three Spectrophotometric Methods for Determination of γ-oryzanol in Rice Bran Oil. **Anal Bioanal Chem.** 375:1254 – 1259.

Caldwell, E.F. and B. Grogg. 1995. Application of The Thiobarbituric Acid Test to Cereal and Baked Products. **Food Technology**. 9: 185-186.

Chang, T.T. 1979. Rice. In N.W. Simmonds (ed.). Evolution of Crop Plants. Longmans, London, NewYork.

Copeland, J.M. and M.O. McDonald. 1985. Principles of Seed Science and Technology. Burgess Publishing Company, Minnessota. 321 p.

Gujral, S.H. and V. Kumar. 2003. Effect of Accelerated Aging on The Physicochemical and Texture Properties of Brown and Milled Rice. **J. Food Eng.**

Hayashi, T., H. Okadome, H. Toyoshima, S. Todoriki and K. Ohtsubo. 1998. Rheological Properties and Lipid Oxidation of Rice Decontaminated with Low-Energy Electrons. **J. Food Protection**. 61 (1) : 73-77.

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

Ito, S. and Y. Ishikawa. 2004. Marketing of Value-Added Rice Products in Japan: Germinated Brown Rice and Rice Bread. FAO Rice Conference. Rome, Italy, 12-13 February 2004.

Jones, B.L. 2005. Endoproteases of Barley and Malt. **J. Cereal Science**. 42 : 139-156.

Juliano, B.O. 1965. Relation of Starch Composition Protein Content and Gelatinization Temperature to Cooking and Eating Qualities of Milled Rice. **Food Techonology.** 19: 116-120.

Kang, H.J., I.K. Hwang, K.S. Kim and H.C. Choi. 2003. Comparative Structure and Physicochemical Properties of Ilpumbyeo, a High-Quality Japonica Rice, and its Mutant, Suweon 464. **J. Agriculture and Food Chemistry.** 51 : 6598-6603.

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. 2005. Effect of Soaking and Gaseous Treatment on Germinated Brown Rice. **J. Food Eng.**

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

Lichenstein, A.H., Ausman, L.M. and Carrasco, W. 1994. Rice Bran Oil Consumption and Plasma Lipid Level in Moderately Hypercholesterolemic Humans. **Arterioscler. Thromb**. 14 : 549 – 556.

Moritaka, S., and K. Yasumatsu. 1972. Studies on Cereals. X. The Effect of Sulfhydryl Group on Storage Deterioration of Milled Rice. **Eiyo To Shokuryo.** 25:59-62. อ้างโดย งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวสวย. หน้า 11-30. ใน : **คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย**. กรุงเทพฯ. งามชื่น คงเสรี (บรรณาธิการ). จิรวัฒน์เอ็กเพรส.

Norton, R.A. 1995. Quantitation of Sterol Ferulate and p-coumarate Esters from Corn and Rice. **Lipids.** 30: 269-274.

Ohtsubo, K., K. Susuki, Y. Yasui and T. Kasumi. 2004. Bio-functional Components in The Processed Pre-germinated Brown Rice by a Twin-screw Extruder. **J. Food Compos. Anal.** 18: 303-316.

Oloyo, R.A. 2004. Chemical and Nutritional Quality Changes in Germinating Seed of *Cajanus cajan L.* **Food Chemistry**. 85: 497-502.

Scetharamaiah, G.S. and Chandrasekhara, N. 1990. Effect of Oryzanol on Cholesterol Absorption and Biliary and Fecal Bile Acids in Rats. **Indian J. Med. Res.** 92 : 471-475.

Sowbhagya, C.M. and K.R. Bhattacharyat. 1971. Water-uptake by Rice During Cooking. **Cereal Chemistry.** 16(12): 420-424.

The Rice Exporters Association Bangkok. 2006. [Online]. Available : http://www.riceexporters.or.th/statistic_2005.htm

Toyoshima, H., Ohtsubo, K., Okadome, H., Tsukahara, K., Komatsuzaki, N. and Kohno, T. 2004. Germinated Brown Rice with Good Safety and Cooking Property, Process for Producing the same, and Processed Food Therefrom. U.S. Patent no. 6,685,979.

ภาคผนวก

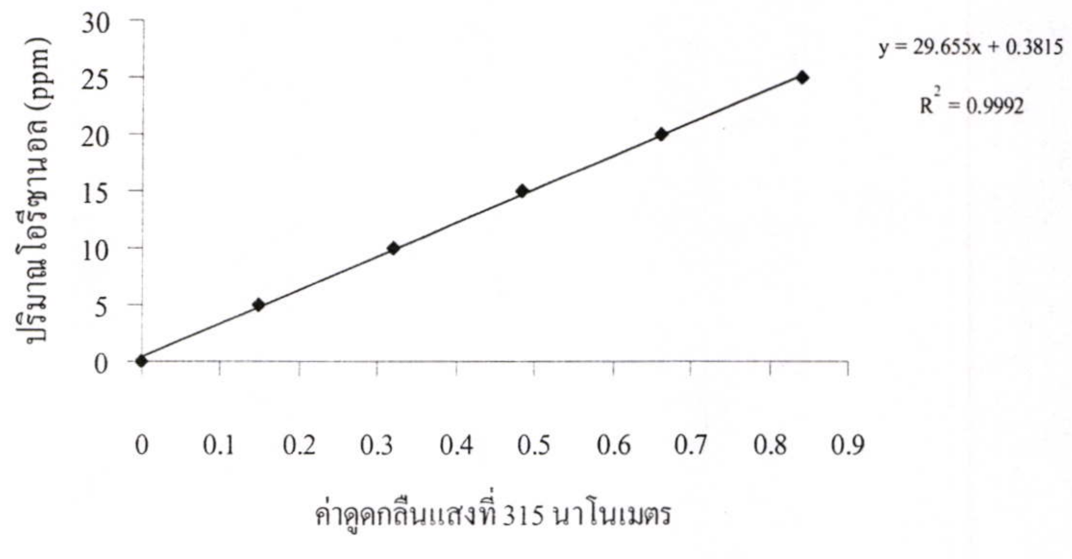
ภาคผนวก ก

การเตรียมกราฟมาตรฐานแกมมาโอรีซานอล

ชั่งแกมมาโอรีซานอล 50 ± 0.0001 มิลลิกรัม ละลายด้วยเฮปเทน (n- heptane) และปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยเฮปเทนเพื่อเป็น stock solution จากนั้นปิเปตสารเริ่มต้น 0.5 1.0 1.5 และ2.0 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับด้วยเฮปเทนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตรและนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

ตารางผนวกที่ ก.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของโอรีซานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

ปริมาณโอรีซานอล (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
5	0.1480
10	0.3201
15	0.4846
20	0.6600
25	0.8392



ภาพผนวกที่ ก.1 แสดงกราฟของโอรีซานอลมาตรฐาน

ภาคผนวก ข

ตารางผนวกที่ ข.1 แสดงปริมาณกรดกลูตามิกและโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 ที่แช่น้ำระยะเวลาต่างๆ

ชนิดสาร	ระยะเวลาการแช่น้ำ (ชั่วโมง)	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
กรดกลูตามิก	0	1,086.16	1,087.43	1,102.55	1,092.046
(มก./100ก.)	1	1,141.92	1,296.07	1,294.97	1,244.32
	3	3,782.44	3,620.26	2,881.65	3]761.43
	5	3,482.98	3,686.62	3,622.68	3,597.43
	7	3,600.64	4,376.23	4,139.19	4,038.69
	9	8,483.59	8,419.22	8,557.16	8,486.66
	11	7,027.46	6,827.20	6,414.84	6,756.500
	13	7,593.35	7,367.59	7,510.77	7,490.57
	15	3,346.86	4,368.25	5,357.89	4,357.67
	17	2,403.65	2,379.72	2,324.11	2,369.16
	19	1,827.61	1,912.50	1,945.81	1,895.31
	21	2,053.32	1,972.71	1,822.41	1,949.48
	23	1,225.57	1,135.66	1,209.37	1,190.20
โอรีซานอล	0	18.95	18.68	18.80	18.81
(ppm)	1	17.40	17.37	17.34	17.37
	3	17.49	17.906	17.79	17.73
	5	19.22	19.01	18.95	19.06
	7	18.59	18.21	18.47	18.42
	9	19.79	19.61	19.52	19.64
	11	17.79	17.64	17.97	17.80
	13	20.96	20.63	20.72	20.77
	15	19.70	20.21	20.03	19.98
	17	21.56	21.35	21.53	21.48
	19	22.60	22.57	22.60	22.59
	21	21.11	21.08	21.20	21.13
	23	20.90	20.81	20.75	20.82

ตารางผนวกที่ ข.2 แสดงปริมาณกรดกลูตามิกและโอรีซานอลของข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 2 ที่แช่น้ำระยะเวลาต่างๆ

ชนิดสาร	ระยะเวลาการแช่น้ำ	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กรดกลูตามิก (มก./100ก.)	0	2,350.30	2,297.63	2,384.26	2,344.06
	1	1,050.59	857.16	1,029.62	979.12
	3	1,203.59	1,064.82	804.84	1,024.42
	5	1,165.66	1,003.43	1,127.91	1,099.00
	7	1,146.16	1,098.68	1,254.34	1,166.39
	9	2,250.43	2,120.60	2,350.68	2,240.57
	11	2,187.60	2,174.73	2,313.52	2,225.28
	13	964.64	1,508.66	1,751.70	1,408.33
	15	2,162.58	2,329.15	2,344.08	1,178.60
	17	2,447.42	2,452.84	2,305.66	2,401.97
	19	2,386.59	2,298.03	2,174.78	2,286.47
	21	1,870.82	2,126.59	2,170.05	2,055.82
	23	1,237.72	1,352.86	1,134.67	1,241.75
โอรีซานอล (ppm)	0	18.15	17.94	18.03	18.04
	1	18.65	18.65	18.65	18.65
	3	18.92	18.95	18.77	18.88
	5	18.62	18.53	18.53	18.56
	7	16.62	16.53	16.47	16.54
	9	17.25	16.83	16.71	16.93
	11	17.70	17.73	17.67	17.70
	13	16.38	16.23	16.20	16.27
	15	18.47	18.80	18.36	18.54
	17	18.92	18.89	19.07	18.96
	19	19.07	19.13	19.04	19.08
	21	18.86	18.86	18.86	18.86
	23	19.01	18.68	18.65	18.78

ตารางผนวกที่ ข.3 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	5.5	5.5	5.5	5.5
	ข้าวกล้องงอก	5.5	5.5	5.5	5.5
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	5.5	5.5	5.5	5.5
	ข้าวกล้องงอก	5.5	5.5	5.5	5.5

ตารางผนวกที่ ข.4 แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงสุก (นาที) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	26.00	28.00	28.00	27.33
	ข้าวกล้องงอก	25.00	26.00	26.00	25.67
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	28.00	28.00	27.00	27.67
	ข้าวกล้องงอก	25.00	26.00	26.00	25.67

ตารางผนวกที่ ข.5 แสดงข้อมูลปริมาณการดูดน้ำ (%) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	262.00	258.50	268.50	263.00
	ข้าวกล้องงอก	282.00	280.50	275.50	279.33
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	248.50	249.50	271.00	256.33
	ข้าวกล้องงอก	292.00	292.50	296.00	293.50

ตารางผนวกที่ ข.6 แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	2.50	2.30	2.30	2.37
	ข้าวกล้องงอก	2.00	2.20	2.00	2.07
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	3.00	3.20	3.10	3.10
	ข้าวกล้องงอก	3.40	3.50	3.50	3.47

ตารางผนวกที่ ข.7 แสดงข้อมูลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (texture analysis) (กรัม) ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	2306.57	2298.30	2057.53	2220.80
	ข้าวกล้องงอก	1920.05	1886.36	1687.54	1831.32
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	1159.36	1242.23	1703.12	1368.24
	ข้าวกล้องงอก	884.54	976.43	1027.14	962.70

ตารางผนวกที่ ข.8 แสดงข้อมูลค่าระดับการหืน (TBA) (nmol/กรัมแป้งข้าว) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	1.92	1.76	1.92	1.86
	ข้าวกล้องงอก	1.52	1.76	1.44	1.57
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	0.48	0.64	0.64	0.59
	ข้าวกล้องงอก	0.46	0.76	0.44	0.55

ตารางผนวกที่ ข.9 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมัน (%) ในรำข้าวของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	22.00	23.17	22.76	22.64
	ข้าวกล้องงอก	22.50	23.00	22.84	22.78
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	17.83	17.67	17.26	17.59
	ข้าวกล้องงอก	16.70	17.83	17.59	17.37

ตารางผนวกที่ ข.10 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	16.20	16.26	16.29	16.25
	ข้าวกล้องงอก	17.94	17.67	18.06	17.89
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	15.48	15.603	15.60	15.56
	ข้าวกล้องงอก	17.34	17.43	17.34	17.37

ตารางผนวกที่ ข.11 แสดงข้อมูลคะแนนลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	BLOCK								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	ข้าวกล้อง	5.5	3.5	5.5	2.5	5.5	5.5	2.5	6.0	4.56
	ข้าวกล้องงอก	5.5	4.5	5.5	2.5	5.5	4.5	2.5	5.5	4.50
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	5.0	3.0	5.0	2.5	4.5	4.0	5.0	4.5	4.19
	ข้าวกล้องงอก	3.5	2.5	4.0	2.0	4.0	3.0	5.0	3.5	3.44

ตารางผนวกที่ ข.12 แสดงข้อมูลคะแนนสีของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก ของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	BLOCK								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	ข้าวกล้อง	3.5	3.0	4.5	3.0	5.0	5.5	2.5	5.5	4.06
	ข้าวกล้องงอก	3.0	2.5	4.0	2.0	5.0	5.0	2.0	5.5	3.63
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	5.0	3.5	5.0	2.0	5.5	4.0	5.0	5.0	4.38
	ข้าวกล้องงอก	3.0	2.5	4.5	2.0	4.5	3.5	4.5	4.0	3.56

ตารางผนวกที่ ข.13 แสดงข้อมูลคะแนนกลิ่นของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก ของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	BLOCK								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	ข้าวกล้อง	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0	4.5	4.5	6.5	4.56
	ข้าวกล้องงอก	2.5	2.5	3.0	4.5	5.0	4.0	4.0	5.5	3.88
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	5.0	4.0	4.5	5.5	5.0	3.5	6.0	3.5	4.63
	ข้าวกล้องงอก	1.0	2.0	2.5	2.0	4.5	2.5	4.0	4.0	2.81

ตารางผนวกที่ ข.14 แสดงข้อมูลคะแนนการเกาะตัวของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	BLOCK								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	ข้าวกล้อง	6.0	4.0	4.5	2.5	5.0	6.5	3.5	6.5	4.81
	ข้าวกล้องงอก	5.0	3.0	5.5	3.0	5.0	4.5	4.0	6.0	4.50
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	3.0	2.0	5.0	4.0	5.0	3.5	2.5	3.5	3.56
	ข้าวกล้องงอก	4.5	1.5	4.0	2.5	5.5	3.5	3.0	4.0	3.56

ตารางผนวกที่ ข.15 แสดงข้อมูลคะแนนเนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	BLOCK								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	ข้าวกล้อง	4.0	3.0	4.5	5.0	5.0	4.0	3.0	6.0	4.31
	ข้าวกล้องงอก	4.5	3.5	5.5	5.5	5.5	5.5	2.0	6.5	4.81
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	1.5	2.0	3.0	2.0	5.5	4.0	3.5	2.5	3.00
	ข้าวกล้องงอก	2.0	2.5	4.0	2.0	4.5	3.0	3.0	4.5	3.19

ตารางผนวกที่ ข.16 แสดงข้อมูลคะแนนความนุ่มของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	BLOCK								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	ข้าวกล้อง	5.5	3.5	3.0	5.0	6.0	5.5	3.0	6.5	4.75
	ข้าวกล้องงอก	6.0	3.5	4.5	5.5	6.0	5.5	4.0	6.5	5.19
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	1.0	1.0	2.5	2.5	5.0	3.0	2.0	1.5	2.31
	ข้าวกล้องงอก	1.0	1.5	3.0	3.5	6.0	4.0	2.5	2.5	3.00

ตารางผนวกที่ ข.17 แสดงข้อมูลคะแนนรสชาติข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก ของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	BLOCK								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	ข้าวกล้อง	5.5	4.0	5.0	4.5	5.0	5.5	3.0	6.5	4.88
	ข้าวกล้องงอก	5.5	4.5	5.0	5.0	5.5	6.5	2.0	6.5	5.00
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	3.5	1.5	4.5	2.0	4.5	2.5	3.5	3.5	3.19
	ข้าวกล้องงอก	5.0	2.0	5.0	3.0	5.5	3.5	4.5	3.0	3.94

ตารางผนวกที่ ข.18 แสดงข้อมูลคะแนนความชอบโดยรวมข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	BLOCK								เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	ข้าวกล้อง	4.0	3.5	5.0	5.0	5.5	4.5	4.0	6.5	4.75
	ข้าวกล้องงอก	5.5	3.5	5.5	5.0	5.5	5.5	3.0	6.0	4.94
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	2.5	2.0	5.0	2.5	3.5	2.5	4.0	4.0	3.25
	ข้าวกล้องงอก	3.0	2.5	5.5	3.0	5.5	3.0	3.5	4.0	3.75

ตารางผนวกที่ ข.19 แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	2434	2393	2446	2424.33
	ข้าวกล้องงอก	2788	2795	2821	2801.33
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	845	833	868	848.67
	ข้าวกล้องงอก	1240	1298	1224	1254.00

ตารางผนวกที่ ข.20 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	1447	1424	1451	1440.67
	ข้าวกล้องงอก	1398	1443	1456	1432.33
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	776	763	789	776.00
	ข้าวกล้องงอก	942	1027	922	963.67

ตารางผนวกที่ ข.21 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	987	969	995	983.67
	ข้าวกล้องงอก	1390	1352	1365	1369.00
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	69	70	79	72.67
	ข้าวกล้องงอก	298	271	302	290.33

ตารางผนวกที่ ข.22 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	1743	1728	1741	1737.33
	ข้าวกล้องงอก	1773	1776	1784	1777.67
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	1449	1451	1474	1458.00
	ข้าวกล้องงอก	1702	1705	1655	1687.33

ตารางผนวกที่ ข.23 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (centipoise) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	-691	-665	-705	-687.00
	ข้าวกล้องงอก	-1015	-1019	-1037	-1023.67
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	604	618	606	609.33
	ข้าวกล้องงอก	462	407	431	433.33

ตารางผนวกที่ ข.24 แสดงค่าเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	4.13	4.27	4.20	4.20
	ข้าวกล้องงอก	4.13	4.27	4.20	4.20
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	6.20	6.20	6.27	6.22
	ข้าวกล้องงอก	5.87	6.13	5.87	5.96

ตารางผนวกที่ ข.25 แสดงค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°C) ที่ได้จากการวัดค่าความหนืดแป้งด้วยเครื่อง RVA ของข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ กข.6 และชัยนาท 2

พันธุ์ข้าว	ชนิดข้าว	ซ้ำ			เฉลี่ย
		1	2	3	
กข.6	ข้าวกล้อง	65.65	66.50	65.65	65.93
	ข้าวกล้องงอก	66.40	68.10	68.10	67.53
ชัยนาท 2	ข้าวกล้อง	91.00	90.90	91.00	90.97
	ข้าวกล้องงอก	87.55	87.80	87.85	87.73

ตารางผนวกที่ ข.26 แสดงข้อมูลปริมาณความชื้น (%) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	10.18	10.21	10.16	10.18
		1	10.51	10.47	10.62	10.53
		2	10.88	10.96	10.92	10.92
		3	11.47	11.62	11.72	11.60
		4	12.06	12.10	11.89	12.02
	แบบสุญญากาศ	0	10.18	10.21	10.16	10.18
		1	10.21	10.18	10.26	10.22
		2	10.19	10.25	10.28	10.24
		3	10.24	10.28	10.27	10.26
		4	10.23	10.28	10.19	10.23
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	10.18	10.26	10.30	10.25
		1	10.68	10.42	10.63	10.58
		2	11.02	10.87	10.96	10.95
		3	11.68	11.84	11.63	11.72
		4	12.08	12.23	12.31	12.21
	แบบสุญญากาศ	0	10.18	10.26	10.30	10.25
		1	10.28	10.21	10.23	10.24
		2	10.25	10.27	10.22	10.25
		3	10.23	10.21	10.26	10.23
		4	10.25	10.23	10.24	10.24

ตารางผนวกที่ ข.27 แสดงข้อมูลค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	5.5	5.5	5.5	5.5
		1	5.5	5.5	5.5	5.5
		2	5.5	5.5	5.5	5.5
		3	5.5	5.5	5.5	5.5
		4	5.5	5.5	5.5	5.5
	แบบสุญญากาศ	0	5.5	5.5	5.5	5.5
		1	5.5	5.5	5.5	5.5
		2	5.5	5.5	5.5	5.5
		3	5.5	5.5	5.5	5.5
		4	5.5	5.5	5.5	5.5
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	5.5	5.5	5.5	5.5
		1	5.5	5.5	5.5	5.5
		2	5.5	5.5	5.5	5.5
		3	5.5	5.5	5.5	5.5
		4	5.5	5.5	5.5	5.5
	แบบสุญญากาศ	0	5.5	5.5	5.5	5.5
		1	5.5	5.5	5.5	5.5
		2	5.5	5.5	5.5	5.5
		3	5.5	5.5	5.5	5.5
		4	5.5	5.5	5.5	5.5

ตารางผนวกที่ ข.28 แสดงข้อมูลระยะเวลาการหุงสุก (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	25	26	26	25.67
		1	26	27	28	27.00
		2	26	27	26	26.33
		3	28	29	29	28.67
		4	28	29	28	28.33
	แบบสุญญากาศ	0	25	26	26	25.67
		1	27	25	27	26.33
		2	26	26	27	26.33
		3	28	29	28	28.33
		4	29	27	29	28.33
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	25	26	26	25.67
		1	25	26	25	25.33
		2	28	29	27	28.00
		3	27	28	28	27.67
		4	29	30	30	29.67
	แบบสุญญากาศ	0	25	26	26	25.67
		1	26	25	26	25.67
		2	27	27	28	27.33
		3	27	29	27	27.67
		4	27	29	29	28.33

ตารางผนวกที่ ข.29 แสดงข้อมูลปริมาณการดูดน้ำ (%) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	282.00	280.50	275.50	279.33
		1	266.00	266.50	278.50	270.33
		2	313.00	311.50	312.50	312.33
		3	317.00	327.00	334.50	326.17
		4	310.00	332.00	329.00	323.67
	แบบสุญญากาศ	0	282.00	280.50	275.50	279.33
		1	285.00	280.00	280.00	281.67
		2	315.00	315.50	322.50	317.67
		3	329.50	318.50	329.00	325.67
		4	320.50	331.00	335.50	329.00
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	292.00	292.50	296.00	293.50
		1	354.50	369.00	370.00	364.50
		2	357.50	365.50	348.00	357.00
		3	386.50	386.00	375.50	382.67
		4	398.00	396.50	388.00	394.17
	แบบสุญญากาศ	0	292.00	292.50	296.00	293.50
		1	366.00	351.00	376.00	364.33
		2	359.00	356.00	346.50	353.83
		3	369.50	376.00	376.00	373.83
		4	377.50	384.00	389.00	383.50

ตารางผนวกที่ ข.30 แสดงข้อมูลการขยายปริมาตร (เซนติเมตร) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	2.0	2.2	2.0	2.07
		1	1.9	1.8	1.9	1.87
		2	2.0	2.0	2.1	2.03
		3	2.2	2.3	2.4	2.30
		4	2.4	2.2	2.3	2.30
	แบบสุญญากาศ	0	2.0	2.2	2.0	2.07
		1	1.8	2.0	2.0	1.93
		2	1.9	2.0	2.0	1.97
		3	2.2	2.2	2.4	2.27
		4	2.3	2.3	2.6	2.40
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	3.4	3.5	3.5	3.47
		1	3.7	3.7	3.9	3.77
		2	3.8	4.0	4.2	4.00
		3	3.8	4.0	3.8	3.87
		4	3.9	4.0	3.5	3.80
	แบบสุญญากาศ	0	3.4	3.5	3.5	3.47
		1	3.9	3.8	3.4	3.70
		2	4.0	4.3	3.6	3.97
		3	3.7	3.7	3.5	3.63
		4	3.6	3.6	3.7	3.63

ตารางผนวกที่ ข.31 แสดงข้อมูลการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก (texture analysis) (กรัม) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบ	0	1920.05	1886.36	1687.54	1831.32
	ธรรมดา	1	1527.11	1755.05	2026.66	1769.36
		2	1657.00	1593.73	1595.33	1615.35
		3	1875.11	1412.63	1774.54	1687.43
		4	1258.13	1564.81	1328.48	1383.81
	แบบ	0	1920.05	1886.36	1687.54	1831.32
	สุญญากาศ	1	1309.57	1548.10	1528.83	1462.16
		2	2069.91	1729.37	1747.35	1848.87
		3	1353.93	1357.15	1289.24	1333.44
		4	1372.81	1300.74	988.06	1220.54
ชัยนาท 2	แบบ	0	884.54	976.43	1027.14	962.70
	ธรรมดา	1	601.47	832.93	681.76	705.39
		2	632.91	504.57	404.45	513.98
		3	671.34	546.93	829.29	682.35
		4	597.60	644.70	436.04	559.45
	แบบ	0	884.54	976.43	1027.14	962.70
	สุญญากาศ	1	725.34	514.86	698.72	646.31
		2	639.76	469.22	466.22	525.07
		3	694.27	450.49	483.48	542.75
		4	656.53	441.40	652.68	583.54

ตารางผนวกที่ ข.32 แสดงข้อมูลค่าระดับการหืน (TBA) (nmol/กรัมแป้งข้าว) ของข้าวกล้องงอก พันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	1.52	1.76	1.44	1.57
		1	2.39	1.44	0.64	1.49
		2	2.87	2.23	2.71	2.61
		3	2.39	2.71	2.55	2.55
		4	3.18	5.59	3.67	4.15
	แบบสุญญากาศ	0	1.52	1.76	1.44	1.57
		1	1.76	1.92	2.07	1.92
		2	1.92	1.28	2.39	1.86
		3	2.55	3.03	2.71	2.77
		4	2.55	2.07	2.39	2.34
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	0.46	0.76	0.44	0.55
		1	1.44	1.44	1.60	1.49
		2	1.92	1.96	1.44	1.77
		3	0.80	0.96	0.96	0.90
		4	1.12	0.80	0.96	0.96
	แบบสุญญากาศ	0	0.46	0.76	0.44	0.55
		1	1.48	1.60	1.12	1.40
		2	0.96	1.28	1.12	1.12
		3	0.96	0.80	0.96	0.90
		4	0.80	0.80	0.96	0.85

ตารางผนวกที่ ข.33 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำมัน (%) ในรำข้าวของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	22.50	23.00	22.84	22.78
		1	21.67	19.17	20.88	20.57
		2	22.29	22.29	21.89	22.16
		3	21.88	22.00	21.88	21.92
		4	20.50	21.00	19.79	20.43
	แบบสุญญากาศ	0	22.50	23.00	22.84	22.78
		1	23.50	21.83	21.13	22.15
		2	23.86	22.43	22.31	22.87
		3	21.25	23.00	21.48	21.91
		4	20.87	21.02	21.26	21.05
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	16.70	17.83	17.59	17.37
		1	17.50	17.17	16.70	17.12
		2	17.22	16.56	17.08	16.95
		3	16.29	16.71	15.76	16.25
		4	15.13	15.18	15.24	15.18
	แบบสุญญากาศ	0	16.70	17.83	17.59	17.37
		1	17.17	16.5	17.19	16.95
		2	17.29	16.76	16.22	16.76
		3	16.86	15.84	16.13	16.28
		4	15.76	15.87	15.65	15.76

ตารางผนวกที่ ข.34 แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	17.94	17.67	18.06	17.89
		1	16.77	16.83	16.77	16.79
		2	16.56	16.53	16.56	16.55
		3	16.23	16.20	16.26	16.26
		4	15.69	15.75	15.69	15.71
	แบบสุญญากาศ	0	17.94	17.67	18.06	17.89
		1	17.16	17.16	17.19	17.17
		2	17.04	17.01	17.07	17.04
		3	16.500	16.53	16.53	16.52
		4	16.17	16.17	16.20	16.18
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	17.34	17.43	17.34	17.37
		1	16.53	16.65	16.68	16.62
		2	16.29	16.35	16.38	16.34
		3	16.02	16.05	16.05	16.04
		4	15.84	15.75	15.75	15.78
	แบบสุญญากาศ	0	17.34	17.43	17.34	17.37
		1	17.13	17.04	17.04	17.07
		2	16.65	16.65	16.59	16.63
		3	16.38	16.32	16.32	16.34
		4	16.17	16.14	16.14	16.15

ตารางผนวกที่ ข.35 แสดงข้อมูลคะแนนลักษณะที่ปรากฏของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	BLOCK								เฉลี่ย
			1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	แบบธรรมดา	0	5.5	4.5	5.5	2.5	5.5	4.5	2.5	5.5	4.50
		1	5.5	5.5	5.0	4.0	4.5	5.0	2.5	6.0	4.75
		2	5.5	5.0	5.5	3.5	4.0	5.0	2.5	5.5	4.56
		3	6.0	5.5	5.5	4.0	5.0	5.5	3.0	5.0	4.94
		4	5.5	5.5	6.0	4.5	5.0	5.0	3.5	6.0	5.13
	แบบสุญญากาศ	0	5.5	4.5	5.5	2.5	5.5	4.5	2.5	5.5	4.50
		1	5.5	6.0	5.0	3.0	3.0	4.0	3.0	5.5	4.38
		2	6.0	5.5	5.0	3.5	4.5	5.0	2.5	6.0	4.75
		3	6.0	6.0	6.0	4.5	5.0	6.0	3.5	5.5	5.31
		4	6.0	6.0	5.5	5.0	5.0	5.5	4.5	6.0	5.44
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	3.5	2.5	4.0	2.0	4.0	3.0	5.0	3.5	3.44
		1	3.0	2.0	4.0	2.0	3.5	3.0	4.5	3.0	3.13
		2	2.0	2.0	3.0	1.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.25
		3	2.0	1.5	3.0	1.0	3.0	2.5	3.0	2.0	2.25
		4	2.0	1.0	2.5	1.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.19
	แบบสุญญากาศ	0	3.5	2.5	4.0	2.0	4.0	3.0	5.0	3.5	3.44
		1	3.0	2.0	4.0	2.0	3.0	2.0	4.0	3.0	2.88
		2	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	4.0	2.0	2.38
		3	2.5	2.0	3.0	1.0	2.5	2.0	3.0	2.5	2.31
		4	2.0	1.0	3.0	1.0	2.0	1.5	3.0	2.0	1.94

ตารางผนวกที่ ข.36 แสดงข้อมูลคะแนนสีของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	BLOCK								เฉลี่ย
			1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	แบบธรรมดา	0	3.0	2.5	4.0	2.0	5.0	5.0	2.0	5.5	3.63
		1	3.0	3.0	3.5	2.5	4.5	5.0	2.0	5.5	3.63
		2	2.5	2.5	4.0	2.5	3.5	4.0	2.5	4.0	3.19
		3	3.0	3.0	3.5	2.0	4.0	4.0	2.5	4.5	3.31
		4	2.0	2.5	3.0	2.0	3.5	3.5	2.0	4.0	2.81
	แบบสุญญากาศ	0	3.0	2.5	4.0	2.0	5.0	5.0	2.0	5.5	3.62
		1	3.0	3.5	4.0	2.0	5.5	4.5	2.0	5.0	3.69
		2	3.5	3.0	3.0	2.5	4.5	4.5	2.0	5.0	3.50
		3	2.5	2.0	3.5	2.0	4.0	5.0	2.5	4.5	3.25
		4	2.5	2.5	3.0	2.0	4.0	4.0	2.0	4.5	3.06
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	3.0	2.5	4.5	2.0	4.5	3.5	4.5	4.0	3.56
		1	3.0	2.0	5.0	3.0	4.0	2.5	4.0	3.0	3.31
		2	2.5	2.5	4.0	2.5	3.5	3.5	3.5	2.5	3.06
		3	2.5	3.0	4.0	2.0	3.5	3.0	4.5	3.5	3.25
		4	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0	3.0	4.0	2.5	2.81
	แบบสุญญากาศ	0	3.0	2.5	4.5	2.0	4.5	3.5	4.5	4.0	3.56
		1	2.5	3.0	4.5	2.0	4.0	3.0	3.5	4.0	3.31
		2	2.5	3.5	4.0	2.0	4.5	3.5	4.0	4.5	3.56
		3	3.0	2.0	3.5	2.5	3.0	2.5	4.0	2.5	2.88
		4	2.5	2.5	4.0	1.5	3.5	3.0	4.0	3.0	3.00

ตารางผนวกที่ ข.37 แสดงข้อมูลคะแนนกลิ่นของข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	BLOCK								เฉลี่ย
			1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	แบบธรรมดา	0	2.5	2.5	3.0	4.5	5.0	4.0	4.0	5.5	3.88
		1	1.5	2.5	2.5	4.0	3.5	4.0	3.5	5.0	3.31
		2	1.0	2.0	2.0	4.0	4.0	2.0	3.5	4.0	2.81
		3	1.0	2.0	1.5	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.31
		4	1.0	2.0	2.0	3.0	2.5	2.0	3.0	3.0	2.31
	แบบสุญญากาศ	0	2.5	2.5	3.0	4.5	5.0	4.0	4.0	5.5	3.88
		1	2.5	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.5	5.0	3.50
		2	1.0	1.5	2.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.5	2.88
		3	1.0	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0	4.0	2.50
		4	1.0	2.0	2.0	3.0	2.5	3.0	3.0	4.0	2.56
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	1.0	2.0	2.5	2.0	4.5	2.5	4.0	4.0	2.81
		1	1.0	2.0	2.0	2.0	3.5	2.0	3.0	3.0	2.31
		2	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.5	3.0	1.81
		3	1.0	1.5	1.5	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.63
		4	1.0	1.0	1.5	1.0	2.0	2.0	2.0	2.5	1.63
	แบบสุญญากาศ	0	1.0	2.0	2.5	2.0	4.5	2.5	4.0	4.0	2.81
		1	1.0	2.0	2.0	1.5	3.0	2.0	3.0	3.5	2.25
		2	1.0	1.0	2.0	1.5	2.5	2.0	3.0	3.0	2.00
		3	1.0	1.0	2.0	2.0	2.5	2.0	3.5	2.0	2.00
		4	1.0	1.0	2.0	1.5	2.0	2.0	3.0	2.0	1.81

ตารางผนวกที่ ข.38 แสดงข้อมูลคะแนนการเกาะตัวของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	BLOCK								เฉลี่ย
			1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	แบบธรรมดา	0	5.0	3.0	5.5	3.0	5.0	4.5	4.0	6.0	4.50
		1	5.0	3.0	5.5	3.5	5.0	5.0	4.0	5.5	4.56
		2	4.0	4.0	5.0	3.5	4.5	4.0	3.5	5.0	4.19
		3	5.0	4.0	5.0	3.0	4.5	4.0	5.0	5.5	4.50
		4	4.5	3.5	5.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	4.31
	แบบสุญญากาศ	0	5.0	3.0	5.5	3.0	5.0	4.5	4.0	6.0	4.50
		1	4.0	3.5	4.5	3.0	5.5	5.0	3.0	6.0	4.31
		2	4.0	2.5	4.0	3.5	5.0	4.0	3.5	6.0	4.06
		3	3.0	2.5	5.0	2.5	4.0	4.0	3.5	5.5	3.75
		4	3.5	3.0	4.5	3.5	4.5	4.0	3.0	6.0	4.00
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	4.5	1.5	4.0	2.5	5.5	3.5	3.0	4.0	3.56
		1	4.0	2.0	3.0	2.5	4.5	3.0	2.5	3.0	3.06
		2	4.0	1.0	3.0	1.5	4.0	2.5	2.5	3.5	2.75
		3	3.5	1.0	2.5	2.5	3.5	3.0	2.0	3.5	2.69
		4	3.5	1.5	3.0	2.0	4.0	3.0	2.0	3.0	2.75
	แบบสุญญากาศ	0	4.5	1.5	4.0	2.5	5.5	3.5	3.0	4.0	3.56
		1	4.5	1.5	3.5	2.5	4.0	3.0	2.5	3.5	3.13
		2	4.0	2.0	3.5	2.5	4.5	2.5	3.0	3.5	3.19
		3	4.0	1.5	3.0	2.0	4.0	3.5	2.5	3.0	2.94
		4	4.0	1.0	3.0	2.0	4.0	3.0	2.0	2.5	2.69

ตารางผนวกที่ ข.39 แสดงข้อมูลคะแนนเนื้อสัมผัสของข้าวหลังเคี้ยวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	BLOCK								เฉลี่ย
			1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	แบบธรรมดา	0	4.5	3.5	5.5	5.5	5.5	5.5	2.0	6.5	4.81
		1	4.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.0	2.5	6.0	4.94
		2	4.0	4.0	5.0	6.0	6.0	4.5	3.0	6.5	4.88
		3	4.0	3.5	5.5	5.5	5.0	5.5	2.0	7.0	4.75
		4	4.5	4.0	5.0	5.5	5.0	5.5	3.0	6.5	4.88
	แบบสุญญากาศ	0	4.5	3.5	5.5	5.5	5.5	5.5	2.0	6.5	4.81
		1	5.0	4.0	5.0	5.0	4.5	4.0	2.5	6.0	4.50
		2	5.0	3.5	6.0	6.5	6.0	5.5	3.0	7.0	5.31
		3	4.0	5.5	5.5	6.0	5.0	6.0	3.0	6.5	5.19
		4	4.5	4.0	5.5	5.0	4.0	5.0	2.0	6.0	4.50
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	2.0	2.5	4.0	2.0	4.5	3.0	3.0	4.5	3.19
		1	2.0	2.0	3.0	2.0	3.5	3.0	3.0	3.5	2.75
		2	1.5	2.0	3.5	1.5	3.0	2.0	2.0	2.5	2.25
		3	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	2.0	2.0	2.5	2.31
		4	1.5	2.0	3.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.5	2.19
	แบบสุญญากาศ	0	2.0	2.5	4.0	2.0	4.5	3.0	3.0	4.5	3.19
		1	2.0	2.0	3.0	2.5	4.0	2.5	3.0	4.0	2.88
		2	2.0	2.0	3.0	2.0	3.5	2.5	2.0	3.0	2.50
		3	2.0	2.0	3.5	2.0	3.5	2.5	2.0	3.0	2.56
		4	2.0	2.0	3.5	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.44

ตารางผนวกที่ ข.40 แสดงข้อมูลคะแนนความนุ่มของเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	BLOCK								เฉลี่ย
			1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	แบบธรรมดา	0	6.0	3.5	4.5	5.5	6.0	5.5	4.0	6.5	5.19
		1	6.0	3.0	4.5	5.0	5.5	5.0	4.5	6.5	5.00
		2	6.5	3.0	5.0	5.0	6.5	6.0	4.0	6.5	5.31
		3	5.5	4.5	4.0	5.5	5.0	5.5	3.5	7.0	5.05
		4	5.5	4.0	4.5	6.0	5.0	4.5	4.0	7.0	5.06
	แบบสุญญากาศ	0	6.0	3.5	4.5	5.5	6.0	5.5	4.0	6.5	5.19
		1	6.0	4.0	4.0	4.5	5.5	4.5	3.5	7.0	4.88
		2	6.5	3.0	5.0	6.5	6.5	6.0	4.0	6.5	5.50
		3	5.5	3.5	5.5	5.5	4.0	6.5	4.5	6.5	5.19
		4	6.0	4.0	4.5	6.0	5.5	5.5	4.0	7.0	5.31
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	1.0	1.5	3.0	3.5	6.0	4.0	2.5	2.5	3.00
		1	1.0	1.5	2.5	3.0	5.0	4.0	2.5	2.0	2.69
		2	1.0	1.0	2.0	3.0	4.5	3.0	2.0	2.0	2.31
		3	1.0	1.0	2.0	2.5	4.0	3.5	2.0	2.0	2.25
		4	1.0	1.5	1.5	2.0	4.0	4.0	2.0	1.5	2.19
	แบบสุญญากาศ	0	1.0	1.5	3.0	3.5	6.0	4.0	2.5	2.5	3.00
		1	1.0	1.5	3.0	3.5	5.0	4.0	2.0	2.0	2.75
		2	1.0	1.5	2.5	2.5	4.0	4.0	2.0	2.0	2.44
		3	1.0	2.0	2.0	2.0	4.0	3.5	2.0	2.0	2.31
		4	1.0	1.5	2.0	2.0	4.0	3.0	2.0	1.0	2.06

ตารางผนวกที่ ข.41 แสดงข้อมูลคะแนนรสชาติข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	BLOCK								เฉลี่ย
			1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	แบบธรรมดา	0	5.5	4.5	5.0	5.0	5.5	6.5	2.0	6.5	5.06
		1	6.0	4.0	5.5	4.0	5.0	5.5	2.5	6.0	4.81
		2	5.0	4.0	5.0	4.5	4.5	5.5	2.0	5.5	4.50
		3	4.5	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	1.5	5.0	4.06
		4	4.0	4.0	4.5	3.5	4.0	5.0	1.5	5.0	3.94
	แบบสุญญากาศ	0	5.5	4.5	5.0	5.0	5.5	6.5	2.0	6.5	5.06
		1	5.5	4.0	5.5	4.5	6.0	5.0	2.5	5.5	4.81
		2	5.0	4.5	4.5	4.0	5.5	5.5	2.0	5.0	4.50
		3	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.5	1.5	5.0	3.75
		4	4.0	3.5	4.0	4.5	4.0	4.5	1.0	4.5	3.75
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	5.0	2.0	5.0	3.0	5.5	3.5	4.5	3.0	3.94
		1	4.0	2.0	4.0	3.0	4.5	3.0	4.0	3.0	3.44
		2	3.0	2.0	3.5	2.0	4.0	3.0	3.5	2.5	2.94
		3	3.0	1.0	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0	2.0	2.50
		4	2.0	1.5	2.5	3.0	3.0	2.5	3.0	2.0	2.44
	แบบสุญญากาศ	0	5.0	2.0	5.0	3.0	5.5	3.5	4.5	3.0	3.94
		1	5.0	2.2	4.0	3.0	5.0	3.0	4.0	3.0	3.65
		2	3.0	2.5	4.5	2.5	4.0	3.0	3.5	3.0	3.25
		3	3..	2.0	4.0	2.5	4.0	3.0	3.0	2.5	3.06
		4	3.0	2.0	4.0	2.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.88

ตารางผนวกที่ ข.42 แสดงข้อมูลคะแนนความชอบโดยรวมข้าวที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	BLOCK								เฉลี่ย
			1	2	3	4	5	6	7	8	
กข.6	แบบธรรมดา	0	5.5	3.5	5.5	5.0	5.5	5.5	3.0	6.0	4.94
		1	4.0	3.0	5.5	4.5	5.5	4.5	2.5	5.5	4.38
		2	4.0	2.5	4.0	3.5	4.0	4.0	2.5	5.0	3.69
		3	4.5	2.0	3.0	3.0	4.5	4.0	2.0	4.5	3.44
		4	3.5	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	1.0	4.0	3.06
	แบบสุญญากาศ	0	5.5	3.5	5.5	5.0	5.5	5.5	3.0	6.0	4.94
		1	5.0	3.5	5.0	4.5	5.5	5.0	3.0	5.5	4.63
		2	4.5	3.0	4.0	4.0	4.5	4.5	2.5	5.0	4.00
		3	4.0	3.0	4.0	4.5	4.0	4.0	2.0	5.0	3.81
		4	4.0	2.5	4.0	3.5	4.0	4.5	2.0	5.0	3.69
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	3.0	2.5	5.5	3.0	5.5	3.0	3.5	4.0	3.75
		1	3.0	2.0	5.0	3.0	5.0	3.0	3.0	3.0	3.38
		2	2.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.5	3.0	3.0	2.81
		3	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.25
		4	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.5	2.31
	แบบสุญญากาศ	0	3.0	2.5	5.5	3.0	5.5	3.0	3.5	4.0	3.75
		1	3.0	2.0	5.0	2.5	5.0	3.0	2.5	4.0	3.38
		2	4.0	2.0	4.0	2.0	4.5	3.5	3.0	3.5	3.31
		3	2.5	2.5	4.0	2.5	4.5	2.5	2.5	3.0	3.00
		4	3.0	2.0	3.5	2.0	4.0	2.0	3.0	3.0	2.81

ตารางผนวกที่ ข.43 แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (centipoise) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	2788	2795	2821	2801.33
		1	2768	2748	2679	2731.67
		2	2494	2540	2597	2543.67
		3	3266	3267	3264	3265.67
		4	3035	3034	3052	3040.33
	แบบสุญญากาศ	0	2788	2795	2821	2801.33
		1	2847	2804	2857	2836.00
		2	2834	2795	2906	2845.00
		3	3152	3155	3177	3060.33
		4	3098	3108	3157	3121.00
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	1240	1298	1224	1254.00
		1	1243	1258	1254	1251.67
		2	1156	1146	1252	1184.67
		3	1328	1352	1363	1347.67
		4	1309	1293	1321	1307.67
	แบบสุญญากาศ	0	1240	1298	1224	1254.00
		1	1248	1254	1258	1253.33
		2	1242	1270	1251	1254.33
		3	1403	1429	1425	1419.00
		4	1251	1261	1265	1259.00

ตารางผนวกที่ ข.44 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (centipoise) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	1398	1443	1456	1432.33
		1	1334	1333	1321	1329.33
		2	1349	1372	1391	1370.67
		3	1580	1594	1574	1582.67
		4	1483	1502	1522	1502.33
	แบบสุญญากาศ	0	1398	1443	1456	1432.33
		1	1422	1410	1404	1412.00
		2	1488	1474	1496	1486.00
		3	1540	1549	1583	1557.33
		4	1521	1527	1531	1526.33
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	942	1027	922	963.67
		1	966	951	981	966.00
		2	921	938	966	941.67
		3	1096	1116	1168	1126.67
		4	1039	1032	1009	1026.67
	แบบสุญญากาศ	0	942	1027	922	963.67
		1	962	972	999	977.67
		2	907	924	893	908.00
		3	1106	1139	1115	1120.00
		4	992	1033	978	1001.00

ตารางผนวกที่ ข.45 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (centipoise) ของข้าวกล้องงอก พันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	1390	1352	1365	1369.00
		1	1434	1415	1358	1402.33
		2	1145	1168	1206	1173.00
		3	1686	1673	1690	1683.00
		4	1552	1532	1530	1538.00
	แบบสุญญากาศ	0	1390	1352	1365	1369.00
		1	1425	1394	1453	1424.00
		2	1346	1321	1410	1359.00
		3	1612	1606	1594	1604.00
		4	1577	1581	1526	1561.33
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	298	271	302	290.33
		1	277	307	273	285.67
		2	235	208	286	243.00
		3	232	236	195	221.00
		4	270	261	312	281.00
	แบบสุญญากาศ	0	298	271	302	290.33
		1	286	282	259	275.67
		2	335	346	358	346.33
		3	297	290	310	299.00
		4	259	228	287	258.00

ตารางผนวกที่ ข.46 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (centipoise) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
กข.6	แบบธรรมดา	0	1773	1776	1784	1777.67
		1	1689	1706	1681	1692.00
		2	1702	1714	1736	1717.33
		3	2085	2085	2101	2090.33
		4	1963	1950	1971	1961.33
	แบบสุญญากาศ	0	1773	1776	1784	1777.67
		1	1828	1785	1813	1808.67
		2	1946	1913	1960	1939.67
		3	2063	2049	2071	2061.00
		4	2037	2015	2057	2036.33
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	1702	1705	1655	1687.33
		1	1695	1798	1752	1748.33
		2	1662	1762	1846	1756.67
		3	2392	2369	2362	2374.33
		4	1807	1853	1880	1846.67
	แบบสุญญากาศ	0	1702	1705	1655	1687.33
		1	1713	1685	1690	1696.00
		2	1571	1627	1661	1619.67
		3	2570	2536	2547	2551.00
		4	1751	1752	1797	1766.67

ตารางผนวกที่ ข.47 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (centipoise) ของข้าวกล้องงอก พันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	-1015	-1019	-1037	-1023.67
		1	-1079	-1042	-998	-1039.67
		2	-792	-826	-861	-826.33
		3	-1181	-1182	-1163	-1175.33
		4	-1072	-1084	-1081	-1079.00
	แบบสุญญากาศ	0	-1015	-1019	-1037	-1023.67
		1	-1019	-1019	-1044	-1027.33
		2	-888	-882	-946	-905.33
		3	-1089	-1106	-1106	-1100.33
		4	-1061	-1093	-1100	-1084.67
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	462	407	431	433.33
		1	452	540	498	496.67
		2	506	580	594	560.00
		3	1064	1017	999	1026.67
		4	498	560	559	539.00
	แบบสุญญากาศ	0	462	407	431	433.33
		1	465	431	432	442.67
		2	329	357	410	365.33
		3	1167	1107	1122	1132.00
		4	500	491	532	507.67

ตารางผนวกที่ ข.48 แสดงค่าเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศเป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ			เฉลี่ย
			1	2	3	
กข.6	แบบธรรมดา	0	4.13	4.27	4.20	**4.20**
		1	4.13	4.20	4.20	**4.18**
		2	4.33	4.20	4.20	**4.24**
		3	4.27	4.27	4.20	**4.25**
		4	4.27	4.27	4.20	**4.25**
	แบบสุญญากาศ	0	4.13	4.27	4.20	**4.20**
		1	4.20	4.27	4.20	**4.22**
		2	4.13	4.27	4.20	**4.20**
		3	4.27	4.27	4.27	**4.27**
		4	4.13	4.20	4.13	**4.15**
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	5.87	6.13	5.87	**5.96**
		1	6.07	5.93	6.07	**6.02**
		2	6.13	6.07	6.07	**6.09**
		3	6.20	6.27	6.4	**6.29**
		4	6.27	6.00	6.07	**6.11**
	แบบสุญญากาศ	0	5.87	6.13	5.87	**5.96**
		1	6.00	6.20	6.27	**6.16**
		2	6.27	6.13	6.00	**6.13**
		3	6.13	6.20	6.07	**6.13**
		4	6.13	6.13	6.00	**6.09**

ตารางผนวกที่ ข.49 แสดงค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°C) **ของข้าว** กล้องงอกพันธุ์ กข.6 และพันธุ์ชัยนาท 2 ที่เก็บรักษาในถุงธรรมดาและในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน

พันธุ์ข้าว	วิธีเก็บรักษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
กข.6	แบบธรรมดา	0	66.40	68.10	68.10	67.53
		1	66.45	66.40	66.40	66.42
		2	67.95	68.05	67.25	67.75
		3	68.00	68.10	68.15	68.08
		4	67.15	68.10	68.15	67.60
	แบบสุญญากาศ	0	66.40	68.10	68.10	67.53
		1	66.35	68.20	67.30	67.28
		2	66.30	67.25	66.40	66.65
		3	68.20	67.00	68.10	67.77
		4	67.20	67.25	67.30	67.25
ชัยนาท 2	แบบธรรมดา	0	87.55	87.80	87.85	87.73
		1	87.85	87.80	87.80	87.82
		2	89.35	88.65	88.80	88.93
		3	89.40	90.30	90.25	89.98
		4	88.70	87.80	87.90	88.13
	แบบสุญญากาศ	0	87.55	87.80	87.85	87.73
		1	88.20	87.85	88.60	88.22
		2	89.05	88.60	88.65	88.77
		3	89.45	89.45	88.65	89.18
		4	88.70	88.55	87.70	88.32

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	: นายไพฑูรย์ ละลา
เกิดเมื่อ	: วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ.2525
สถานที่เกิด	: จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่ปัจจุบัน	: 29 หมู่ 3 ตำบล ช้างกลาง กิ่งอำเภอ ช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80250
การศึกษา	: ระดับประถมศึกษาที่ 1-4 โรงเรียนบ้านจันดี
	: ระดับประถมศึกษาที่ 4-6 โรงเรียนเทศบาลวัดมเหยงคณ์
	: ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัยนครศรีธรรมราช
	: ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาพืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	: ศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาพืชไร่) คณะบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง