

ผลของอุณหภูมิอบแห้งและการเก็บรักษาต่อปริมาณโอไรซานอลและคุณสมบัติ
ทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว

EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND STORAGE ON
ORYZANOL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF RICE

การ์นุ์ ฟุงบุนหัน
KARUN PHUNGBUNHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของอุณหภูมิอบแห้งและการเก็บรักษาต่อปริมาณโอรีซานอลและคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว

EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND STORAGE ON
ORYZANOL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF RICE



การ์นต์ ผึ้งบรรหาร

KARUN PHUNGBUNHAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

74569

- 3 ต.ค. 2550

b. 11279913
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชไร่

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

**EFFECT OF DRYING TEMPERATURE AND STORAGE ON
ORYZANOL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF RICE**

KARUN PHUNGBUNHAN

**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**

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของอุณหภูมิอบแห้งและการเก็บรักษาต่อปริมาณ โอรีซานอลและคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว
นักศึกษา	นายการ์นต์ ผึ้งบรรหาร
รหัสประจำตัว	47062204
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	พืชไร่
พ.ศ.	2549
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. อูมา แสงคราม

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองแรกเป็นการศึกษาปริมาณโอรีซานอล และคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวพันธุ์การค้าในประเทศไทย แบ่งเป็นข้าวเจ้า 5 พันธุ์ (ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี 1 ชัยนาท 1 หอมมะลิ และหอมแดง) และข้าวเหนียว 3 พันธุ์ (ข้าวพันธุ์กข. 6 สันป่าตอง และข้าวเก่า) นำข้าวทั้งหมดมาวิเคราะห์หาปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว และตรวจสอบลักษณะทางเคมี-ฟิสิกส์บางลักษณะ พบว่า ปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำของข้าวแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีปริมาณโอรีซานอลสูงสุดเท่ากับ 24.45 ppm รองลงมาคือข้าวเก่ามีค่า 20.83 ppm และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณโอรีซานอลต่ำสุดเท่ากับ 13.81 ppm ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณโอรีซานอลขึ้นอยู่กับพันธุ์ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับที่สีของเชื้อหุ้มเมล็ด และชนิดของข้าว สำหรับการทดสอบคุณสมบัติอื่นทางเคมี-ฟิสิกส์ พบว่า พันธุ์ข้าวมีปริมาณอะมิโลสแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าจะมีค่าอะมิโลส ระหว่าง 5.17 - 7.60 เปอร์เซ็นต์ และ 20.68 - 41.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของข้าวเจ้าสามารถแบ่งข้าวออกได้เป็นข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง และข้าวเจ้าอะมิโลสสูง โดยข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ จะมีการสลายตัวในค้างสูง และมีเปอร์เซ็นต์การคูดน้ำต่ำ เมื่อนำข้าวสารมาหุงต้มจะได้ข้าวที่หุงสุกเร็วกว่าข้าวอะมิโลสสูง

การทดลองที่สองเป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้ง และระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ต่อปริมาณโอรีซานอลและคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าว ดำเนินการทดลองโดยนำข้าวมาปรับให้มีความชื้นสูงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักสด) ซึ่งใกล้เคียงกับเมื่อเก็บเกี่ยวใหม่ แล้วนำมาลดความชื้นให้เหลือ 12-13 เปอร์เซ็นต์ โดยลดความชื้นในที่ร่ม และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส หลังลดความชื้นทำการเก็บรักษาข้าวในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 เดือน ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งมีผลต่อปริมาณโอรีซานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการลดความชื้นในที่ร่มทำให้ปริมาณโอรีซานอลในน้ำมัน

น้ำขุ่นมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13.42 ppm ในขณะที่การลดความขุ่นโดยการอบแห้งในทั้งสามระดับ อุณหภูมิทำให้ปริมาณโอรีซานอลมีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 12.49 – 12.55 ppm ในส่วนของ คุณสมบัติอื่นๆ พบว่า การลดความขุ่นโดยการอบแห้งจะทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักจากการ ชัดสีต่ำกว่าการลดความขุ่นในที่รม แต่จะทำให้ปริมาณอะมิโลสที่วิเคราะห์ได้และเปอร์เซ็นต์การ คูดน้ำระหว่างการหุงต้มมีค่าสูงกว่า สำหรับผลของการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณโอรีซานอลจะลดลง ตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณอะมิโลส และเปอร์เซ็นต์การคูดน้ำจะสูงขึ้น

Thesis Title	Effect of Drying Temperature and Storage on Oryzanol and Physico-Chemical Properties of Rice.
Student	Mr. Karun Phungbunhan
Student ID	47062204
Degree	Master of science
Program	Agronomy
Year	2006
Thesis Advisor	Dr. Uma Sangkram

ABSTRACT

Two experiments were conducted in this study. In the first experiment, 5 non-glutinous rice varieties (Patumtani 1, Supan Buri 1, Chainat 1, Khao Dawk Mali 105, KDML 105R – PSL – E – 14) and 3 sticky rice varieties (RD 6, Niaw San-pah-tawng, Purple rice) were milled. Rice bran was extracted for oil and then was analysed for gamma-oryzanol. Milled rice was also analysed for its physico-chemical properties. The results showed that the quantity of oryzanol was significantly different among rice varieties ($p \leq 0.05$). Patumtani 1 had the highest oryzanol content of 24.45 ppm while Chainat 1 had the lowest quantity of 13.81 ppm. For physico-chemical properties analysis, it was found that amylose contents of sticky rice varied between 5.17 – 7.60 % while those of non-glutinous rice were varied in the range of 20.68 – 41.33 %. Low amylose rice had high alkaline spreading value but had low water absorption during cooking.

In the second experiment, rice cv. Chainat 1 was used to study the effect of drying temperature and storage on oryzanol and physico-chemical properties. Rough rice was remoistened to about 20 % (wb.) and then dried to 12 – 13 % (wb.) by shade-drying and drying in hot-air oven at 50, 60 and 70 °C. After drying, rough rice was kept in polyethylene bag and stored for 8 months at room temperature. Before and every month during storage, rough rice was dehulled and milled to determine oryzanol content in rice bran oil and its physico-chemical properties. Shade-dried rice was found to have the highest oryzanol content of 13.42 ppm whereas rice dried in oven at 3 temperatures had the lower values in the range of 12.49 – 12.55 ppm. Besides of that, shade drying exhibited the higher breaking percentage of milled rice compared with oven-drying but oven-drying resulted in higher amylose content of rice and higher water absorption during cooking. For storage study, the result indicated that the increase in

storage time caused the decrease in oryzanol content and the increase in amylose content and water absorption

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ดร.อุมา แสงคร้าม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตลอดจนการให้ความรู้ คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.อารมย์ ศรีพิจิตร ผศ.ดร.ทรงยศ ดันพิพัฒน์ และดร. โสรดา วัลภา ที่ได้ให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างสูงต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณลำพิ่ง พุ่มจันทร์ ที่ถ่ายทอดความรู้และช่วยเหลือการทดลองเสมอมา คุณสมมาตร อยู่ยิ่งสถาพร คุณสุมาลีกาญจน์ ค้างทอง คุณจุฑามาศ วาสีกรัตน์ คุณไพฑูรย์ ละล่านักศึกษาปริญญาโท สาขาพืชไร่ เจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือและมีส่วนร่วมในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ พี่ๆ บริษัท จาร์พา เทคโนโลยี สำหรับความรู้การใช้เครื่องวัดค่าความชื้น และการต้อนรับเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อทวีศักดิ์ คุณแม่ชูศรี พี่บรรรหาร และสมาชิกในครอบครัว ที่มีความเข้าใจ ให้โอกาสทางการศึกษา และเป็นกำลังใจตลอดมา

กานันต์ พี่บรรรหาร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	XI
สารบัญตารางผนวก.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ข้าวและความสำคัญของข้าว.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	4
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวบางชนิดในประเทศไทย.....	5
2.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว.....	7
2.3 คุณสมบัติของข้าว.....	8
2.4 คุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน.....	12
2.5 กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว.....	13
2.6 การลดความชื้นของข้าว.....	14
2.7 ผลของอุณหภูมิในการลดความชื้นต่อคุณสมบัติของข้าว.....	15
2.8 การเก็บรักษา.....	17
2.9 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวระหว่างการเก็บรักษา.....	17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	20
3.1 อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง.....	20
3.2 สถานที่การดำเนินงานวิทยานิพนธ์.....	21
3.3 ระยะเวลาการดำเนินงาน.....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 วิธีการทดลอง.....	21
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	26
4.1 การศึกษาปริมาณโอรีซานอล และคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ ของพันธุ์ข้าวบางชนิดในประเทศไทย	26
4.1.1 ปริมาณโอรีซานอล.....	27
4.1.2 ปริมาณอะมิโลส.....	27
4.1.3 การสลายเมล็ดข้าวในค้าง.....	28
4.1.4 การดูคูน้าของข้าว.....	28
4.1.5 ค่าความหนืดที่วัดได้จากเครื่อง RVA.....	30
4.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว และคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ของข้าว.....	32
4.2.1 ปริมาณโอรีซานอล.....	32
4.2.2 ปริมาณอะมิโลส.....	32
4.2.3 การสลายเมล็ดข้าวในค้าง.....	35
4.2.4 การดูคูน้าของข้าว.....	35
4.2.5 ค่าความหนืดที่วัดได้จากเครื่อง RVA.....	37
4.2.6 เพอร์เซ็นต์การแตกหัก.....	45
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	47
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง.....	49
บรรณานุกรม.....	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	55
ภาคผนวก 1.....	56
ภาคผนวก 1.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานแกมมาไอรีซานอล.....	56
ภาคผนวก 1.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานอะมิโลส.....	57
ภาคผนวก 2.....	58
ประวัติส่วนตัว.....	87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวทั่วโลกและประเทศไทย.....	1
1.2	แสดงปริมาณการส่งออกตามชนิดและราคาข้าวของไทยระหว่างปี 2003 – 2005.....	2
2.1	แสดงสัดส่วน โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....	8
2.2	แสดงเปรียบเทียบรูปร่างและขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร.....	9
2.3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว.....	12
2.4	แสดงลักษณะข้าวหุงสุกตามปริมาณอะมิโลส.....	12
3.1	แสดงระดับค่าการสลายเมล็ดข้าวในค้าง.....	23
4.1	แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณ โอรีซานอลและคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์บาง ลักษณะของข้าว 8 พันธุ์.....	26
4.2	แสดงค่าวิเคราะห์ที่วัดได้จากเครื่อง RVA.....	31
4.3	แสดงปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธี ต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	34
4.4	แสดงปริมาณอะมิโลส (%) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	34
4.5	แสดงปริมาณการคูดน้ำ (%) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	36
4.6	แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่งลด ความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	38
4.7	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่งลด ความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	39
4.8	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่ง ลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	40
4.9	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	41
4.10	แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่งลด ความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	42
4.11	แสดงค่าเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ของข้าวพันธุ์ชัชนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	43

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.12	แสดงอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) ($^{\circ}\text{C}$) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	44
4.13	แสดงปริมาณการแตกหัก (%) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	45

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงแนวทางการใช้ประโยชน์จากข้าว.....	3
2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างเมล็ดข้าวเปลือก.....	7
2.2 แสดงโครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน.....	11
2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของข้าวขณะการเก็บรักษา.....	18
3.1 แสดงระดับการสลายตัวในต่าง.....	24
3.2 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA.....	25
4.1 แสดงปริมาณโอรีซานอลของข้าว 8 พันธุ์.....	27
4.2 แสดงปริมาณอะมิโลสของข้าว 8 พันธุ์.....	28
4.3 แสดงการสลายตัวในต่างของข้าวทั้ง 8 พันธุ์.....	29
4.4 แสดงปริมาณการดูดน้ำของข้าว 8 พันธุ์.....	30
4.5 แสดงปริมาณ โอรีซานอล (ppm) จากผลของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60(—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน	33
4.6 แสดงปริมาณอะมิโลส (%) จากผลของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60(—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	34
4.7 แสดงผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อค่าการสลายเมล็ดในต่างก่อนเก็บรักษา.....	35
4.8 แสดงปริมาณการดูดน้ำ (%) จากผลของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60(—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	37
4.9 แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU) จากผลของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60(—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	38
4.10 แสดงจากผลค่าการคืนตัว (setback) (RVU) ของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60(—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	42
4.11 แสดงผลอุณหภูมิการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°ซ) ของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60(—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	44
4.12 แสดงการแตกหัก (%) ของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60(—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน.....	46

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
ผ 1 แสดงข้อมูลโอรีซานอล (ppm).....	58
ผ 2 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้น (%).....	58
ผ 3 แสดงข้อมูลอะมิโลส (%).....	59
ผ 4 แสดงข้อมูลการสลายเมล็ดข้าวในค่าง (คะแนน).....	59
ผ 5 แสดงข้อมูลปริมาณการคูดน้ำของเมล็ดข้าว (%).....	60
ผ 6 แสดงข้อมูลความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU).....	60
ผ 7 แสดงข้อมูลความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (RVU).....	61
ผ 8 แสดงข้อมูลความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (RVU).....	61
ผ 9 แสดงข้อมูลความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (RVU).....	62
ผ 10 แสดงข้อมูลความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (RVU).....	62
ผ 11 แสดงข้อมูลเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที).....	63
ผ 12 แสดงข้อมูลอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°ซ).....	63
ผ 13 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อปริมาณ โอรีซานอล (ppm).....	64
ผ 14 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อปริมาณอะมิโลส (%).....	65
ผ 15 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อปริมาณการคูดน้ำของเมล็ดข้าว (%).....	67
ผ 16 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU).....	68
ผ 17 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (RVU).....	70
ผ 18 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (RVU).....	71
ผ 19 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (RVU) (final viscosity).....	73
ผ 20 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (RVU).....	74

สารบัญญัตรางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
ผ 21	แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที).....	76
ผ 22	แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่ออุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°ซ).....	77
ผ 23	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของข้าว 8 พันธุ์....	79
ผ 24	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอะมิโลส (%) ของข้าว 8 พันธุ์.....	79
ผ 25	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการดูดน้ำ (%) ของข้าว 8 พันธุ์.....	79
ผ 26	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์	79
ผ 27	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์	80
ผ 28	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์.....	80
ผ 29	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์.....	80
ผ 30	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์.....	80
ผ 31	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ของข้าว 8 พันธุ์.....	81
ผ 32	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°ซ) ของข้าว 8 พันธุ์.....	81
ผ 33	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโอรีซานอล (ppm) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	82
ผ 34	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอะมิโลส (%) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	82
ผ 35	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการดูดน้ำ (%) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	83

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ผ 36 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	83
ผ 37 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	84
ผ 38 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	84
ผ 39 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อเย็นตัว (final viscosity) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	85
ผ 40 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	85
ผ 41 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	86
ผ 42 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°ซ) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา.....	86

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ข้าวและความสำคัญของข้าว

ข้าวเป็นอาหารหลักอันดับ 3 ของโลกและเป็นอันดับแรกในประเทศแถบเอเชีย โดยมีการบริโภคสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้าซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถทนต่อสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นถิ่นแห้งแล้งแบบทะเลทราย พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมหรือบนเทือกเขาสูง ด้วยเหตุนี้จึงมีการเพาะปลูกข้าวมากกว่า 100 ประเทศทั่วโลก ยกเว้น ทวีปแอนตาร์กติกา (Juliano, 1985) สายพันธุ์ของพืชตระกูลข้าว มีมากถึง 120,000 สายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่รู้จักและนำมาปลูกแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ ข้าวปลูกเอเชีย (*Oryza sativa*) และ ข้าวปลูกแอฟริกา (*Oryza glaberrima*) ซึ่งปลูกเฉพาะในทวีปแอฟริกา (มูลนิธิข้าวไทย, 2549)

พื้นที่ผลิตข้าวทั่วโลกและของไทยในช่วงปี 2004/05 ถึงปี 2006/07 พบว่า ทั่วโลกและประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวเพิ่มมากขึ้น โดยปีเพาะปลูก 2006/07 ทั่วโลกมีพื้นที่เพาะปลูก 153.16 ล้านเฮกตาร์ ปริมาณการผลิตข้าวเปลือก 4.06 เมตริกตันต่อเฮกตาร์และข้าวสาร 417.81 ล้านเมตริกตัน สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูก 10.34 ล้านเฮกตาร์ ปริมาณการผลิตข้าวเปลือก 2.17 เมตริกตันต่อเฮกตาร์และข้าวสาร 18.50 ล้านเมตริกตัน ซึ่งสูงกว่าปีเพาะปลูก 2004/05 (ตารางที่ 1.1) ด้านการส่งออกข้าวในตลาดโลก ปี 2003 - 2005 ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุด โดยปี 2004 มีปริมาณการส่งออก 10.137 ล้านเมตริกตัน จากทั่วโลกทั้งหมด 27.184 ล้านเมตริกตัน โดยการส่งออกข้าวของไทยแบ่งตามชนิดของข้าว ได้แก่ ข้าวสารขาวและข้าวหอมมะลิ ซึ่งนับว่ามีมูลค่าและความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ (ตารางที่ 1.2) (Board of Trade of Thailand, 2549)

ตารางที่ 1.1 แสดงพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวทั่วโลกและประเทศไทย (USDA, 2549)

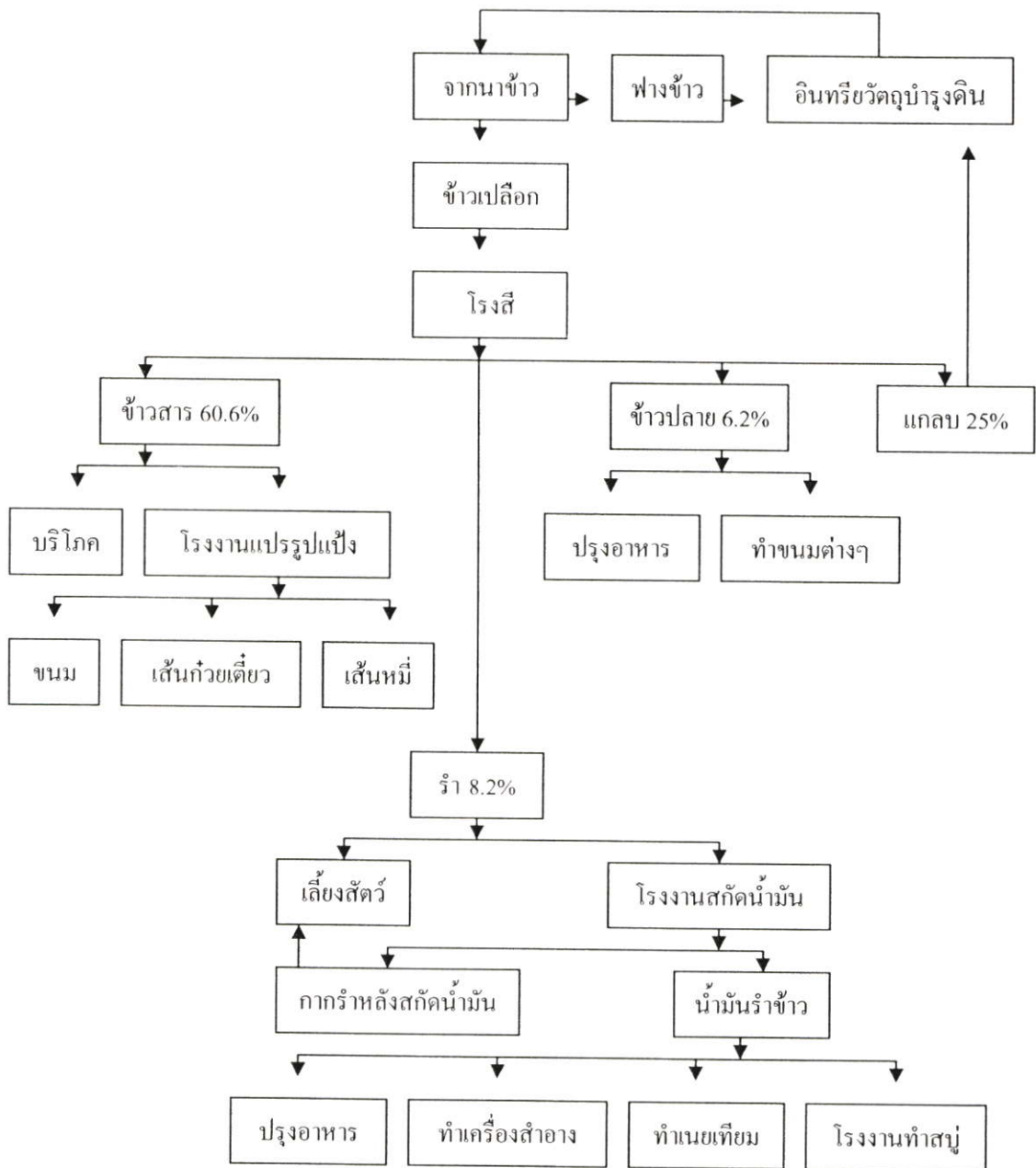
	ทั่วโลก			ไทย		
	2004/05	2005/06	2006/07	2004/05	2005/06	2006/07
พื้นที่ (ล้านเฮกตาร์)	149.64	151.87	153.16	10.00	10.22	10.34
ข้าวเปลือก (เมตริกตัน/เฮกตาร์)	3.98	4.08	4.06	2.63	2.70	2.71
ข้าวสาร (ล้านเมตริกตัน)	400.49	415.78	417.81	17.36	18.20	18.50

ตารางที่ 1.2 แสดงปริมาณการส่งออกตามชนิดและราคาข้าวของไทยระหว่างปี 2003 – 2005
(Board of Trade of Thailand. 2549)

ปี	ข้าวสารขาว (ล้านเมตริกตัน)	ราคา (พันล้านบาท)	ข้าวหอมมะลิ (ล้านเมตริกตัน)	ราคา (พันล้านบาท)
2003	5.30	43.73	2.25	32.31
2004	7.86	74.35	2.25	35.88
2005	5.00	56.01	2.27	35.71

การใช้ประโยชน์จากข้าวอาจนำมาบริโภคโดยตรงในรูปข้าวสาร หรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แป้งข้าว ขนมอบกรอบ ก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น (ภาพที่ 1.1) นอกจากนี้ยังมีการนำผลพลอยได้จากกระบวนการขัดสีข้าว ได้แก่ รำข้าวมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมัน (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2542)

น้ำมันรำข้าวเป็นแหล่งสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย จัดเป็นน้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สารประกอบที่สำคัญได้แก่ โทโคเฟอรอล (tocopherols) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienols) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มวิตามินอี นอกจากนี้น้ำมันในรำข้าวยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประโยชน์และสารบางชนิด ซึ่งพบมากในน้ำมันรำข้าวแต่พบน้อยมากในธัญพืชชนิดอื่น ได้แก่ โอรีซานอล (oryzanol) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารกันหืน (antioxidant) ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมา (Lichenstein *et al.* 1994) องค์ประกอบทางเคมีของข้าวและรำข้าว จะผันแปรกับชนิดและพันธุ์ รวมทั้งการปฏิบัติก่อนและหลังเก็บเกี่ยว Lloyd *et al.* (2000) พบว่า พันธุ์ข้าวมีบทบาทต่อปริมาณโอรีซานอล โดยข้าวเมล็ดยาวมีปริมาณโอรีซานอลสูงกว่าข้าวเมล็ดสั้น 15 เปอร์เซ็นต์ Kaladee *et al.* (2003) พบว่า ปริมาณโอรีซานอลขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรม โดยความเข้มของสีเมล็ดข้าวสามารถบ่งชี้โอรีซานอลในเมล็ดข้าวได้ ในทางตรงกันข้าม Chunchenchop (1999) พบว่า ปริมาณโอรีซานอลขึ้นอยู่กับพันธุ์ ไม่ได้ขึ้นกับสีของเมล็ดข้าว ดังนั้นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณโอรีซานอล ทั้งเรื่องพันธุ์ข้าว อุณหภูมิอบแห้ง และการเก็บรักษา จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะใช้เป็นแนวทางให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคน้ำมันรำข้าว และเป็นแนวทางการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าจากข้าวไทยในอนาคต



ภาพที่ 1.1 แสดงแนวทางการใช้ประโยชน์จากข้าว (กรมการข้าว, 2549)

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณ โอรีซานอลและคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของพันธุ์ข้าวที่ผลิตในเชิงการค้าในประเทศไทย

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่มีผลต่อปริมาณ โอรีซานอล และคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ฐานข้อมูลปัจจัยในเรื่องพันธุ์ข้าวและกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อปริมาณ โอรีซานอลและคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ ของข้าว

1.3.2 ข้อมูลจากการศึกษาโดยรวมจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว ตลอดจนการพัฒนาและการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากข้าว

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวบางชนิดในประเทศไทย

ข้าวที่ปลูกและซื้อขายในตลาดโลกเกือบทั้งหมดเป็นข้าวปลูกเอเชีย แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะและพื้นที่ปลูก (สมาคมผู้ส่งข้าวออกต่างประเทศ. 2549) ดังนี้

1. ข้าวอินดิกา (indica) เป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดเรียวยาวรี ลำต้นสูง นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชียเขตร้อน ตั้งแต่ จีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย และศรีลังกา
2. ข้าวจาปอนิกา (japonica) มีลักษณะค่อนข้างเหนียว เมล็ดป้อมกลมรี นิยมปลูกในเขตอบอุ่น ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี รัสเซีย ยุโรป และอเมริกา
3. ข้าวจาวานิกา (javanica) เป็นข้าวลักษณะเมล็ดป้อมใหญ่สันนิษฐานว่าเป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่างข้าวอินดิกาและจาปอนิกา นิยมเพาะปลูกใน อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ได้หวัน หมู่เกาะริวกิว และญี่ปุ่น

ในประเทศไทยมีการบริโภคข้าว 2 ชนิดคือ ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งข้าวทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันทั้งทางกายภาพและทางเคมี ทั้งนี้ในกลุ่มของข้าวเจ้าและข้าวเหนียว พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันจะมีลักษณะประจำพันธุ์ที่แตกต่างกันด้วย ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวพันธุ์การค้าที่สำคัญของไทยบางพันธุ์ มีลักษณะประจำพันธุ์ดังนี้ (กรมการข้าว. 2549)

ข้าวเจ้า

พันธุ์ปทุมธานี 1 (Patumtani 1) เป็นข้าวที่คัดเลือกมาจากกลุ่มผสมเดี่ยวระหว่างข้าวหอมสายพันธุ์ BKNA6-18-3-2 และ PTT85061-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ทั้งสายพันธุ์แม่และพ่อ มีเชื้อความหอมจากพันธุ์ข้าว กข. 15 และข้าวหอมมะลิ ลักษณะดีเด่น เป็นข้าวเจ้าหอมไม่วิเคราะห์แสงที่มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง 15.53 – 17.45 เปอร์เซ็นต์ (สุนันทา วงศ์ปิยชน และคณะ. 2548) อ้างโดย ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2549) ลักษณะเมล็ดทางกายภาพมีเมล็ดเรียวยาวคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวหุงสุ่ง่าย เมื่อหุงสุ่งมีลักษณะนุ่มเหนียว เช่นเดียวกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง ด้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่าข้าวเจ้าหอมคลองหลวง 1 ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรีและข้าวเจ้าชัยนาท 1 ผลผลิตค่อนข้างสูง ประมาณ 650-774 กิโลกรัมต่อไร่

พันธุ์สุพรรณบุรี 1 (Suphan Buri 1) ได้มาจากการคัดพันธุ์แบบสืบตระกูล ตั้งแต่ พ.ศ. 2528 โดยการผสมพันธุ์ระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของ IR25393-57-2-3/RD23/IR27316-96-3-2-2 และพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ SPRLR77205-3-2-1/SPRLR79134-51-2-2 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี โดยเลือกลักษณะดีและต้านทานโรคแมลงในสภาพธรรมชาติ มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง

16.93 – 27.81 เปอร์เซ็นต์ (สุนันทา วงศ์ปิยชน และคณะ.2548 อ้างโดยศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2549) ลักษณะเด่นของพันธุ์คือ มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูง และตอบสนองต่อปุ๋ยดี มีความต้านทานต่อโรคแมลงที่สำคัญแบบ multiple resistance ให้ผลผลิตเฉลี่ย 806 กิโลกรัมต่อไร่

พันธุ์ชัชนาท 1 (Chainat 1) ได้มาจากการผสม 3 ทาง ระหว่างข้าวสายพันธุ์ IR13146-158-1 กับ IR15314-43-2-3-3 และ BKN6995-16-1-1-2 ที่สถานีทดลองข้าวชัชนาท เมื่อ พ.ศ. 2525 ปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวชัชนาท จนได้สายพันธุ์CNTBR82075-43-2-1 ลักษณะดีเด่น มีความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญหลายชนิดเมล็ดขาวกว่า กช. 23 และมีท้องไข่น้อย ผลผลิตสูงเฉลี่ย 740 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง 26.99 – 17.8 เปอร์เซ็นต์ (สุนันทา วงศ์ปิยชน และคณะ.2548 อ้างโดยศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2549)

พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105) พบครั้งแรกในท้องที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เดิมชื่อพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 4-2-105 (เลข 4 หมายถึง ท้องดินที่เก็บรวบรวม คืออำเภอบางคล้า เลข 2 หมายถึง หมายเลขประจำพันธุ์ คือ พันธุ์ข้าวพันธุ์ที่ 2 (ข้าวดอกมะลิ และ 105 หมายถึง รวงที่ 105) ต่อมาจึงเรียกว่า ข้าวดอกมะลิ 105 แต่มักนิยมเรียกสั้นๆว่า ข้าวหอมมะลิ ลักษณะเด่นคือ ทนแล้งได้ดีพอสมควร ปลูกเป็นข้าวไร่ได้ ทนต่อสภาพดินเปรี้ยวและดินเค็ม เป็นข้าวต้นสูง อายุค่อนข้างเบา จึงเก็บเกี่ยวได้ง่ายและเร็ว เมล็ดคนวงง่าย มีคุณภาพเมล็ดในเรื่องการขัดสีดี ได้เมล็ดข้าวสารใสและแข็งแรง คุณภาพการหุงต้มดี ข้าวสุกมีกลิ่นหอมและอ่อนนุ่ม ให้ผลผลิต 363 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกได้ในที่ลุ่มทั่วไปที่มีระดับน้ำลึกไม่เกิน 80 เซนติเมตร มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง 15.1 – 16.35 (สุนันทา วงศ์ปิยชน และคณะ.2548 อ้างโดยศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2549)

พันธุ์ข้าวหอมแดง ได้จากแปลงคัดเลือกข้าว พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ซึ่งได้คัดเลือกและพัฒนาพันธุ์จนได้สายพันธุ์ KDML 105 R - PSL-E-14 เป็นพันธุ์อายุเบาไวต่อช่วงแสง มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ให้ชื่อว่า ข้าวหอมแดง ลักษณะเด่นคือ ทนน้ำท่วมได้ดีพอสมควรหลังปักดำแล้วประมาณ 45 วัน เป็นพันธุ์ข้าวต้นสูงที่ต้านทานโรคใบหงิก (งู) โรคกาบใบแห้ง โรคไหม้ ระยะการรวง ข้าวสารที่สีได้มีคุณภาพดี ข้าวหุงสุกจะนุ่ม เหมาะที่จะใช้ปลูกเป็นข้าวนาปรัง สามารถเก็บเกี่ยวได้ทันฤดูกาลก่อนที่น้ำเค็มจะไหลบ่าเข้ามาในเขตที่มีน้ำเค็มขึ้นถึง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 600 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกได้ในภาคกลางที่ระดับน้ำลึกไม่เกิน 80 เซนติเมตร

ข้าวเหนียว

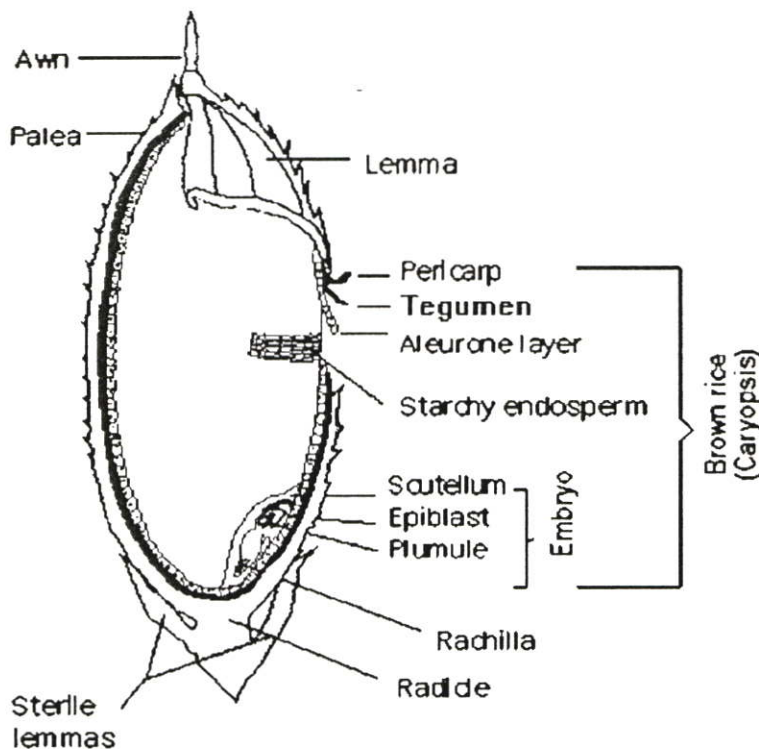
พันธุ์ กช 6 (RD 6) ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ โดยการใช้รังสีแกมมาชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้กลายเป็นพันธุ์ข้าวเหนียว ลักษณะเด่นคือ คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่าย ตอบสนองต่อปุ๋ยดี คุณภาพการขัดสีดีให้ผลผลิตประมาณ 666 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง 5.53 – 5.57 เปอร์เซ็นต์ (สุนันทา วงศ์ปิยชน และคณะ.2548 อ้างโดยศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2549)

พันธุ์เหนียวสันป่าตอง (Niaw San - pah - tawng) สันนิษฐานว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์ของข้าวเหลืองใหญ่ 10 (Mutation) เดิมเรียกว่าข้าวเหนียวปนเหลืองใหญ่ 10 ลักษณะเด่นคือ เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพนาลุ่ม ทนดินเค็ม อายุเก็บเกี่ยวปานกลางให้ผลผลิตดี รวงยาว เมล็ดได้มาตรฐาน คุณภาพการหุงต้มอ่อนนุ่ม ให้ผลผลิตเฉลี่ย 520 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในช่วง 5.86 – 6.56 เปอร์เซ็นต์ (สุนันทา วงศ์ปิยชน และคณะ.2548 อ้างโดยศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2549)

พันธุ์ข้าวกำ (Purple rice) ในภาษาพื้นเมืองภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า ข้าวกำ ตามสีเมล็ดที่แดงเข้ม หรือที่เรียกว่า แดงกำ คือสีม่วง ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองโบราณเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปตามแหล่งที่ปลูก และได้การยอมรับเป็นข้าวพันธุ์หนึ่งในนวัตกรรมปลูกข้าว ในการประกวดข้าว งานการแสดงผลกรรมแลพานิชการ ครั้งที่ 1 ปี ร.ศ.129 (มดิชนรายวัน. 2550)

2.2 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว ประกอบด้วย ส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เปลือก ส่วนสะสมอาหาร เชื้อหุ้มเมล็ด และคัพภะ ในสัดส่วนร้อยละ 16–28, 89–94, 4–6 และ 2–3 ตามลำดับ (ภาพที่ 2.1 และตารางที่ 2.1) ซึ่งเห็นได้ว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเมล็ดเป็นส่วนสะสมอาหาร ซึ่งเป็นส่วนที่นำไปบริโภคและใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างเมล็ดข้าวเปลือก (นิรนาม, 2549)

ตารางที่ 2.1 แสดงสัดส่วน โครงสร้างของเมล็ดข้าว (เครือข่ายวิจัยอิสระสุข. 2536)

โครงสร้างเมล็ด	สัดส่วน %	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงสัดส่วน
ข้าวเปลือก	100	-
แกลบ	20	16 - 28
ข้าวกล้อง	80	72 - 84
ข้าวกล้อง	100	-
เยื่อหุ้มเมล็ด	5	4 - 6
เยื่อหุ้มผล	1.5	1 - 2
เนื้อเมล็ด	90.5	89 - 94
คัพภะ	3	2 - 3
คัพภะ	3	-
รากอ่อน	0.18	-
ต้นอ่อน	0.13	-
เยื่อหุ้มรากอ่อน	0.18	-
ใบเลี้ยง	1.29	1.18 - 1.40
ท่อน้ำท่ออาหาร	0.26	-
อื่น ๆ	0.75	-

2.3 คุณสมบัติของข้าว

คุณสมบัติของข้าว แบ่งออกได้เป็นคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางเคมีจะสัมพันธ์กับคุณภาพการหุงต้ม (cooking quality) และคุณภาพการรับประทาน (eating quality) (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547)

1. คุณสมบัติทางกายภาพของข้าว หมายถึง ลักษณะ รูปร่าง และขนาดเมล็ดของข้าวที่สามารถมองเห็นได้ สัมผัส และชั่ง ตวง วัด ได้ ซึ่งได้แก่ น้ำหนักเมล็ด สีเปลือกของข้าวเปลือก สีข้าวกล้อง ขนาดและรูปร่างของเมล็ด ลักษณะท้องไข่ ความเลื่อมมันของเมล็ด ความขาวของข้าวสาร และ ความใสของเมล็ด (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง. 2535)

น้ำหนักเมล็ด แบ่งได้ 2 แบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาตร เช่น กรัมต่อลิตร กิโลกรัมต่อถัง แบบที่สองเป็นน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด เช่น กรัมต่อ 100 เมล็ด หรือ กรัมต่อ 1000 เมล็ด

สีเปลือกของข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำของข้าวแต่ละพันธุ์ มีหลายสี เช่น สีขาว ฟาง น้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม น้ำตาลทอง เป็นต้น สำหรับข้าวในประเทศไทยสีเปลือกส่วนใหญ่เป็นสีขาว หรือสีฟาง

สีข้าวกล้อง เป็นลักษณะประจำพันธุ์เหมือนกับสีเปลือกของข้าวเปลือกมีสีต่างๆกัน เช่น ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงถึงม่วงเกือบดำ สำหรับประเทศไทยจัดสีข้าวกล้องเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ขาว น้ำตาล แดง และม่วงดำ

ขนาดและรูปร่าง เป็นลักษณะประจำพันธุ์ การจำแนกจะใช้เกณฑ์มาตรฐานการซื้อขายข้าวของไทย โดยวัดขนาดเป็นความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และการวัดความหนาของเมล็ด ดังนี้

ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะจากปลายยอดเมล็ดถึงโคนเมล็ด

ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ส่วนกว้างสุดระหว่างเปลือกใหญ่ถึงเปลือกเล็ก

ความหนาของเมล็ด หมายถึง ระยะทางมากสุดระหว่างเปลือกใหญ่ด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

เมื่อเปรียบเทียบ ข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร รูปร่างเมล็ดข้าวแบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่ รูปร่างเรียวย ปานกลาง และป้อม (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบรูปร่างและขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร (Webb, 1991)

ชนิดเมล็ด	ลักษณะเมล็ด	ความยาว มม.	ความกว้าง มม.	อัตราส่วน ยาว/กว้าง	ความหนา มม.	นน.เมล็ด มก./เมล็ด
ข้าวเปลือก	ยาว	8.7-9.9	2.3-2.5	3.41-4.0:1	1.8-2.0	21-24
	ปานกลาง	7.8-8.4	2.9-3.2	2.51-2.8:1	1.9-2.2	23-25
	สั้น	7.2-7.3	2.9-3.4	2.11-2.4:1	2.0-2.3	24-29
ข้าวกล้อง	ยาว	6.8-8.0	2.0-2.3	3.01-3.8:1	1.6-1.9	16-20
	ปานกลาง	5.8-6.3	2.4-2.8	2.21-2.7:1	1.8-2.1	18-22
	สั้น	5.2-5.4	2.6-3.0	1.81-2.0:1	1.9-2.1	20-23
ข้าวสาร	ยาว	6.5-7.5	1.9-2.2	3.01-3.7:1	1.5-1.8	15-21
	ปานกลาง	5.4-6.0	2.3-2.7	2.11-2.6:1	1.7-1.9	17-21
	สั้น	5.0-5.2	2.5-2.9	1.71-2.0:1	1.8-2.0	18-22

ข้าวท้องไข หมายถึง จุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดในเนื้อเมล็ดข้าวสาร มี 3 ลักษณะคือ จุดขาวขุ่นตรงกลาง (white center) จุดขาวขุ่นด้านท้องเมล็ดด้านเดียวกับคัพภะ (white belly) และจุดขาวขุ่น

ด้านหลังเมล็ดด้านตรงข้ามคัพพะ (white back) ข้าวท้องไขเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่บ่งบอกคุณภาพ และราคาข้าวเปลือก เนื่องจากข้าวที่เป็นท้องไขมาก เมื่อสีจะทำให้ข้าวหักมาก และผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมข้าวสารเจ้าที่ใสมากกว่าที่มีจุดขาวในเนื้อเมล็ด ข้าวสารเจ้าท้องไขมากจะขายได้ในราคาที่ไม่ดี

ความเลื่อมมันของเมล็ด เป็นปัจจัยในการประเมินคุณภาพและราคาข้าว เนื่องจากข้าวกล้องที่เลื่อมมันมากเมื่อขัดสีจะได้ข้าวเต็มเมล็ดมาก ข้าวสารแตกหักน้อย

ความขาวของข้าวสาร ความขาวเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐาน ความขาวของข้าวอาจเกิดจากระดับการขัดสีข้าวเปลือก และข้าวเก่าเมื่อนำไปสีจะมีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่

ความใสของเมล็ด เป็นความโปร่งแสงโดยแสงส่องผ่านได้ทั้งเมล็ดข้าว แม้เป็นข้าวเจ้าชนิดเดียวกันความใสของเมล็ดก็ต่างกันตามสิ่งแวดล้อมที่ปลูก ขณะเดียวกันข้าวเหนียวจะมีความทึบแสง

2. คุณสมบัติทางเคมีของข้าว หมายถึง องค์ประกอบทางเคมีซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 โดยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ได้แก่แป้ง ซึ่งประกอบด้วยเม็ดแป้ง 2 ชนิด คือ อะมิโลส (amylose) และ อะมิโลเพคติน (amylopectin)

อะมิโลส ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น ด้วยพันธะ α -1,4 โครงสร้างอะมิโลสมีหลายรูปแบบเช่น สายตรง สายเกลียว (helix)

อะมิโลเพคติน ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์มีโซ่กิ่งเป็นแขนงจำนวนมากต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 และอีก 4% ต่อกันด้วยพันธะ α -1,6 โครงสร้างของอะมิโลเพคตินมีลักษณะกิ่งก้านในลักษณะโซ่กิ่งเกลียวคู่ (ภาพที่ 2.2)

สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินจะแตกต่างกันในข้าวแต่ละชนิด และแต่ละพันธุ์ โดยข้าวที่มีอะมิโลสต่ำ เมื่อนำไปหุงต้มจะได้ข้าวที่มีลักษณะเหนียวนุ่ม ข้าวหุงจะง่าย ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงเมื่อนำไปหุงต้มจะ่วนแข็งและหุงขึ้นหม้อ (ตารางที่ 2.4) (งามชื่น คงเสรี. 2546)

สำหรับปริมาณโปรตีนในข้าวจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ โปรตีนจะสะสมตามส่วนต่างๆ พบมากในชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด และเนื้อเมล็ดด้านนอกมีมากกว่าด้านในเมล็ด

ส่วนไขมันจะมีประมาณ 3% โดยน้ำหนัก ซึ่งพบบริเวณส่วนนอกมากกว่าใจกลางของเมล็ด การขัดสีจะทำให้ไขมันออกไปพร้อมรำ และคงเหลือในส่วนเนื้อเมล็ดประมาณ 0.3 – 0.5%

นอกจากคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญทั้ง 3 ชนิด และองค์ประกอบอื่นดังแสดงในตารางที่ 2.3 แล้วในข้าวยังพบสารอาหารที่สำคัญซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ แกมมาอะมิโนบิวไทริก แอสิด (gamma aminobutyric acid : GABA) ซึ่งเร่งกระบวนการเผาผลาญพลังงานในสมอง ป้องกันภาวะความดันต่ำ ป้องกันอาการปวดหัวหรือภาวะซึมเศร้า ซึ่งเป็นผลจากเส้นเลือดแดงในสมองหนา จากการที่คลอเรสเตอรอลไปเกาะที่ผนังเส้นเลือด ป้องกันภาวะผิดปกติของผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ลดอาการหงุดหงิด และกระตุ้นการทำงานของไต นอกจากนี้ยังมีแกมมาโอริซานอล (gamma

oryzanol) หรือ โอรีซานอลเป็นสารธรรมชาติที่ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1954 โดยพบเฉพาะในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น (นฤมล จิยโชค. 2547) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าวิตามินอีประมาณ 20 เท่า

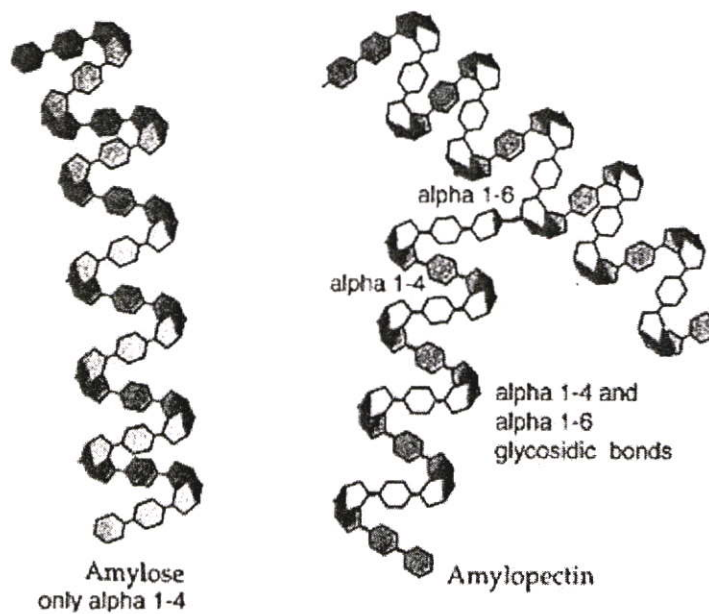
โอรีซานอลเป็นกลุ่มของสารที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นองค์ประกอบเอสเทอร์ของกรดเฟอร์รูริกและสเตียรอล หรือไตรเทอร์พีน แอลกอฮอล์ (Saska and Rossiter, 1998) คุณสมบัติของโอรีซานอลซึ่งให้ไว้โดย เรวดี จงสุวัฒน์ (2547) ได้แก่

(1) ทำหน้าที่เป็นสารแอนติออกซิแดนซ์คล้ายกับวิตามินอี ในการลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่แกมมาโอรีซานอลสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเลสเตอรอลได้สูงกว่าวิตามินอี จึงนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์

(2) ลดการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในตับ และลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลของร่างกาย

(3) ช่วยรักษาอาการของระบบประสาทที่ทำงานผิดปกติ และภาวะหลังหมดประจำเดือนที่แปรปรวน โดยคาดว่าจะไปมีผลกับระบบฮอร์โมน

(4) ช่วยส่งเสริมการสร้างกล้ามเนื้อ มักใช้กันมากในกลุ่มของนักกีฬา เนื่องจากมีผลต่อการปลดปล่อยสารเอนโดฟิน และการเพิ่มระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน เนื่องจากโอรีซานอลมีประโยชน์หลายประการ จึงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายทั้งทางด้านอาหาร เครื่องสำอาง และทางการแพทย์



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน (Anon. 2006)

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าว (David and Dendy. 2001)

องค์ประกอบทางเคมี	คำนวณจากน้ำหนักแห้ง	
	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
คาร์โบไฮเดรต (%)	88	91
โปรตีน (%)	8.5	7.6
ไขมัน (%)	2.2	0.5
เถ้า (%)	1.4	0.6
เส้นใย (%)	1	0.3
ซิลิกา (มก./100 ก.)	50	45
แคลเซียม (มก./100 ก.)	36	27
ฟอสฟอรัส (มก./100 ก.)	251	106
เหล็ก (มก./100 ก.)	1.8	0.9
โซเดียม (มก./100 ก.)	10	6
โปแทสเซียม (มก./100 ก.)	243	105
ไอโอดีน (มก./100 ก.)	4	3
ไทอามีน(มก./100 ก.)	0.4	0.08
ไรโบฟลาวิน(มก./100 ก.)	0.05	0.03
ไนเอซิน(มก./100 ก.)	5	2

ตารางที่ 2.4 แสดงลักษณะข้าวหุงสุกตามปริมาณอะมิโลส (งามชื่น กงเสรี. 2546)

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	26-34	ร่วนแข็ง

2.4 คุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน

คุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทานของข้าวจะสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าว นิยมตรวจวัดจากค่าต่อไปนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547)

1. อุณหภูมิการเกิดเจลาทีไนเซชัน (gelatinization temperature) ข้าวที่มีค่าอุณหภูมิการเกิดของเจลาทีไนเซชันสูง จะใช้เวลาในการหุงสุกนานกว่าข้าวที่มีค่าอุณหภูมิการเกิดของเจลาทีไนเซชันที่ต่ำกว่า เมื่อใช้อุณหภูมิหุงเท่ากัน การเกิดเจลาทีไนเซชันจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสข้าวหุงสุก กล่าวคือ หากข้าวที่หุงมีแป้งบางส่วนไม่เกิดเจลาทีไนซ์ จะทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวแข็ง

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

3. การดูดน้ำ (water absorption) เป็นความสามารถของข้าวที่จะดูดน้ำเข้าไปในระหว่างการหุงต้ม ซึ่งมีความสำคัญต่อปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้ม

2.5 กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว

หลังการเก็บเกี่ยว ข้าวจะผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนถึงมือผู้บริโภค ซึ่งกระบวนการที่สำคัญได้แก่ (กิตติยา กิจควรวดี. 2539)

1. การตากข้าวก่อนนวด เป็นการลดความชื้นขึ้นต้น เพื่อให้ข้าวเปลือกแห้ง สะดวกต่อการนวด และเก็บรักษาข้าวไว้ได้นาน

2. การนวดข้าวเพื่อให้เมล็ดข้าวหลุดออกจากรวง โดยใช้แรงงานคน สัตว์ หรือรถในการขำ ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้เครื่องนวดและเครื่องเกี่ยวนวด

3. การลดความชื้นหลังนวด เพื่อลดความชื้นข้าวเปลือกที่นวดเสร็จให้ข้าวเปลือกมีความชื้นไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ปลอดภัยในการเก็บรักษา ทั้งนี้ หากต้องการเก็บรักษานานความชื้นควรอยู่ในช่วง 12 - 12.5 เปอร์เซ็นต์

4. การเก็บรักษา หลังจากลดความชื้นข้าวเปลือกอาจถูกขัดสีทันที หรืออาจถูกเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่ง การเก็บรักษาข้าวเปลือกให้คงคุณภาพที่ดีควรควบคุมสภาพแวดล้อมในที่เก็บ โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

5. การขัดสีข้าว เพื่อแยกส่วนของเปลือก รำ และกัษะ ออกจากเนื้อเมล็ดข้าว ผลที่ได้คือข้าวสาร แกลบ และรำ การขัดสีที่ดีต้องได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดมากที่สุด หรือมีข้าวหักน้อยที่สุด

จากกระบวนการต่างๆ ข้างต้น การลดความชื้นและการเก็บรักษาเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุด การลดความชื้นที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดภายหลังการขัดสีลดลง และมีคุณภาพในการหุงต้มและการรับประทานเปลี่ยนไป

2.6 การลดความชื้นของข้าว

ข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่จะมีความชื้นสูง ซึ่งไม่เหมาะต่อการขัดสีและการเก็บรักษา ดังนั้น ควรผ่านการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม การลดความชื้นของข้าวสามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การลดความชื้นในที่ร่ม (shade drying) เป็นกระบวนการไล่น้ำออกจากเมล็ดโดยอาศัยลมธรรมชาติ ซึ่งอุณหภูมิบริเวณรอบๆ เมล็ดจะต่ำ ดังนั้น ข้าวเต็มเมล็ดจากการผึ่งลมจึงมีปริมาณสูง นิยมใช้เป็นวิธีเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามการผึ่งลมจะใช้บริเวณกว้างและใช้เวลานาน

2. การลดความชื้นด้วยแสงอาทิตย์ (sun drying) เป็นการลดความชื้นโดยใช้แสงอาทิตย์ซึ่งไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ แต่อุณหภูมิเมล็ดที่เกิดจากการใช้แสงอาทิตย์ก็มักไม่สูงนัก การลดความชื้นด้วยวิธีนี้เป็นวิธีแบบดั้งเดิมและมีราคาถูก สามารถทำได้ทั้งก่อนการนวดและหลังการนวด

3. การลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบแห้ง

- 3.1 การลดความชื้นที่ใช้อุณหภูมิต่ำ เป็นการลดความชื้นโดยใช้พัดลมพัดลมร้อนผ่านตะแกรงที่มีก่องข้าวเพื่อให้ความชื้นค่อยๆ เคลื่อนจากภายในสู่ผิวนอก การลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำมักใช้อุณหภูมิ 54-60 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิเมล็ดให้อยู่ประมาณ 45 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการแตกหักของเมล็ดข้าว

- 3.2 การลดความชื้นที่ใช้อุณหภูมิสูง

- 3.2.1 Fluidized – bed drying เป็นการลดความชื้นที่ใช้อุณหภูมิสูง 100-120 องศาเซลเซียส ในการอบแห้ง และควบคุมให้อุณหภูมิของเมล็ดไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส Soponronnarit (1995) ทำการลดความชื้นข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 จาก 45 เหลือ 24 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) โดยใช้ อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พบว่า ไม่มีผลกระทบต่อการใช้และคุณภาพของข้าว

- 3.2.2 Spouted – bed drying การอบแห้งโดยวิธีนี้ พบว่า หากข้าวเปลือกมีความชื้นสูงจะทำให้ข้าวสารที่ได้แตกหักมาก Cho (1991) รายงานว่า การลดความชื้นข้าวเปลือกโดยวิธี Spouted – bed drying เป็นผลให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดลดลง เมื่ออุณหภูมิจากเมล็ดสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะปริมาณข้าวเต็มเมล็ดนอกจากจะขึ้นกับอุณหภูมิจากเมล็ดแล้ว ยังขึ้นกับเวลาและอัตราการไหลของอากาศอีกด้วย

- 3.2.3 Rotary drying ได้รับการออกแบบเพื่อใช้อุณหภูมิสูงในการลดความชื้น การใช้ อุณหภูมิสูง 95 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดสูง แต่บางส่วนของเมล็ดจะมีคุณสมบัติเป็นเจลดทำนองเดียวกัน Tangpinikul (1987) รายงานว่า ข้าวเต็มเมล็ดจะสูงขึ้นเมื่อความชื้นสูง 26 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักเปียก) เมื่อใช้อุณหภูมิ 75-175 องศาเซลเซียส และนำมาผึ่งนาน 140 นาทีขึ้นไป ซึ่งจะทำให้แป้งเกิดเป็นเจลดขึ้นได้

3.2.4 Screw conveyer drying เป็นอีกวิธีหนึ่งของการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงซึ่งมีการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าหากอุณหภูมิที่ใช้ไม่สูงเกินไป จะไม่ส่งผลให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดลดลง (Inprasit. 2001)

2.7 ผลของอุณหภูมิต่อการลดความชื้นต่อคุณสมบัติของข้าว

การลดความชื้นในที่รม และการใช้แสงอาทิตย์จะไม่ค่อยมีผลทำให้คุณภาพข้าวลดลงมากนัก แต่ที่ใช้เวลานาน ใช้พื้นที่มาก และขึ้นกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นการลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบแห้ง จึงเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสำหรับโรงสีข้าวส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามการลดความชื้นโดยการอบแห้งนั้น หากใช้อุณหภูมิต่ำที่ไม่เหมาะสมก็จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดเป็นอย่างมาก Thompson (1998) กล่าวว่า ในสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง บริเวณรอบนอกของเมล็ดจะสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็วและในอัตราที่สูงกว่าการเคลื่อนที่ของความชื้นจากเนื้อภายในเมล็ดมายังผิวด้านนอก ส่งผลให้เกิดการหดตัวของเนื้อเมล็ดรอบนอกในขณะที่เนื้อเมล็ดด้านในยังไม่หดตัว ทำให้เกิดรอยแตกร้าวของผิวด้านนอก เมื่อนำเมล็ดไปผ่านกระบวนการที่การกระทำก็จะทำให้เมล็ดเกิดการแตกหักขึ้น ในด้านสีของเมล็ด Reyes (1986) รายงานว่า อุณหภูมิการอบแห้งสูงจะส่งเสริมกระบวนการเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเป็นกระบวนการที่คาร์โบไฮเดรตในรูปของน้ำตาลรีดิวส์ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นส่งผลให้ข้าวมีสีเข้มขึ้น

Tirawanichkul *et al.* (2002) ทดลองอบแห้งข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 และ พันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยวิธี fluidized bed drying ที่อุณหภูมิ 40 – 150 องศาเซลเซียส เพื่อลดความชื้นข้าวจาก 25, 28.5 และ 32.5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) ให้เหลือ 22 เปอร์เซ็นต์ ก่อนจะใช้ลมเป่าเพื่อลดความชื้นเมล็ดให้เหลือ 16.3 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิอบแห้งระหว่าง 40 - 90 องศาเซลเซียส จะทำให้เมล็ดมีอุณหภูมิ 35 – 75 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอบแห้งระหว่าง 100 – 150 องศาเซลเซียส จะทำให้เมล็ดมีอุณหภูมิ 83 – 89 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ความขาวของข้าวลดลง เมื่อเมล็ดมีความชื้นเริ่มต้น 32.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด แต่สำหรับข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น 28.5 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งไม่มีผลทำให้ความขาวของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดสอบความแข็งของข้าวภายหลังการหุงสุก พบว่าจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งและความชื้นเริ่มต้นเพิ่มขึ้น โดยค่าความแข็งของข้าวปทุมธานี 1 จะมีค่าน้อยกว่าข้าวสุพรรณบุรี 1 ทุกระดับอุณหภูมิอบแห้ง ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้น 25 เปอร์เซ็นต์ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีค่าความแข็งของข้าว 19.17 ในขณะที่ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีค่าความแข็งของข้าว 33.61 เมื่อความชื้น เพิ่มขึ้นเป็น 32.5 เปอร์เซ็นต์ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเป็น 20.37 ส่วนข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเป็น 33.23

Inprasit (2001) ศึกษาผลของการลดความชื้นข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ 105 จาก 21 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักเปียก) ให้เหลือ 13 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้แสงอาทิตย์ อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งภายใต้อุณหภูมิสูง และอุณหภูมิต่ำ เปรียบเทียบกับการลดความชื้นในที่ร่ม ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ (45 องศาเซลเซียส) และการอบแห้งแบบ two – stage โดยใช้อุณหภูมิสูงในขั้นแรกของการอบแห้งด้วย fluidized – bed drying ที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 และ 75 วินาที ทำให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าการลดความชื้นในที่ร่มเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะการอบแห้งด้วย fluidized – bed drying ทำให้เมล็ดมีอุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สูงจนทำให้เกิดการแตกร้าวของเมล็ด ขณะเดียวกันภายใต้อุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้แป้งในเมล็ดบางส่วนเกิดการเจลาติไนซ์และเชื่อมรอยร้าวของเมล็ดที่มีอยู่เดิม สำหรับเมล็ดที่ตากด้วยแสงอาทิตย์พบว่าจะมีอัตราการสูญเสียความชื้นสูงกว่าวิธีอื่นๆ นอกจากปริมาณข้าวเต็มเมล็ดแล้ว ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าการลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำในการทดลองนี้ไม่ค่อยมีผลต่อความขาวของข้าว แต่มีผลให้ข้าวหุงสุกมีความแข็งเพิ่มขึ้น ขณะที่อุณหภูมิสูงทำให้ความสามารถในการดูดน้ำของข้าวในระหว่างการหุงลดลง

Nakakete (2000) ศึกษาผลของอุณหภูมิการอบแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อคุณภาพข้าวเต็มเมล็ด ความขาว การดูดน้ำ และความแข็ง พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตอบแห้งจะทำให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดลดลง โดยเฉพาะเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในการอบแห้งต่ำ แต่ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณข้าวเต็มเมล็ดจะไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในการอบแห้งสูงขึ้น สำหรับความขาวของเมล็ดข้าวหลังขัดสี พบว่าจะไม่ค่อยแตกต่างกันเนื่องจากอุณหภูมิตอบแห้งหากความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ แต่ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในการอบแห้งสูง พบว่า อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้ความขาวของข้าวลดลง และเมื่อนำเมล็ดข้าวสารไปทดสอบการดูดน้ำในระหว่างการหุงพบว่า ผลของอุณหภูมิตอบแห้งมีผลต่อความสามารถในการดูดน้ำน้อยกว่าผลของความชื้นสัมพัทธ์ ส่วนค่าความแข็งของข้าวหุงสุก พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตอบแห้งมีผลให้ความแข็งของข้าวหุงสุกเพิ่มขึ้น แต่หากความชื้นสัมพัทธ์ในการอบแห้งสูงจะทำให้ผลของอุณหภูมิตอบแห้งต่อความแข็งของข้าวหุงสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในการอบแห้งสูงจะทำให้ความแข็งของข้าวสูงกว่า การอบแห้งที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

Daniels *et al.* (1998) ศึกษาการลดความชื้นข้าวพันธุ์ Cypress โดยอบแห้งเมล็ดข้าวทันที และเก็บเมล็ดไว้ 86 ชั่วโมงก่อนอบแห้ง ข้าวมีความชื้นเริ่มต้น 20.5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิตอบแห้งที่ใช้แบ่งเป็น 2 ระดับ คืออุณหภูมิต่ำ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูง 54.3 องศาเซลเซียส หลังการอบแห้ง ข้าวจะถูกเก็บรักษาไว้ 3, 7, 12, 18, และ 25 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณข้าวเต็มเมล็ด มีระดับไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละสิ่งทดลอง เมื่อเก็บรักษาข้าวไว้หลังการอบแห้งพบว่า เก็บรักษาข้าวไว้ระยะหนึ่งหลังอบแห้ง หรือมากกว่า 7 สัปดาห์ จะมีผลให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดหลังขัดสีสูงขึ้น เมื่อนำข้าวหลังอบแห้งที่ผ่านการขัดสีมาหุงเพื่อทดสอบการดูดน้ำและการขยายตัวของ

เมล็ดข้าว พบว่าการใช้อุณหภูมิต่ำลดความชื้นทั้งที่เก็บมาอบแห้งทันที และเก็บรักษาไว้ 86 ชั่วโมง ก่อนอบแห้ง มีระดับการคุดน้ำสูงกว่าการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งการอบแห้งในอุณหภูมิต่ำ โดยทันทีจะมีการคุดน้ำสูงสุด สำหรับการขยายตัวของเมล็ดข้าวพบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับการคุดน้ำ การอบแห้งข้าวทันทีภายใต้อุณหภูมิต่ำจะทำให้การขยายตัวของข้าวสูงสุดด้วยเช่นกัน

2.8 การเก็บรักษา

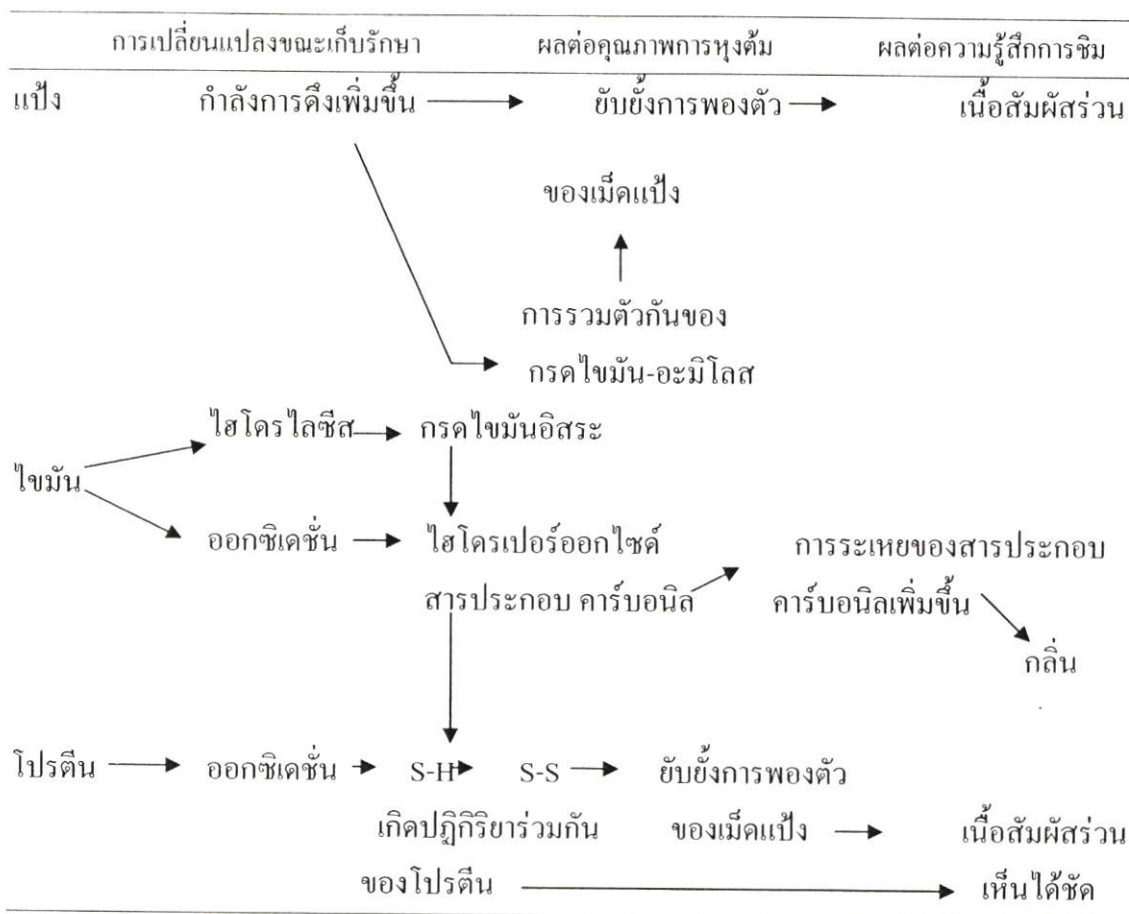
ผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่ไม่สามารถปลูกและเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี จึงต้องเก็บรักษาผลผลิตไว้ใช้เมื่อต้องการ กล่าวโดยสรุป การเก็บรักษามีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีอาหารเพียงพอต่อความต้องการ เก็บผลผลิตไว้จำหน่ายในช่วงที่ราคาดี และรักษาความมีชีวิตไว้ปลูกต่อไปในกรณีที่ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์

คุณภาพของผลผลิตจะเริ่มเสื่อมภายหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาที่ดีทำให้คุณภาพลงที่หรือเกิดการเสื่อมน้อยที่สุด ทั้งนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ สภาพเริ่มต้นของผลผลิตเอง ได้แก่ ความชื้น ความสมบูรณ์ของผลผลิต สภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา ได้แก่ ความชื้นในบรรยากาศ และอุณหภูมิ ปัจจัยสิ่งมีชีวิต เช่น แมลง นก หนู และจุลินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งสารเคมีหรือสิ่งใดๆ ที่ให้แก่ผลผลิต เช่น การคลุกสารเคมีกำจัดโรคพืช การรมสารเคมีกำจัดแมลง

2.9 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวระหว่างการเก็บรักษา

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า คุณภาพของผลผลิตจะเริ่มเสื่อมหรือมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งอัตราการเสื่อมจะช้าหรือเร็ว ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆทั้งตัวผลผลิตเอง และสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าว ส่วนหนึ่งจะเกิดจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง และส่วนหนึ่งจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในเมล็ด ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของข้าวได้แก่ แป้ง ไขมัน และโปรตีน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวจะส่งผลต่อคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพในการรับประทาน (ภาพที่ 2.3) ข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่จะได้ลักษณะข้าวหุงสุกที่นุ่มและ เเกาะติดกัน อุ่นน้ำได้น้อย ขยายปริมาตรไม่มาก แต่หากเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่งจะพบว่าข้าวหุงสุกจากข้าวเก่ามีลักษณะร่วนแข็ง ไม่เกาะติดกัน อุ่นน้ำมาก และขยายปริมาตรมาก (หุงขึ้นหม้อ)



ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของข้าวขณะทำการเก็บรักษา (ดัดแปลงจาก Moritaka and Yasumatsu. 1972)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวเมล็ดหรือปัจจัยภายในซึ่งส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าว ได้แก่ ความไม่สมบูรณ์ของเมล็ด เช่น การแตกหัก และที่สำคัญที่สุดคือความชื้นของเมล็ด ดวงทิพย์ (2518) กล่าวว่า เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะส่งเสริมกิจกรรมต่าง ๆ ทางชีวเคมีภายในเมล็ด เช่น การหายใจ การย่อยสลายอาหารสะสมและการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมทำให้คุณสมบัติของข้าว เปลี่ยนไป และหากเกิดมากยิ่งขึ้น จะทำให้เมล็ดสูญเสียความมีชีวิตอย่างรวดเร็ว สำหรับปัจจัยทาง สภาพแวดล้อมในที่เก็บหรือปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ด ได้แก่ ความชื้น สัมพัทธ์ และอุณหภูมิ โดยพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากกว่าสภาวะอื่นๆ การเก็บรักษาที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดใน การเก็บรักษา สามารถป้องกันและลดการสูญเสียได้ดี (Hill. 1999) หากเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ เหมาะสม เช่น ความชื้นของเมล็ด ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา สูงเกินไป จะทำให้คุณภาพของเมล็ดข้าวเสื่อมเร็วยิ่งขึ้น (Anselme. 1988)

งามขึ้น และคณะ (2528) นำข้าวกล้อง และข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 บรรจุในภาชนะ 4 แบบ คือ กระสอบปอ โองเคลือบ ถุงพลาสติกบรรจุ และถุงพลาสติกสุญญากาศ พบว่า คุณภาพการรับประทานของข้าวกล้อง หรือข้าวสารที่บรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เมื่อนำข้าวสารมาหุงต้มจะได้ข้าวสุกมีคะแนนกลิ่นเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 12 เดือน สำหรับกระสอบปอ ถุงพลาสติกหรือโองเคลือบ สามารถใช้เก็บข้าวสารได้เพียง 2-3 เดือน หากเก็บนานกว่านั้นข้าวสุกที่ได้จะเกิดกลิ่นสาบ ซึ่งไพจิตร และคณะ (2528) รายงานว่าการเสื่อมคุณภาพของข้าวกล้องจะเกิดการออกซิเดชันของไขมัน ทำให้ค่าความเป็นกรด (fat acidity) เพิ่มขึ้น

McCullen *et al.* (1999) ทดลองนำข้าวเปลือกพันธุ์ Cypress ความชื้น 20.5 เปอร์เซ็นต์ มาลดความชื้นให้เหลือ 12.5 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งข้าวเปลือกออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกนำมาลดความชื้นทันที และอีกส่วนพักไว้นาน 86 ชั่วโมงก่อนลดความชื้น ทำการลดความชื้นที่อุณหภูมิสูง (54.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 21.9 เปอร์เซ็นต์) และอุณหภูมิต่ำ (33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8 เปอร์เซ็นต์) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยการชิม (sensory test) 3 ระยะ ได้แก่ ก่อนเก็บรักษา หลังเก็บรักษา 4 และ 20 สัปดาห์ โดยผู้ชำนาญ 9 คน พบว่า อุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อการเกาะตัวกันของเมล็ดข้าวและความแข็งของข้าวหุงสุก อุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงจะทำให้การเกาะตัวของเมล็ดข้าวและความเหนียวลดลง ในขณะที่ความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Pearce *et al.* (2001) ศึกษาผลของอุณหภูมิตอบแห้งและการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวหลังการขัดสีโดยทดสอบกับข้าวเปลือกเมล็ดยาว (cvs. Cypress และ Kaybonnet) และเมล็ดสั้น (cv. Bengal) ปัจจุบันในการศึกษาประกอบด้วย อุณหภูมิตอบแห้ง 2 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิต่ำ (33.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 38.25 เปอร์เซ็นต์) และอุณหภูมิสูง (60 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 16.9 เปอร์เซ็นต์) ความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกหลังอบแห้งระหว่างเก็บรักษา 3 ระดับ ได้แก่ 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 ระดับ ได้แก่ 4, 21 และ 38 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการเก็บรักษา 0, 3, 6, 9, 12, 16, 24 และ 36 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิตอบแห้งและความชื้นของข้าวระหว่างการเก็บรักษาจะมีผลต่อปริมาณต้นข้าว (head rice yield) โดยอุณหภูมิตอบแห้งสูง ความชื้นของข้าวระหว่างการเก็บรักษาสูง และระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานจะทำให้ปริมาณต้นข้าวลดลง ในขณะที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปริมาณต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลการทดสอบคุณสมบัติในการหุงต้มพบว่า การควบน้ำของข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และอุณหภูมิตอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาสูง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง

3.1.1 ตัวอย่างที่นำมาศึกษา

ข้าวที่นำมาศึกษาเป็นพันธุ์ทางการค้าจำนวน 8 พันธุ์ ประกอบด้วยข้าวเจ้า 5 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 1 ชัยนาท 1 หอมแดง และข้าวเหนียว 3 พันธุ์ ได้แก่ กข 6 สันป่าตอง ข้าวเก่า

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 สารเคมีวิเคราะห์ปริมาณอะมิโนส

- เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) 95 เปอร์เซ็นต์
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 N
- กรดกลีเซอริก (glacial acetic acid) 1 N
- สารละลายไอโอดีน (ไอโอดีน 0.2 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

3.1.2.2 สารเคมีค่าการสลายตัวในต่าง

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

3.1.2.3 สารเคมีวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล

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

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์

3.1.3.1 เครื่องสกัดไขมัน รุ่น S306AK (Gerhardt)

3.1.3.2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) รุ่น Helios Gamma (Thermo Electron)

3.1.3.3 เครื่องบดข้าวได้ละเอียด 100 เมช

3.1.3.4 ตู้อบลมร้อน (Oven) รุ่น Modell 700 (Memmert)

3.1.3.5 เครื่องกระเทาะเมล็ดข้าว รุ่น P - 1 (Ngek seng huat)

3.1.3.6 เครื่องขัดสีข้าว รุ่น K - 1 (Ngek seng huat)

3.1.3.7 เครื่องเขย่า รุ่น RO5 (Gerhardt)

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

3.1.3.9 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ Multi stirrer Magneti Stirrer (Velp scientifica)

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

3.2 สถานที่ดำเนินงานวิทยานิพนธ์

3.2.1 ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.2 ห้องปฏิบัติการโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3 ระยะเวลาการดำเนินงาน

เดือนธันวาคม 2548 – ธันวาคม 2549

3.4 วิธีการทดลอง

แบ่งการทดลอง ออกเป็น 2 การทดลอง คือ

3.4.1 การศึกษาปริมาณโอรีซานอล และคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ ของพันธุ์ข้าวบางชนิดในประเทศไทย

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การศึกษาปริมาณโอรีซานอลในพันธุ์ข้าว และการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ของข้าว

3.4.1.1 การศึกษาปริมาณโอรีซานอลในพันธุ์ข้าวทางการค้า

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยใช้ข้าวพันธุ์การค้าจำนวน 8 พันธุ์ ประกอบด้วยข้าวเจ้า 5 พันธุ์ และข้าวเหนียว 3 พันธุ์ ได้แก่

ข้าวเจ้า ขาวดอกมะลิ 105 สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 1

ชัยนาท 1 หอมแดง

ข้าวเหนียว กข 6 สันป่าตอง ข้าวเก่า

ข้าวตัวอย่างจะถูกขัดสีเพื่อแยกส่วนเปลือก รำข้าว และข้าวสาร ส่วนของรำที่ถูกขัดสีจะบรรจุในถุงพลาสติกสีเข้มและเก็บรักษาในตู้เย็นป้องกันการเสื่อมคุณภาพในระหว่างรอการสกัดไขมัน

การหาปริมาณโอรีซานอล คัดแปลงจาก Bucci *et al.* (2003) โดยสกัดรำข้าว 10 กรัมด้วยเฮกเซน 140 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องสกัดไขมัน จากนั้นนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporater) นำตัวอย่างน้ำมันที่ได้ตัวอย่างละ 0.1 มิลลิกรัม ละลายด้วย n-heptane ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 315 นาโน

เมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าปริมาณโอรีซานอล ตามสมการ $y = 29.91x + 0.3439$ ซึ่งได้จากค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแกรมมาโอรีซานอลมาตรฐาน (ภาคผนวกที่ 1.1)

3.4.1.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ของข้าวแต่ละพันธุ์

นำข้าวสารทั้ง 8 พันธุ์ ที่ผ่านการขัดสีจากข้อ 3.4.1.1 มาศึกษาคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่

(1) ปริมาณความชื้น

บดเมล็ดข้าวด้วยเครื่องบดให้เป็นแป้ง ชั่งตัวอย่างแป้งใส่ถ้วยอบที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจากนั้นจึงนำไปอบในตู้อบที่ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกจากตู้อบแล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งหลังอบ คำนวณหาปริมาณความชื้นด้วยสูตรดังนี้

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งก่อนอบ} - \text{น้ำหนักแป้งหลังอบ}}{\text{น้ำหนักแป้งก่อนอบ}} \times 100$$

(2) ปริมาณอะมิโลส (amylose content)

นำแป้งข้าวที่บดแล้วมาร้อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ชั่งแป้งปริมาณ 0.1 กรัม ปิเปตเอทานอล 1 มิลลิลิตร เติมในตัวอย่างเขย่าเบาๆ ปิเปตโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N 9 มิลลิลิตร พร้อมล้างแป้งที่เกาะผนังขวด นำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายแป้ง 5 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดเกลือเช็ลอะซิดิก 1 N 1 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าและทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร คำนวณปริมาณอะมิโลสจากสมการมาตรฐาน $y = 108.2x + 0.7946$ สมการดังกล่าว ได้จาก สมการเส้นตรงที่คำนวณจากค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย อะมิโลสมาตรฐาน (ภาคผนวกที่ 1.2)

(3) การสลายเมล็ดข้าวในด่าง (alkaline digestion test)

สุ่มเมล็ดข้าวขาวมา 10 เมล็ด ใส่ในจานทดลอง ที่วางบนพื้นราบสีดำ เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.7 เปอร์เซ็นต์ ให้ข้าวจมอยู่ในสารละลาย และวางไว้ในอุณหภูมิห้อง โดยไม่ขยับเขยื้อนเป็นเวลา 23 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตรวจเมล็ดข้าวตามระดับของการสลายตัว (ตารางที่ 3.1 และ ภาพที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 แสดงระดับค่าการสลายเมล็ดข้าวในค้าง (งามชื่น คงเสรี. 2546)

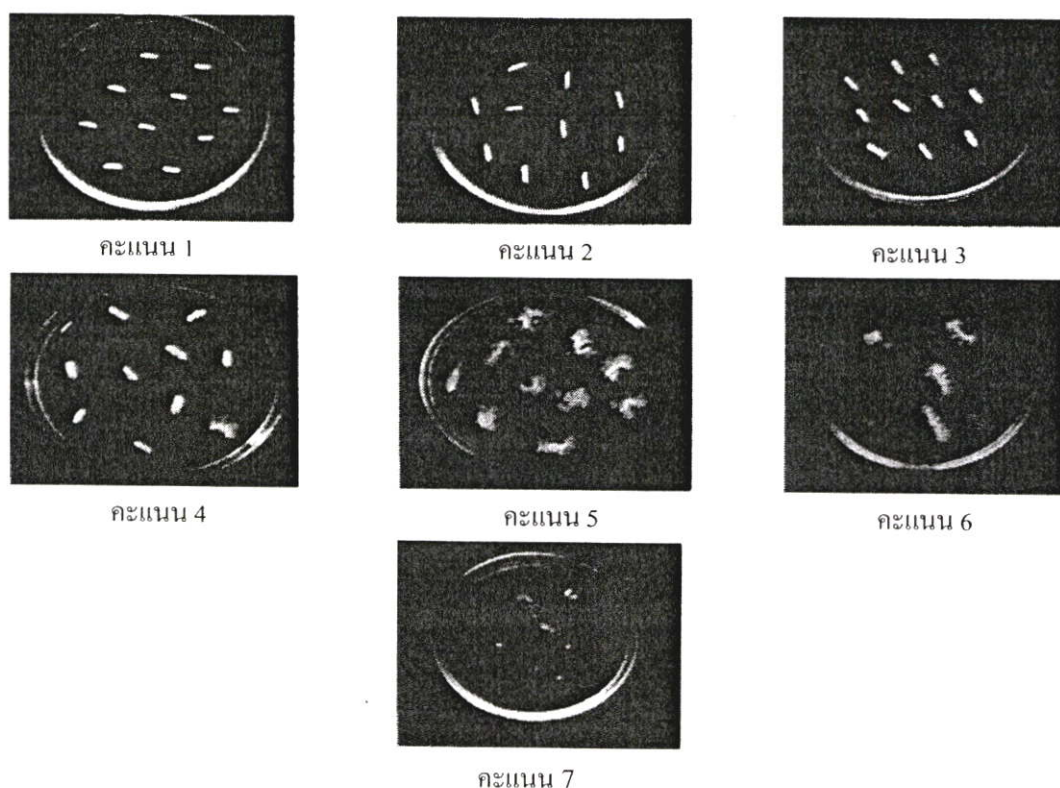
+

ค่าการสลาย	ลักษณะของเมล็ดข้าวที่สลายในค้าง
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลงเลข
2	เมล็ดข้าวพองตัว
3	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาจาก บางส่วนของเมล็ดข้าว
4	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบ เมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาว และมี เมล็ดกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง
6	เมล็ดข้าวสลายตัวทั้งเมล็ด มีลักษณะเป็นเมือกขาว ขุ่น
7	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด และมีลักษณะเป็น แป้งเปียกใส

(4) การดูน้ำของข้าว

ชั่งตัวอย่างเมล็ดข้าวสารจำนวน 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดทดลองด้วยสำลี ต้มในอ่างน้ำร้อน (water bath) อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที รินน้ำออกให้ข้าวสะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักข้าวสุก คำนวณการดูน้ำจากสูตร

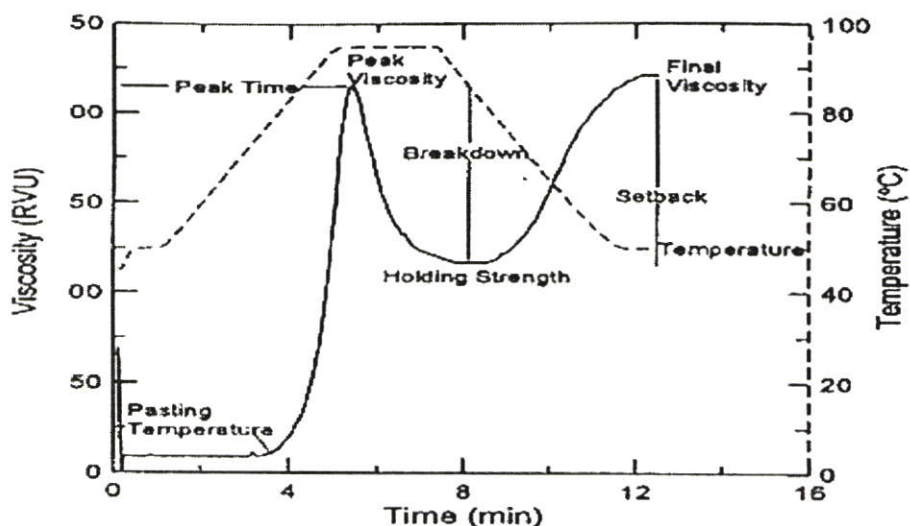
$$\text{ความสามารถในการดูน้ำของข้าว (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักข้าวสุก} - \text{น้ำหนักข้าวสาร}) \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวสาร}}$$



ภาพที่ 3.1 แสดงระดับการสลายตัวในค้าง (อรอนงค์ นัชวิกุล.2547)

(5) การวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

ซึ่งตัวอย่างแป้งแห้ง 3 กรัม เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ลงในถ้วยอะลูมิเนียมของเครื่อง RVA ใส่พาย (paddle) ลงในถ้วยอะลูมิเนียม หมุนพายไปมาเพื่อกวนตัวอย่างไม่ให้จับเป็นก้อน นำถ้วยอะลูมิเนียมที่ใส่พายเข้าเครื่อง RVA จากนั้นเปิดเครื่องทำงาน เริ่มให้ความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส เพิ่มความร้อนด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียสต่อนาที จนได้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ปล่อยให้ 2-3 นาที แล้วทำให้เย็นลงด้วยอัตราประมาณ 12 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เครื่องจะทำการบันทึกอุณหภูมิและค่าความหนืดที่เปลี่ยนไปกับเวลาดังภาพที่ 3.2 จากกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่อเวลาที่ได้ อ่านและบันทึกค่าต่างๆ ดังนี้ อุณหภูมิที่ทำให้แป้งพองตัว (pasting temperature) ความหนืด (RVU) เมื่อแป้งพองตัวสูงสุด (peak viscosity), ความหนืด (RVU) เมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity), ความหนืด (RVU) เมื่อแป้งยุบตัว (break down), ความหนืด (RVU) เมื่อแป้งคืนตัว (setback) และ ความหนืด (RVU) เมื่อแป้งคงตัว (trough)



ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

3.4.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว และคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ของข้าว

วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก ได้แก่ การลดความชื้น 4 วิธี ประกอบด้วย การลดความชื้นในที่ร่ม และลดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษา 9 ระยะ คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เดือน

นำข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 มาปรับให้มีความชื้นเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ (ระดับที่ใกล้เคียงข้าวเก็บเกี่ยวใหม่) ก่อนนำมาลดความชื้นตามสิ่งทดลองที่กำหนด เพื่อให้ข้าวมีความชื้น 12 - 13 เปอร์เซ็นต์ หลังลดความชื้น ข้าวเปลือกจะถูกเก็บรักษาในถุงปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 8 เดือน ทำการทดสอบหาปริมาณโอรีซานอล และคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ ก่อนการเก็บรักษา และทุกเดือนระหว่างเก็บรักษาตามวิธีการเดียวกับข้อ 3.4.1.1 และ 3.4.1.2 และหาเปอร์เซ็นต์การแตกหักเพิ่มเติม โดยสุ่มตัวอย่างข้าว 100 กรัม คัดเมล็ดข้าวหักออก นำคืนข้าวที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์การแตกหัก จากสูตร

$$\text{การแตกหัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักคืนข้าว}}{\text{น้ำหนักข้าวเริ่มต้น}} \times 100$$

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least significant difference test (LSD) ด้วยโปรแกรม SAS version 6.12

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาปริมาณโอรีซานอล และคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ ของพันธุ์ข้าวบางชนิดในประเทศไทย

ก่อนทำการศึกษาคูณสมบัติต่างๆ ได้ทำการหาปริมาณความชื้นของข้าวทดสอบ ซึ่งประกอบด้วยข้าวเจ้า 5 พันธุ์ และข้าวเหนียว 3 พันธุ์ พบว่าข้าวทั้ง 8 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นระหว่าง 11.60 – 13.48 เปอร์เซ็นต์ (นน. สด) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งระดับความชื้นดังกล่าวอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา เมื่อนำมาขัดสีจะทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดสูงและแตกหักน้อย (Juliano, 1985)

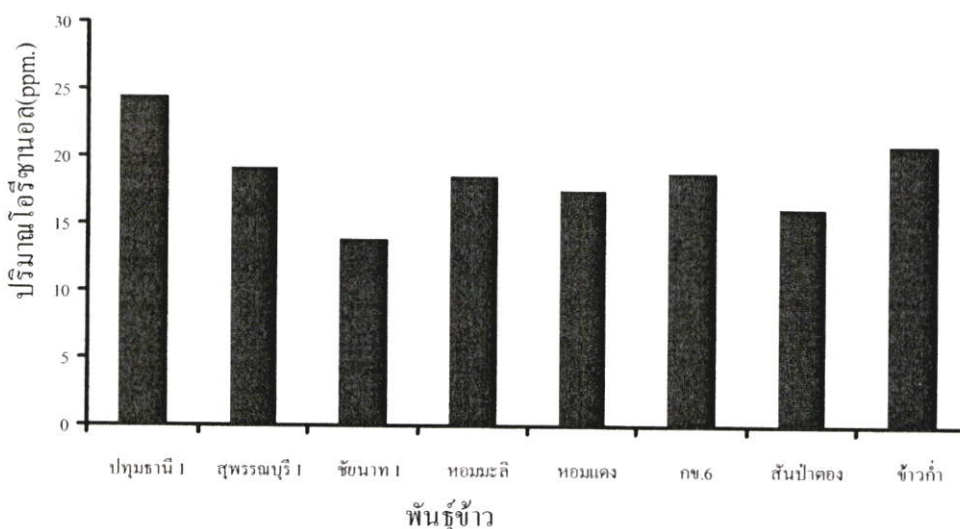
ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณโอรีซานอลและคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์บางลักษณะของข้าว 8 พันธุ์

พันธุ์	ความชื้น (%)	ปริมาณโอรีซานอล (ppm)	ปริมาณอะมิโลส (%)	การสลายเมล็ดข้าวในค้าง (คะแนน)	การดูดน้ำ (%)
ข้าวเจ้า					
ปทุมธานี 1	12.75	24.45a	22.80c	6 - 7	462.50c
สุพรรณบุรี 1	13.48	19.16c	41.33a	5	500.33b
ชัยนาท 1	13.14	13.81h	40.49a	3	548.33a
หอมมะลิ	13.11	18.50e	20.68d	7	473.66c
หอมแดง	12.73	17.43f	25.74b	7	439.00d
ข้าวเหนียว					
กข.6	12.16	18.88d	5.71f	5 - 6	425.83d
สันป่าตอง	12.76	16.23g	5.17f	5 - 6	325.16e
ข้าวเก่า	11.60	20.83b	7.60e	5	511.33b

ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

4.1.1 ปริมาณโอริซานอล

เมื่อนำข้าวทั้ง 8 พันธุ์ มาขัดสีและนำส่วนของรำข้าวมาสกัดน้ำมันเพื่อหาปริมาณโอริซานอลในน้ำมัน พบว่า ปริมาณโอริซานอลของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จะมีปริมาณโอริซานอลสูงสุด 24.45 ppm รองลงมาได้แก่ ข้าวเก่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 กข. 6 หอมมะลิ หอมแดง สันป่าตอง และชัยนาท 1 ซึ่งมีปริมาณโอริซานอล 20.83, 19.16, 18.88, 18.50, 17.43, 16.23 และ 13.81 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1) จากค่าวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ปริมาณโอริซานอล ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์โดยไม่ขึ้นกับลักษณะของข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียว และไม่ขึ้นกับสีของเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับ Chunchenchop (1999) ที่รายงานว่า ปริมาณโอริซานอลจะขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุ์ข้าว ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสีของเมล็ดและ Bergman *et al.* (2001) ซึ่งทดสอบระดับโทโคเฟอรอล โทโคไตรอีนอล และโอริซานอล ของพันธุ์ข้าวที่ปลูกทั่วไปในสหรัฐอเมริกา พบว่าระดับของสารประกอบดังกล่าว มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุ์กรรม และสภาพแวดล้อม

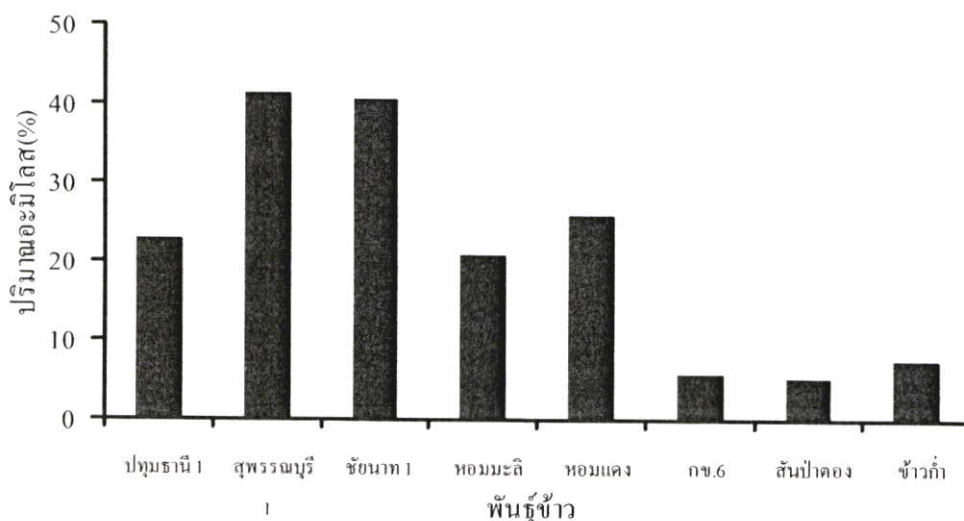


ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณโอริซานอลของข้าว 8 พันธุ์

4.1.2 ปริมาณอะมิโลส

การทดสอบหาปริมาณอะมิโลสของข้าว พบว่า พันธุ์ข้าวมีปริมาณอะมิโลสที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวมีปริมาณอะมิโลสระหว่าง 5.17 – 41.32 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1 และ ภาพที่ 4.2) ซึ่งจากการทดลองสามารถแบ่งข้าวตามปริมาณอะมิโลส ออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย ข้าวเหนียว ได้แก่พันธุ์ กข.6 สันป่าตอง และข้าวเก่า ซึ่งมีอะมิโลส 5.17 – 7.60 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง ได้แก่พันธุ์ ปทุมธานี 1 หอมมะลิ และหอมแดง ซึ่งมีอะมิโลส 20.68 – 25.74

เปอร์เซ็นต์ และข้าวเจ้าอะมิโลสสูง ได้แก่พันธุ์ สุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 ซึ่งมี อะมิโลส 40.49 – 41.33 เปอร์เซ็นต์ (Juliano. 1993) ในการหาปริมาณอะมิโลสโดยการทำให้เกิดสี อะมิโลเพคตินที่มี กิ่งแขนงจำนวนมากจะจับกับไอโอดีนได้น้อย ให้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีม่วงแดง ซึ่งสามารถ ครอบคลุมค่าการดูดกลืนแสงของไอโอดีนกับอะมิโลสได้ (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอม ขวัญ. 2546) Sanjiva Rao *et al.* (1952) พบว่า ปริมาณอะมิโลสมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสข้าว โดยข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะให้เนื้อสัมผัสที่แข็ง และร่วนกว่าข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ



ภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณอะมิโลสของข้าว 8 พันธุ์

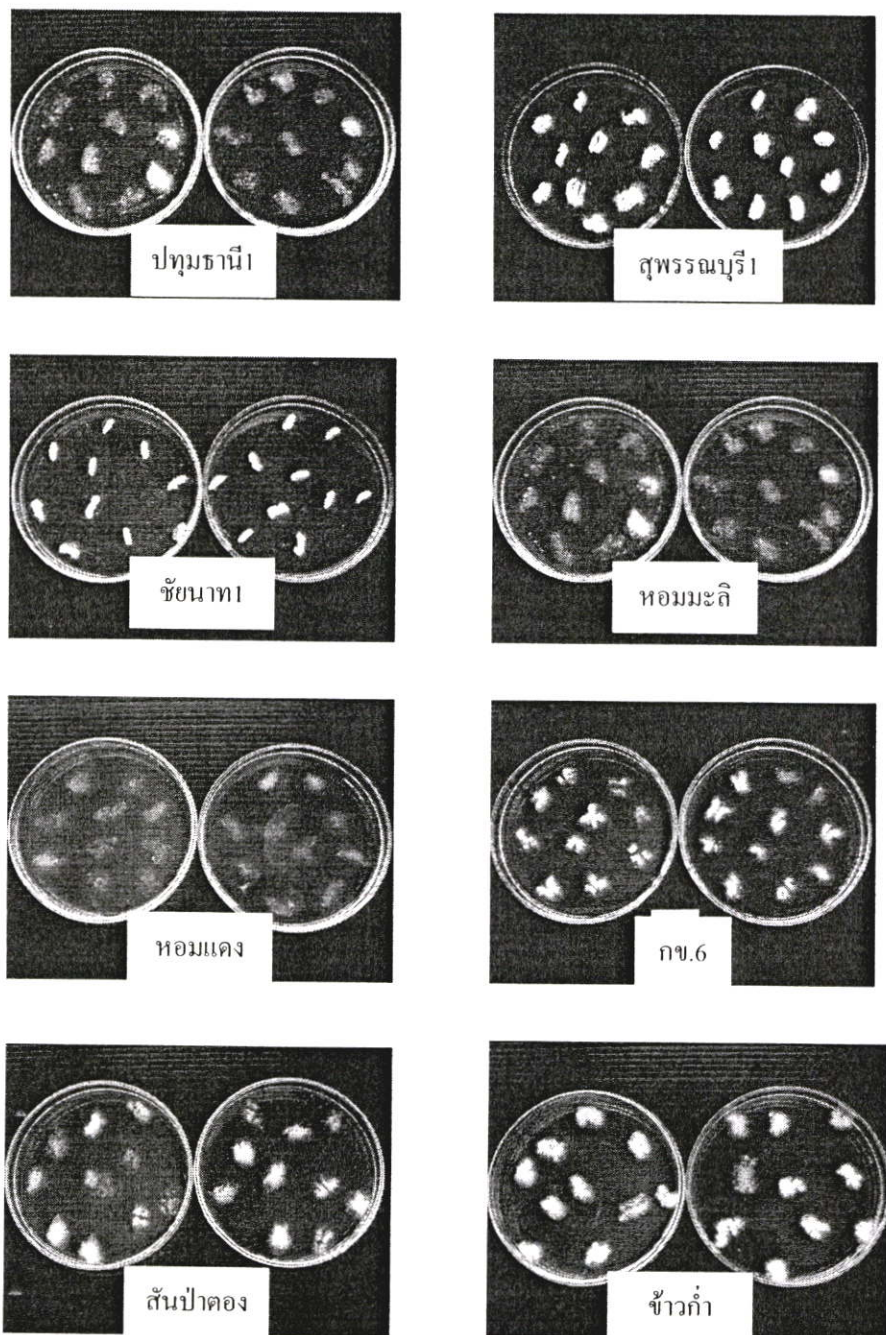
4.1.3 การสลายเมล็ดข้าวในค่าง

จากการสังเกตการสลายตัวของเมล็ดข้าวในค่าง พบว่า เมล็ดข้าวมีระดับการสลายตัว แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3) ข้าวที่มีการสลายตัวในค่างสูงจะใช้อุณหภูมิในการหุงต้ม ต่ำและใช้เวลาในการหุงต้มน้อยกว่า (งามชื่น คงเสรี. 2545) ข้าวที่มีอะมิโลสใกล้เคียงกันอาจมีค่า การสลายตัวในค่างต่างกัน ซึ่งในการทดลองนี้แม้ว่าข้าว พันธุ์สุพรรณบุรี 1 และ ชัยนาท 1 จะมี ปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกัน แต่ข้าวสุพรรณบุรี 1 มีค่าการสลายตัวในค่างสูงกว่าข้าวชัยนาท 1 อรอนงค์ นัยวิกุล (2547) กล่าวว่า ข้าวที่มีลักษณะเป็นแป้งอ่อน จะมีค่าการสลายตัวของเมล็ดสูงกว่า ข้าวที่มีลักษณะเป็นแป้งแข็ง และสำหรับข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงเท่ากัน ข้าวที่เป็นแป้งอ่อนจะ ให้ข้าวหุงสุกนุ่มกว่าข้าวที่เป็นแป้งแข็ง

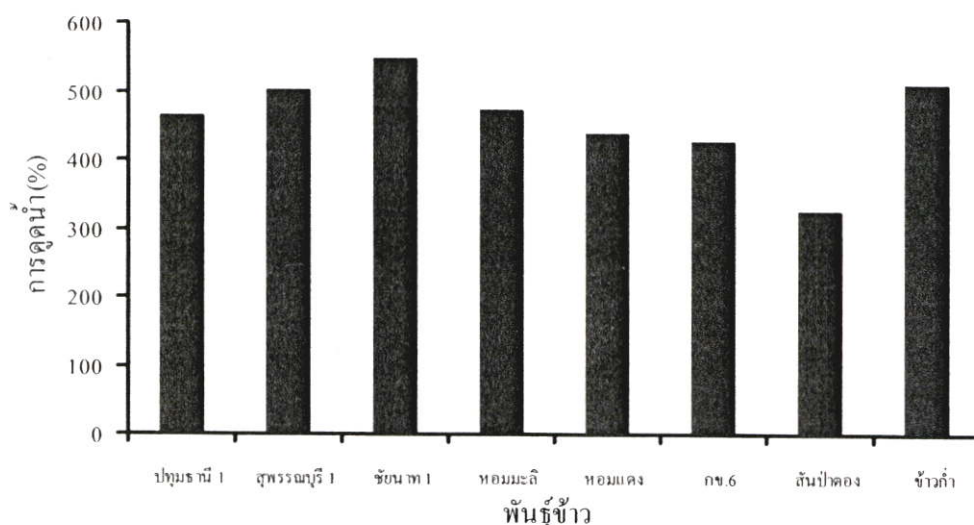
4.1.4 การคูดน้ำของข้าว

การคูดน้ำของข้าวทั้ง 8 พันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 มีอัตราการคูดน้ำสูงสุดคือ 543.33 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเหนียวสันป่าตอง มีการคูดน้ำต่ำสุด

คือ 325.17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.4) ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงต้องการน้ำมากในการหุงต้ม ระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะขยายตัวทางยาว เมื่อหุงสุกจะได้ข้าวที่ร่วนขึ้นหม้อ ส่วนข้าวอะมิโลสต่ำ ข้าวจะเหนียวเกาะติดกันเป็นก้อน ไม่ขึ้นหม้อ (งามชื่น คงเสรี. 2542)



ภาพที่ 4.3 แสดงการสลายตัวในค้างของข้าวทั้ง 8 พันธุ์



ภาพที่ 4.4 แสดงปริมาณการดูดน้ำของข้าว 8 พันธุ์

4.1.5 ค่าความหนืดที่วัดได้จากเครื่อง RVA

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าว 8 พันธุ์ (ตารางที่ 4.2) พบว่า ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ของแป้งข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และ สันป่าตอง จะต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า 215.14 และ 235.00 RVU ตามลำดับ ส่วนค่าความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวที่มีค่ามากที่สุดคือข้าวพันธุ์หอมมะลิ โดยมีค่า 318.39 RVU แปลว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 จะมีความหนืดของแป้งข้าวสูงสุดค่อนข้างต่ำ แต่พบว่าค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) สูงเป็นอันดับสองรองจากพันธุ์ปทุมธานี 1 ข้าวที่มีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดสูง มีแนวโน้มที่จะใช้อุณหภูมิในการหุงต้มสูงกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืดต่ำ สมพร ศรีสุข (2545) กล่าวว่า แป้งข้าวที่เกิดความหนืดสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อนำมาหุงต้มจะได้ข้าวที่หุงสุกเร็ว นอกจากนี้ในการทดลองยังพบว่า ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูง จะมีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด และค่าการคืนตัว (setback) ที่สูงกว่าข้าวอะมิโลสต่ำ Varavinit *et al.* (2003) ตรวจสอบปริมาณอะมิโลสของข้าว 11 พันธุ์ ที่มีผลต่อการเกิดเจลลาทีนในเซชัน และคุณสมบัติด้านความหนืดขั้นของแป้งข้าว พบว่า ปริมาณอะมิโลสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าอุณหภูมิของค่าความหนืดสูงสุด และอุณหภูมิสุดท้าย ซึ่งวัดจากเครื่องเคเอสซี และคุณสมบัติความหนืดของแป้งวัดจากเครื่องอาร์วีเอ โดยเฉพาะค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด และค่าการคืนตัว Pisithkul *et al.* (2006) พบว่า ข้าวที่มีค่าการคืนตัวสูง ทำให้ข้าวมีเนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง และมีความยืดหยุ่นต่ำ แสดงให้เห็นว่าข้าวในกลุ่มที่มีปริมาณอะมิโลสสูงมีค่าการคืนตัวสูงทำให้ข้าวมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง และข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ มีค่าการคืนตัวต่ำทำให้ได้ข้าวที่มีเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าวิเคราะห์ที่วัดได้จากเครื่อง RVA

พันธุ์	ความ	ความ	ความ	ความ	ความ	เวลา	อุณหภูมิ
	หนัก	หนักเมื่อ	หนักเมื่อ	หนักเมื่อ	หนักเมื่อ	การเกิด	การเกิด
	สูงสุด	แป้งกึ่งตัว	แป้งยวบตัว	แป้งเย็น	แป้งกึ่ง	ความ	ความ
	(RVU)	(RVU)	(RVU)	ตัว	ตัว	หนัก	หนัก
				(RVU)	(RVU)	สูงสุด	สูงสุด
						(นาที)	(°ซ)
ปทุมธานี 1	278.22c	219.22b	59.00e	327.50b	49.28a	6.38a	85.47a
สุพรรณบุรี 1	215.14g	177.14d	38.00f	265.72d	50.58a	5.71c	81.47b
ชัยนาท 1	295.81b	226.64a	69.17d	352.44a	56.64a	5.84bc	81.05b
หอมมะลิ	318.39a	187.44c	130.94b	294.39c	-24.00b	5.93b	74.88d
หอมแดง	270.94d	154.06e	116.89c	254.22e	-16.72b	5.82bc	75.87c
กข 6	252.06e	113.56g	138.50a	142.28h	-109.78e	4.09de	70.30f
สันป่าตอง	235.00f	117.39g	117.61c	152.25g	-82.75c	4.02e	67.82g
ข้าวเก่า	277.31cd	146.36f	130.94b	176.17f	-101.14d	4.27d	72.60e

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

4.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและการเก็บรักษาข้าวเปลือกต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว และคุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์ของข้าว

4.2.1 ปริมาณโอรีซานอล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอลแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.5 พบว่า อุณหภูมิอบแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลให้ปริมาณโอรีซานอลของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวที่ลดความชื้นในที่ร่ม จะมีปริมาณโอรีซานอลสูงกว่าข้าวที่ลดความชื้น โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณโอรีซานอลจะลดลงตามระยะเวลา โดยก่อนเก็บรักษาข้าวจะมีปริมาณโอรีซานอลสูงสุดในทุกวิธีการและระดับอุณหภูมิตอบแห้ง ค่าเฉลี่ยของโอรีซานอลเท่ากับ 13.19 ppm และลดลงเหลือ 12.30 ppm เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน Tai-Sun Shin *et al.* (1997) สกัดน้ำมันรำข้าวที่ 110, 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส หลังสกัดพักไว้ 0, 3, และ 6 นาทีก่อนเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperatures) นาน 1 ปี พบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณวิตามินอีและโอรีซานอลลดลงระหว่างการเก็บรักษา โดยโอรีซานอลมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิมากกว่าวิตามินอี

4.2.2 ปริมาณอะมิโลส

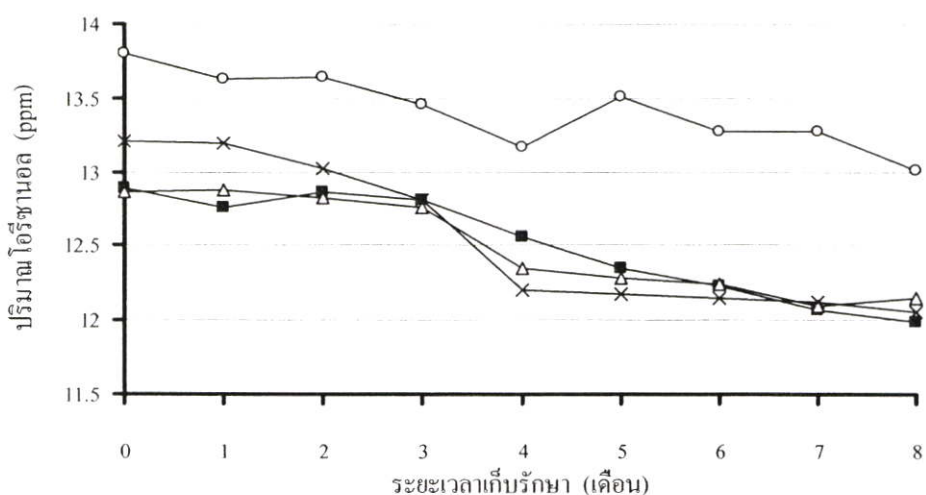
การทดสอบหาปริมาณอะมิโลสของข้าว เนื่องจากผลของอุณหภูมิตอบแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณอะมิโลสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.4) โดยข้าวที่ลดความชื้นในที่ร่มมีปริมาณอะมิโลสต่ำสุดคือ 34.04 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณอะมิโลสจะเพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิตอบแห้งที่เพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณอะมิโลสสูงสุดคือ 38.43 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้าวที่มีอะมิโลสสูง จะมีเนื้อสัมผัสข้าวหุงสุกแข็งกว่าข้าวอะมิโลสต่ำ Inprasit (2001) รายงานว่า การลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิสูงมีผลให้ข้าวหุงสุกมีความแข็งเพิ่มขึ้น สำหรับผลของการเก็บรักษาพบว่า เมื่อการเก็บรักษานานขึ้น จะทำให้ค่าวิเคราะห์อะมิโลสเพิ่มขึ้นจาก 34.12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 36.37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาไว้ 1 เดือน และเพิ่มเป็น 37.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาข้าวไว้ 8 เดือน (ภาพที่ 4.6) สอดคล้องกับการทดลองของ Chung *et al.* (2001) ซึ่งเก็บรักษาข้าว เมล็ดขนาดกลาง (Bengal) และขนาดยาว (Cypress) ความชื้น 10 - 14 เปอร์เซ็นต์ ในสภาวะอุณหภูมิ 4 - 38 องศาเซลเซียส นาน 0 - 48 สัปดาห์ พบว่า การเก็บรักษาทำให้ปริมาณอะมิโลส และอุณหภูมิจากเกิดเจลลาทีโนสสูงขึ้น นอกจากนี้ ความชื้นและอุณหภูมิจากการเก็บรักษายังมีผลต่อปริมาณอะมิโลสและเจลลาทีโนสเช่นกันของแป้งด้วย

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณ โอรืซานอล (ppm) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	การลดความชื้น				เฉลี่ย
	ตากในร่ม	อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	13.80	12.89	12.87	13.21	13.19a
1	13.62	12.76	12.87	13.19	13.11b
2	13.64	12.86	12.83	13.02	13.09b
3	13.45	12.80	12.76	12.81	12.96c
4	13.17	12.56	12.34	12.21	12.57d
5	13.51	12.34	12.28	12.17	12.58d
6	13.27	12.23	12.25	12.14	12.47e
7	13.27	12.07	12.09	12.13	12.39f
8	13.01	11.99	12.15	12.06	12.3g
เฉลี่ย	13.42A	12.50C	12.49C	12.55B	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกัน ในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD



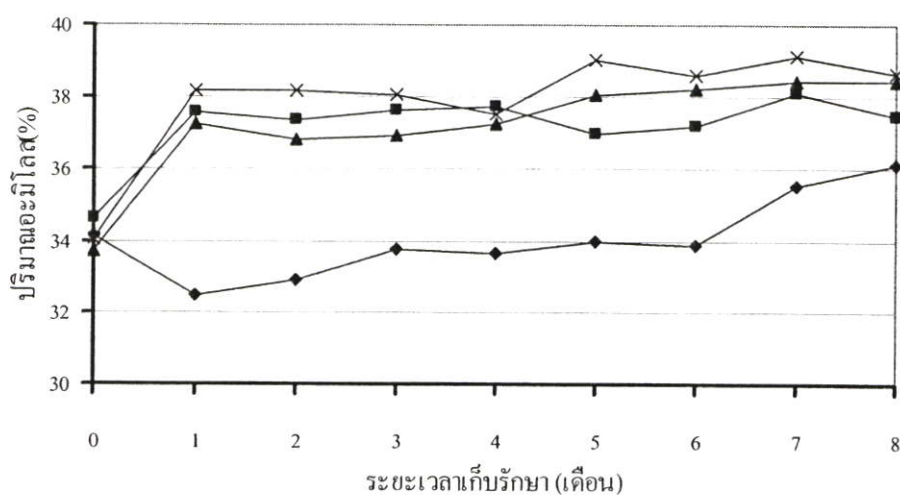
ภาพที่ 4.5 แสดงปริมาณ โอรืซานอล (ppm) จากผลของการลดความชื้น โดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60 (—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณอะมิโลส (%) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	การลดความชื้น				เฉลี่ย
	ตากในร่ม	อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	34.12	34.61	33.70	34.03	34.12d
1	32.45	37.59	37.26	38.18	36.37c
2	32.92	37.38	36.80	38.19	36.32c
3	33.77	37.64	36.92	38.06	36.6bc
4	33.66	37.74	37.26	37.52	36.55c
5	33.97	37.00	38.05	39.05	37.02abc
6	33.89	37.22	38.24	38.61	36.99abc
7	35.56	38.11	38.45	39.14	37.82a
8	36.10	37.46	38.45	38.67	37.67ab
เฉลี่ย	34.04C	37.52B	37.68AB	38.43A	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

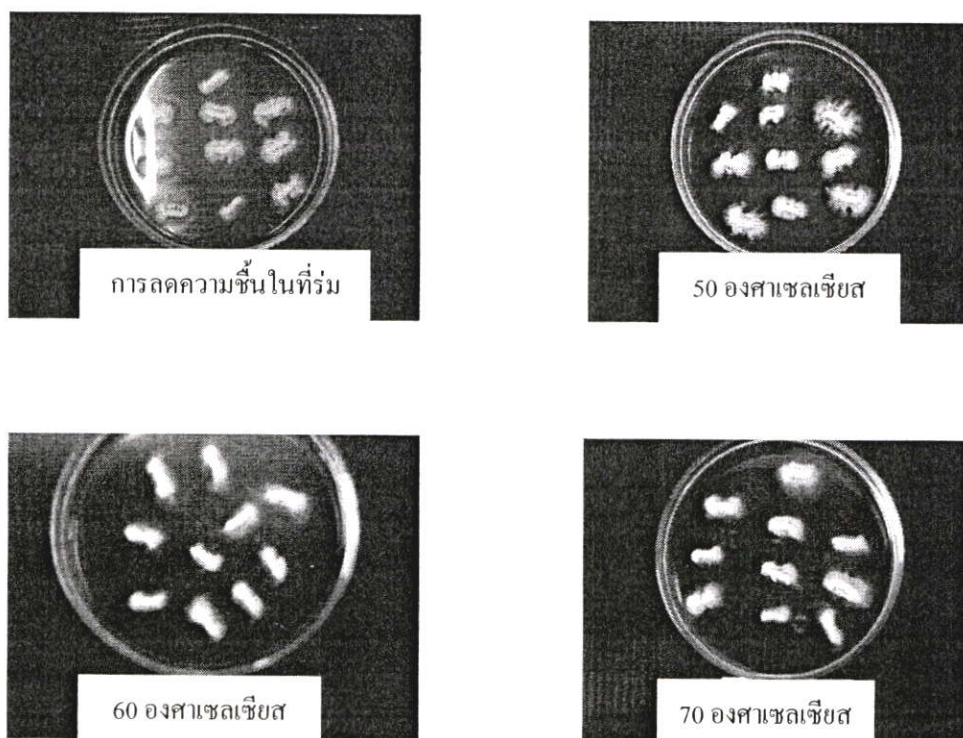
ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD



ภาพที่ 4.6 แสดงปริมาณอะมิโลส (%) จากผลของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (○) อบที่อุณหภูมิ 50 (■), 60 (△) และ 70 (×) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

4.2.3 การสลายเมล็ดข้าวในค้าง

จากการตรวจสอบการสลายเมล็ดข้าวในค้าง พบว่า การสลายเมล็ดข้าวในค้างอยู่ในระดับ 5 คะแนน ทุกกรรมวิธีทดลองแต่การลดความชื้นในที่ร่มจะทำให้เมล็ดมีการสลายตัวมากกว่าการอบแห้งข้าวด้วยตู้อบลมร้อนเล็กน้อยในทั้งสามระดับอุณหภูมิ (ภาพที่ 4.7) และการสลายเมล็ดข้าวในค้างมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวก่อนเก็บรักษาและข้าวที่ผ่านการเก็บรักษา Nakakete (2000) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งมีผลให้ความแข็งแรงของข้าวหุงสุกเพิ่มขึ้นแต่หากความชื้นสัมพัทธ์ในการอบแห้งสูงจะทำให้ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อความแข็งแรงของข้าวหุงสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับระยะเวลาการเก็บรักษาในการทดลองนี้ก็พบว่าไม่มีผลให้การวิเคราะห์การสลายเมล็ดข้าวในค้างแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ งามชื่น คงเสรี และคณะ. (2528) ซึ่งเก็บรักษาข้าวสารในถุงพลาสติกสุญญากาศ นาน 12 เดือน พบว่า การสลายเมล็ดในค้างไม่มีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4.7 แสดงผลของอุณหภูมิต่อค่าการสลายเมล็ดในค้างก่อนเก็บรักษา

4.2.4 การคุดน้ำของข้าว

ในการทดสอบการคุดน้ำระหว่างการหุงต้มของข้าว พบว่า การอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงไม่มีผลให้การคุดน้ำสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ แต่แนวโน้มในการคุดน้ำแสดงให้เห็นว่าการ

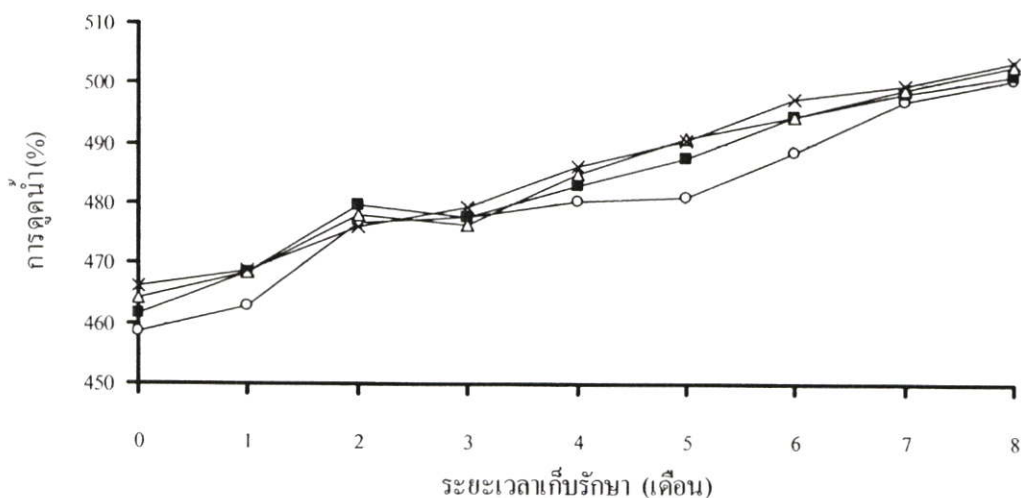
อบแห้งที่อุณหภูมิสูง 70 องศาเซลเซียส จะทำให้ข้าวมีค่าการคูดน้ำที่สูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส และการลดความชื้นในที่ร้อนในระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ส่วนผลของการเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 8 เดือน พบว่าข้าวเก่าจะคูดน้ำระหว่างการหุงต้มมากกว่าข้าวใหม่อย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวก่อนเก็บรักษาจะคูดน้ำ 462.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวที่เก็บรักษาไว้ 8 เดือนจะคูดน้ำสูงเพิ่มขึ้นเป็น 502.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.8) Nakakete (2000) และ Pearce *et al.* (2001) พบว่า อุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อความสามารถในการคูดน้ำของข้าว และการคูดน้ำของข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่ออุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาสูง

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการคูดน้ำ (%) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ตากในร่ม	การลดความชื้น			เฉลี่ย
		อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	458.67	461.67	464.17	466.17	462.67h
1	462.83	468.33	468.33	468.83	467.08g
2	476.83	479.67	478.17	476.17	477.71f
3	477.67	477.83	476.50	479.33	477.83f
4	480.17	482.83	485.00	486.17	483.54e
5	480.83	487.50	490.83	490.67	487.46d
6	488.50	494.50	494.50	497.33	493.71c
7	497.17	498.33	499.00	499.67	498.54b
8	500.83	501.50	503.17	503.83	502.33a
เฉลี่ย	480.39C	483.57B	484.41AB	485.35A	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD



ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณการดูดน้ำ (%) จากผลของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—□—), 60 (—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

4.2.5 ค่าความหนืดที่วัดได้จากเครื่อง RVA

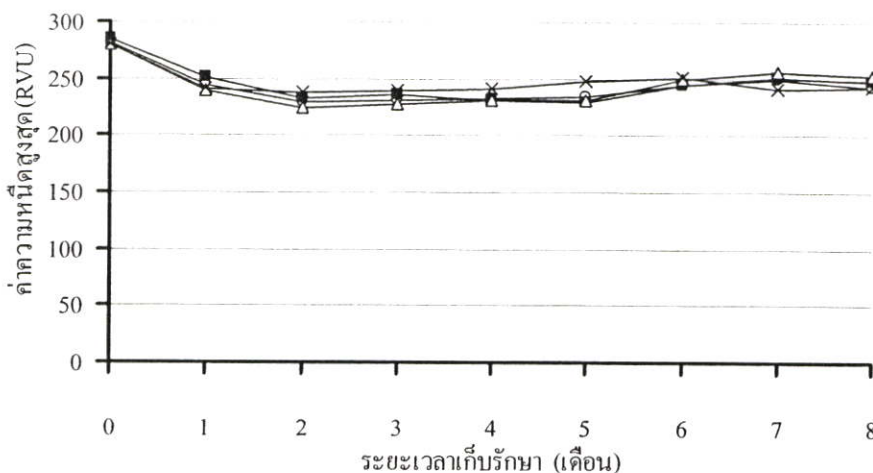
ตารางที่ 4.6 – 4.12 และภาพที่ 4.9 – 4.11 แสดงค่าความหนืดของแป้งข้าว ซึ่งอุณหภูมิในการอบแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความหนืดของแป้งข้าว อย่างไรก็ตามแม้จะมีความแตกต่างทางสถิติแต่เมื่อพิจารณาจากค่าที่วัดได้จะเห็นว่า ผลของอุณหภูมิตอบแห้งจะทำให้ค่าผันแปรอยู่ในช่วงแคบๆ กล่าวคือ ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ของแป้งข้าวที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิต่างกันมีค่าอยู่ในช่วง 243 – 247 RVU ค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) อยู่ในช่วง 331 – 337 RVU และค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) อยู่ในช่วง 81 – 83 องศาเซลเซียส ยกเว้นค่าการคืนตัว (setback) ของแป้งข้าวที่ลดความชื้นในที่ร่มที่มีค่าต่ำกว่าข้าวที่ลดความชื้นด้วยวิธีอื่นอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	การลดความชื้น				เฉลี่ย
	ตากในร่ม	อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	281.97	284.80	279.61	280.22	281.65a
1	243.97	250.53	240.03	241.47	244.00c
2	228.44	232.78	224.92	237.56	230.93e
3	230.86	235.53	227.83	239.36	233.40de
4	232.20	230.58	231.56	241.67	234.00de
5	234.33	228.61	230.47	247.33	235.19d
6	245.00	243.61	248.75	251.53	247.22bc
7	249.53	250.42	255.67	241.75	249.34b
8	243.53	247.53	253.31	242.64	246.75bc
เฉลี่ย	243.31B	244.93AB	243.57B	247.06A	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD



ภาพที่ 4.9 แสดงค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU) จากผลของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (○) อบที่อุณหภูมิ 50 (■), 60 (△) และ 70 (×) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความหนืดเมื่อแปรงคางตัว (trough) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ตากในร่ม	การลดความชื้น			เฉลี่ย
		อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	214.22	213.00	211.53	208.70	211.86d
1	215.19	234.78	216.83	205.25	218.01c
2	194.80	214.53	202.03	206.50	204.47e
3	181.86	217.69	203.33	206.72	202.40e
4	183.28	202.11	203.61	196.58	196.40f
5	185.83	200.56	195.83	203.69	196.48f
6	216.75	222.81	233.58	229.83	225.74ab
7	213.33	222.03	231.86	217.56	221.20bc
8	221.20	230.47	238.25	225.39	228.83a
เฉลี่ย	202.94C	217.55A	215.21A	211.14B	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความหนืดเมื่อแบ่งย่อยตัว (breakdown) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	การลดความชื้น				เฉลี่ย
	ตากในร่ม	อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	67.75	71.81	68.08	71.53	69.79a
1	28.78	15.75	23.20	36.22	25.99d
2	33.64	18.25	22.89	31.06	26.46d
3	49.00	17.83	24.50	32.64	30.99c
4	48.92	28.47	27.95	45.08	37.61b
5	48.50	28.06	34.64	43.64	38.71b
6	28.25	20.81	15.17	21.69	21.48e
7	36.19	28.39	23.80	24.20	28.15cd
8	22.33	17.06	15.06	17.25	17.93f
เฉลี่ย	40.37A	27.38C	28.37C	35.92B	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	การลดความชื้น				เฉลี่ย
	ตากในร่ม	อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	401.83	394.42	393.81	387.56	394.41a
1	305.81	360.03	331.28	377.08	343.55d
2	328.97	371.14	335.75	369.72	351.40c
3	333.28	372.94	343.72	373.78	355.93bc
4	334.72	382.89	339.99	381.14	359.69b
5	327.53	378.86	351.42	382.42	360.06b
6	328.22	346.08	347.44	351.47	343.30de
7	309.78	350.08	353.08	341.22	338.54de
8	316.39	344.72	348.72	338.44	337.07e
เฉลี่ย	331.84C	366.80A	349.47B	366.98A	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

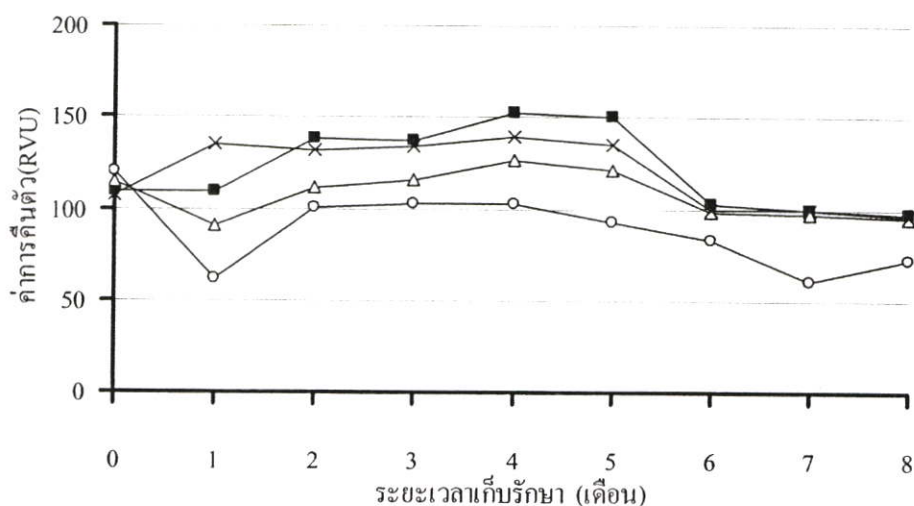
ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (RVU) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	การลดความชื้น				เฉลี่ย
	ตากในร่ม	อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	119.86	109.61	114.19	107.34	112.75c
1	61.83	109.50	91.25	135.61	99.55d
2	100.53	138.36	110.83	132.17	120.47bc
3	102.42	137.42	115.89	134.42	122.54ab
4	102.53	152.30	126.17	139.47	130.12a
5	93.19	150.25	120.95	135.08	124.87ab
6	83.22	102.47	98.69	99.95	96.08de
7	60.25	99.67	97.42	99.47	89.20e
8	72.86	97.19	95.42	95.80	90.32e
เฉลี่ย	88.52C	121.86A	107.87B	119.92A	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD



ภาพที่ 4.10 แสดงจากผลค่าการคืนตัว (setback) (RVU) ของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60 (—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	การลดความชื้น				เฉลี่ย
	ตากในร่ม	อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	6.31	6.13	5.95	6.13	6.13e
1	6.67	6.71	6.54	6.25	6.54b
2	6.44	6.47	6.49	6.27	6.42c
3	6.15	6.51	6.4	6.25	6.33cd
4	6.27	6.25	6.49	6.16	6.29d
5	6.33	6.29	6.33	6.22	6.29d
6	6.56	6.55	6.73	6.49	6.58ab
7	6.40	6.24	6.40	6.47	6.38cd
8	6.71	6.69	6.78	6.58	6.69a
เฉลี่ย	6.43A	6.43A	6.46A	6.31B	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

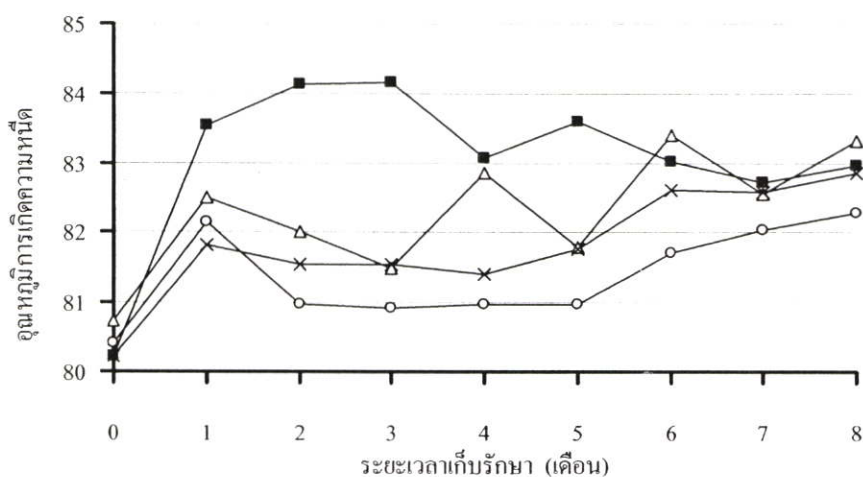
ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตารางที่ 4.12 แสดงอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) ($^{\circ}\text{C}$) ของข้าวพันธุ์
ชยันต 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	การลดความชื้น				เฉลี่ย
	ตากในร่ม	อบแห้ง ($^{\circ}\text{C}$)			
		50	60	70	
0	80.42	80.23	80.73	80.22	80.40c
1	82.15	83.53	82.50	81.83	82.50ab
2	80.98	84.13	82.00	81.55	82.17b
3	80.93	84.15	81.50	81.55	82.03b
4	80.97	83.08	82.85	81.40	82.08b
5	80.98	83.60	81.80	81.77	82.04b
6	81.72	83.02	83.40	82.60	82.69a
7	82.05	82.72	82.55	82.57	82.47ab
8	82.28	82.95	83.32	82.85	82.85a
เฉลี่ย	81.39D	83.05A	82.29B	81.82C	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD



ภาพที่ 4.11 แสดงผลอุณหภูมิการเกิดความหนืด (pasting temperature) ($^{\circ}\text{C}$) ของการลดความชื้น
โดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60 (—△—) และ 70 (—×—) $^{\circ}\text{C}$ และเก็บ
รักษาเป็นเวลา 8 เดือน

4.2.6 เปอร์เซ็นต์การแตกหัก

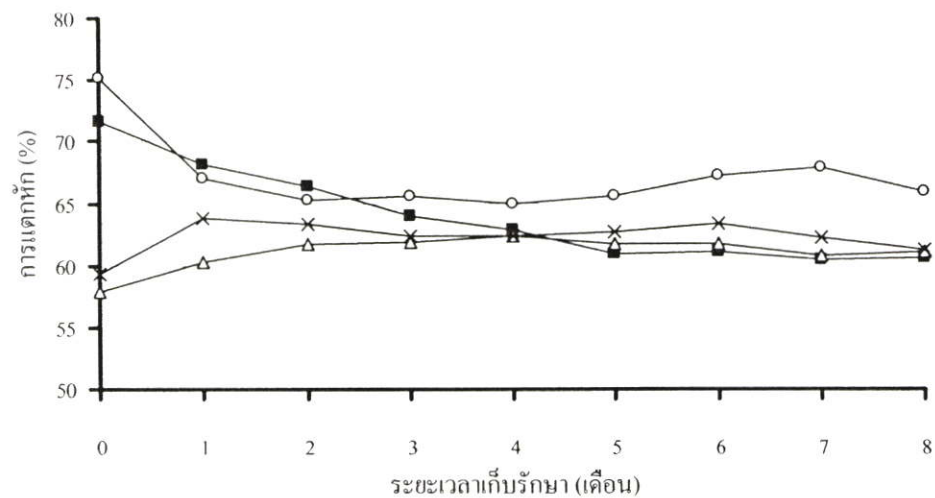
จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิในการลดความชื้นและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลให้ เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และ ภาพที่ 4.12 โดยข้าวที่ลดความชื้นในที่รมมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักสูงสุดเท่ากับ 67.11 เปอร์เซ็นต์ และการอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักต่ำสุดเท่ากับ 61.04 เปอร์เซ็นต์ Inprasit (2001) พบว่า ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระดับที่ไม่สูงจนทำให้เกิดการแตกตัวของเมล็ดแต่ภายใต้อุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้แป้งในเมล็ดบางส่วนเกิดการเจลาคีโนสและเชื่อมรอยร้าวที่มีอยู่เดิมทำให้การแตกหักของเมล็ดหลังการขัดสีลดลง สำหรับการเก็บรักษา พบว่า ข้าวก่อนเก็บรักษา จะมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักสูงสุด และเปอร์เซ็นต์การแตกหักจะลดลงเมื่อข้าวถูกเก็บรักษานานขึ้น Daniels *et al.* (1998) รายงานว่าเมื่อเก็บรักษาข้าวหลังอบแห้งไว้นานกว่า 7 สัปดาห์ จะมีผลให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดหลังขัดสีเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณการแตกหัก (%) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งลดความชื้นด้วยวิธีต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ตากในรม	การลดความชื้น			เฉลี่ย
		อบแห้ง (°ซ)			
		50	60	70	
0	75.18	71.61	57.83	59.24	65.97a
1	66.96	68.20	60.24	63.83	64.81b
2	65.22	66.42	61.71	63.39	64.19bc
3	65.49	64.02	61.95	62.31	63.44cd
4	64.87	62.79	62.39	62.38	63.11d
5	65.57	60.93	61.75	62.62	62.72de
6	67.14	61.13	61.77	63.27	63.33d
7	67.75	60.41	60.69	62.14	62.75de
8	65.81	60.62	61.04	61.18	62.16e
เฉลี่ย	67.11A	64.01B	61.04D	62.26C	

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD

ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีวิเคราะห์แบบ LSD



ภาพที่ 4.12 แสดงการแตกหัก (%) ของการลดความชื้นโดยตากในที่ร่ม (—○—) อบที่อุณหภูมิ 50 (—■—), 60(—△—) และ 70 (—×—) °ซ และเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. จากการศึกษาปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว พบว่า โอรีซานอลมีปริมาณแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของพันธุ์ข้าว โดยข้าวที่มีปริมาณโอรีซานอลมากที่สุดได้แก่ ข้าวปทุมธานี 1 รองลงมาได้แก่ข้าวท่า สุพรรณบุรี 1 กข.6 หอมมะลิ หอมแดง สันป่าตอง และชัยนาท 1 ซึ่งเห็นได้ว่า ปริมาณ โอรีซานอล ไม่ได้ขึ้นที่ชนิดของข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้า และไม่ได้ขึ้นกับสีของเมล็ด ซึ่งแตกต่างจากงานทดลองของ Karladee (2003) ซึ่งรายงานไว้ว่า ข้าวสีเข้มจะมีปริมาณ โอรีซานอลสูง แต่สอดคล้องกับการทดลองของ Chunchenchop (1999) ที่รายงานไว้ว่า ปริมาณ โอรีซานอลจะขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุ์ข้าว ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสีของเมล็ด สำหรับผลของการลดความชื้นและการเก็บรักษา พบว่าการลดความชื้นและการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณ โอรีซานอลอย่างมีนัยสำคัญ โดยการลดความชื้นในที่ร่ม จะมีปริมาณ โอรีซานอลสูงกว่าข้าวที่ลดความชื้นโดยการอบแห้ง และปริมาณ โอรีซานอลจะลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่า การสกัดน้ำมันรำข้าวเพื่อให้ได้ปริมาณ โอรีซานอลสูงควรสกัดจากรำข้าวของข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่

2. ปริมาณอะมิโลสของข้าวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ข้าว อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้การหาปริมาณอะมิโลสโดยการทำให้เกิดสีอาจมีค่าสูงกว่าปกติซึ่งอาจเนื่องจากอะมิโลเพคตินที่มีกิ่งแขนงจำนวนมากจะจับกับไอโอดีน ให้สารประกอบเชิงซ้อนสีม่วงแดง ซึ่งสามารถรบกวนค่าการดูดกลืนแสงของไอโอดีนกับอะมิโลสได้ สำหรับการลดความชื้นและเก็บรักษา พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณอะมิโลสที่วิเคราะห์ได้สูงกว่าการลดความชื้นในที่ร่ม ซึ่งอาจเกิดจากความร้อนที่ข้าวได้รับทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของอะมิโลเพคติน ทำให้พันธะ α - 1,6 glucosidic linkage บางส่วนถูกทำลาย เป็นผลให้เกิดสายพันธะ α - 1,4 glucosidic linkage และทำปฏิกิริยากับไอโอดีน เช่นเดียวกับอะมิโลส สำหรับการเก็บรักษาพบว่า มีผลให้ปริมาณอะมิโลสเกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงของข้าวจะเกิดขึ้นตลอดเวลา อรอนงค์ นัยวิกุล (2547) กล่าวว่า โปรตีนและแป้งจะมีการเปลี่ยนแปลงในระดับโครงสร้าง และเอนไซม์หลายชนิดจะยังคงมีกิจกรรมต่อเนื่อง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณอะมิโลสในการทดลองนี้อาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแป้งดังกล่าว

3. การสลายเมล็ดในค้างจะสัมพันธ์กับปริมาณอะมิโลส โดยข้าวอะมิโลสสูงมีระดับการสลายตัวต่ำกว่าข้าวอะมิโลสต่ำ ถ้าข้าวมีอะมิโลสใกล้เคียงกันข้าวที่มีลักษณะเป็นแป้งอ่อน จะมีค่าการสลายตัวของเมล็ดสูงกว่าข้าวที่มีลักษณะเป็นแป้งแข็ง ในการทดลองนี้ข้าวสุพรรณบุรี 1 และชัยนาท 1 จะมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกัน แต่ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีค่าการสลายเมล็ดในค้างสูง

กว่า แสดงว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 จะให้ข้าวหุงสุกที่นุ่มกว่า และเมื่อนำข้าวชัชนาท 1 มาลดความชื้นด้วยวิธีที่ต่างกัน เก็บรักษาไว้ 8 เดือน พบว่า อุณหภูมิอบแห้งสูงทำให้ค่าการสลายเมล็ดในค่างมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ในขณะที่การเก็บรักษาไม่มีผล ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการลดความชื้นโดยการอบแห้ง ทำให้เปลี่ยนแปลงทำให้สลายน้ำได้น้อยลง สำหรับอุณหภูมิอบแห้งและระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของค่าการสลายเมล็ดในค่าง

4. การวิเคราะห์การคุดน้ำของข้าวระหว่างการหุงต้ม พบว่าพันธุ์ข้าวมีการคุดน้ำแตกต่างกัน โดยข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะคุดน้ำมากกว่าข้าวอะมิโลสต่ำ และการคุดน้ำจะเห็นได้ชัดในส่วนของ การลดความชื้น โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ทำให้อัตราการคุดน้ำสูงกว่าการลดความชื้นในที่ร่ม แสดงว่าการใช้อุณหภูมิสูงทำให้การคุดน้ำสูงกว่าอุณหภูมิต่ำ อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิสูงและความชื้นสูงจะทำให้แป้งและโปรตีนในเนื้อข้าวมีการเรียงตัวเปลี่ยนไป เช่นเดียวกับคุณลักษณะของข้าวเก่าซึ่งจะพบว่าข้าวพันธุ์เดียวกัน ข้าวเก่าจะคุดน้ำในระหว่างการหุงสุกกว่าข้าวใหม่และระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานก็ทำให้การคุดน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

5. การวัดค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA พบว่า ค่าความหนืดสูงสุดจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะพันธุ์ แต่สังเกตได้ว่า ข้าวที่เกิดความหนืดสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำ จะได้ลักษณะข้าวหุงสุกเร็ว และข้าวที่มีอะมิโลสต่ำหรือข้าวที่มีลักษณะเป็นเจลอ่อน จะมีค่าการคืนตัวติดลบ สำหรับการลดความชื้น และการเก็บรักษามีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดในช่วงแคบๆ แต่การลดความชื้นในที่ร่ม ทำให้ค่าการคืนตัว ต่ำกว่าการอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนในทุกระยะการเก็บรักษา ซึ่งแสดงว่า เมื่อหุงต้มจะได้ข้าวที่สุกเร็วและแป้งมีลักษณะอ่อนนุ่มกว่า

6. สำหรับการทดสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวเนื่องจากการลดความชื้น พบว่า การลดความชื้นในที่ร่มมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักเนื่องจากการขัดสีสูงกว่าการลดความชื้น โดยการอบแห้ง ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะ อุณหภูมิอบแห้งในการทดลองไม่สูงถึงระดับที่มีผลต่อการทำลายเมล็ด และภายใต้สภาวะดังกล่าวแป้งในเมล็ดบางส่วนเกิดการเจลาติไนซ์และเชื่อมรอยร้าวที่มีอยู่เดิม แต่หากใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้ในการอบแห้งจะทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักสูง เนื่องจากในสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง บริเวณรอบนอกของเมล็ดจะสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็วและในอัตราที่สูงกว่าการเคลื่อนที่ของความชื้นจากเนื้อภายในเมล็ดมายังผิวด้านนอกทำให้เกิดแรงดันและรอยร้าวขึ้น สำหรับผลของการเก็บรักษาทำให้เมล็ดมีความแข็งขึ้น และทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักต่ำกว่าข้าวแรกเริ่ม

บทที่ 6

สรุป

ชนิดและพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณ โอรีซานอล และคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไม่ขึ้นกับสีของเยื่อหุ้มเมล็ด สำหรับปริมาณอะมิโลสในการทดลองนี้ข้าวเหนียวจะมีค่าอะมิโลสระหว่าง 5.17 - 7.6 เปอร์เซ็นต์โดยข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตองจะอะมิโลสน้อยที่สุด ในส่วนของข้าวเจ้าสามารถแบ่งออกได้เป็นข้าวเจ้าอะมิโลสปาน กลาง และข้าวเจ้าอะมิโลสสูงซึ่งข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีอะมิโลสสูงที่สุดเท่ากับ 41.32 เปอร์เซ็นต์ ค่าอะมิโลสของข้าวจะมีความสัมพันธ์กับค่าการสลายเมล็ดในด่าง ปริมาณการคูดน้ำระหว่างการหุงต้ม และค่าความหนืดของแป้งข้าว โดยข้าวที่มีอะมิโลสสูง จะมีค่าการสลายเมล็ดในด่างต่ำ เปอร์เซ็นต์การคูดน้ำและความหนืดสูง

สำหรับอุณหภูมิอบแห้งและการเก็บรักษา พบว่ามีผลต่อคุณสมบัติของข้าว ยกเว้นค่าการสลายเมล็ดในด่าง ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะลดความชื้นด้วยวิธีใดและแม้ว่าจะเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 8 เดือน โดยปริมาณ โอรีซานอลจะสูงสุดเมื่อลดความชื้นในที่ร่ม และจะลดลงเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูง และเก็บรักษาเป็นเวลานาน สำหรับปริมาณอะมิโลส และการคูดน้ำระหว่างการหุงต้มในการทดลองนี้พบว่า จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้น และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่ความหนืดมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งสูง และเก็บรักษาเป็นเวลานาน สำหรับการแตกหักของข้าวเมื่อนำข้าวเปลือกมาขัดสี พบว่าการใช้อุณหภูมิอบแห้งที่เหมาะสมจะสามารถลดเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดหลังการขัดสีได้ ซึ่งในการทดลองนี้การใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียสจะทำให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักต่ำที่สุด ในขณะที่การลดความชื้นในที่ร่มมีผลให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักสูงสุด

บรรณานุกรม

- กรมการข้าว. 2549. แนวทางการใช้ประโยชน์จากข้าว. [Online]. Available :
http://www.ricethailand.go.th/rkb/data_002/rice_xx2-02_New_index.html
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กิตติยา กิจควรดี. 2539. “วิทยาการเก็บเกี่ยวข้าว”. 138-144. ใน **ข้าว : ความรู้คู่ชาวนา เอกสารวิชาการครบรอบ 80 ปีศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี**. กรุงเทพฯ. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เกรือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. น. 1-35. ใน **เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง**. กรุงเทพฯ. ฝ่ายฝึกอบรมสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- งามชื่น คงเสรี ละม้ายมาศ ขาวไชยมหา กาญจนา เนตรสำราญ พูลศรี สว่างจิต และอัญชติ ปรินาจารย์. 2528. “การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดเมื่อเก็บในลักษณะข้าวกล้อง และข้าวสาร”. **วารสารวิชาการเกษตร 1** : 38-43.
- งามชื่น คงเสรี. 2539. “คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์”. น. 241 – 259. ใน **สัมมนาวิชาการครบรอบ 80 ปี**. กรุงเทพฯ. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวสวย. น. 11-30. ใน : **คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวป่นในข้าวหอมมะลิไทย**. กรุงเทพฯ. งามชื่น คงเสรี (บรรณาธิการ). จีรวัฒน์อิเล็กทรอนิกส์.
- ดวงทิพย์ เปรมจิตต์. 2518. **อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บที่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- นิรนาม. 2549. ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว. [Online]. Available : www.ikisan.com.
- นฤมล จิยโชค. 2547. เมื่อคอเลสเทอรอลท่วมทัน โอรีซานอลคือกุญแจแก้ไข. [Online]. Available : <http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9470000031360>
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง. 2535. **การจัดการโรงสีข้าว**. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน. คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.
- ไพจิตร จันทร์วงศ์ วีระศักดิ์ อนันบุตร และวิไลศรี ทิมปพยอม. 2528. “การเก็บรักษาข้าวสารและข้าวกล้องระยะยาว”. **วารสารวิชาการเกษตร 3**: 85-88.

- มติชนรายวัน ข่าวประจำวัน ที่ 20 มีนาคม 2550. ข้าวก่ำยารักษาโรคพื้นบ้านที่กำลังถูกลืม. [Online]. Available : http://elib.fda.moph.go.th/library/default.asp?page=news_detail&id=8201
- มูลนิธิข้าวไทย. 2549. จุดกำเนิดและประวัติข้าวไทย. [Online]. Available : http://www.thairice.org/html/aboutrice/about_rice1.htm
- เรวดี จงสุวัฒน์. 2549. เมื่อกอเลสเตอรอลท่วมท้น โอรืษานอลคืออัญญาแจ้ไข. [Online]. Available : <http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9470000031360>
- ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี 2549. ตารางแสดงคุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและโภชนาการของข้าวพันธุ์ต่างๆที่นิยมปลูกในประเทศไทยในปัจจุบัน. [Online]. Available : http://www.moac.go.th/builder/rice/images/riceproperties_1.pdf
- สมพร ศรีสุข. 2545. “ผลของสารเคลือบต่อคุณภาพข้าวกล้องหุงสุกแช่เยือกแข็ง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2542. “ผลิตภัณฑ์ข้าวไทย : จากอดีตถึงปัจจุบันสู่อนาคต”. เอกสารประกอบคำบรรยายใน สัมมนาวิชาการ โครงการสมองไหลกลับ. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และโครงการสมองไหลกลับสาขาอุตสาหกรรมเกษตร วันที่ 6-7 กรกฎาคม 2542 ณ หอประชุมใหญ่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาลัยเขตบางเขน. กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. **ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Anselme, C. 1988. **Preharvest and Postharvest Treatments to Improve Rice Seed Health Rice Seed Health**. IRRI proceeding of the international workshop on rice seed health.
- Bergman, C. J. and Xu, Z. 2001. **Genotype and Environment Effects on the Tocol and Gamma-Oryzanol Contents of Southern U.S. Rice**. USDA ARS Rice Research Unit, Beaumont, TX 77701 ; Department of Food Science, Louisiana State University AgriculturalCenter, BatonRouge, LA 70803.2001 AACC Annual Meeting Charlotte, North Carolina October14-18, Charlotte Convention Center.
- Board of Trade of Thailand. 2005. Total Export Quantity of White Rice by General Exporters and Government 2005. [Online]. Available : http://www.riceexporters.or.th/statistic_2005.htm
- Bucci, R. Magri, A.D. Magri, A.L. and Marini, F. 2003. “Comparison of Three Spectrophotometric Methods for Determination of γ -oryzanol in Rice Bran Oil”. **Anal Bioanal Chem.** 375:1254 – 1259.
- Cho, C. 1991. “Modeling and Control of Rough Rice Drying in the Spouted – Bed Dryer”. AIT Thesis no. AE – 91 – 30. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

- Cho, C. 1991. "Modeling and Control of Rough Rice Drying in the Spouted – Bed Dryer". AIT Thesis no. AE – 91 – 30. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Chunchenchop, T. 1999. "Determination of Nutraceutical Antioxidants – Carotene, -Oryzanol and Tocopherol in Rice Varieties of Thailand". AIT Thesis no. AE-99-9. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Chung, W. K. Meullenet, J.F. Han, A. and Treece, R. 2001. **Rice Functionality as Affected by Starch and Protein during Rough Rice Storage.** University of Arkansas, Department of Food Science. 2001 AACC Annual Meeting Charlotte North Carolina October 14-18, Charlotte Convention Center.
- Daniels, M.J. Marks, B.P. Siebenmorgen, T.J. Mcnew, R.W. and Meullenet, J.F. 1998. "Effects of Long-Grain Rough Rice Storage History on End-Use Quality". **Food Sci. J.** 63(5) : 832-835.
- David, A. and Dendy, V. 2001. **Cereals and Cereals Products Chemistry and Technology.** Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg Maryland USA.
- Inprasit, C. 2001. "Effect of Drying Methods on Aging Quality of Rough Rice". Diss no. PH – 01 – C.2. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Juliano, B.O. 1993. **Rice in Human Nutrition. FAO Food and Nutrition Series, No 26.** The International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Laguna (Philippines), and Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), Rome.
- Juliano, B.O. 1985. **Rice: Chemical and Technology.** 2nd. Minnesota, American Association.
- Karladee, D. Pongpiachan, P. Taltachum T. and Gavilo, A. 2003. **Accumulation of Gamma-Oryzanol in Pure Rice Grain.** (inpress)
- Lichenstein, A.H. Ausman, L.M. Jenner, J.L. Carrasco, W. Gualtieri, L.J. Jenner, J.L. Ordovas, J.M. Nicolosi, R.J. Goldin, B.R. and Schaefer, J.E. 1994. "Rice Bran Oil Consumption and Plasma Lipid Levels in Moderately Hypercholesterolemic Humans". **Arteriosclerosis.** 14(4):549-556.
- Lloyd, B.J. Siebenmorgen, T.J. and Beers, K.W. 2000. "Effects of Commercial Processing on Antioxidants in Rice Bran". **J.Cereal Chem.** 77(5) : 551 – 555.
- Meullenet, C. Marks, B.P. Griffin, K. and Daniels, M.J. 1999. "Effects of Rough Rice Drying and Storage Conditions on Sensory Profiles of Cooked Rice". **J. Cereal Chem.** 76(4) : 483-486.

- Nakakete, P. 2000. "Study of Artificial Aging by Drying of High Moisture Rough Rice under High Humidity Conditions". AIT Thesis no. PH – 00 – 20. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Pearce, M.D. Marks, B.P. and Meullenet, J.F. 2001. "Effects of Postharvest Parameters on Functional Changes During Rough Rice Storage". **J. Cereal Chem.** 78(3) : 354-357.
- Pisithkul, K. Jongkaewwattana, S. Wongpornchai, S. Tulyathun, W. and Meechui, S. 2006. "Modifying Cooking Quality of Khao Dawk Mali 105 Rice". **Agricultural Sci.** 37(5) : 187 – 190.
- Reyes, V.G. 1996. "Heat Treatment of High Moisture Paddy for Arresting, Deterioration during Storage". AIT Dissertation no. AE-86-2. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Sanjiva Rao, B. Vaudeva Murthy, A.R. and Subrahmanya, R.S. 1952. "The Amylase and the Amylopectin Contents of Rice and Their Influence on the Cooking Quality of the Cereal". **Proc. India Acad. Sci.** 36B(2): 70 – 80.
- Saska, M. and Rossiter, G.J. 1998. "Recover of γ -oryzanol from rice bran with silica-based continuous chromatography." **J. American Oil Chemists' Society.** 75:1421-1427.
- Soponronnarit, S. Yapha, M. and Prachayawarakorn, O. 1995. "Cross – Flow fluidized Bed Paddy Drying : Prototype and Commercialization". **Drying Technol. J.** 13(8 - 9).
- Anonymous. 2549. **Starch and Glycogen.** [Online]. Available :
<http://academic.brooklyn.cuny.edu/biology/bio4fv/page/starch.html>
- Tai-Sun Shin, J. S.G. Daniel E. M. and John, H.W. 1997. "Hydrolytic Stability and Changes in E Vitamins and Oryzanol of Extruded Rice Bran During Storage". **J. Food Sci.** 62 (4): 704–728.
- Tangpinijkul, N. 1987. "Conduction Drying of Paddy for Optimum Milling Quality". AIT Thesis no. AE – 87 – 35. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Thompson, J.F. 1998. **Principles of Rice Drying.** Internet Modified: <Comments to Jayoung@ucdavis.Edu>.

- Tirawanichhakul, S. Prachayawarakorn, S. Tungtrakul, P. Warunyanond, W. and Soponronnarit, S. 2002. "Effect of Drying Temperature on Physical Property of High and Low Amylose Content Paddy". In **Proceedings of the International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering**, 11-13 December 2002, Asian Institute of Technology. Bangkok, Thailand.
- USDA. 2005. World rice area yield and production. [Online]. Available :
http://www.riceexporters.or.th/world%20rice%20area_yield_prod.htm
- Varavinit, S. Shobsngob, S. Varanyanond, W. Chinachoti, P. and Naivikul, O. 2003. "Effect of Amylose Content on Gelatinization, Retrogradation and Pasting Properties of Flours from Different Cultivars of Thai Rice". **Starch/Stärke**. 55 : 410 – 415.
- Webb, B.D. 1991. "Rice Quality and grades". pp. 89 – 119. In B.S. Luh (ed.). **Rice : Utilization. Volume II**. 2nd ed. New York. AVI Van Nostrand Reinhold.

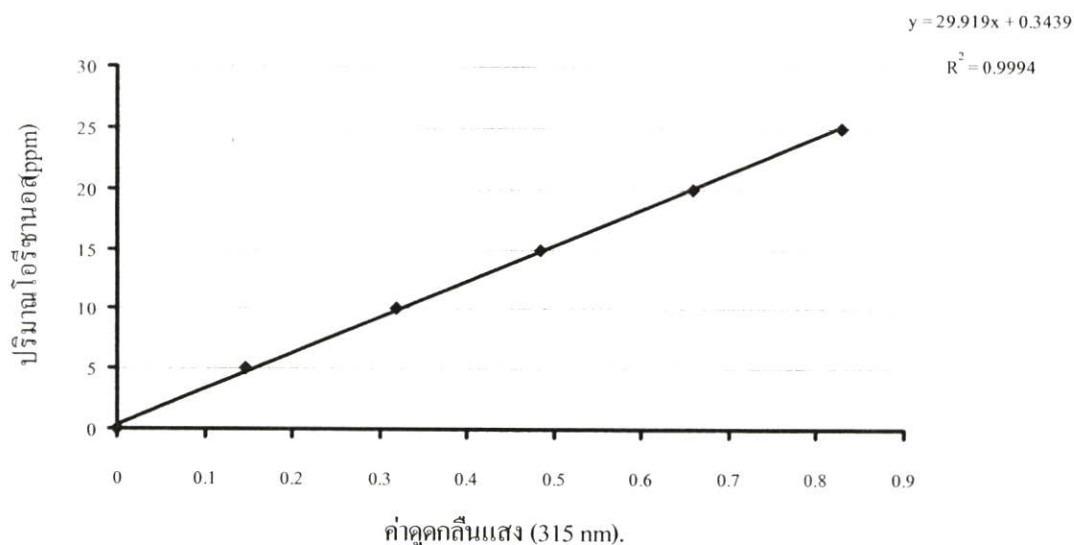
ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

1.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานแกมมาไอริซานอล

ชั่งแกมมาไอริซานอล 50 ± 0.0001 มิลลิกรัม ละลายด้วยเฮปเทน (n- heptane) และปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยเฮปเทนเพื่อเป็น stock solution จากนั้นปิเปตสารเริ่มต้น 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับด้วยเฮปเทนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตรและนำค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

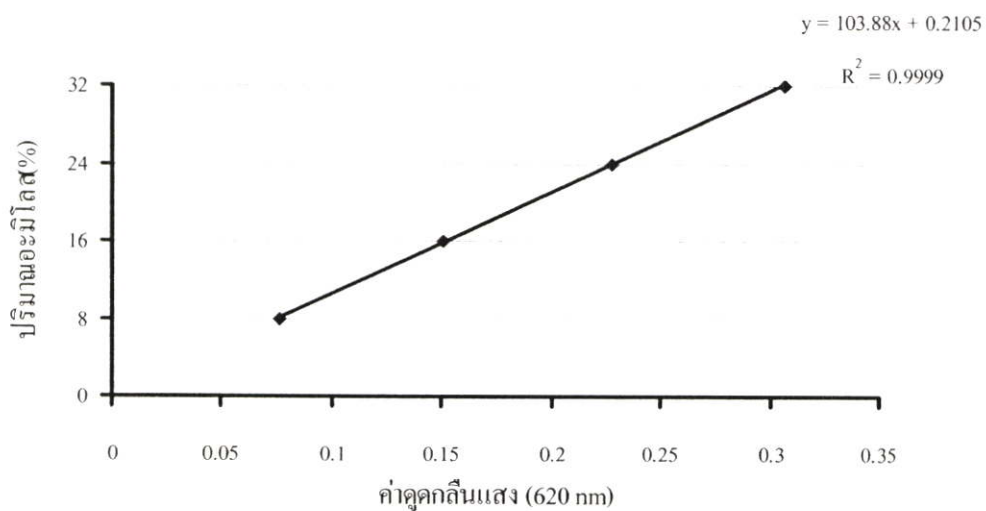
ปริมาณไอริซานอล (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง
5	0.1470
10	0.3182
15	0.4848
20	0.6594
25	0.8284



1.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานอะมิโลส

ซึ่งโปเตโตอะมิโลส 0.04 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตร แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ แป้ง เตรียมขวดปริมาตรขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร จำนวน 4 ขวด สารละลายมาตรฐาน 1 2 3 และ 4 มิลลิลิตร ซึ่งเปรียบเทียบกับอะมิโลสร้อยละ 8, 16, 24 และ 32 ใส่ในขวดที่เตรียมไว้เติมน้ำกลั่น ประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดเกลือไฮดรอกซิดิก 1N ปริมาณ 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 มิลลิลิตร ในขวดที่มีสารละลายมาตรฐานตามลำดับ เติมสารละลายไอโอดีน 2.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร

ปริมาณอะมิโลส (%)	ค่าดูดกลืนแสง
8	0.076
16	0.151
24	0.228
32	0.307



ภาคผนวก 2

ตารางผนวกที่ 1 แสดงข้อมูลปริมาณ โอรีซานอล (ppm)

พันธุ์	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	24.43	24.49	24.46	24.46
สุพรรณบุรี 1	19.13	19.13	19.22	19.16
ชัยนาท 1	13.84	13.81	13.81	13.82
หอมมะลิ	18.47	18.5	18.53	18.5
หอมแดง	17.46	17.43	17.43	17.44
กข.6	18.92	18.92	18.8	18.88
สันป่าตอง	16.17	16.26	16.26	16.23
ข้าวเก่า	20.81	20.9	20.81	20.83

ตารางผนวกที่ 2 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)

พันธุ์	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	12.86	13.22	12.18	12.75
สุพรรณบุรี 1	13.54	13.62	13.28	13.48
ชัยนาท 1	13.32	13.27	12.85	13.15
หอมมะลิ	13.21	12.97	13.14	13.11
หอมแดง	12.68	12.57	12.94	12.73
กข.6	12.12	12.15	12.22	12.16
สันป่าตอง	12.68	12.75	12.87	12.77
ข้าวเก่า	11.43	11.86	11.52	11.60

ตารางผนวกที่ 3 แสดงข้อมูลปริมาณอะมิโลส (%)

พันธุ์	ข้าว			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	23.40	22.96	22.03	22.80
สุพรรณบุรี 1	40.99	42.09	40.89	41.33
ชัยนาท 1	38.88	40.91	41.68	40.49
หอมมะลิ	20.72	20.80	20.51	20.68
หอมแดง	25.22	26.35	25.64	25.74
กข.6	5.66	5.76	5.70	5.71
สันป่าตอง	5.18	5.16	5.18	5.17
ข้าวเก่า	7.44	7.67	7.69	7.60

ตารางผนวกที่ 4 แสดงข้อมูลค่าการสลายเมล็ดข้าวในต่าง (คะแนน)

พันธุ์	ข้าว			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	6	6	6	6
สุพรรณบุรี 1	5	5	5	5
ชัยนาท 1	3	3	3	3
หอมมะลิ	7	7	7	7
หอมแดง	7	7	7	7
กข.6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
สันป่าตอง	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
ข้าวเก่า	5	5	5	5

ตารางผนวกที่ 5 แสดงข้อมูลปริมาณการควบน้ำของเมล็ดข้าว (%)

พันธุ์	ข้าว			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	452.50	466.00	469.00	462.50
สุพรรณบุรี 1	522.00	501.50	477.50	500.33
ชัยนาท 1	536.50	558.00	550.50	548.33
หอมมะลิ	475.00	479.00	467.00	473.67
หอมแดง	431.50	447.00	438.50	439.00
กข.6	438.50	410.50	428.50	425.83
สันป่าตอง	328.00	328.50	319.00	325.17
ข้าวเก่า	514.00	496.00	524.00	511.33

ตารางผนวกที่ 6 แสดงข้อมูลความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU)

พันธุ์	ข้าว			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	276.50	280.75	277.42	278.22
สุพรรณบุรี 1	215.00	213.83	216.58	215.14
ชัยนาท 1	289.58	299.50	298.33	295.81
หอมมะลิ	311.92	325.75	317.50	318.39
หอมแดง	271.67	271.83	269.33	270.94
กข.6	251.00	250.67	254.50	252.06
สันป่าตอง	236.00	233.08	235.92	235.00
ข้าวเก่า	279.25	272.75	279.92	277.31

ตารางผนวกที่ 7 แสดงข้อมูลความหนักเมื่อแบ่งคงตัว (trough) (RVU)

พันธุ์	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	214.92	223.33	219.42	219.22
สุพรรณบุรี 1	179.83	175.67	175.92	177.14
ชัยนาท 1	223.00	226.92	230.00	226.64
หอมมะลิ	185.67	185.00	191.67	187.44
หอมแดง	154.50	149.08	158.58	154.06
กข.6	111.67	113.33	115.67	113.56
สันป่าตอง	118.00	116.58	117.58	117.39
ข้าวเก่า	148.75	141.92	148.42	146.36

ตารางผนวกที่ 8 แสดงข้อมูลความหนักเมื่อแบ่งยุบตัว (breakdown) (RVU)

พันธุ์	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	61.58	57.42	58.00	59.00
สุพรรณบุรี 1	35.17	38.17	40.67	38.00
ชัยนาท 1	66.58	72.58	68.33	69.17
หอมมะลิ	126.25	140.75	125.83	130.94
หอมแดง	117.17	122.75	110.75	116.89
กข.6	139.33	137.33	138.83	138.50
สันป่าตอง	118.00	116.50	118.33	117.61
ข้าวเก่า	130.50	130.83	131.50	130.94

ตารางผนวกที่ 9 แสดงข้อมูลความหนืดเมื่อแปรงเส้นตัว (final viscosity) (RVU)

พันธุ์	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	323.83	330.58	328.08	327.50
สุพรรณบุรี 1	268.08	262.58	266.50	265.72
ชัยนาท 1	350.83	355.33	351.17	352.44
หอมมะลิ	294.25	289.08	299.83	294.39
หอมแดง	254.00	250.92	257.75	254.22
กข.6	143.25	142.00	141.58	142.28
สันป่าตอง	153.67	150.83	152.25	152.25
ข้าวเก่า	177.58	175.42	175.50	176.17

ตารางผนวกที่ 10 แสดงข้อมูลความหนืดเมื่อแปรงคืนตัว (setback) (RVU)

พันธุ์	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	47.33	49.83	50.67	49.28
สุพรรณบุรี 1	53.08	48.75	49.92	50.58
ชัยนาท 1	61.25	55.83	52.83	56.64
หอมมะลิ	-17.67	-36.67	-17.67	-24.00
หอมแดง	-17.67	-20.92	-11.58	-16.72
กข.6	-107.75	-108.67	-112.92	-109.78
สันป่าตอง	-82.33	-82.25	-83.67	-82.75
ข้าวเก่า	-101.67	-97.33	-104.42	-101.139

ตารางผนวกที่ 11 แสดงข้อมูลเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที)

พันธุ์	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	6.27	6.47	6.40	6.38
สุพรรณบุรี 1	5.93	5.73	5.47	5.71
ชัยนาท 1	5.73	6.00	5.80	5.84
หอมมะลิ	6.00	5.80	6.00	5.93
หอมแดง	5.80	5.80	5.87	5.82
กข.6	4.07	4.00	4.20	4.09
สันป่าตอง	4.00	4.00	4.07	4.02
ข้าวเก่า	4.27	4.27	4.27	4.27

ตารางผนวกที่ 12 แสดงข้อมูลอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°ซ)

พันธุ์	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
ปทุมธานี 1	86.20	84.70	85.50	85.47
สุพรรณบุรี 1	81.50	81.40	81.50	81.47
ชัยนาท 1	80.70	80.70	81.75	81.05
หอมมะลิ	75.10	74.40	75.15	74.88
หอมแดง	75.25	76.00	76.35	75.87
กข.6	69.80	69.85	71.25	70.30
สันป่าตอง	67.25	68.15	68.05	67.82
ข้าวเก่า	72.90	72.15	72.75	72.60

ตารางผนวกที่ 13 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อปริมาณ โอรืซานอล (ppm)

การลดความชื้น	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	13.80	13.80	13.80	13.80
50 °ซ	12.88	12.89	12.89	12.89
60 °ซ	12.88	12.86	12.86	12.87
70 °ซ	13.25	13.17	13.20	13.21
(1 เดือน)ในที่ร่ม	13.60	13.68	13.59	13.62
50 °ซ	12.72	12.80	12.76	12.76
60 °ซ	12.91	12.87	12.84	12.87
70 °ซ	13.19	13.17	13.21	13.19
(2 เดือน)ในที่ร่ม	13.59	13.65	13.68	13.64
50 °ซ	12.89	12.84	12.86	12.86
60 °ซ	12.83	12.85	12.80	12.83
70 °ซ	13.03	13.03	13.00	13.02
(3 เดือน)ในที่ร่ม	13.38	13.36	13.62	13.45
50 °ซ	12.84	12.81	12.76	12.80
60 °ซ	12.77	12.76	12.75	12.76
70 °ซ	12.80	12.83	12.81	12.81
(4 เดือน)ในที่ร่ม	13.14	13.30	13.06	13.17
50 °ซ	12.56	12.56	12.55	12.56
60 °ซ	12.40	12.39	12.23	12.34
70 °ซ	12.19	12.25	12.18	12.21
(5 เดือน)ในที่ร่ม	13.35	13.62	13.56	13.51
50 °ซ	12.31	12.36	12.35	12.34
60 °ซ	12.23	12.28	12.33	12.28
70 °ซ	12.17	12.15	12.19	12.17

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(6 เดือน)ในที่ร่ม	13.25	13.29	13.26	13.27
50 °ซ	12.24	12.23	12.21	12.23
60 °ซ	12.26	12.23	12.25	12.25
70 °ซ	12.16	12.13	12.14	12.14
(7 เดือน)ในที่ร่ม	13.25	13.32	13.24	13.27
50 °ซ	12.09	12.08	12.04	12.07
60 °ซ	12.08	12.15	12.05	12.09
70 °ซ	12.18	12.12	12.08	12.13
(8 เดือน)ในที่ร่ม	12.98	12.97	13.07	13.01
50 °ซ	12.06	11.92	11.99	11.99
60 °ซ	12.11	12.19	12.16	12.15
70 °ซ	12.07	12.00	12.11	12.06

ตารางผนวกที่ 14 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อปริมาณอะมิโลส (%)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	35.53	33.81	33.01	34.12
50 °ซ	36.10	33.70	34.02	34.61
60 °ซ	36.47	32.08	32.56	33.70
70 °ซ	36.33	34.26	31.49	34.03
(1 เดือน)ในที่ร่ม	34.64	31.28	31.42	32.45
50 °ซ	39.10	36.89	36.78	37.59
60 °ซ	36.89	37.37	37.51	37.26
70 °ซ	37.72	38.72	38.10	38.18

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

การลดความชื้น	ข้าว			เฉลี่ย
	1	2	3	
(2 เดือน)ในที่ร่ม	34.98	32.63	31.15	32.92
50 °ซ	37.37	37.79	36.99	37.38
60 °ซ	37.37	36.78	36.26	36.80
70 °ซ	37.68	38.89	37.99	38.19
(3 เดือน)ในที่ร่ม	34.02	34.67	32.63	33.77
50 °ซ	38.10	37.37	37.44	37.64
60 °ซ	37.02	37.34	36.40	36.92
70 °ซ	37.88	38.51	37.79	38.06
(4 เดือน)ในที่ร่ม	33.57	34.46	32.94	33.66
50 °ซ	37.85	37.89	37.47	37.74
60 °ซ	37.06	37.06	37.65	37.26
70 °ซ	37.75	37.30	37.51	37.52
(5 เดือน)ในที่ร่ม	33.64	34.02	34.26	33.97
50 °ซ	37.72	37.02	36.26	37.00
60 °ซ	38.41	38.1	37.65	38.05
70 °ซ	39.17	39.41	38.58	39.05
(6 เดือน)ในที่ร่ม	33.32	34.08	34.26	33.89
50 °ซ	37.44	38.03	36.19	37.22
60 °ซ	38.13	37.40	39.20	38.24
70 °ซ	38.82	39.13	37.89	38.61
(7 เดือน)ในที่ร่ม	33.05	39.72	33.91	35.56
50 °ซ	37.89	40.07	36.37	38.11
60 °ซ	36.82	38.13	40.41	38.45
70 °ซ	39.76	39.62	38.03	39.14
(8 เดือน)ในที่ร่ม	34.12	40.17	34.02	36.10
50 °ซ	36.23	39.83	36.33	37.46
60 °ซ	36.71	38.10	40.55	38.45
70 °ซ	39.13	38.51	38.37	38.67

ตารางผนวกที่ 15 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อปริมาณการควบแน่นของเมล็ดข้าว (%)

การลดความชื้น	ข้าว			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	468	453	455	458.67
50 °ซ	459	463	463	461.67
60 °ซ	463	465.5	464	464.17
70 °ซ	464	468.5	466	466.17
(1 เดือน)ในที่ร่ม	460	465	463.5	462.83
50 °ซ	468	469	468	468.33
60 °ซ	469	467	469	468.33
70 °ซ	468	469.5	469	468.83
(2 เดือน)ในที่ร่ม	478	475	477.5	476.83
50 °ซ	479	478.5	481.5	479.67
60 °ซ	476	480	478.5	478.17
70 °ซ	476.5	477	475	476.17
(3 เดือน)ในที่ร่ม	479	477	477	477.67
50 °ซ	480	477	476.5	477.83
60 °ซ	478	475	476.5	476.50
70 °ซ	481	478	479	479.33
(4 เดือน)ในที่ร่ม	479	480.5	481	480.17
50 °ซ	480	483	482.5	481.83
60 °ซ	486	484	485	485.00
70 °ซ	485	487.5	486	486.17
(5 เดือน)ในที่ร่ม	479.5	482	481	480.83
50 °ซ	488	486.5	488	487.50
60 °ซ	489	492	491.5	490.83
70 °ซ	489	492	491	490.67

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

การลดความชื้น	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
(6 เดือน)ในที่ร่ม	489	489	487.5	488.50
50 °ซ	495	494.5	494	494.50
60 °ซ	494.5	495	494	494.50
70 °ซ	496	498	498	497.33
(7 เดือน)ในที่ร่ม	496.5	498	497	497.17
50 °ซ	498	499	498	498.33
60 °ซ	498	498	501	499.00
70 °ซ	499	499	501	499.67
(8 เดือน)ในที่ร่ม	498.5	502	502	500.83
50 °ซ	501	503	500.5	501.50
60 °ซ	504	503.5	502	503.17
70 °ซ	504	503.5	504	503.83

**ตารางผนวกที่ 16 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดสูงสุด
(peak viscosity) (RVU)**

การลดความชื้น	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	282.50	284.33	279.08	281.97
50 °ซ	284.33	288.08	282.00	284.80
60 °ซ	277.08	281.42	280.33	279.61
70 °ซ	276.5	284.58	279.58	280.22
(1 เดือน)ในที่ร่ม	238.00	242.75	251.17	243.97
50 °ซ	250.83	249.08	251.67	250.53
60 °ซ	245.67	248.67	225.75	240.03
70 °ซ	242.67	240.67	241.08	241.47

ตารางผนวกที่ 16 (ต่อ)

การลดความชื้น	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
(2 เดือน)ในที่ร่ม	231.67	222.75	230.92	228.45
50 °ซ	231.75	233.33	233.25	232.78
60 °ซ	226.17	218.33	230.25	224.92
70 °ซ	241.08	235.17	236.42	237.56
(3 เดือน)ในที่ร่ม	229.58	233.50	229.50	230.86
50 °ซ	230.08	239.75	236.75	235.53
60 °ซ	225.75	229.17	228.58	227.83
70 °ซ	239.17	238.25	240.67	239.36
(4 เดือน)ในที่ร่ม	233.42	233.50	229.67	232.20
50 °ซ	228.92	232.33	230.50	230.58
60 °ซ	229.42	235.67	229.58	231.56
70 °ซ	242.33	242.67	240.00	241.67
(5 เดือน)ในที่ร่ม	233.92	233.58	235.50	234.33
50 °ซ	232.17	228.67	225.00	228.61
60 °ซ	232.75	231.08	227.58	230.47
70 °ซ	243.00	251.33	247.67	247.33
(6 เดือน)ในที่ร่ม	243.67	248.75	242.58	245.00
50 °ซ	248.83	238.00	244.00	243.61
60 °ซ	244.42	246.50	255.33	248.75
70 °ซ	248.50	251.67	254.42	251.53
(7 เดือน)ในที่ร่ม	246.92	252.25	249.42	249.53
50 °ซ	252.33	249.75	249.17	250.42
60 °ซ	261.50	255.50	250.00	255.67
70 °ซ	246.92	231.42	246.92	241.75
(8 เดือน)ในที่ร่ม	246.50	237.83	246.25	243.53
50 °ซ	246.67	245.08	250.83	247.53
60 °ซ	252.17	255.50	252.25	253.31
70 °ซ	245.00	243.67	239.25	242.64

ตารางผนวกที่ 17 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดเมื่อแป้ง
คงตัว (trough) (RVU)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	215.17	219.42	208.08	214.22
50 °ซ	214.17	217.75	207.08	213.00
60 °ซ	212.17	206.92	215.50	211.53
70 °ซ	205.92	214.25	205.92	208.70
(1 เดือน)ในที่ร่ม	209.33	216.17	220.08	215.19
50 °ซ	236.42	232.92	235.00	234.78
60 °ซ	224.25	229.75	196.50	216.83
70 °ซ	196.83	208.00	210.92	205.25
(2 เดือน)ในที่ร่ม	194.83	190.58	199.00	194.80
50 °ซ	215.42	213.92	214.25	214.53
60 °ซ	200.00	194.33	211.75	202.03
70 °ซ	210.92	204.58	204.00	206.50
(3 เดือน)ในที่ร่ม	180.17	184.50	180.92	181.86
50 °ซ	209.08	222.42	221.58	217.69
60 °ซ	196.50	206.92	206.58	203.33
70 °ซ	207.00	205.17	208.00	206.72
(4 เดือน)ในที่ร่ม	182.92	185.92	181.00	183.28
50 °ซ	200.67	205.00	200.67	202.11
60 °ซ	204.75	206.92	199.17	203.61
70 °ซ	197.67	196.83	195.25	196.58
(5 เดือน)ในที่ร่ม	174.08	195.92	187.50	185.83
50 °ซ	208.17	196.17	197.33	200.56
60 °ซ	197.00	196.50	194.00	195.83
70 °ซ	197.83	203.83	209.42	203.69

ตารางผนวกที่ 17 (ต่อ)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(6 เดือน)ในที่ร่ม	215.17	221.67	213.42	216.75
50 °ซ	231.67	219.08	217.67	222.81
60 °ซ	228.17	233.25	239.33	233.58
70 °ซ	224.92	230.83	233.75	229.83
(7 เดือน)ในที่ร่ม	214.83	209.42	215.75	213.33
50 °ซ	225.50	216.58	224.00	222.03
60 °ซ	242.67	227.42	225.50	231.86
70 °ซ	221.00	203.67	228.00	217.56
(8 เดือน)ในที่ร่ม	218.50	216.92	228.17	221.20
50 °ซ	230.00	225.67	235.75	230.47
60 °ซ	237.17	242.08	235.50	238.25
70 °ซ	227.83	226.33	222.00	225.39

ตารางผนวกที่ 18 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดเมื่อแบ่ง

ย่อยตัว (breakdown) (RVU)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	67.33	64.92	71.00	67.75
50 °ซ	70.17	70.33	74.92	71.81
60 °ซ	64.92	74.50	64.83	68.08
70 °ซ	70.58	70.33	73.67	71.53
(1 เดือน)ในที่ร่ม	28.67	26.58	31.08	28.78
50 °ซ	14.42	16.17	16.67	15.75
60 °ซ	21.42	18.92	29.25	23.20
70 °ซ	45.83	32.67	30.17	36.22

ตารางผนวกที่ 18 (ต่อ)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(2 เดือน)ในที่ร่ม	36.83	32.17	31.92	33.64
50 °ซ	16.33	19.42	19.00	18.25
60 °ซ	26.17	24.00	18.50	22.89
70 °ซ	30.17	30.58	32.42	31.06
(3 เดือน)ในที่ร่ม	49.42	49.00	48.58	49.00
50 °ซ	21.00	17.33	15.17	17.83
60 °ซ	29.25	22.25	22.00	24.50
70 °ซ	32.17	33.08	32.67	32.64
(4 เดือน)ในที่ร่ม	50.50	47.58	48.67	48.92
50 °ซ	28.25	27.33	29.83	28.47
60 °ซ	24.67	28.75	30.42	27.95
70 °ซ	44.67	45.83	44.75	45.08
(5 เดือน)ในที่ร่ม	59.83	37.67	48.00	48.50
50 °ซ	24.00	32.50	27.67	28.06
60 °ซ	35.75	34.58	33.58	34.64
70 °ซ	45.17	47.50	38.25	43.64
(6 เดือน)ในที่ร่ม	28.50	27.08	29.17	28.25
50 °ซ	17.17	18.92	26.33	20.81
60 °ซ	16.25	13.25	16.00	15.17
70 °ซ	23.58	20.83	20.67	21.69
(7 เดือน)ในที่ร่ม	32.08	42.83	33.67	36.19
50 °ซ	26.83	33.17	25.17	28.39
60 °ซ	18.83	28.08	24.50	23.80
70 °ซ	25.92	27.75	18.92	24.20
(8 เดือน)ในที่ร่ม	28.00	20.92	18.08	22.33
50 °ซ	16.67	19.42	15.08	17.06
60 °ซ	15.00	13.42	16.75	15.06
70 °ซ	17.17	17.33	17.25	17.25

ตารางผนวกที่ 19 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดเมื่อแป้ง
เย็นตัว (RVU) (final viscosity)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	399.42	403.50	402.58	401.83
50 °ซ	392.17	396.92	394.17	394.42
60 °ซ	392.25	395.50	393.67	393.81
70 °ซ	382.92	393.25	386.50	387.56
(1 เดือน)ในที่ร่ม	313.33	300.67	303.42	305.81
50 °ซ	354.75	361.25	364.08	360.03
60 °ซ	312.17	329.17	352.50	331.28
70 °ซ	389.17	372.00	370.08	377.08
(2 เดือน)ในที่ร่ม	336.25	321.92	328.75	328.97
50 °ซ	362.50	377.50	373.42	371.14
60 °ซ	347.17	334.25	325.83	335.75
70 °ซ	370.08	369.00	370.08	369.72
(3 เดือน)ในที่ร่ม	334.42	335.00	330.42	333.28
50 °ซ	381.08	368.75	369.00	372.94
60 °ซ	352.50	340.58	338.08	343.72
70 °ซ	372.42	376.92	372.00	373.78
(4 เดือน)ในที่ร่ม	338.42	336.00	329.75	334.72
50 °ซ	377.92	382.42	388.33	382.89
60 °ซ	334.08	340.83	345.08	339.99
70 °ซ	382.42	389.17	371.83	381.14
(5 เดือน)ในที่ร่ม	327.50	319.58	335.50	327.53
50 °ซ	372.17	388.75	375.67	378.86
60 °ซ	355.75	350.75	347.75	351.42
70 °ซ	383.92	388.58	374.75	382.42

ตารางผนวกที่ 19 (ต่อ)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(6 เดือน)ในที่ร่ม	327.08	323.00	334.58	328.22
50 °ซ	332.50	346.67	359.08	346.08
60 °ซ	351.08	345.58	345.67	347.44
70 °ซ	358.67	345.08	350.67	351.47
(7 เดือน)ในที่ร่ม	306.00	313.50	309.83	309.78
50 °ซ	347.75	357.58	344.92	350.08
60 °ซ	349.00	371.08	339.17	353.08
70 °ซ	338.42	345.33	339.92	341.22
(8 เดือน)ในที่ร่ม	327.83	310.75	310.58	316.39
50 °ซ	342.00	348.25	343.92	344.72
60 °ซ	350.75	341.17	354.25	348.72
70 °ซ	336.58	344.42	334.33	338.44

**ตารางผนวกที่ 20 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อค่าความหนืดเมื่อแข็ง
คืนตัว (setback) (RVU)**

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	116.92	119.17	123.50	119.86
50 °ซ	107.83	108.83	112.17	109.61
60 °ซ	115.17	114.08	113.33	114.19
70 °ซ	106.42	108.67	106.92	107.34
(1 เดือน)ในที่ร่ม	75.33	57.92	52.25	61.83
50 °ซ	103.92	112.17	112.42	109.50
60 °ซ	66.50	80.50	126.75	91.25
70 °ซ	146.50	131.33	129.00	135.61

ตารางผนวกที่ 20 (ต่อ)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(2 เดือน)ในที่ร่ม	104.58	99.17	97.83	100.53
50 °ซ	130.75	144.17	140.17	138.36
60 °ซ	121.00	115.92	95.58	110.83
70 °ซ	129.00	133.83	133.67	132.17
(3 เดือน)ในที่ร่ม	104.83	101.50	100.92	102.42
50 °ซ	151.00	129.00	132.25	137.42
60 °ซ	126.75	111.42	109.50	115.89
70 °ซ	133.25	138.67	131.33	134.42
(4 เดือน)ในที่ร่ม	105.00	102.50	100.08	102.53
50 °ซ	149.00	150.08	157.83	152.30
60 °ซ	157.83	105.17	115.50	126.17
70 °ซ	140.08	146.50	131.83	139.47
(5 เดือน)ในที่ร่ม	93.58	86.00	100.00	93.19
50 °ซ	140.00	160.08	150.67	150.25
60 °ซ	123.00	119.67	120.17	120.95
70 °ซ	140.92	137.25	127.08	135.08
(6 เดือน)ในที่ร่ม	83.42	74.25	92.00	83.22
50 °ซ	83.67	108.67	115.08	102.47
60 °ซ	106.67	99.08	90.33	98.69
70 °ซ	110.17	93.42	96.25	99.95
(7 เดือน)ในที่ร่ม	59.08	61.25	60.42	60.25
50 °ซ	95.42	107.83	95.75	99.67
60 °ซ	87.50	115.58	89.17	97.42
70 °ซ	91.50	113.92	93.00	99.47
(8 เดือน)ในที่ร่ม	81.33	72.92	64.33	72.86
50 °ซ	95.33	103.17	93.08	97.19
60 °ซ	98.58	85.67	102.00	95.42
70 °ซ	91.58	100.75	95.08	95.80

ตารางผนวกที่ 21 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่อเวลาการเกิดความหนืด
สูงสุด (peak time) (นาที)

การลดความชื้น	ชั่วโมง			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	6.33	6.47	6.13	6.31
50 °ซ	6.13	6.27	6.00	6.13
60 °ซ	5.93	6.00	5.93	5.95
70 °ซ	6.07	6.20	6.13	6.13
(1 เดือน)ในที่ร่ม	6.53	6.80	6.67	6.67
50 °ซ	6.80	6.67	6.67	6.71
60 °ซ	6.47	6.87	6.27	6.54
70 °ซ	6.07	6.27	6.40	6.25
(2 เดือน)ในที่ร่ม	6.33	6.47	6.53	6.44
50 °ซ	6.53	6.40	6.47	6.47
60 °ซ	6.27	6.47	6.73	6.49
70 °ซ	6.40	6.20	6.20	6.27
(3 เดือน)ในที่ร่ม	6.13	6.20	6.13	6.15
50 °ซ	6.33	6.53	6.67	6.51
60 °ซ	6.27	6.47	6.47	6.40
70 °ซ	6.27	6.20	6.27	6.25
(4 เดือน)ในที่ร่ม	6.27	6.27	6.27	6.27
50 °ซ	6.20	6.27	6.27	6.25
60 °ซ	6.60	6.47	6.40	6.49
70 °ซ	6.20	6.07	6.20	6.16
(5 เดือน)ในที่ร่ม	6.13	6.53	6.33	6.33
50 °ซ	6.53	6.07	6.27	6.29
60 °ซ	6.33	6.33	6.33	6.33
70 °ซ	6.07	6.2	6.40	6.22

ตารางผนวกที่ 21 (ต่อ)

การลดความชื้น	ข้าว			เฉลี่ย
	1	2	3	
(6 เดือน)ในที่ร่ม	6.53	6.67	6.47	6.56
50 °ซ	6.73	6.53	6.40	6.55
60 °ซ	6.67	6.73	6.80	6.73
70 °ซ	6.33	6.60	6.53	6.49
(7 เดือน)ในที่ร่ม	6.27	6.47	6.47	6.40
50 °ซ	6.47	6.13	6.13	6.24
60 °ซ	6.47	6.33	6.40	6.40
70 °ซ	6.40	6.40	6.60	6.47
(8 เดือน)ในที่ร่ม	6.47	6.73	6.93	6.71
50 °ซ	6.80	6.47	6.80	6.69
60 °ซ	6.73	6.93	6.67	6.78
70 °ซ	6.67	6.53	6.53	6.58

ตารางผนวกที่ 22 แสดงข้อมูลการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาต่ออุณหภูมิเริ่มต้นการเกิด
ความหนืด (pasting temperature) (°ซ)

การลดความชื้น	ข้าว			เฉลี่ย
	1	2	3	
(0 เดือน)ในที่ร่ม	80.75	80.65	79.85	80.42
50 °ซ	80.80	80.05	79.85	80.23
60 °ซ	80.75	80.75	80.70	80.73
70 °ซ	79.95	79.95	80.75	80.22
(1 เดือน)ในที่ร่ม	81.75	82.30	82.40	82.15
50 °ซ	83.75	83.05	83.80	83.53
60 °ซ	82.95	83.10	81.45	82.50
70 °ซ	81.55	81.55	82.40	81.83

ตารางผนวกที่ 22 (ต่อ)

การลดความชื้น	ซ้ำ			เฉลี่ย
	1	2	3	
(2 เดือน)ในที่ร่ม	81.60	80.65	80.70	80.98
50 °ซ	84.65	83.80	83.95	84.13
60 °ซ	81.50	81.40	83.10	82.00
70 °ซ	82.40	80.60	81.65	81.55
(3 เดือน)ในที่ร่ม	80.70	80.60	81.50	80.93
50 °ซ	83.05	84.70	84.70	84.15
60 °ซ	81.45	81.60	81.45	81.50
70 °ซ	81.55	81.55	81.55	81.55
(4 เดือน)ในที่ร่ม	80.80	80.85	81.25	80.97
50 °ซ	83.10	83.00	83.15	83.08
60 °ซ	83.15	83.05	82.35	82.85
70 °ซ	81.15	81.55	81.50	81.40
(5 เดือน)ในที่ร่ม	80.70	82.25	80.00	80.98
50 °ซ	84.55	83.10	83.15	83.60
60 °ซ	81.60	82.30	81.50	81.80
70 °ซ	81.55	81.45	82.30	81.77
(6 เดือน)ในที่ร่ม	81.35	82.35	81.45	81.72
50 °ซ	83.85	82.95	82.25	83.02
60 °ซ	83.15	83.15	83.90	83.40
70 °ซ	82.25	82.40	83.15	82.60
(7 เดือน)ในที่ร่ม	82.35	81.55	82.25	82.05
50 °ซ	82.75	82.30	83.10	82.72
60 °ซ	83.10	81.50	83.05	82.55
70 °ซ	82.30	82.30	83.10	82.57
(8 เดือน)ในที่ร่ม	81.55	82.35	82.95	82.28
50 °ซ	82.35	83.10	83.40	82.95
60 °ซ	83.10	83.80	83.05	83.32
70 °ซ	82.30	83.20	83.05	82.85

ตารางผนวกที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ โอรีซานอล (ppm) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	208.6244625	29.8034946	15667.90	0.0001
Error	16	0.0304352	0.0019022		
Total	23	208.6548977			

C.V. (%) = 0.233646

ตารางผนวกที่ 24 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอะมิโลส(%) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	4447.304461	635.329209	1497.16	0.0001
Error	16	6.789684	0.424355		
Total	23	4454.094145			

C.V. (%) = 3.074419

ตารางผนวกที่ 25 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการดูดน้ำ (%) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	96123.98958	13731.99851	89.95	0.0001
Error	16	2442.50000	152.65625		
Total	23	98566.48958			

C.V. (%) = 2.681466

ตารางผนวกที่ 26 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	22947.91870	3278.27410	239.26	0.0001
Error	16	219.22685	13.70168		
Total	23	23167.14555			

C.V. (%) = 1.381920

ตารางผนวกที่ 27 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	38134.83074	5447.83296	478.36	0.0001
Error	16	182.21759	11.38860		
Total	23	38317.04833			

C.V. (%) = 2.012035

ตารางผนวกที่ 28 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	31404.92476	4486.41782	270.46	0.0001
Error	16	265.40741	16.58796		
Total	23	31670.33216			

C.V. (%) = 4.067466

ตารางผนวกที่ 29 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) (RVU) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	135580.9071	19368.7010	2187.60	0.0001
Error	16	141.6620	8.8539		
Total	23	135722.5691			

C.V. (%) = 1.211436

ตารางผนวกที่ 30 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) ของ (RVU) ข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	102668.4306	14666.9187	617.56	0.0001
Error	16	379.9954	23.7497		
Total	23	103048.4259			

C.V. (%) = 21.91646

ตารางผนวกที่ 31 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	19.33871667	2.76267381	200.86	0.0001
Error	16	0.22006667	0.01375417		
Total	23	19.55878333			

C.V. (%) = 2.229976

ตารางผนวกที่ 32 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°ซ) ของข้าว 8 พันธุ์

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	7	771.0707292	110.1529613	351.90	0.0001
Error	16	5.0083333	0.3130208		
Total	23	776.0790625			

C.V. (%) = 0.734410

ตารางผนวกที่ 33 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ โอรีซานอล (ppm) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	37	29.59499722	0.79986479	272.03	0.0001
Error	70	0.20582778	0.00294040		
Total	107	29.80082500			

C.V. (%) = 0.425659

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	0.00377222	0.00188611	0.64	0.5296
TRT	8	11.42436667	1.42804583	485.66	0.0001
TEMP	3	16.50131389	5.50043796	1870.64	0.0001
TRT*TEMP	24	1.66554444	0.06939769	23.60	0.0001

ตารางผนวกที่ 34 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอะมิโลส (%) ในการลดความ
ชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	M S	F Value	Pr > F
Model	37	426.2127870	11.5192645	6.19	0.0001
Error	70	130.3455093	1.8620787		
Total	107	556.5582963			

C.V. (%) = 3.727870

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	14.6411574	7.3205787	3.93	0.0241
TRT	8	111.2695296	13.9086912	7.47	0.0001
TEMP	3	244.6673556	81.5557852	43.80	0.0001
TRT*TEMP	24	55.6347444	2.3181144	1.24	0.2367

ตารางผนวกที่ 35 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณการคุดน้ำ (%) ในการลดความ
ชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	M S	F Value	Pr > F
Model	37	18261.32639	493.54936	128.72	0.0001
Error	70	268.40278	3.83433		
Total	107	18529.72917			

C.V. (%) = 0.405075

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	2.26389	1.13194	0.30	0.7453
TRT	8	17639.66667	2204.95833	575.06	0.0001
TEMP	3	375.17361	125.05787	32.62	0.0001
TRT*TEMP	24	244.22222	10.17593	2.65	0.0008

ตารางผนวกที่ 36 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดสูงสุด (peakviscosity) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	37	25298.13807	683.73346	36.35	0.0001
Error	70	1316.64459	18.80921		
Total	107	26614.78265			

C.V. (%) = 0.950530

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	2.10741	1.05371	0.06	0.9456
TRT	8	23045.73258	2880.71657	153.15	0.0001
TEMP	3	237.92508	79.30836	4.22	0.0084
TRT*TEMP	24	2012.37300	83.84887	4.46	0.0001

ตารางผนวกที่ 37 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr > F
Model	37	21634.54153	584.71734	14.20	0.0001
Error	70	2882.15376	41.17363		
Total	107	24516.69529			

C.V. (%) = 3.030880

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	6.88751	3.44375	0.08	0.9199
TRT	8	14702.68943	1837.83618	44.64	0.0001
TEMP	3	3336.65705	1112.21902	27.01	0.0001
TRT*TEMP	24	3588.30754	149.51281	3.63	0.0001

ตารางผนวกที่ 38 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งชูบตัว (breakdown) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	M S	F Value	Pr > F
Model	37	27933.93415	754.97119	48.73	0.0001
Error	70	1084.54203	15.49346		
Total	107	29018.47619			

C.V.(%) = 11.92405

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	11.68790	5.84395	0.38	0.6872
TRT	8	22643.60210	2830.45026	182.69	0.0001
TEMP	3	3131.46282	1043.82094	67.37	0.0001
TRT*TEMP	24	2147.18133	89.46589	5.77	0.0001

ตารางผนวกที่ 39 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อเย็นตัว (final viscosity) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	M S	F Value	Pr > F
Model	37	65377.03848	1766.94699	29.36	0.0001
Error	70	4212.51651	60.17881		
Total	107	69589.55499			

C.V.(%) = 2.192803

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	41.72696	20.86348	0.35	0.7082
TRT	8	29529.25795	3691.15724	61.34	0.0001
TEMP	3	22783.77812	7594.59271	126.20	0.0001
TRT*TEMP	24	13022.27545	542.59481	9.02	0.0001

ตารางผนวกที่ 40 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) (RVU) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	M S	F Value	Pr > F
Model	37	53182.41789	1437.36265	12.71	0.0001
Error	70	7916.67172	113.09531		
Total	107	61099.08961			

C.V.(%) = 9.708081

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	62.58515	31.29257	0.28	0.7591
TRT	8	24252.62844	3031.57856	26.81	0.0001
TEMP	3	19015.38372	6338.46124	56.05	0.0001
TRT*TEMP	24	9851.82058	410.49252	3.63	0.0001

ตารางผนวกที่ 41 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเวลาการเกิดความหนืดสูงสุด (peak time) (นาที) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	M S	F Value	Pr > F
Model	37	4.22949815	0.11431076	5.77	0.0001
Error	70	1.38694259	0.01981347		
Total	107	5.61644074			

C.V.(%) = 2.197409

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	0.03372407	0.01686204	0.85	0.4313
TRT	8	2.84057407	0.35507176	17.92	0.0001
TEMP	3	0.33585556	0.11195185	5.65	0.0016
TRT*TEMP	24	1.01934444	0.04247269	2.14	0.0073

ตารางผนวกที่ 42 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดความหนืด (pasting temperature) (°ซ) ในการลดความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษา

Source	DF	SS	M S	F Value	Pr > F
Model	37	118.6344676	3.2063370	9.39	0.0001
Error	70	23.8907870	0.3412970		
Total	107	142.5252546			

C.V.(%) = 0.711270

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	0.35587963	0.17793981	0.52	0.5960
TRT	8	49.14754630	6.14344329	18.00	0.0001
TEMP	3	40.98192130	13.66064043	40.03	0.0001
TRT*TEMP	24	28.14912037	1.17288002	3.44	0.0001

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ – สกุล : นายการันต์ ผึ้งบรรหาร
- เกิดเมื่อ : วันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2524
- สถานที่เกิด : จังหวัดขอนแก่น
- ที่อยู่ปัจจุบัน : 190 หมู่ 14 ตำบล ปะหลาน อำเภอ พัทลุงภูมิพิสัย จังหวัด มหาสารคาม 44110
- การศึกษา : - ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านปะหลาน (อนุบาลพัทลุงภูมิพิสัย)
- ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนพัทลุงภูมิพิสัยวิทยาการ
- ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (วิชาชีพศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต พระนครศรีอยุธยา หันตรา
- ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) คณะเทคโนโลยี การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาพืชไร่) คณะบัณฑิต วิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง