

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของสภาวะการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35

Effects of Storage Conditions and Storage Time on Quality of Germinated Brown Rice

cv. Suphunburi 35

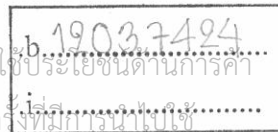


เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)  
พุทธศักราช 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี  
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

ผลของสภาวะการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35

Effects of Storage Conditions and Storage Time on Quality of Germinated Brown Rice

cv. Suphunburi 35



(รศ.ดร. สมยศ เดชภีรัตน์มงคล)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่ ๒ เดือน ๒๖ พ.ศ. ๒๕๕๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อเรื่อง** : ผลของสภาวะการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าว  
กล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35

**โดย** : นางสาว ศิริรัตนพร หล้าบัววงศ์  
นางสาว สุวิมล คำปน

**ภาควิชา** : เทคโนโลยีการผลิตพืช

**คณะ** : เทคโนโลยีการเกษตร

**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ดร. อума แสงคร้าม

### บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกันระหว่าง  
ถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศ และศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่ส่งผลต่อ  
คุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 ซึ่งในกระบวนการทำข้าวกล้องงอกจะทำการแช่น้ำเป็นเวลา  
9 ชั่วโมง ก่อนอบแห้งลดความชื้นและบรรจุในถุง ผลการทดลองพบว่า สภาวะการเก็บรักษาที่ต่างกัน  
ส่วนใหญ่ไม่ทำให้คุณภาพของข้าวกล้องงอกแตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณโอรีซานอลและน้ำตาลรีดิวซ์  
โดยการเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนมีผลให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณโอรีซานอลและน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่า  
ถุงพลาสติกสุญญากาศ สำหรับระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อทดลองเก็บรักษาเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3  
เดือน พบว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวกล้องงอกเป็นระยะเวลานานขึ้น จะทำให้ข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง  
โครงสร้างทางเคมี ทำให้ระยะเวลาการหุงต้มและเบอร์เซ็นต์การดูดน้ำเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณ  
โอรีซานอลและน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง

**คำสำคัญ** : ข้าวกล้องงอก บรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา คุณสมบัติทางเคมี - ฟิสิกส์ โอรีซานอล และ  
น้ำตาลรีดิวซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Title** : Effects of Storage Conditions and Storage Time on Quality of Germinated Brown Rice cv. Suphunburi 35

**Author** : Miss Sirirattanaporn Labuawong  
Miss Suwimon Kampon

**Department** : Plant Production Technology

**Faculty** : Agricultural Technology

**Advisor** : Dr. Uma Sangkram

### ABSTRACT

An experiment was conducted to study effects of storage conditions (polyethylene and vacuum bags) and storage times (0, 1, 2 and 3 months) on quality of germinated brown rice cv. Suphunburi 35 which was soaked for 9 hours during germination process before drying and packing in the bags. The results showed that the quality of germinated brown rice were almost the same except the quantity of oryzanol and reducing sugar. Germinated brown rice kept in bag had significantly higher in both chemical components than rice kept in. Comparing among 4 storage times, it was found that water absorption during cooking and cooking time were increased and the quantity of oryzanol and reducing sugar were decreased which the increase of storage time.

**Key words** : germinated brown rice, packaging , storage, physico - chemical properties, oryzanol and reducing sugar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางผนวก	(4)
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
ชนิดของข้าว	2
โครงสร้างของเมล็ดข้าว	2
คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี	4
ข้าวกล้อง	7
องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง	8
คุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าว	9
การเก็บรักษาข้าว	11
การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา	12
กระบวนการงอกของเมล็ด	14
ข้าวกล้องงอก	16
กรรมวิธีการผลิตข้าวกล้องงอก	17
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	20
ผลการทดลองและวิจารณ์	25
สรุป	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 35	40
ภาคผนวก ข กราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส, โอิรีซานอล และ น้ำตาลรีดิวซ์	41
ภาคผนวก ค ตารางข้อมูลผลการทดลอง	44
ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	48
ประวัติผู้เขียน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว	4
2	คุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน	5
3	คุณภาพข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะมิโลส	6
4	คุณค่าสารอาหารตามธรรมชาติของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร	8
5	การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตัวของแป้งสุก	9
6	การแบ่งชนิดข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุก และการประเมินด้วยค่าการสลายเมล็ดในด่างที่สัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้มข้าวสุก	10
7	ระดับการสลายตัวในด่างของแต่ละเมล็ด	23
8	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	25
9	แสดงปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	26
10	แสดงค่าการสลายตัวในด่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	28
11	แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	29
12	แสดงเปอร์เซ็นต์การคุดน้ำของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	30
13	แสดงปริมาณไอรีซานอล (ppm) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	32
14	แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของเมล็ดข้าว	3
2	กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา	13
3	การดูดน้ำของเมล็ดโดยทั่วไป	15
4	เปรียบเทียบคุณค่าของสารอาหารระหว่างข้าวสารกับข้าวกล้องงอก	17
5	กรรมวิธีการผลิตข้าวกล้องงอก	18
6	ระดับการสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าว	22
7	แสดงปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	27
8	แสดงระยะเวลาในการงอกต้ม (นาฬิกา) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	29
9	แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	31
10	แสดงปริมาณไฮดรอกซิล (ppm) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	32
11	แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญัตินวสาร

นวสาร	หน้า	
ก.1	คุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุวรรณบุรี 35	40
ข.1	แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส	41
ข.2	แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณโอรีซานอล	42
ข.3	แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	43
ค.1	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุวรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	44
ค.2	แสดงข้อมูลปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแบ่งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุวรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	44
ค.3	แสดงข้อมูลของการสลายตัวในสารละลายต่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุวรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	45
ค.4	แสดงข้อมูลระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุวรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	45
ค.5	แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุวรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	46
ค.6	แสดงข้อมูลปริมาณโอรีซานอล (ppm) ของแบ่งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุวรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	46
ค.7	แสดงข้อมูลปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส) ของแบ่งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุวรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน	47
ง.1	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแบ่งข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ง.2	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ระยะเวลาการหุงต้ม (นาที่) ของข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน	48
ง.3	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน	49
ง.4	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ปริมาณไอรีซานอล (ppm) ของแป้งข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน	49
ง.5	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส) ของแป้งข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

ข้าว (Rice) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. จัดว่าเป็นพืชอาหารหลักที่มีความสำคัญอย่างมาก ประชากรของโลกมากกว่าครึ่งหนึ่งบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่มีการบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมานานแล้ว อีกทั้งการทำนาก็ยังเป็นอาชีพหลักทางด้านเกษตรกรรมอันดับหนึ่งของประเทศด้วย ในอดีตคนไทยไม่ได้บริโภคข้าวสารขาวเหมือนในปัจจุบัน หากแต่บริโภคข้าวกล้องกันเป็นส่วนใหญ่ และในปัจจุบันนี้ ความสนใจในเรื่องของสุขภาพทำให้ผู้บริโภคหันกลับมาบริโภคข้าวกล้องกันมากขึ้น เนื่องจากข้าวกล้องมีการตัดแปลงหรือปรุงแต่งน้อย คุณค่าทางอาหารจึงเหลืออยู่มากซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ข้าวกล้องหุงสุกยาก และเนื้อสัมผัสส่วน ระบายคอบ จึงได้มีการพัฒนาคุณภาพของข้าวกล้องให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น และสามารถบริโภคได้ง่ายกว่าข้าวกล้องปกติ ซึ่งวิธีการหนึ่งคือ ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice)

การศึกษาเกี่ยวกับสารอาหารในเมล็ดธัญพืชที่เริ่มออกนั้น มีมานานกว่าทศวรรษจนกระทั่งในปี 1994 Saikusa *et al.* นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ค้นพบสาร gamma - aminobutyric acid (GABA) ซึ่งเป็นสารที่พบในเมล็ดข้าวกล้องและมีมากในข้าวกล้องงอก สารดังกล่าวเป็นสารที่มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างสูง จึงเป็นเหตุหนึ่งที่นักวิจัยเริ่มให้ความสนใจต่อข้าวกล้องงอก นอกจากนี้ยังพบว่าสาร gamma - oryzanol ซึ่งมีในส่วนของรำข้าวจะมีเพิ่มขึ้นในข้าวกล้องงอก gamma - oryzanol มีบทบาทสำคัญหลายประการ เช่น ช่วยลดคลอเรสเตอรอลในเลือดและต้านอนุมูลอิสระ และยังพบว่ามีฤทธิ์ สารนี้กับนักกีฬา เพื่อเพิ่มกล้ามเนื้อ (นัยนาและเรวดี, 2545) ดังนั้น การทำข้าวกล้องงอกจึงถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวให้มีคุณภาพสูงขึ้น ทั้งในแง่ของคุณค่าสารอาหาร คุณภาพการหุงต้ม และคุณภาพการรับประทาน และเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ที่นิยมบริโภคข้าวกล้องมากยิ่งขึ้น

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบสภาวะการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35
2. เพื่อศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตรวจเอกสาร

### ชนิดของข้าว

ข้าว จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวตระกูลหญ้า (Family : Gramineae or Poaceae) สกุลออไรซา (Genus : *Oryza*) ซึ่งพืชในสกุลนี้มีอยู่ประมาณ 23 ชนิด ในจำนวนนี้มีเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นบริโภค ได้แก่ *Oryza sativa* Linn. ที่ปลูกกันทั่วไปในประเทศผู้ปลูกข้าวรวมทั้งเอเชียด้วย และ *Oryza glaberrima* Steud. ที่ปลูกกันในบางส่วนของทวีปแอฟริกา ส่วนอีก 21 ชนิดที่เหลือถือเป็นข้าวป่า (อรอนงค์ , 2547) ทั้งข้าวปลูกและข้าวป่าจะมีโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 12 โดยที่ข้าวปลูกจะมีโครโมโซมเป็นดิพลอยด์ (diploids) คือ  $2n = 24$  ส่วนข้าวป่าบางชนิดจะเป็นเตตราพลอยด์ (tetraploids) คือมีโครโมโซมเท่ากับ 48 (ชาญ, 2536) ข้าวเอเชียที่ปลูกกันในปัจจุบัน แบ่งเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. อินดิกา (Indica) เป็นพันธุ์วันสั้น ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ส่วนใหญ่ปลูกอยู่ในเขตร้อนชื้นของทวีปเอเชีย เช่น ไทย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และอินเดีย
2. จาโปนิกา (Japonica) บางพันธุ์เป็นพืชวันสั้น ส่วนใหญ่ไม่ไวแสง ปลูกนอกเขตร้อน (เขตอบอุ่น) ปลูกมากในเขตกึ่งร้อนหรืออบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีนตอนเหนือ
3. จาวานิกา (Javanica) เป็นพันธุ์ไม่ไวแสง ปลูกมากในเขตร้อนชื้นของอินโดนีเซียและพม่า

### โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว (rice fruit, rice grain, rice seed) เป็นผลชนิด caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (single seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp) เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ว่า 2 ส่วน ดังนี้ (บุญหงษ์, 2547 ; อรอนงค์, 2547)

1. แกลบ (hull หรือ husk) ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) หาง (awn) ข้าวเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas) เปลือกใหญ่จะครอบคลุมอยู่ 2 ใน 3 ของเนื้อที่เมล็ด เปลือกเล็กจะยึดแน่นอยู่ภายในส่วนของเปลือกใหญ่ด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายตะขอ (hooklike structure) ดังนั้นเปลือกข้าวจึงปิดแน่น
2. ข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice) หรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย
  - (1) เยื่อหุ้มผล (pericarp) หรือ fruit coat ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ epicarp, mesocarp และ endocarp, pericarp มีลักษณะเป็น fibrous ผนังเซลล์ประกอบด้วย โปรตีน, เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส
  - (2) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไป ประกอบด้วยเนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (fatty material)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเหนียว ส่วนค่าความหนืดชั้นในตัวของอะมิโลสมีช่วงกว้างกว่า ความยาวของสายกลูโคสของสายอะมิโลสยาวกว่า และค่าความหนืดชั้นของเจลที่เกิดจากอะมิโลสจะน้อยกว่าอะมิโลเพคติน (Juliano, 1985 อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

**ตารางที่ 2** คุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน (Juliano, 1985 อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

คุณสมบัติ	อะมิโลส	อะมิโลเพคติน	
		ข้าวเจ้า	ข้าวเหนียว
ความสามารถในการจับไอโอดีน (%)	17.4 - 20.0	0.37 - 2.74	0.07 - 0.09
บีตา - อะมิโลไลซิส ลิมีต (%)	72 - 84	49 - 58	49 - 59
ค่าคงที่ของการตกตะกอน ( $S_{20,w}$ Svedbergs)	4 - 14	20 - 510	60 - 520
ค่าเฉลี่ยของดีกรีการเกิดพอลิเมอร์ (กลูโคสยูนิต)	530 - 790	260 - 800	330 - 1,050
ความหนืดชั้นในตัว (0.15 - 0.10 M KOH, มล./ก.)	55 - 242	85 - 221	46 - 186
ค่าเฉลี่ยความยาวของเส้น (กลูโคสยูนิต/พันธะกิ่ง)	100 - 160	18 - 28	18 - 27
ความหนืดชั้นของเจล (6 % ใน KOH เข้มข้น 0.2 N เซนต์ฟลอยด์)	13 - 160	290 - 740	19 - 330

เมื่อนำเมล็ดข้าวหรือแป้งข้าวมาผ่านกระบวนการแปรรูป ซึ่งโดยทั่วไปต้องมีน้ำและความร้อนมาเกี่ยวข้องเสมอ และจากการที่องค์ประกอบหลักในเมล็ดข้าว คือ แป้ง (starch) ทำให้สามารถแบ่งประเภทคุณภาพการหุงสุกของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวตามปริมาณอะมิโลส ได้ดังตารางที่ 3 โดยจะพบว่าข้าวเหนียวซึ่งมีอะมิโลเพคตินในส่วนของประกอบของโมเลกุลแป้งทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด เมื่อหุงเป็นข้าวสุกจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวมาก เมื่อปริมาณอะมิโลสในแป้งข้าวเจ้าเพิ่มขึ้น จะทำให้ข้าวเจ้าที่หุงสุกมีความเหนียวนุ่มลดลงตามลำดับจนถึงปริมาณอะมิโลสมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเจ้าจะมีลักษณะร่วนแข็งและหุงขึ้นหม้อ ซึ่งหมายถึงการขึ้นฟูของข้าว ดังนั้นการตรวจสอบคุณสมบัติหรือลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแป้ง จึงมีผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากข้าวหรือแป้งข้าวนั้น ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงคุณภาพของข้าวหรือแป้งที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูป เพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคต่อไป (อรอนงค์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) เยื่อเนื้อเมล็ด (aleurone layer) อยู่ต่อจากเยื่อหุ้มเมล็ด ห่อหุ้มส่วนสะสมอาหาร (starchy endosperm หรือ ข้าวสาร) และคัพภะ (embryo) เยื่อเนื้อเมล็ดมีโปรตีนสูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย ไขมัน, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

(4) ส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ

- อะมิโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งเป็น polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็น branch chain

- อะมิโลส (amylose) ซึ่งเป็น polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็น branch chain และอะมิโลส ซึ่งเป็น polymer ของ D-glucose ที่ต่อกันเป็น linear chain

ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดข้าว ในข้าวเหนียว จะมี amylose อยู่ประมาณ 0 - 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นอะมิโลเพคติน ข้าวเจ้ามีอะมิโลสมากกว่าคือ ประมาณ 7 - 33 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวสาร

(5) คัพภะ (embryo) อยู่ติดกับ endosperm ทางด้าน lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป embryo ประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) embryo เป็นส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง

โครงสร้างของเมล็ดข้าวแสดงในภาพที่ 1 ส่วนตารางที่ 1 แสดงสัดส่วนของส่วนต่างๆ ของเมล็ดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของข้าวเปลือก



หางข้าว  
เปลือกนอกแผ่นใหญ่  
เยื่อบางชั้นนอก  
เยื่อบางชั้นกลาง  
เยื่อบางชั้นใน  
แป้ง

ส่วนที่เป็นยอด  
ส่วนที่เป็นราก  
เปลือกนอกแผ่นเล็ก  
ก้านรวงดอก

คัพภะ

ภาพที่ 1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว (บุญหงษ์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าว (เครื่อวัลย์, 2536 ; Juliano, 1993)

โครงสร้างเมล็ด	เปอร์เซ็นต์สัดส่วน	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงของสัดส่วน
ข้าวเปลือก	100	-
แกลบ	20	16 - 28
ข้าวกล้อง	80	72 - 84
ข้าวกล้อง	100	-
เยื่อหุ้มผล	1.5	1 - 2
เยื่อหุ้มเมล็ด	5	4 - 6
คัพภะ	3	2 - 3
เนื้อเมล็ด	90.5	89 - 94

#### คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี

องค์ประกอบเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าว คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำหรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

##### 1. คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

แป้ง (starch) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ที่พบมากที่สุด เนื้อเมล็ดของข้าว (ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์) จึงมีผลต่อคุณภาพของข้าวมากที่สุด โดยโมเลกุลของแป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ลักษณะ คือ อะมิโลสและอะมิโลเพคติน ซึ่งโมเลกุลทั้งสองจะจัดเรียงตัวกันแน่นจนเป็นเม็ดแป้ง (starch granule) ที่มีขนาด 3 - 5 ไมครอน ซึ่งนับว่าเล็กที่สุดในกลุ่มธัญพืช รูปร่างลักษณะเป็นเหลี่ยมหลายเหลี่ยม รวมตัวกันอยู่ภายในอะมิโลพลาสหรือคลอโรพลาสของเซลล์จำนวน 20 - 60 เม็ดแป้งเป็นกลุ่มก้อนกลมหรือยาวรี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกลุ่มเม็ดแป้งในอะมิโลพลาสประมาณ 7 - 39 ไมครอน (Champagne, 2004 อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

เมื่อนำอะมิโลสและอะมิโลเพคติน มาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ (ตารางที่ 2) จะเห็นความแตกต่างในคุณสมบัติการจับไอโอดีนได้ชัดเจน คือ อะมิโลสมีความสามารถมากกว่า เนื่องจากการรวมตัวกับไอโอดีนเกลียวของอะมิโลสมีผลทำให้จับไอโอดีนไว้ได้ดี เมื่อนำเอนไซม์บีตาอะมิเลสมาย่อยมิโลส จะได้มอลโทสถึง 72 - 84 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ย่อยอะมิโลเพคตินได้มอลโทสเพียง 49 - 59 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเอนไซม์นี้ไม่สามารถย่อยสลายกลูโคสโมเลกุลที่อยู่ใกล้พันธะแอลฟา 1 - 6 กลูโคซิดิก ตั้งแต่ 2 - 3 โมเลกุล ก่อนถึงจุดต่อนี้ สำหรับค่าคงที่ในการตกตะกอน (4 - 14) และค่าเฉลี่ยของดีกรีการเกิดพอลิเมอร์ (530 - 790) ของอะมิโลสแคบกว่าอะมิโลเพคตินในข้าวเจ้าและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 คุณภาพข้าวหุงสุกแบ่งตามปริมาณอะมิโลส (อรอนงค์, 2547)

ปริมาณอะมิโลส (%น้ำหนักแห้ง)		ชนิดข้าว	ข้าวสุก
Juliano (1993)	งามชื่น (2539)		
0 - 5	0 - 3	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
5.1 - 12.0	4 - 11	ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำมาก	เหนียว
12.1 - 20.0	12 - 19	ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	นุ่มเหนียว/หุงแฉะง่าย
20.1 - 25.0	20 - 25	ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	ค่อนข้างนุ่ม-ร่วน
> 25	26 - 34	ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	ร่วนแข็ง/หุงขึ้นหม้อ

## 2. โปรตีน (protein)

โปรตีนในข้าวมีปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว และโดยทั่วไปจะมีปริมาณน้อยกว่าในธัญพืชชนิดอื่นๆ โปรตีนจะเกิดขึ้นตามส่วนต่างๆ ของเมล็ด มีมากในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด และเนื้อเมล็ดด้านนอกมีโปรตีนมากกว่าใจกลางเมล็ด

กรดอะมิโนแต่ละชนิดของข้าวเปลือกมีปริมาณไม่ต่างจากข้าวกล้องและข้าวสารมากนัก ในส่วนของเปลือกจะมีปริมาณโปรตีนอยู่น้อยมาก (2 - 3 เปอร์เซ็นต์) แต่ในส่วนของเนื้อเมล็ดจะมีปริมาณโปรตีนมาก เนื่องจากสัดส่วนของเนื้อเมล็ดมีมากกว่าส่วนอื่น และแหล่งที่มีโปรตีนมากอีกส่วนหนึ่ง คือ ชั้นถัดจากแอลิวโรนและชั้นแอลิวโรน โดยสะสมเป็นกลุ่มโปรตีน (protein bodies) ซึ่งมีกลูเทลินเป็นองค์ประกอบหลัก โปรตีนที่กระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเมล็ด ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลมขนาดเล็ก สำหรับร่างแหโปรตีน (protein matrix) จะพบน้อยมากหรือไม่พบเลยในเนื้อเมล็ดของข้าวซึ่งต่างจากธัญพืชอื่น อาจมีผลต่อการเกิดเจลาตีในชั้นของเม็ดแป้งโดยทำให้การพองตัวของเม็ดแป้งไม่เสียรูปร่างได้ง่าย และทำให้โมเลกุลของอะมิโลสไม่ซึมผ่านออกไป ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่มีลักษณะนุ่ม เหนียว หรือร่วน (อรอนงค์, 2547)

## 3. ไขมัน (lipid)

ข้าวมีปริมาณไขมันประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของข้าวทั้งเมล็ด คล้ายคลึงกับธัญพืชชนิดอื่น และมีอยู่ในสัดส่วนด้านนอกของเมล็ดมากกว่าในใจกลางของเมล็ด ดังนั้นการขัดสีข้าวให้ขาว ทำให้ข้าวสารเจ้ามีไขมันอยู่เพียง 0.3 - 0.5 เปอร์เซ็นต์

ประเภทของไขมันในข้าวส่วนใหญ่ คือ ไตรกลีเซอไรด์ รองลงมา คือ ฟอสโฟลิพิด และเทอร์ปีนอยด์ ทั้งไขมันภายนอกและภายในเม็ดแป้งเป็นไขมันประเภทสารประกอบมอนอแอซิล (monoacyl) (Kreuzer, 2000) สำหรับไขมันภายในเม็ดแป้งยังมีไลโซเลซิทีน (lysolecithin) และกรดไขมันอีกด้วย (Henry and Kettlewell, 1996 อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในข้าวกล้อง จะมีไขมันประเภทไม่มีขี้มาก (neutral lipids) มีไกลโคลิพิด และฟอสโฟลิพิดน้อย ในน้ำมันรำข้าวยังมีสารที่มีประโยชน์อื่นๆ ได้แก่ ทอโคโทโรอินอลและโทโคเฟอรอล ซึ่งเป็นสารในกลุ่มวิตามินอีและมีสารโอริซานอล (oryzanol) ซึ่งเป็นสารประกอบเอสเทอร์ของกรดเพอริวริก มีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเกิดแอนติออกซิเดชัน (antioxidation) ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันการอุดตันของเส้นเลือด และช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมันและแร่ธาตุบางชนิด (Obanni *et al.*, 1998 and Pszczola, 2001 อ้างโดย อรอนงค์, 2547)

#### 4. ความชื้น (moisture)

ปริมาณความชื้นของข้าวทั้งในข้าวเปลือกและข้าวสาร มักใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำคัญเพื่อการซื้อขายข้าว เนื่องจากปริมาณความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงน้ำหนักของเนื้อข้าวในการกำหนดราคาซื้อขาย นอกจากนี้ความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าวหรือบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี ถ้าข้าวมีความชื้นสูงจะเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ โดยระดับความชื้นทั่วไปที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษาข้าวที่เหมาะสมคือ 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเก็บรักษาได้ดีภายในเวลา 6 เดือน และถ้าข้าวมีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น นอกจากนี้ความชื้นของข้าวยังมีผลต่อการสีของข้าวเปลือกอีกด้วย (Juliano, 1993)

#### 5. กลิ่นสารระเหยของข้าว (aroma)

ข้าวบางพันธุ์มีกลิ่นสารระเหยบางชนิด ซึ่งเป็นกลิ่นที่มีอยู่ประจำพันธุ์ เช่น ข้าวหอมที่ซื้อขายกันในตลาดโลก คือ พันธุ์ข้าวที่มีสาร 2 - acetyl - 1 - pyrroline (ภาพที่ 2) ซึ่งเป็นสารหลักของกลิ่นหอมจากข้าวโดยข้าวหอมที่อยู่ในรูปข้าวกล้อง จะมีสารนี้ประมาณ 0.1 - 0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ข้าวสารมีเพียง 0.04 - 0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนกลิ่นหอมอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดอะมิโนที่มีสารซัลเฟอร์อยู่ในโมเลกุลสารประกอบไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ หรือเอซิลดีไฮด์ ซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Juliano, 1993)

#### ข้าวกล้อง (brown rice)

ข้าวกล้อง (brown rice) คือ ข้าวที่ผ่านกระบวนการเอาเปลือกออกเท่านั้น โดยข้าวจะผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว ข้าวที่ได้จึงมีลักษณะสีขาวขุ่น แต่เป็นข้าวที่ยังคงมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) อยู่มาก ถือได้ว่าเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

ข้าวสาร (polished rice) คือ ข้าวที่ถูกขัดสีหลาย ๆ ครั้ง จนจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวหลุดออกไปเกือบหมด เหลือแต่เนื้อข้าวสีขาว (แบ่ง)

ข้าวกล้องมีสารอาหารที่สำคัญหลายอย่าง อาทิเช่น คาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย โปรตีนช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวให้พลังงานและความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบอุ่นแก่ร่างกาย เส้นใยช่วยเพิ่มกากอาหารทำให้ขับถ่ายสะดวก ป้องกันอาการท้องผูกและการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ วิตามินบี 1 (thiamin) ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ช่วยในการทำงานของระบบประสาท เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ วิตามินบี 2 (riboflavin) ป้องกันปากนกกระจอก ช่วยเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน แคลเซียมและฟอสฟอรัส ช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง ธาตุเหล็กช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง อีกทั้งในจมูกข้าวยังมีวิตามินอี ซิลิเนียม และแมกนีเซียม ช่วยเสริมสร้างการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เหตุที่คนไทยไม่นิยมบริโภคข้าวกล้องนั้น เนื่องจากไม่ทราบถึงคุณค่าทางอาหารของข้าวกล้อง หรือข้าวกล้องมีสีส้มที่ไม่น่ารับประทาน หุงสุกยาก และไม่นุ่มเท่ากับข้าวขาว ในปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาศักยภาพของข้าวกล้องให้สามารถบริโภคได้ง่าย และมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงกว่าข้าวกล้องปกติ โดยการผลิตในรูปของข้าวกล้องงอก เพื่อให้การบริโภคข้าวกล้องเป็นที่นิยมมากขึ้น (วันดี, 2549)

#### องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง จะเหมือนกับองค์ประกอบทางเคมีของข้าวทั่วไป โดยสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสารจะพบว่า ข้าวกล้องจะมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยและวิตามินสูงกว่าข้าวสารขาว ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณค่าสารอาหารตามธรรมชาติของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร (นิรนาม, 2548)

สารอาหารและวิตามิน	ข้าวกล้อง (brown rice)	ข้าวสาร (milled rice)
โปรตีน (Protein)%	7.1 - 8.3	6.3 - 7.1
ไขมัน (Crude fat) %	1.6 - 2.8	0.3 - 0.5
เส้นใย (Crude fibers) %	0.6 - 1.0	0.2 - 0.5
เถ้า (Ash) %	1.0 - 1.5	0.3 - 0.8
แป้ง (Carbohydrate) %	75.9	76.7 - 78.4
วิตามิน B1 (Thiamine) mg	2.9 - 6.1	0.2 - 1.1
วิตามิน B2 (Riboflavin) mg	0.4 - 1.4	0.2 - 0.6
วิตามิน B5 (Niacin) mg	35 - 53	13 - 24

หมายเหตุ คุณค่าสารอาหารตามธรรมชาติของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร คิดเป็นคุณค่า สารอาหารต่อน้ำหนักข้าวสาร 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าว

คุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าว (cooking and eating quality) เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อ ทั้งนี้เพราะความชอบของแต่ละคนแตกต่างกัน ซึ่งสามารถคาดคะเนได้โดยคุณสมบัติเมล็ดทางเคมี ปัจจัยที่ทำให้ข้าวพันธุ์ต่างๆ มีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้ (งามชื่น, 2545)

### 1. ปริมาณอะมิโลส (apparent amylose content)

อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน เป็นปัจจัยที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยปริมาณอะมิโลสเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และยังทำให้ข้าวมีความนุ่มลดลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอะมิโลสที่สุกแล้ว (retrogradation) ข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุงต้ม ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้มจึงมีส่วนกระทบกระเทือนคุณภาพข้าวสุก เช่น ข้าวอะมิโลสต่ำต้องการเวลาน้อย หากใส่น้ำมากเกินไปจะได้ข้าวสุกที่แฉะ สำหรับข้าวอะมิโลสสูง หากใส่น้ำปริมาณเท่ากับการหุงต้มข้าวอะมิโลสต่ำ จะได้ข้าวสวยที่มีลักษณะแข็งกระด้างมาก เนื่องจากการหุงต้มข้าวอะมิโลสสูงต้องการน้ำมาก และเมื่อสุกแล้วจะได้ข้าวสวยร่วนฟูไม่เหนียวติดกัน จึงทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรมากหรือข้าวขึ้นหม้อดีกว่าข้าวอะมิโลสต่ำ ในขณะที่ข้าวอะมิโลสต่ำข้าวสวยมีลักษณะเหนียว เกาะติดกันเป็นก้อนจึงไม่ขึ้นหม้อ

### 2. ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)

แม้ว่าปริมาณอะมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ในระหว่างข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสเท่ากัน อาจมีความแข็งของข้าวสุกแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกที่มีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน การทดสอบความแข็งของแป้งสุกสามารถทดสอบจากการอ่านระยะทางที่แป้งไหลไป แป้งข้าวตามค่าคงตัวของแป้งสุกได้เป็น 3 ประเภท (ตารางที่ 5) ในการพิจารณาคุณภาพข้าวเจ้าโดยใช้ความคงตัวของแป้งสุกนั้น จะต้องพิจารณาบนพื้นฐานของข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสอยู่ในประเภทเดียวกัน ดังนั้นข้าวที่มีค่าคงตัวของแป้งสุกอ่อน เมื่อหุงเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวที่แข็งกระด้างน้อยกว่าข้าวที่มีค่าคงตัวของแป้งสุกแข็ง

ตารางที่ 5 การแบ่งประเภทข้าวเจ้าตามความคงตัวของแป้งสุก (งามชื่น, 2545)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ระยะเวลาในการหุงต้ม (cooking time)

การต้มเมล็ดข้าวให้สุกอาจใช้เวลา 14 - 24 นาที หรือมากกว่านั้น เมล็ดข้าวสุกต้องไม่มีไตของแป้งดิบภายในเมล็ด ระยะเวลาที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) หรือจากค่าการสลายเมล็ดข้าวสารในด่าง (alkali test) (ตารางที่ 6) แม้ว่าระยะเวลาหุงต้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกดังกล่าวข้างต้น แต่ความหนาของเมล็ดข้าวก็ทำให้ต้องยืดเวลาการหุงต้มออกไปอีก เช่น ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากัน ข้าวที่มีเมล็ดหนาจะต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวเมล็ด

**ตารางที่ 6** การแบ่งชนิดข้าวตามอุณหภูมิแป้งสุก และการประเมินด้วยค่าการสลายเมล็ดในด่างที่สัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้มข้าวสุก (งามชื่น, 2545)

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

### 4. วิธีหุงต้ม

นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดดังกล่าวข้างต้นแล้ว วิธีการหุงต้มยังมีส่วนทำให้คุณภาพข้าวสุกต่างกันได้อีกด้วย เช่น การหุงต้มข้าวอะมิโลสสูง หากใส่น้ำน้อยจะแข็งกระด้างมาก แต่เมื่อใส่น้ำมากจะช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น และทำให้การขยายปริมาตรมากขึ้นด้วยการหุงข้าวโดยรินน้ำทิ้ง (เช็ดน้ำ) เป็นการทำให้เมล็ดข้าวมีโอกาสดูดน้ำได้มาก และทำให้ข้าวแข็งกระด้างน้อยลง เพราะระหว่างที่ข้าวให้ระอุบนเตาไฟเต็มที่ เพื่อไล่ความชื้นที่มีมากเกินไป ข้าวยังคงและได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวอะมิโลสต่ำ จะมีโอกาสและได้ง่าย ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำจึงควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ในทำนองเดียวกัน ข้าวเหนียวซึ่งมีอะมิโลสน้อยมากหรือไม่มีเลยก็ควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำเช่นกัน

### 5. การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio during cooking)

ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะมีการขยายตัวทุกด้าน โดยเฉพาะด้านยาว คุณลักษณะนี้เป็นคุณภาพพิเศษของข้าวบางพันธุ์ ซึ่งจะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้น และหากข้าวสุกเป็นข้าวที่ไม่เหนียวติดกัน การขยายขนาดของเมล็ดข้าวสุกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น เพราะการขยายตัวทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดกันแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. กลิ่นหอม (aroma)

ข้าวทั่วไปอาจมีสารระเหยหลายชนิด ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีกลิ่นที่แตกต่างกัน เช่น สาร 2 - acetylthiazole และ benzothiazole มีกลิ่นรำ สำหรับข้าวหอมมีสาร 2 - acetyl - 1 - pyrroline มากกว่าข้าวทั่วไป ในข้าวหอม 1 กรัม อาจมีสารนี้ประมาณ 0.04 ไมโครกรัม และในข้าวกล้องอาจมีประมาณ 0.1 - 0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม

## 7. ปริมาณโปรตีน (protein content)

โปรตีนโดยเฉพาะที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ด มีส่วนทำให้ระยะเวลาการงอกต้มเมล็ดข้าวให้สุกนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ข้าวโปรตีนสูงยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้นจึงขัดสีออกได้ยาก (มีรำเหลืออยู่มาก) และทำให้ข้าวสุกนั้นเหนียว น้อยลงและมีสีคล้ำ

## การเก็บรักษาข้าว

เป้าหมายหลักของการเก็บรักษาข้าว คือต้องมีการสูญเสียของข้าวในขณะเก็บรักษาน้อยที่สุด ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ หลักการเก็บรักษาโดยทั่วไปคือ ควรเก็บรักษาข้าวไว้ในสภาพหรือโรงเก็บที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศต่ำ (ในที่แห้งและเย็น) โดยวิธีการเก็บรักษาข้าวโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 4 วิธี ได้แก่ (กัญญาและกิตติยา, 2549)

1. การเก็บในสภาพปกติ ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หมายถึง การเก็บข้าวไว้ในโรงเก็บปกติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บ เป็นวิธีที่นิยมใช้อยู่เป็นส่วนใหญ่ เพราะมีการลงทุนน้อยและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่โอกาสที่จะเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษามีสูง เช่น การเก็บในโรงเก็บหรือยุ้งฉางของเกษตรกร โรงสีหรือโกดังส่งออกข้าวขนาดใหญ่ๆ

2. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว เช่น การเก็บข้าวไว้ในตู้แช่ ตู้เย็น หรือในไซโลเก็บข้าวที่มีการเป่าลมเย็น เป็นต้น

3. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ได้แก่ การเก็บข้าวไว้ในภาชนะเก็บที่มิดชิด สามารถป้องกันการเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกของอากาศได้ เช่น การเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในบีบสังกะสี หรือ polyethylene bags เป็นต้น การเก็บข้าวในสภาพปิดเช่นนี้ ความชื้นของข้าวจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะที่เก็บ ถ้าความชื้นของข้าวต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะต่ำ ข้าวที่เก็บจะเกิดความเสียหายน้อย ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของข้าวสูง ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะสูง ข้าวที่เก็บจะเกิดความเสียหายสูง ดังนั้น การเก็บรักษาข้าวด้วยวิธีนี้ ข้าวควรมีความชื้นก่อนเก็บต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปความชื้นไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้ผลดีและมีค่าใช้จ่ายต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด สามารถป้องกันและลดความเสียหายของข้าวได้ดี เก็บรักษาข้าวให้คงคุณภาพดีได้เป็นเวลานาน แต่มีการลงทุนและเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลสูง เช่น การเก็บอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ข้าวในธนาคารเชื้อพันธุ์

สำหรับวิธีปฏิบัติในการเก็บรักษาข้าวนั้น สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเก็บรักษาข้าว คือการรักษาปริมาณและคุณภาพข้าวที่เก็บให้คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาข้าว ได้แก่

1. ความชื้นของข้าว โดยทั่วไปความชื้นของข้าวไม่ควรสูงเกิน 14 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเป็นเมล็ดพันธุ์ความชื้นไม่ควรเกิน 12 เปอร์เซ็นต์
2. ความสะอาด ข้าวที่จะเก็บต้องสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน เช่น เศษฟาง ตอซัง วัชพืช กรวด หิน ดิน ทราข เพราะสิ่งเหล่านี้ดูดความชื้นได้ดี ทำให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นในขณะที่เก็บรักษา
3. การปลอดจากโรค แมลง ศัตรูต่างๆ ข้าวที่จะนำไปเก็บต้องปลอดจากโรค แมลง และศัตรูต่างๆ หากพบควรวางวิธีป้องกันกำจัดที่ถูกต้องและเหมาะสม
4. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม
5. ลักษณะและสถานที่ตั้งของโรงเก็บ โรงเก็บที่ดีควรตั้งอยู่บนที่ดอนและแห้ง มีการระบายน้ำดี เพื่อป้องกันน้ำท่วม รอบๆ บริเวณโรงเก็บต้องสะอาด โปร่ง ไม่มีต้นไม้ใหญ่ขึ้นปกคลุม สภาพโรงเก็บต้องมีผนังปิดมิดชิด แฉกหน้าต่างมีหลังคากันแดด กันฝน น้ำค้าง ควรยกพื้นสูงเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศด้านล่างตามช่องเปิดต่างๆ ควรมีตาข่ายป้องกัน นก หนู และสัตว์ศัตรูต่างๆ
6. การจัดการในขณะเก็บรักษา ควรมีการตรวจสอบข้าวที่เก็บและโรงเก็บเป็นระยะๆ

#### การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

ภายหลังจากการเก็บเกี่ยว ภายในเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในระยะเวลา 3 - 4 เดือนหลังเก็บเกี่ยว เอนโดสเปิร์มจะแกร่งขึ้นทำให้คุณภาพการสีดีขึ้นหากเมล็ดไม่ถูกแมลงทำลายในระหว่างการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นจากกระบวนการที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบ คือ แป้ง ไขมัน และโปรตีน (ภาพที่ 2) กรดไขมันอิสระที่ได้จากการย่อยของ Enzyme เมื่อทำปฏิกิริยากับเม็ดแป้ง โดยเฉพาะโมเลกุลของอะมิโลส มีผลยับยั้งการขยายตัวของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสวย นอกจากนี้ไขมันเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ จะได้สารประกอบประเภท Hydro peroxides carbonyl สารประเภท carbonyl นี้ ทำให้ข้าวมีกลิ่นหืนเช่นเดียวกับการเกิดกลิ่นหืนในน้ำมันในส่วนของโปรตีน เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะได้สารที่มีส่วนประกอบที่มีธาตุกำมะถัน (-s-s-) ที่คงตัวมากขึ้นทำให้สารระเหยที่มีส่วนประกอบของซัลเฟอร์ลดลงและส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นของข้าว ในขณะเดียวกันสารประกอบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุ -s-s- นี้ยังมีผลต่อการพองตัวของเมล็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม ทำให้ข้าวสวยมีความนุ่มลดลง ปฏิกริยาระหว่างโปรตีนทำให้ข้าวเก่ามีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ ผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ มีส่วนกระทบกระเทือนต่อคุณสมบัติการหุงต้มของเมล็ดและข้าวสุก กล่าวคือ ข้าวเก่าเมื่อหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้นหรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง และมีผลให้ข้าวสุกขยายปริมาตรรวม (bulk volume) ได้มากขึ้น หรือขึ้นหม้อดีขึ้น ทั้งนี้เมล็ดข้าวดูดน้ำได้มากขึ้นโดยไม่แตกตัว น้ำข้าวจะใสขึ้น เมล็ดข้าวอาจต้องใช้เวลาต้มให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย สีของข้าวจะคล้ำมากขึ้น ในข้าวเก่าจะมีกลิ่นสาบ เมล็ดเหลืองมากขึ้น สืบเนื่องจากปฏิกริยาร่วมกันระหว่างเชื้อจุลินทรีย์หรือเคมีในข้าวเปลือกที่ได้รับ ความชื้นและความร้อนสูง ก่อนที่จะทำการลดความชื้น (Moritaka and Yamamatsu, 1972 อ้างโดย งามชื่น, 2545)



ภาพที่ 2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา (Moritaka and Yamamatsu, 1972 อ้างโดย งามชื่น, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า การเก็บรักษาข้าว ถือว่าเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของข้าวอย่างมาก การเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้คุณภาพของข้าวลดลง ดังการทดลองของกิติยาและคณะ (2544) ซึ่งได้ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังการการลดความชื้นต่อคุณภาพการสี (เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาข้าวเปลือกหลังการลดความชื้นแล้ว โดยทำการนำข้าวเปลือกไปลดความชื้นโดยการตากแดดและใช้เครื่องอบ ลดความชื้นจนเหลือ 12 - 14 เปอร์เซ็นต์แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 0 - 8 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่า ทั้งการลดความชื้นด้วยเครื่องอบและการตากแดด การสีข้าวทันทีโดยไม่มีการพักข้าวหรือเก็บรักษาข้าวให้อุณหภูมิภายในเมล็ดลดลงและความเครียดลดลงจะทำให้ข้าวหักมากหรือมีคุณภาพการสีต่ำ การสีข้าวหลังการลดความชื้นและเก็บรักษาข้าวไว้ตั้งแต่ 1 วันขึ้นไป ข้าวจะมีคุณภาพการสี (เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว) สูงขึ้น และในการสีข้าวที่เก็บรักษาไว้ตั้งแต่ 1 วันขึ้นไป จะมีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวเพิ่มขึ้นถึง 4.32 - 10.32 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเก็บรักษานาน 0 - 8 สัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์

วิลาวัลย์และสุธา (2547) ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในการอบแห้ง ความชื้นหลังอบและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยนำข้าวเปลือกซึ่งมีความชื้น 25 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักสด) มาอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 และ 80 °ซ. ความชื้นหลังอบ 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์ หลังอบข้าวเปลือกจะถูกนำมาเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือน การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของข้าว ได้แก่ การสลายในด่าง การดูดน้ำของข้าวระหว่างหุง ความคงตัวของแป้งสุก และปริมาณอะมิโลสจะถูกวิเคราะห์ในระหว่างการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่าข้าวที่ถูกเก็บรักษาจะมีค่าการสลายตัวในด่างและค่าการดูดน้ำของข้าวเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการทดลองพบว่าค่าการคงตัวของแป้งสุกและปริมาณอะมิโลสของข้าวไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

#### กระบวนการงอกของเมล็ด

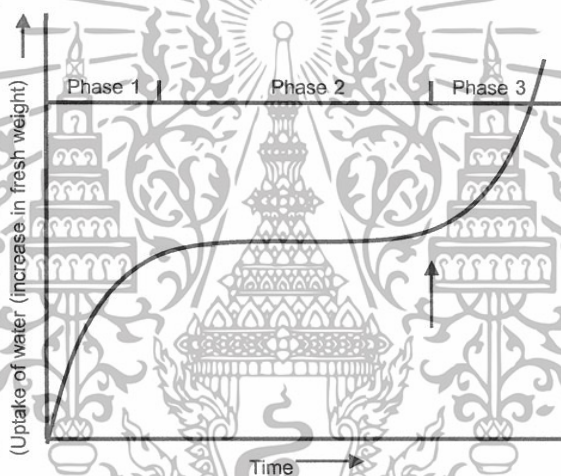
ขบวนการงอก คือกระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การดูดน้ำของเมล็ดและสิ้นสุดที่การยืดตัวของแกนคัพพะ (โดยปกติเป็นราก) ในระหว่างการงอกมีเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้น ได้แก่ การดูดน้ำของโปรตีน การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างต่างๆ ภายในเซลล์ การหายใจ การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่และการยืดตัวของเซลล์ รวมไปถึงขั้นตอนการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ที่เติบโตจนกระทั่งเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ ซึ่งปัจจัยที่จำเป็นในการงอกของเมล็ดมีหลายปัจจัย ได้แก่ น้ำ อุณหภูมิ ส่วนประกอบของบรรยากาศ และแสง เป็นต้น (Bewley and Black, 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดน้ำของเมล็ดพืชปกติจะเกิดขึ้นรอบเปลือกของเมล็ด โดยในระยะแรกโมเลกุลของน้ำจะเข้าสู่เมล็ดโดยการแพร่ ต่อมาจะมีการดูดน้ำแบบออสโมซิสซึ่งมีผลต่อความชื้นสุดท้ายของเมล็ดขณะสิ้นสุด hydration phase

เนื้อเยื่อแต่ละส่วนของเมล็ดมีอัตราการดูดน้ำต่างกัน โดยทั่วไปเนื้อเยื่อคัพภะจะดูดน้ำได้ในอัตราที่เร็วกว่าการดูดน้ำของส่วนเก็บสะสมอาหาร อันได้แก่ เอนโดสเปิร์มหรือไบเล็ง ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อเยื่อคัพภะมักเก็บสะสมโปรตีน ในขณะที่ส่วนเก็บสะสมอาหารมักมีแป้งและไขมันเป็นส่วนใหญ่ เหตุผลอีกประการหนึ่งคือคัพภะต้องการน้ำมาก เพื่อกระตุ้นปฏิกิริยาของเอนไซม์ ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูดน้ำที่มาจากตัวเมล็ดเอง เช่น การยอมให้น้ำซึมผ่านของเปลือกเมล็ด องค์กรประกอบทางเคมีภายในเมล็ด เป็นต้น

เส้นกราฟการดูดน้ำของเมล็ดพืชที่มีชีวิตโดยทั่วไป สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ดังแสดงในภาพที่ 3 (วันชัย, 2537)



ภาพที่ 3 การดูดน้ำของเมล็ดโดยทั่วไป (วันชัย, 2537)

ระยะที่ 1 ระยะดูดน้ำ (Imbibition) ในเมล็ดแห้ง เมื่อเมล็ดได้รับน้ำ เมล็ดจะมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็ว ซึ่งลักษณะการดูดน้ำแบบนี้จะเกิดขึ้นได้กับเมล็ดต่างๆ ไปไม่ว่าจะเป็นเมล็ดที่ตายแล้วหรือเมล็ดที่มีการพักตัว (ที่ไม่ใช่เมล็ดแข็ง) สำหรับการเปลี่ยนแปลงในระยะนี้ จะมีการจัดเรียงตัวและซ่อมแซมผนังเมมเบรนของอวัยวะต่างๆ ภายในเซลล์ และปลายระยะนี้ จะมีการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะที่ 2 ระยะงัน (Lag phase) ระยะนี้เป็นระยะที่มีกระบวนการทางเมตาบอลิซึมเกิดขึ้น การดูดน้ำจะเป็นไปอย่างช้าๆ เมตาบอลิซึมส่วนใหญ่จะเป็นการสังเคราะห์ nucleic acid และเอนไซม์ต่างๆ มีการย่อยสลายโมเลกุลใหญ่และสังเคราะห์ organelle ต่างๆ ขึ้นเพื่อเตรียมการงอก ปลายระยะจะมีขบวนการเคลื่อนย้ายสารไปยังจุดเจริญและเมล็ดจะงอกรากอ่อนออกมา

ระยะที่ 3 ระยะการเจริญเติบโตของคัพภะ (Embryo growth) ระยะนี้ที่บริเวณจุดเจริญ โดยเฉพาะรากอ่อนจะมีการแบ่งเซลล์และมีการยึดตัวของเซลล์เกิดขึ้น การเจริญเติบโตของคัพภะจะปรากฏออกมาให้เห็น คือมีการแทง radicle ออกมา

ช่วงเวลาแต่ละระยะขึ้นกับ species ชนิดของวัสดุเพาะ ความสามารถในการชึมน้ำของเปลือกเมล็ด ขนาดเมล็ด การดูแลใช้ออกซิเจน อุณหภูมิและความเข้มข้นของน้ำ ระยะที่ 1 อาจใช้เวลานานนับชั่วโมง ในขณะที่ระยะที่ 2 อาจใช้เวลาหลายชั่วโมงหรือเป็นวันก็ได้ และทั้งสองระยะนี้ อาจยืดยาวออกไปได้ หากเมล็ดมีการพักตัว

### ข้าวกล้องงอก

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ข้าวกล้องเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มีข้อเสียคือ หุงสุกยาก และข้าวที่หุงสุกแล้วจะค่อนข้างหยาบ ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณสมบัติของข้าวกล้องซึ่งวิธีการหนึ่งคือ การทำข้าวกล้องงอก

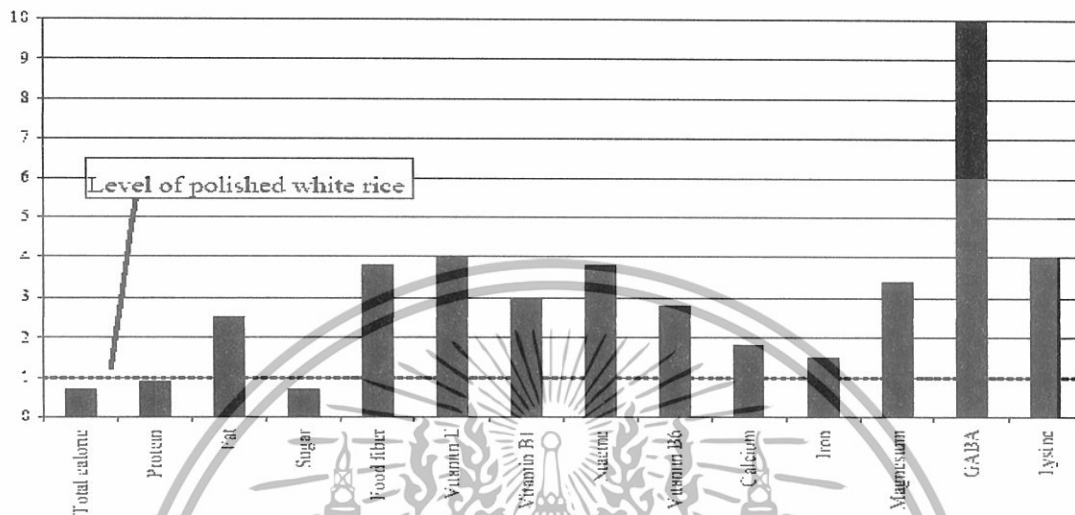
ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) คือ ข้าวกล้องที่ผ่านการแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิเหมาะสม เป็นระยะเวลา 20 - 24 ชั่วโมง หรือแช่ข้าวกล้องในน้ำเย็น 2 - 3 วัน แต่ในระหว่างการแช่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ใช้แช่ เช่น ค่า pH ของน้ำที่ใช้แช่ การเกิดฟองแก๊ส ความขุ่นของน้ำ และกลิ่น จึงต้องมีการเปลี่ยนน้ำบ่อยๆ เพื่อลดปริมาณของเชื้อแบคทีเรียซึ่งจะทำให้ข้าวกล้องงอกที่ได้มีกลิ่นเหม็น

Kayahara and Tsukahara (2000) ศึกษาคุณค่าของสารอาหารระหว่างข้าวสารกับข้าวกล้องงอก พบว่าการงอกจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในข้าวกล้องให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในคราวเดียวกัน เพื่อเป็นการเตรียมสารอาหารให้พร้อมแก่การงอก และที่สำคัญคือช่วยเพิ่มความหนาแน่นของสารอาหารทั้งหมดในข้าวกล้อง ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น เส้นใยอาหาร และ GABA เป็นต้น ส่งผลให้ข้าวกล้องงอกอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (ภาพที่ 4)

Allbritton (2003) กล่าวว่า ข้าวกล้องงอกช่วยแก้ปัญหาเรื่องความแข็งของข้าวกล้องตามปกติที่รับประทานยาก เพราะการแช่ข้าวทิ้งไว้จะช่วยให้เมล็ดข้าวนุ่มขึ้น ง่ายต่อการรับประทาน และลดการเกิดแก๊สในกระเพาะอาหาร เนื่องจากการแช่ข้าวเป็นการย่อยชั้นต้นของเมล็ด ซึ่งเกิดได้หลายทางโดยเริ่มต้นจากการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล ซึ่งทำให้ข้าวกล้องงอกที่ได้มีรสชาติที่หวานกว่าข้าวกล้องปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนโปรตีนเป็นกรดอะมิโนและเปลี่ยนไขมันเป็นกรดไขมัน เพื่อใช้ในกระบวนการงอก การดูดซึมสารอาหารและกระบวนการเมตาบอลิซึมของเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคข้าวกล้องงอกมีการย่อยและการดูดซึมสารอาหารได้ดีขึ้น



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบคุณค่าของสารอาหารระหว่างข้าวสารกับข้าวกล้องงอก (Kayahara and Tsukahara, 2000)

**กรรมวิธีการผลิตข้าวกล้องงอก**

Suzuki and Maekewa (1999) ได้กล่าวถึงกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกโดยกล่าวว่าต้องมีการควบคุมระยะเวลาในการแช่ข้าวกล้อง fluidization ของน้ำ อุณหภูมิ น้ำ และปริมาณออกซิเจนในน้ำ เพื่อให้การงอกมีประสิทธิภาพ ซึ่งจากการทดลองพบว่า อุณหภูมิ น้ำที่เหมาะสมคือ 30 °ซ โดยควบคุมให้มีปริมาณออกซิเจนระหว่าง 3.5 - 4.5 มิลลิกรัม/ลิตร

Ohtsubo et al. (2004) ศึกษาการทำข้าวกล้องงอกด้วยวิธี twin - screw extruder โดยการแช่ทั้งข้าวสารและข้าวกล้องในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 30 °ซ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดความชื้นลง ให้เหลือประมาณ 13 - 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณของสารอาหารเกือบทุกชนิดในข้าวกล้องงอก มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ และข้าวสารที่ผ่านการแช่น้ำตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เส้นใยอาหาร สาร gamma - aminobutyric acid (GABA) และสารไอรีซานอล ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์

Kayahara (2004) ศึกษากระบวนการทำข้าวกล้องงอก โดยนำเมล็ดที่ผ่านการคัดเลือก แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (28 - 35 °ซ) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเปลี่ยนน้ำระหว่างการแช่ เมื่อน้ำเริ่มมีกลิ่น

และมีลักษณะที่เปลี่ยนไป เพื่อลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ หลังจากนั้นนำไปบลดความชื้นลงให้เหลือประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 5)

Komatsuzaki *et al.* (2005) ศึกษาการทำข้าวกล้องงอก โดยการบ่มข้าวกล้องงอกให้เอมบริโอมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยการแช่น้ำนาน 24 ชั่วโมง หลังจากแช่ได้ 3 ชั่วโมง จะทำการให้แก๊สอีก 21 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิคงที่ 35 °ซ พบว่า ปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอก (24.9 มก./100 ก.) เพิ่มมากกว่า การแช่ข้าวกล้องแบบทั่วไป (10.1 มก./100 ก.) ถึงแม้ว่าจำนวนของจุลินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการแช่ แต่เมื่อทำการฆ่าเชื้อข้าวกล้องงอกด้วยการใช้ไอน้ำ (นิ่ง) 20 นาที และใช้ไฮเอทานอลอีก 3 นาที แล้วก็พบว่าปริมาณของกรดอะมิโนไม่ลดลง

ธิดาพรและคณะ (2548) ศึกษาสภาวะการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 28 °ซ และ 32 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าข้าวกล้องที่แช่น้ำ ณ อุณหภูมิห้อง จะเกิดกลิ่นผิดปกติรุนแรงและเกิดฟองแก๊ส ในชั่วโมงที่ 10 จึงทำการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 8 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 32 °ซ จะเกิดฟองแก๊สและมีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นเร็วกว่า จึงทำการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า การแช่ข้าวกล้องให้เกินระยะเวลาที่กำหนด จะทำให้ข้าวกล้องงอกที่ได้มีคุณภาพลดลง



ภาพที่ 5 กรรมวิธีการผลิตข้าวกล้องงอก (Kayahara, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก คือ อุณหภูมิ เนื่องจากกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก จะต้องแช่เมล็ดข้าวกล้องงอกในน้ำเพื่อทำให้เกิดการงอกในช่วงระยะเวลาประมาณ 22 - 24 ชั่วโมง ในสภาวะการแช่ที่เหมาะสม ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพืช โดยจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดและกระตุ้นให้ภายในเมล็ดเกิดกระบวนการเมตาบอลิซึม หากแช่เมล็ดไว้ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ (0 - 10 °ซ) เมล็ดจะมีโอกาสงอกได้น้อย เนื่องจากการดูดซึมน้ำเข้าไปทำให้พองตัวแต่ยังไม่ถึงขั้นที่จะงอก แต่ถ้าแช่ที่อุณหภูมิสูงเกินไปก็จะไปทำลายเนื้อเยื่อของเมล็ดได้ โดยอัตราการงอกจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น จนถึงอุณหภูมิหนึ่งที่อัตราการงอกสูงสุด เรียกว่า “ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม” (optimum temperature) ซึ่งพืชต่างชนิดกันหรือชนิดเดียวกันก็ตามที่มีถิ่นกำเนิดต่างๆ กัน จะมีความต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกที่แตกต่างกันด้วย (ไสว, 2525)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### วัตถุดิบ

ข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 จำนวน 8 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ความงอก 86 เปอร์เซ็นต์

### อุปกรณ์

1. กระป๋องวัดความชื้น (moisture can)
2. เครื่องชั่ง
3. เครื่องกะเทาะเมล็ด
4. เครื่องขัดสีข้าว
5. เครื่องโม้แบ่ง
6. เครื่อง vortex mixer
7. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Electron รุ่น Helios

### Gamma

8. เครื่องสกัดไขมัน ยี่ห้อ FALC รุ่น BE 6
9. ตะแกรงอบข้าว
10. ตะแกรงร่อนแบ่งความละเอียด 100 เมช (mesh)
11. ตู้อบ (oven) ยี่ห้อ Memmert model 800
12. อ่างน้ำร้อน (water bath) ยี่ห้อ Memmert

### วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

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

ปัจจัยที่ 1 ชนิดภาชนะบรรจุ ได้แก่ ถุงโพลีเอทิลีน และถุงพลาสติกสุญญากาศ

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

2. การทำข้าวกล้องงอกและการเก็บรักษา

ซึ่งข้าวเปลือกหนักประมาณ 1 กิโลกรัม นำไปล้างน้ำเพื่อทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่ติดมากับข้าวเปลือก จากนั้นนำข้าวเปลือกที่ได้ใส่ลงไปในบีกเกอร์ใส่น้ำให้ท่วมข้าว แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 30 °ซ โดยให้ระดับน้ำด้านในบีกเกอร์ต่ำกว่าระดับน้ำด้านนอกบีกเกอร์เล็กน้อย ทำการแช่ข้าวเป็นเวลา 9 ชั่วโมง โดยทำการเปลี่ยนน้ำในบีกเกอร์ที่ชั่วโมงที่ 6 เมื่อครบกำหนดเวลาการแช่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง นำข้าวเปลือกในบีกเกอร์เทใส่ตระแกรงเกลี่ยให้เสมอกัน ผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วหุ้มด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์บ่มไว้เป็นเวลา 15 ชั่วโมง หลังจากการบ่มนำตะแกรงข้าวเปลือกไปอบลดความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 °ซ เพื่อลดความชื้นลงให้เหลือ 10 ± 1 เปอร์เซ็นต์ นำข้าวเปลือกมาเกาะเกาะเปลือกด้วยเครื่องเกาะ ทำการคัดแยกสิ่งเจือปนต่างๆ ออกจากข้าวกล้องงอก จากนั้นบรรจุใส่ในถุงโพลีเอทิลีนเก็บรักษาไว้ในสภาวะปกติและสุญญากาศ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

### 3. การบันทึกข้อมูล

#### (1) เปอร์เซ็นต์ความชื้น

เมื่อครบกำหนดระยะเวลาการเก็บรักษา ชั่งข้าวกล้องงอกจำนวน 10 กรัม ใส่ในกระป๋องวัดความชื้น จำนวน 3 ซ้ำ แล้วนำไปอบหาความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล່อยให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาความชื้นตามสูตรดังนี้

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

#### (2) ปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าว (เปอร์เซ็นต์)

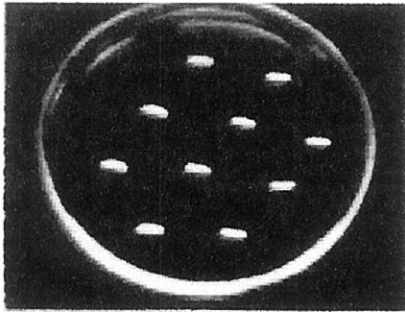
ชั่งข้าวกล้องจำนวน 200 กรัม ใส่ลงในเครื่องโม่แป้ง นาน 2 ชั่วโมง นำแป้งที่ได้ร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียด 100 ไมครอน จากนั้นชั่งแป้ง 0.1000 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 20 มล. ปิดเตปेटริดแอลกอฮอล์ 1 มล. ค่อยๆเติมลงไปเพื่อเกลี่ยแป้งให้กระจายออก โดยระวังไม่ให้แป้งขึ้นมาเกาะตามผนังขวด ปิดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 N เติมลงไป 9 มล. พร้อมทั้งล้างแป้งที่เกาะอยู่ตามผนังขวด ตั้มนาน 10 นาที เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. ปิดเตปेटแบ่งสารละลายแป้งจำนวน 5 มล. ลงในขวดกับปริมาตรขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มล. เติมกรดเกลืออะซิติก 1 N ปริมาณ 1 มล. แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. เขย่าและตั้งทิ้งไว้เวลานาน 10 นาที จำนวน 4 ซ้ำ

ทำเช่นเดียวกับที่กล่าวมา แต่ไม่ใส่แป้งเพื่อใช้เป็นแบลนด์ (blank) จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยปรับค่าของแบลนด์เป็น 0

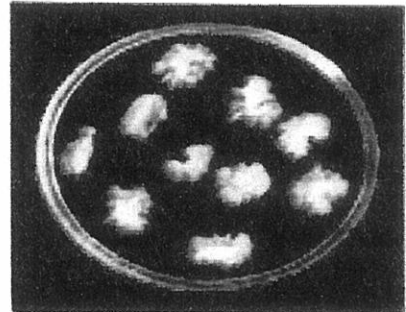
#### (3) การสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าว (คะแนน)

สุ่มเมล็ดข้าวกล้องเต็มเมล็ด 10 เมล็ด ใส่ในจานแก้วทดลอง (petri dish) วางบนพื้นสีเข้ม เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 10 มล. โดยให้ข้าวกล้องทั้งเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และจัดเรียงให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควร ปิดฝาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 23 ชั่วโมง โดยไม่มีการขยับเขยื้อน เมื่อครบกำหนด อ่านค่าการสลายของเมล็ดตามระดับของการสลายตัวของเมล็ดข้าวในต่าง (ภาพที่ 5 และตารางที่ 7)

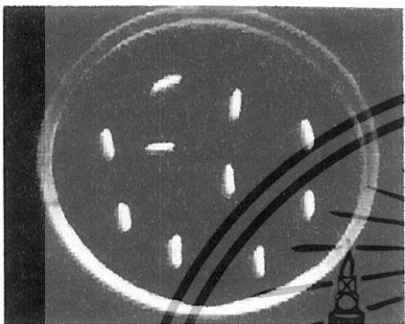
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



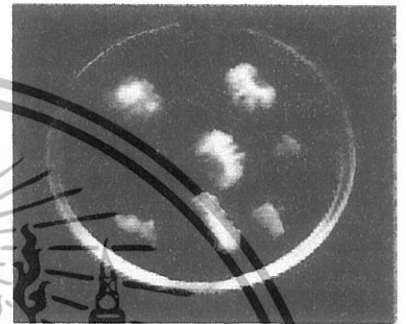
1 คะแนน



5 คะแนน



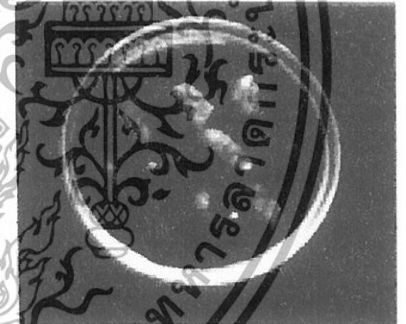
2 คะแนน



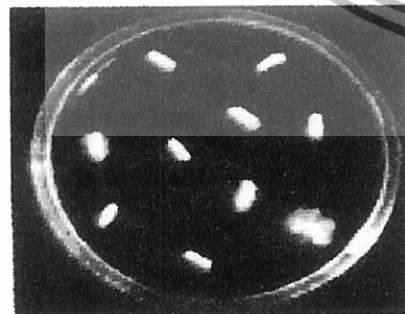
6 คะแนน



3 คะแนน



7 คะแนน



4 คะแนน

ภาพที่ 6 ระดับการสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าว (อรอนงค์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ระดับการสลายตัวในต่างของแต่ละเมล็ด (งามขึ้น, 2545)

ค่าการสลาย	ลักษณะของเมล็ดข้าวที่สลายในต่าง
1	ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดข้าวพองตัว
3	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาจากบางส่วนของเมล็ด
4	เมล็ดข้าวพองตัวและมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง
5	ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาว และมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง
6	เมล็ดข้าวสลายตัวทั้งเมล็ด มีลักษณะเป็นเมือกขาวขุ่น
7	เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด และมีลักษณะเป็นแป้งเปียกใส

(4) ระยะเวลาในการหุงต้ม (นาทิต)

ต้มน้ำกลั่นปริมาตร 400 มล. ในปิกเกอร์ขนาด 600 มล. ให้เดือด ใส่ตัวอย่างข้าวกล้อง 30 กรัม ลงในน้ำเดือดพร้อมกับจับเวลา หลังจากครบ 10 นาที ทำการสุ่มตัวอย่างข้าวนาทีละ 10 เมล็ด วางบนแผ่นแก้วแล้วนำแผ่นแก้วอีกหนึ่งแผ่นกดบนแผ่นแก้วที่มีเมล็ดข้าววางอยู่ ตรวจสอบดูสีข้าวตรงกลางเมล็ด บันทึกค่าเวลาต้มข้าว เมื่อเมล็ดข้าว 9 ใน 10 เมล็ดไม่ได้สีขาวตรงกลางเมื่อถูกกด

(5) เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าว

ซึ่งข้าวกล้องจำนวน 2 กรัม ใส่หลอดทดลองที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว เติมน้ำกลั่น 20 มล. ปิดปากหลอดทดลองด้วยถ้วยลูกแก้ว ต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 50 นาที เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำมาชั่งน้ำหนักข้าวสุกพร้อมทั้งหลอดทดลอง คำนวณค่าการดูดน้ำของเมล็ดข้าว จากสูตร

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

(6) ปริมาณไอรีซานอล (ppm) ของแป้งข้าว

นำข้าวกล้องจำนวน 300 กรัม มาขัดสีเพื่อให้ได้ส่วนของรำ ซึ่งรำปริมาณ 10 กรัม ใส่ในกระป๋องวัดความชื้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °ซ เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง แล้วนำมาเก็บในโถดูดความชื้น จนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนนำไปสกัดด้วยเฮกเซน (hexane) สกัดน้ำมันด้วยเฮกเซน 250 มล. เป็นเวลา 14 ชั่วโมง นำไประเหยเฮกเซนออกจากร้ำมันด้วยการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 85 °ซ นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างน้ำมันที่ได้ 0.1 มก. มาละลายด้วยเฮปเทน (n - heptane) ปริมาตรให้ได้ 100 มล. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าดูดกลืนแสงของสารละลายแกรมมาโอไรซานอลมาตรฐาน (ภาคผนวก ข)

(7) ปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ (มิลลิกรัมกลูโคส) ของแป้งข้าว

ชั่งแป้งข้าว 2 กรัม ( $\pm 0.001$  กรัม) ผสมกับน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. เขย่าบ่อยๆ จนครบ 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองน้ำแป้งด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 บีบน้ำแป้งที่ได้ 1 มล. ใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย DNS 1 มล. นำไปต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ  $95^{\circ}\text{C}$  นาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นทันที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลาย กลูโคสมาตรฐาน (ภาคผนวก ข)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### เปอร์เซ็นต์ความชื้น

ความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าวหรือบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพที่ดี อีกทั้งยังเป็นตัวกำหนดราคาข้าว ในการทดลองนี้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 ทั้งก่อนการเก็บรักษาและระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศจะมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 10 - 12 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 8

ระดับความชื้นทั่วไปที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษาข้าวที่เหมาะสม คือ 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเก็บรักษาได้ดีภายในระยะเวลา 6 เดือน และถ้าข้าวมีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น (Juliano, 1993) ความชื้นของข้าวกล้องงอกในการทดลองนี้จึงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับความชื้นสูงสุดที่ยอมรับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา

ตารางที่ 8 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(เดือน)				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ถุงโพลีเอทิลีน	10.45	11.61	12.40	13.05	11.88
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	10.45	10.67	12.50	12.26	11.47
เฉลี่ย	10.45	11.14	12.45	12.66	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริมาณอะมิโลส

องค์ประกอบทางเคมีที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของข้าวโดยตรงอย่างหนึ่งก็คือ ปริมาณอะมิโลส จากการทดลองพบว่า ปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันทั้งสองชนิด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 7) แต่ก็มีแนวโน้มให้เห็นว่า การเก็บรักษาข้าวไว้ในถุงโพลีเอทิลีนจะทำให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณอะมิโลสเพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาในถุงพลาสติกสุญญากาศเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน พบว่า การเก็บรักษาข้าวกล้องงอกนานขึ้น มีผลให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณอะมิโลสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ข้าวกล้องงอกก่อนการเก็บรักษาจะมีปริมาณอะมิโลสเท่ากับ 31.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 และ 2 เดือน ทำให้ปริมาณอะมิโลสเพิ่มขึ้นเป็น 33.36 และ 33.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 35 จัดว่าเป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูง โดยมีปริมาณอะมิโลสอยู่ระหว่าง 25 - 33 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้เมล็ดข้าวกล้องเมื่อหุงสุกแล้วมีลักษณะร่วนและแข็งแห้ง (อรอนงค์, 2547)

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแบ่งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

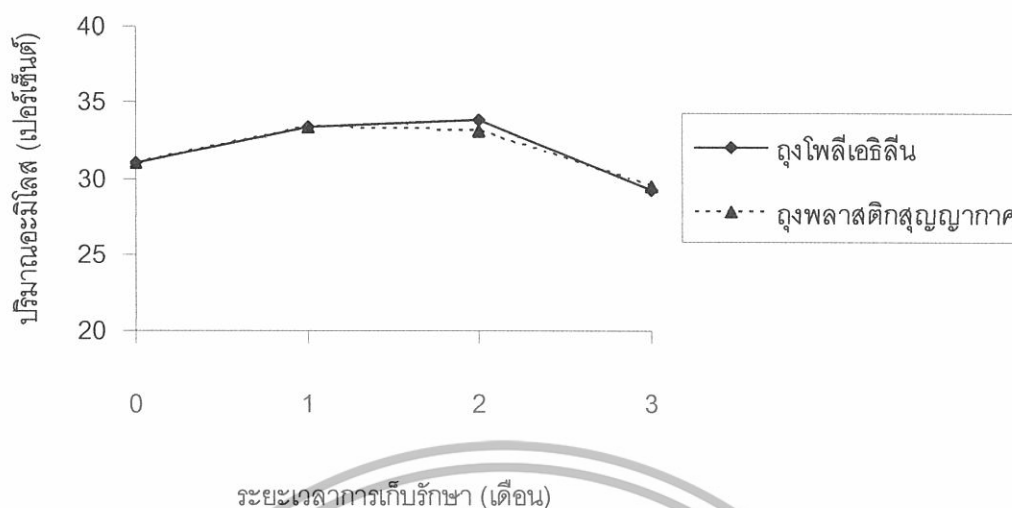
วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(เดือน)				เฉลี่ย <sup>ns</sup>
	0	1	2	3	
ถุงโพลีเอทิลีน	31.06	33.38	33.86	29.25	31.89
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	31.06	33.34	33.14	29.42	31.74
เฉลี่ย	31.06 <sup>b</sup>	33.36 <sup>a</sup>	33.50 <sup>a</sup>	29.34 <sup>c</sup>	

CV (%) = 2.41

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวและคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns (non significant) = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 แสดงปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

#### การสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าว

การสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าว เป็นการตรวจหาอุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนซ์ของข้าว (gelatinization temperature) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและระยะเวลาในการหุงต้มข้าว จากการทดลองพบว่า ไม่ว่าจะเก็บรักษาโดยภาชนะบรรจุใด ค่าการสลายตัวในต่างของข้าวก็อยู่ในระดับ 3 - 4 (ตารางที่ 10) โดยเมื่อหุงเมล็ดข้าวกล้องให้อยู่ในสภาวะละลายต่างเป็นเวลา 23 ชั่วโมงแล้ว เมล็ดข้าวกล้องจะมีลักษณะพองตัวและมีแป้งกระจายออกมาโดยรอบของเมล็ดเป็นบริเวณกว้าง เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันก็พบว่า ไม่มีผลทำให้ระดับการสลายตัวในต่างของเมล็ดข้าวกล้องเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ซึ่งค่าการสลายตัวในต่างในระดับ 3-4 แสดงให้เห็นว่า ข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 มีอุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนซ์ ในระดับปานกลาง คือประมาณ 70 - 74 °ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 10** แสดงค่าการสลายตัวในต่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	3 - 4	2 - 3	3 - 4	3 - 4	3 - 4
เฉลี่ย	3 - 4	3	3 - 4	3 - 4	

### ระยะเวลาในการหุงต้ม

จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการหุงต้มข้าวกล้องงอกที่บรรจุในภาชนะที่แตกต่างกันพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเก็บรักษาข้าวกล้องงอกไว้ในถุงโพลีเอทิลีน มีแนวโน้มที่จะใช้ระยะเวลาในการหุงสุกมากกว่าข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติกสุญญากาศเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเก็บรักษาต่อระยะเวลาในการหุงต้มข้าวกล้องงอก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวกล้องงอกก่อนการเก็บรักษาจะใช้ระยะเวลาในการหุงสุก 30 นาที แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน จะต้องใช้ระยะเวลาในการหุงต้มเพิ่มขึ้น คือ 31, 34 และ 36 นาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 11 และภาพที่ 8

ระยะเวลาการหุงต้มมีความสัมพันธ์กับค่าการสลายตัวในต่าง โดยปกติข้าวที่มีค่าระดับคะแนนการสลายตัวในต่างอยู่ที่ 3 - 4 จะมีระยะเวลาการหุงต้มประมาณ 24 นาทีขึ้นไป ซึ่งในการทดลองนี้ ข้าวกล้องงอกจะใช้เวลาในการหุงต้มมากกว่า 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย <sup>ns</sup>
ถุงโพลีเอทิลีน	30.00	31.33	34.67	36.00	33.00
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	30.00	30.67	33.66	35.33	32.42
เฉลี่ย	30.00 <sup>c</sup>	31.00 <sup>c</sup>	34.17 <sup>b</sup>	35.67 <sup>a</sup>	

CV (%) = 2.79

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวและคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns (non significant) = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 8 แสดงระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ

ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ เมื่อเปรียบเทียบตามความแตกต่างของวิธีการบรรจุ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 9) และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยค่าการดูดน้ำจะเพิ่มขึ้นจาก 285.50 เปอร์เซ็นต์ก่อนเริ่มเก็บรักษาเป็น 289 เปอร์เซ็นต์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน

เมล็ดข้าวโดยทั่วไปหากเก็บรักษาในสภาพของข้าวเปลือกจะสามารถลดการเสื่อมสภาพได้ดีกว่าเมล็ดข้าวที่เก็บรักษาไว้ในสภาพที่กะเทาะเปลือกแล้ว และเมล็ดข้าวที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่นานกว่า (ข้าวเก่า) จะมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำที่สูงกว่าข้าวที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่น้อยกว่า (ข้าวใหม่) (กุลวลีและผกาภาศ, 2549)

ตารางที่ 12 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

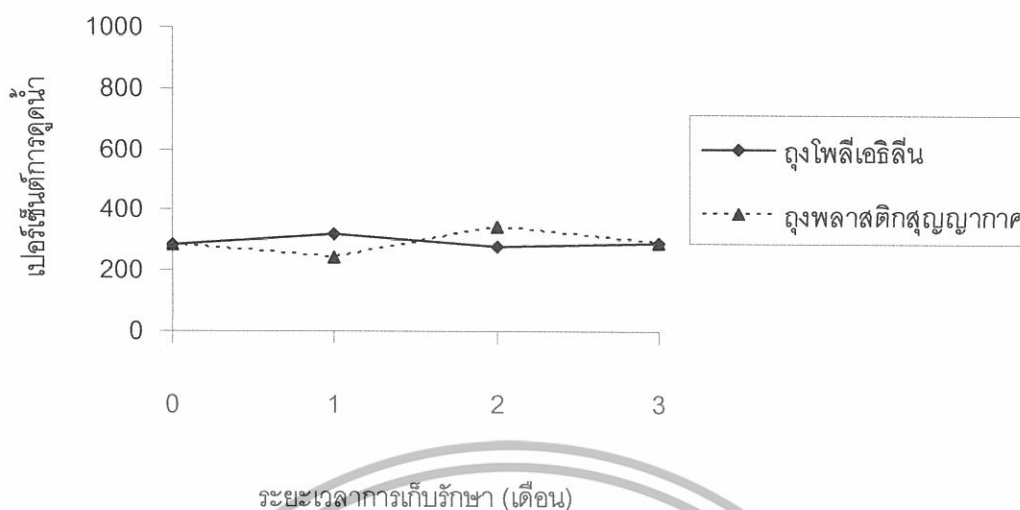
วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(เดือน)				เฉลี่ย <sup>ns</sup>
	0	1	2	3	
ถุงโพลีเอทิลีน	285.50	322.00	275.50	287.00	292.50
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	285.50	240.50	341.17	291.00	289.54
เฉลี่ย	285.50 <sup>ab</sup>	281.25 <sup>b</sup>	308.34 <sup>a</sup>	289.00 <sup>ab</sup>	

CV (%) = 7.00

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวและคอลัมน์นี้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns (non significant) = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกโพรพิลีนเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

### ปริมาณไอริซานอล

ไอริซานอล เป็นสารที่พบในส่วนของรำข้าว และจะพบมากในข้าวกล้องงอก ซึ่งมีบทบาทสำคัญหลายประการ เช่น ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือดและต้านอนุมูลอิสระ และยังพบว่ามีการใช้สารนี้กับนักกีฬาเพื่อเพิ่มกล้ามเนื้อ (นัยนาและเรวัตี, 2545) ในการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบวิธีการบรรจุ แม้จะพบว่า ข้าวกล้องงอกที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันทั้งสองชนิด จะมีปริมาณไอริซานอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม แต่ก็มีค่าโดยประมาณใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 17 ppm (ตารางที่ 13 และภาพที่ 10) เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าว พบว่ามีผลต่อปริมาณไอริซานอลของข้าวกล้องงอกอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ปริมาณไอริซานอลมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้นค่าปริมาณไอริซานอลของข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ซึ่งมีค่าสูงกว่าเดือนอื่นๆ การลดลงของปริมาณไอริซานอลนี้สอดคล้องผลการทดลองของกุลวลีและผกาภาศ (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงปริมาณไอริซานอล (ppm) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษา  
ในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(เดือน)				
	0	1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	17.63	17.29	18.47	16.71	17.52 <sup>A</sup>
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	17.63	16.56	18.30	16.50	17.25 <sup>B</sup>
เฉลี่ย	17.63 <sup>b</sup>	16.93 <sup>c</sup>	18.39 <sup>a</sup>	16.61 <sup>d</sup>	

CV (%) = 0.61

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวและคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 10 แสดงปริมาณไอริซานอล (ppm) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษา  
ในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์

จากการทดลองพบว่าความแตกต่างของวิธีการบรรจุข้าวกล้องขณะเก็บรักษา ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์ในข้าวกล้องงอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 14 และภาพที่ 11) โดยข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนมีปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์น้อยกว่าข้าวกล้องงอกที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกสุญญากาศ

เมื่อพิจารณาจากความแตกต่างของระยะเวลาในการเก็บรักษาพบว่า เมื่อเก็บรักษาข้าวกล้องงอกเป็นระยะเวลาสั้นๆ จะส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์ลดลงด้วย ดังตัวอย่างจากการทดลอง ข้าวกล้องงอกก่อนการเก็บรักษามีปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์เท่ากับ 0.0668 มิลลิกรัมกลูโคส แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน ปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์มีค่าลดลงเป็น 0.0517 และ 0.0298 มิลลิกรัมกลูโคสตามลำดับ

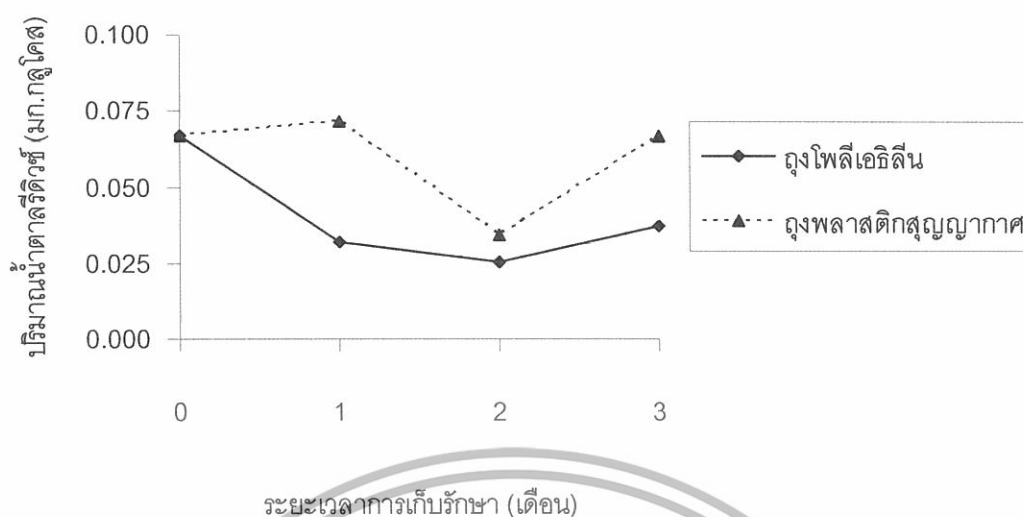
ตารางที่ 14 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาการเก็บรักษา(เดือน)				เฉลี่ย
	0	1	2	3	
ถุงโพลีเอทิลีน	0.0668 <sup>a</sup>	0.0319 <sup>b</sup>	0.0252 <sup>c</sup>	0.0375 <sup>b</sup>	0.0404 <sup>B</sup>
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0.0668	0.0715	0.0344	0.0666	0.0598 <sup>A</sup>
เฉลี่ย	0.0668 <sup>a</sup>	0.0517 <sup>b</sup>	0.0298 <sup>c</sup>	0.0521 <sup>b</sup>	

CV (%) = 8.76

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแถวและคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 แสดงปริมาณน้ำตาสีตัวร (มีผลลิกรัมกิโลกรัม) ของแ่งข้าวกล้งงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสบูญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

สภาวะการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาล้วนส่งผลต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 ทั้งสิ้น โดยการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศส่วนใหญ่ไม่ทำให้คุณภาพของข้าวกล้องงอกแตกต่างกันมากนัก แต่การเก็บรักษาข้าวกล้องงอกโดยใช้ถุงพลาสติกสุญญากาศจะสามารถรักษาความชื้นของเมล็ดข้าวได้ดีกว่า การเก็บรักษาโดยวิธีนี้จึงสามารถลดการเสื่อมสภาพของเมล็ดข้าวลงได้ ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกนั้น การเก็บรักษาข้าวกล้องงอกนานขึ้น จะทำให้ข้าวเกิดการเสื่อมสภาพ ทำให้ระยะเวลาการหุงต้มและเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไอริซานอลและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ดังนั้น ในการเก็บรักษาข้าวกล้องงอกนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติอย่างเหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพข้าวให้ตรงตามความต้องการของผู้ที่นิยมบริโภคข้าวกล้องงอกและเพื่อให้ผลผลิตมีราคาสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- กัญญา เชื้อพันธุ์ และกิตติยา กิจควรดี. 2549. การเก็บรักษาข้าว.  
[http://www.doa.go.th/rri/tech/m5\\_4.htm](http://www.doa.go.th/rri/tech/m5_4.htm). พฤศจิกายน 2549.
- กิตติยา กิจควรดี ไพฑูรย์ อุไรรงค์ นิพนธ์ มาฆทาน ศิริวรรณ ตั้งวิสุทธิจิต ยุวดา เกิดโกมุติ และวิชัย หิรัญญูปกรณ์. 2544. ผลกระทบของการลดความชื้นและระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพการสีของข้าว, หน้า 1-16. ใน เอกสารประกอบการเสวนอลงาน การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2544, กลุ่มวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, ปทุมธานี.
- กุลวลี ทรัพย์เฉลิม และ ผกามาศ อินทร์พันธ์. 2549. การศึกษาการทำข้าวกล้องงอกและผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวกล้องงอกพันธุ์ปทุมธานี 1. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. เอกสารประกอบการบรรยายฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. สถาบันวิจัยข้าว. กรุงเทพฯ. 53 หน้า.
- งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวสวย. หน้า 11-30. ใน คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. จีวีพัฒน์เอ็กเพรส. กรุงเทพฯ. 149 หน้า.
- ธิดาพร ผุยหนองไผ่ คุณาภ พรหมณะ และฐาปณี จงสืบโชค. 2548. ผลของอุณหภูมิต่อกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- นัยนา บุญทิววัฒน์ และเรวัต จงสุวัฒน์. 2545. น้ำมันรำข้าว ทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย. โอเรียนสตรี, กรุงเทพฯ.
- นิรนาม. 2549. ข้าวกล้อง.  
[http://www.silvergreenshop.com/info/rice/rice/\\_brown.html](http://www.silvergreenshop.com/info/rice/rice/_brown.html). มิถุนายน 2549.
- บุญหงษ์ จงคิด. 2547. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 184 หน้า.
- วิลาวัลย์ นามวิชัย และสุธา โฉมเกิด. 2547. อิทธิพลของอุณหภูมิแห้ง ความชื้นหลังอบ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าว. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. 2537. ศรีวิทยาเมล็ดพันธุ์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 213 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันดี กฤษณพันธ์. 2549. เกร็ดความรู้สมุนไพร. ข้าวกล้อง...อาหารอายุวัฒนะ.

<http://www.thaihealth.info/samunpai21.asp>. มิถุนายน 2549.

ไสว พงษ์เก่า. 2525. อุณหภูมิที่เหมาะสมต่ออาการออก หน้า 18 ใน พีชเศรษฐกิจ เล่ม 1. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

Bewley, J.D. and M. Black. 1985. Seeds : Physiology of Development and Germinated. Plenum Press, New York and London. 367 p. อ้างโดย วันชัย จันทน์ประเสริฐ. 2537. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 213 หน้า.

Champagne, E.T., D.F. Wood, B.O. Juliano and D.B. Bechtel. 2004. The rice grain and its gross composition. In : Champagne, E.T. (Ed.), Rice. American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, USA, pp. 77-107. 1996. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

Henry, R.J. and P.S. Kettlewell. 1996. Cereal Grain Quality. Chapman & Hall, London. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

Juliano, B.O. 1985. Critical and tests for rice grain qualities. In Rice : Chemistry and Technology 2<sup>nd</sup> ed. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.

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 Nations (FAO), Rome.

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

Kayahara, H. 2002. Elucidation of functionality of GABA and probability for novel foodstuff, Japan Food Science 41 (2002) (1), pp. 39 – 45 (in Japanese).

Kayahara, H. 2004. Surprising Live Germinated Brown Rice, (in Japanese). Shougakukan-Square Co. Tokyo.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Komatsuzaki, N., K.Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu and T. Kimura. 2005. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. <http://www.sciencedirect.com>. June 2006.
- Moritaka, S. and K. Yamamatsu. 1972. Study on Cereal. The effect of sulfhydryl group on storage deterioration of milled rice. *Eiyo To Shokuryo* 25 : 59 - 62. อ้างโดย งามชื่น คงเสรี. 2545. กระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา. หน้า 24 -25. ใน : คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. จีรวัฒน์เอ็กเพรส. กรุงเทพฯ. 149 หน้า.
- Obanni, M., C. Mitchell and D. Medcalf.1998. Healthy ingredients and food from rice Cereal foods world. 43 (9) : 696-698. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.
- Ohtsubo, I. 2004. Bio - functional components in the processed pre - germinated brown rice by a twin - screw extruder. <http://www.sciencedirect.com>. June 2006.
- Pszczola, D.E. 2001. Rice : Not just for throwing. *Food Tech.* 55 (2) . p. 53 - 59. อ้างโดย อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 หน้า.
- Suzuki, K. and T. Maekawa. 1999. Microorganisms control during processing of germinated brown rice (Vol. 9). The Society of Agricultural Structures. Japan, pp. 137-144.
- Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori. 1994. Accumulation of gamma - amino butyric acid (GABA) in rice germ during water soaking. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 58, pp. 2291 - 2292.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## คุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 35

การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 35 ก่อนการทำข้าวกล้องงอกให้ผลดังนี้

## ตารางผนวกที่ ก.1 แสดงคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 35

คุณสมบัติที่ตรวจวัด	ค่าวิเคราะห์
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	11.19
ปริมาณอะมิโดส (เปอร์เซ็นต์)	33.2736
ค่าการสลายเมล็ดในด่าง (คะแนน)	3 - 4
ระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม (นาที)	33.33
การดูดน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	286.33
ปริมาณไนโตรเจน (ppm)	18.3092
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส)	0.0221

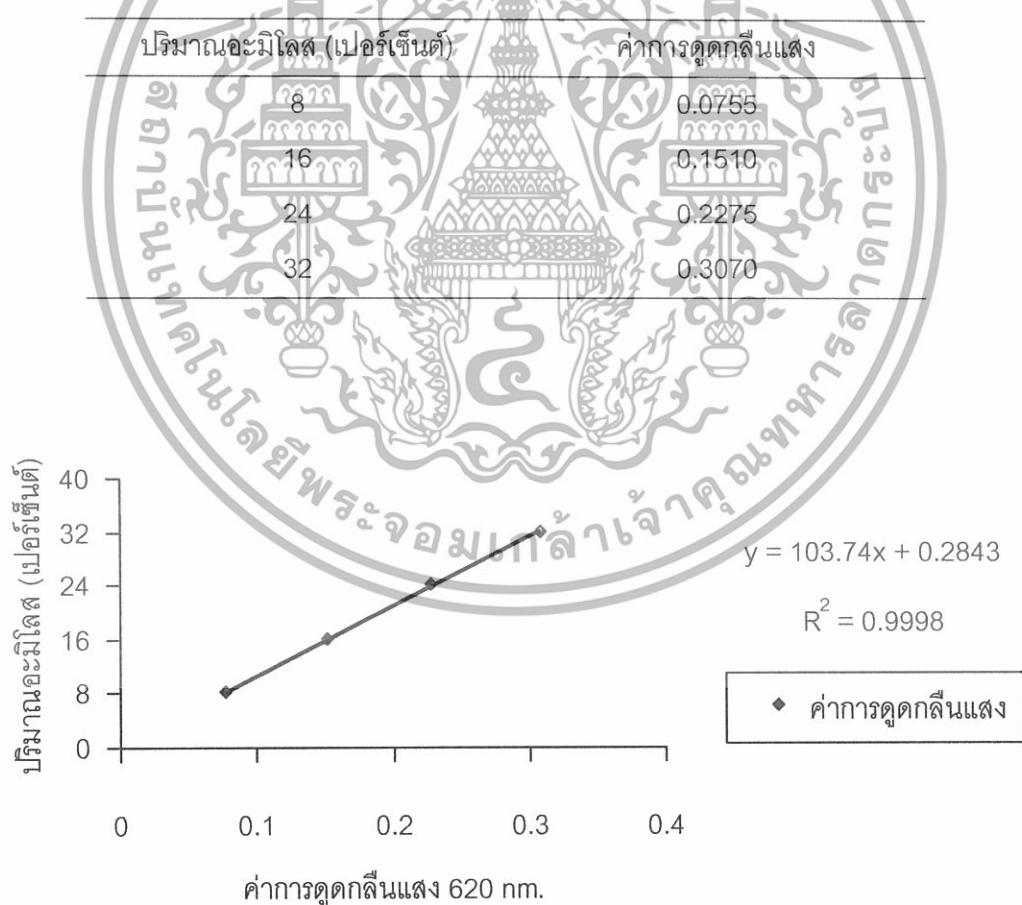
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

ซึ่งไปโตอะมิโลส 0.0400 กรัม ใส่ในขวดปริมาตร (volumetric flask) ที่แห้งสนิท เดิมเอชิลแอลกอฮอล์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N นำไปต้ม และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. เช่นเดียวกับการทำตัวอย่างแบ่ง สารละลายที่ได้คือสารละลายอะมิโลสมาตรฐาน ปิเปตแบ่งสารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 1, 2, 3 และ 4 มล. ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณอะมิโลสร้อยละ 8, 16, 24 และ 32 ใส่ในขวดแก้ว ขนาดความจุ 100 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มล. เติมกรดอะซิติก 1N ปริมาณ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มล. ลงในขวดแก้วที่มีสารละลายมาตรฐาน ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายไอโอดีน 2 มล. เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร (nm.) เขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าปริมาณอะมิโลสและค่าการดูดกลืนแสง

### ตารางผนวกที่ ข.1 แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส

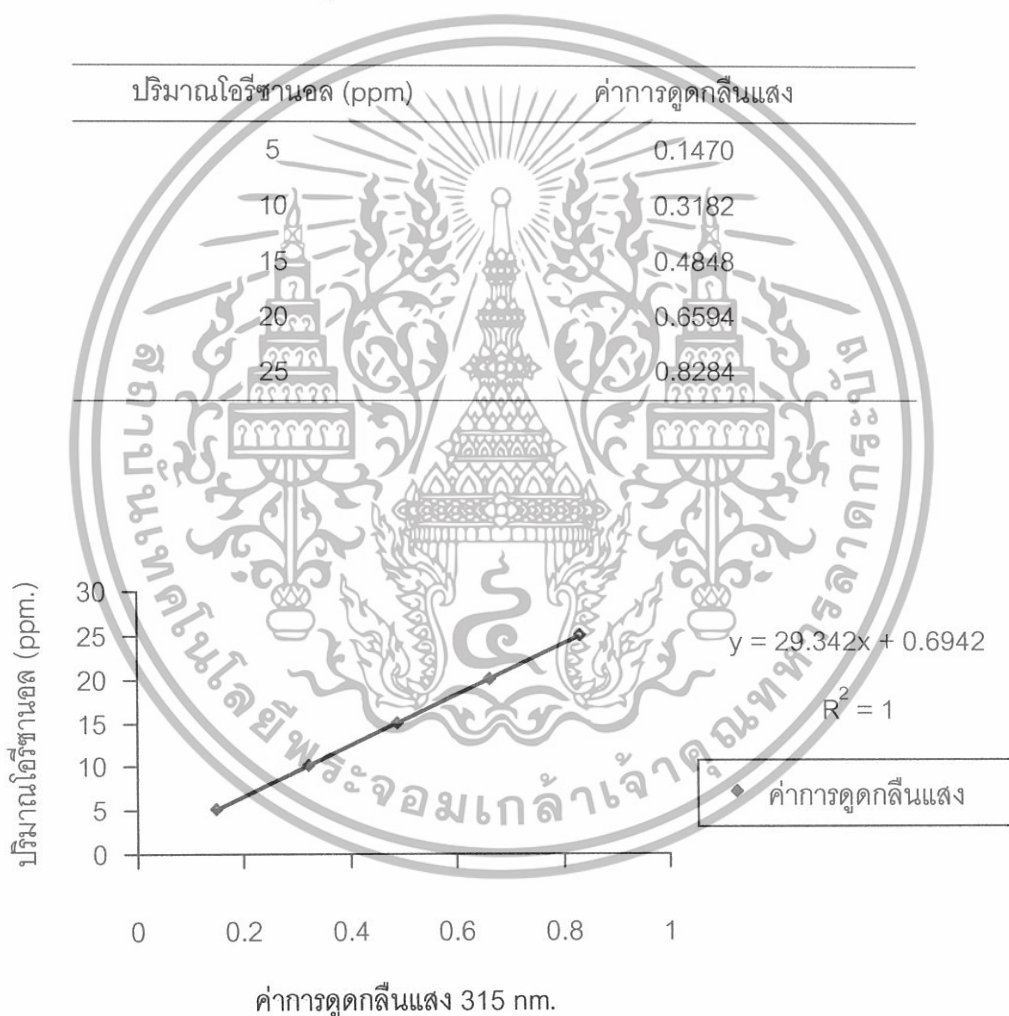


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณไอริซานอล

ชั่งแกรมนำไอริซานอล  $50 \pm 0.0001$  มก. ใส่ในขวดแก้วขนาดความจุ 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยเฮปเทน (n - heptane) ให้ครบ 100 มล. เพื่อเป็น stock solution จากนั้นเตรียมความเข้มข้นต่างๆ โดยปิเปตสารละลายเริ่มต้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 มล. ลงในขวด ปรับปริมาตรด้วยเฮปเทนให้ได้ 100 มล. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร (nm.) จากนั้นเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณไอริซานอลและค่าการดูดกลืนแสง

### ตารางผนวกที่ ข.2 แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณไอริซานอล

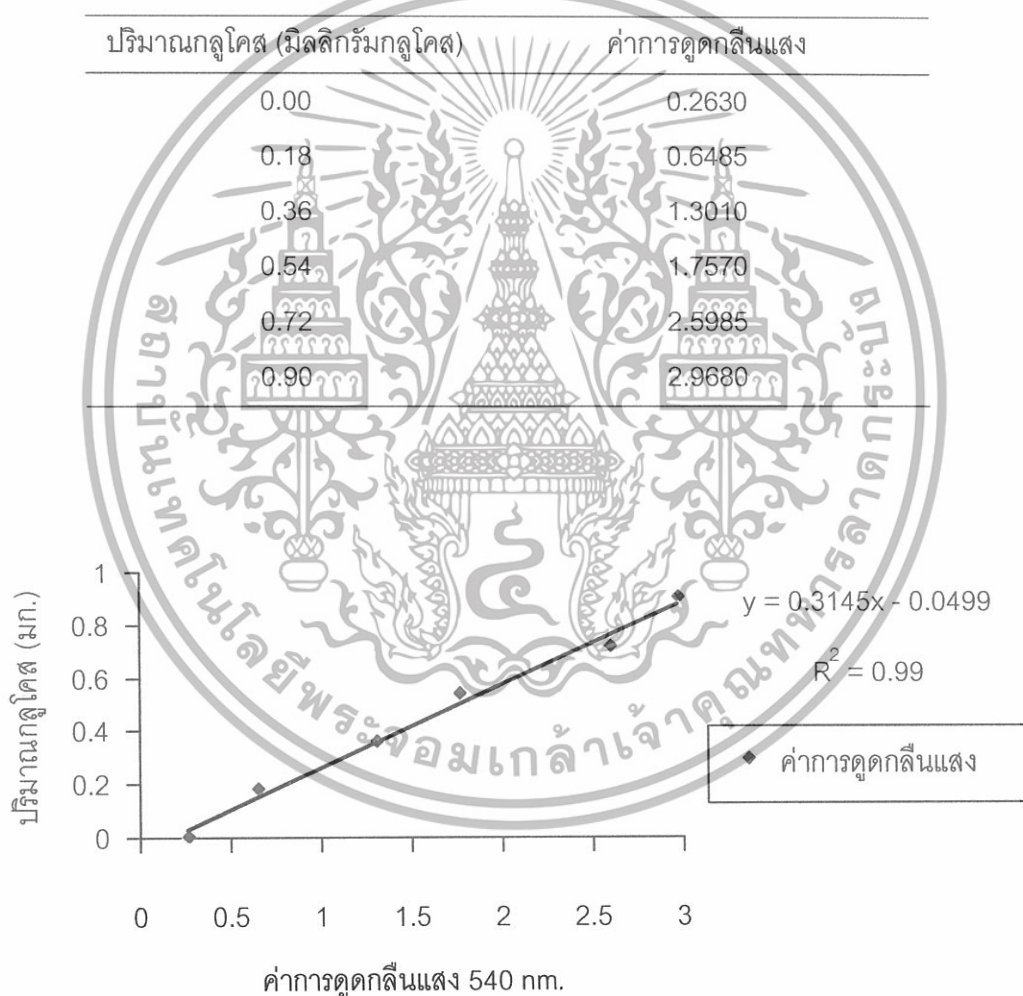


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การสร้างกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปีเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (0.5 ไมโครโมล/มิลลิกรัม) ปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมเป็น 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม DNS reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร นำหลอดทดลองแช่ในน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วนำไปแช่ในน้ำแข็งทันที เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร (nm.) โดยหลอดเปรียบเทียบกับน้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส เขียนกราฟระหว่างค่าที่อ่านได้กับปริมาณกลูโคสแต่ละหลอด

### ตารางผนวกที่ ข.3 แสดงค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

ตารางผนวกที่ ค.1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่			
		1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	0	10.58	10.37	10.40	10.45
	1	11.57	11.67	11.59	11.61
	2	12.42	12.35	12.43	12.40
	3	13.09	12.98	13.09	13.05
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0	10.58	10.37	10.40	10.45
	1	10.66	10.77	10.58	10.67
	2	11.54	11.49	11.48	11.50
	3	12.17	12.10	12.50	12.26

ตารางผนวกที่ ค.2 แสดงข้อมูลปริมาณอะมิโลส (%) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่			
		1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	0	30.16	31.20	31.82	31.06
	1	33.27	33.25	33.63	33.38
	2	34.52	32.65	34.41	33.86
	3	29.60	29.81	28.34	29.25
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0	30.16	31.20	31.82	31.06
	1	32.90	34.37	32.73	33.33
	2	33.38	33.07	32.96	33.14
	3	30.10	28.54	29.62	29.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางผนวกที่ ค.3** แสดงข้อมูลของการสลายตัวในสารละลายต่าง (คะแนน) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่			
		1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	0	3-4	3-4	3-4	3-4
	1	3-4	3-4	3-4	3-4
	2	3-4	3-4	3-4	3-4
	3	3-4	3-4	3-4	3-4
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0	3-4	3-4	3-4	3-4
	1	2-3	2-3	2-3	2-3
	2	3-4	3-4	3-4	3-4
	3	3-4	4-5	3-4	3-4

**ตารางผนวกที่ ค.4** แสดงข้อมูลระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) ของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่			
		1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	0	30	31	29	30.00
	1	33	30	31	31.33
	2	35	35	34	34.67
	3	36	35	37	36.00
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0	30	31	29	30.00
	1	31	30	31	30.67
	2	33	34	34	33.66
	3	35	36	35	35.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.5 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่			
		1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	0	254.50	309.50	292.50	285.50
	1	311.00	353.50	301.50	322.00
	2	277.00	280.00	269.50	275.50
	3	267.50	304.00	289.50	287.00
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0	254.50	309.50	292.50	285.50
	1	245.50	241.50	234.50	240.50
	2	351.50	354.50	317.50	341.17
	3	289.00	304.00	280.00	291.00

ตารางผนวกที่ ค.6 แสดงข้อมูลปริมาณไอรีซานอล (ppm) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่			
		1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	0	17.65	17.62	17.62	17.63
	1	17.34	17.04	17.50	17.29
	2	18.43	18.49	18.48	18.47
	3	16.68	16.73	16.71	16.71
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0	17.65	17.62	17.62	17.63
	1	16.54	16.55	16.59	16.56
	2	18.30	18.27	18.33	18.30
	3	16.50	16.62	16.29	16.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.7 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส) ของแป้งข้าวกล้องงอกพันธุ์ สุพรรณบุรี 35 เมื่อเก็บรักษาในถุงโพลีเอทิลีนและถุงพลาสติกสุญญากาศเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 3 เดือน

วิธีการบรรจุ	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ซ้ำที่			
		1	2	3	เฉลี่ย
ถุงโพลีเอทิลีน	0	0.0639	0.0630	0.0734	0.0668
	1	0.0325	0.0316	0.0316	0.0319
	2	0.0190	0.0334	0.0231	0.0252
	3	0.0400	0.0369	0.0356	0.0375
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0	0.0639	0.0630	0.0734	0.0668
	1	0.0680	0.0737	0.0728	0.0715
	2	0.0363	0.0372	0.0297	0.0344
	3	0.0662	0.0658	0.0677	0.0666

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

ตารางผนวกที่ ง.1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแป้งข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	72.4473	10.3496	17.67*	0.0001
A	1	0.1365	0.1365	0.23 <sup>ns</sup>	0.6358
B	3	71.6154	23.8718	40.76*	0.0001
AB	3	0.6954	0.2318	0.40 <sup>ns</sup>	0.7578
ERROR	16	9.3704	0.5857		
TOTAL	23	81.8177			

CV (%) = 2.41

\* (significant) = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>ns</sup> (non significant) = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Factor A = ชนิดของภาชนะบรรจุ Factor B = ระยะเวลาการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ ง.2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ระยะเวลาการงอก (นาที่) ของแป้งข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	129.6250	18.5179	22.22*	0.0001
A	1	2.0417	2.0417	2.45 <sup>ns</sup>	0.1371
B	3	126.7917	42.2639	50.72*	0.0001
AB	3	0.7917	0.2639	0.32 <sup>ns</sup>	0.8131
ERROR	16	13.3333	0.8333		
TOTAL	23	142.9583			

CV (%) = 2.79

\* (significant) = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>ns</sup> (non significant) = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Factor A = ชนิดของภาชนะบรรจุ Factor B = ระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ๓.3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของข้าวกล้อง  
งอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	19034.0729	2719.1533	6.55*	0.0009
A	1	52.5104	52.5104	0.13 <sup>ns</sup>	0.7267
B	3	2578.5313	859.5104	2.07 <sup>ns</sup>	0.1444
AB	3	16403.0313	5467.6771	13.17*	0.0001
ERROR	16	6640.1667	415.0104		
TOTAL	23	25674.2396			

CV (%) = 7.00

\* (significant) = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<sup>ns</sup> (non significant) = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Factor A = ชนิดของภาชนะบรรจุ    Factor B = ระยะเวลาการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ ๓.4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ปริมาณไอรีซานอล (ppm) ของ  
แป้งข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	11.5302	1.6472	144.28*	0.0001
A	1	0.2700	0.2700	23.65*	0.0002
B	3	10.6059	3.5353	309.66*	0.0001
AB	3	0.6544	0.21581	19.11*	0.0001
ERROR	15	0.1713	0.0114		
TOTAL	22	11.7015			

CV (%) = 0.61

\* (significant) = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Factor A = ชนิดของภาชนะบรรจุ    Factor B = ระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ๕.5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม - กลูโคส) ของแป้งข้าวกล้องงอกเมื่อเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาที่แตกต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F(0.05)
Treatment	7	0.0079	0.0011	58.84*	0.0001
A	1	0.0023	0.0023	118.22*	0.0001
B	3	0.0042	0.0014	72.40*	0.0001
AB	3	0.0015	0.0005	25.49*	0.0001
ERROR	16	0.0003	0.00002		
TOTAL	23	0.0082			

CV (%) = 8.76

\* (significant) = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

Factor A = ชนิดของภาชนะบรรจุ      Factor B = ระยะเวลาการเก็บรักษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล : นางสาวศิริรัตนพร หล้าบัววงศ์  
 วันเดือนปีเกิด : 26 ธันวาคม พ.ศ. 2527  
 ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน : 53 หมู่ 5 ตำบลเกาะคา อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง 52130  
 โทรศัพท์ : 08 - 6587 - 7050  
 ที่อยู่ปัจจุบัน : 53 หมู่ 5 ตำบลเกาะคา อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง 52130  
 โทรศัพท์ : 054 - 327303  
 การศึกษา : พ.ศ. 2534 - 2539 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอรุโณทัย

จังหวัดลำปาง

พ.ศ. 2540 - 2542 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบุญวาทย์

วิทยาลัย จังหวัดลำปาง

พ.ศ. 2543 - 2545 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบุญวาทย์

วิทยาลัย จังหวัดลำปาง

พ.ศ. 2546 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชไร่)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล : นางสาวสุวิมล คำปน  
 วันเดือนปีเกิด : 13 ตุลาคม พ.ศ. 2527  
 ที่อยู่ในสำเนาทะเบียนบ้าน : 44 หมู่ 2 ตำบลนาแสง อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง 52130  
 โทรศัพท์ : 08 - 6702 - 6587  
 ที่อยู่ปัจจุบัน : 44 หมู่ 2 ตำบลนาแสง อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง 52130  
 โทรศัพท์ : 054 - 362527  
 การศึกษา : พ.ศ. 2534 - 2539 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนมัธยมวิทยา

จังหวัดลำปาง

พ.ศ. 2540 - 2542 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบุญวาทย์

วิทยาลัย จังหวัดลำปาง

พ.ศ. 2543 - 2545 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบุญวาทย์

วิทยาลัย จังหวัดลำปาง

พ.ศ. 2546 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชไร่)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี  
 พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้