20342

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียว

(Gamma-Irradiation on Hardness and Stickiness of High Amylose Rice and Waxy Rice)

T098473

โดย

นางสาวภาวินี อิ่มอ่อน รหัสนักศึกษา 44040148

นายชิตชัย แสงสุข รหัสนักศึกษา 44040184

ปพ.
ภ479ผ
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....98473
วัน,เดือน,ปี 11 Jan 2005

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของรังสีแกมมาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูง และข้าวเหนียว

(Gamma-Irradiation on Hardness and Stickiness of High Amylose Rice and Waxy Rice)

จัดทำโดย

นางสาวภาวินี อิ่มอ่อน รหัสประจำตัว 44040148
นายชิตชัย แสงสุข รหัสประจำตัว 44040184

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 28 / เม.ย. / 48 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวินี อิ่มอ่อน , ชิตชัย แสงสุข. 2548. : ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียว (Gamma-Irradiation on Hardness and Stickiness of High Amylose Rice and Waxy Rice). สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ศึกษาถึงผลของการฉายรังสีแกมมาต่อความแข็งและความเหนียว ของข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียว โดยนำข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียวบรรจุในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีน หลังจากนั้นประกบด้วยถาดโฟม 2 ถาด แล้วบรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนเคลือบด้วยโพลีโพรพีลีนและแบบบรรจุในบรรยากาศปกติในถุงโพลีโพรพีลีน นำไปฉายรังสีแกมมา 0 1 2 และ 3 กิโลเกรย์ ทดลอง 2 ซ้ำ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน ทำการทดสอบลักษณะความแข็งและความเหนียวทุกเดือน จากการทดลองพบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะทำให้ข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียวมีความแข็งเพิ่มขึ้น ความเหนียวลดลง ข้าวอะไมโลสสูงที่ผ่านการฉายรังสีจะทำให้ข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงมีค่าความแข็งลดลง ความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งต่างข้าวสุกจากข้าวเหนียวจากข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีพบว่าไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียว และพบว่าสภาวะบรรจุไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงและ ข้าวเหนียว

ภาวินี อิ่มอ่อน		๔/๑๒/๔๘
ลายมือชื่อนักศึกษา	(ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์) อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาให้ความรู้ ความเข้าใจ คำปรึกษา การนำเสนอและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งได้ตรวจแก้ไขรูปเล่มปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกคนที่ช่วยให้การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้มีความสมบูรณ์ นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณพี่ ๆ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ และบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง คือ คุณพ่อ คุณแม่ และคนในครอบครัวของผู้จัดทำ ซึ่งเป็นทั้งกำลังใจ และให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอดด้วยความเต็มใจ ขอขอบคุณ ณ โอกาสนี้

นางสาวภาวินี อิ่มอ่อน
นายชิตชัย แสงสุข
6 มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 คุณภาพของเมล็ดข้าว	2
2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ	2
2.1.1.1 น้ำหนักเมล็ด	2
2.1.1.2 สีของข้าวกล้อง	2
2.1.1.3 ขนาดและรูปร่าง	2
2.1.1.4 ข้าวท้องไข่	4
2.1.1.5 ความเลื่อมมันของเมล็ด	4
2.1.1.6 ความขาวของข้าวสาร	4
2.1.1.7 ความใสของเมล็ด	4
2.1.1.8 คุณภาพการสี	4
2.1.2 คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี	5
2.1.2.1 ปริมาณอะไมโลส	5
2.1.2.2 ไขมัน	6
2.1.2.3 โปรตีน	7
2.1.2.4 ปริมาณความชื้น	8
2.1.2.5 กลิ่นสารระเหยของข้าว	8
2.1.2.6 องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ในข้าว	9
2.1.2.7 ความคงตัวของเจล (Gel consistency)	9
2.1.2.8 อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่น (Gelatinization temperature)	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเนื่องจากการเก็บ 11
2.4 คุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน (Cooking and eating quality) 11
2.4.1 เวลาต้มสุก (Cooking time) 11
2.4.2 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongstion ratio) 14
2.4.3 การดูดซึมน้ำของข้าว (Water uptake) 14
2.5 คุณสมบัติในการรับประทาน 14
2.5.1 เนื้อสัมผัส (Texture) 14
2.6 การฉายรังสี 15
2.6.1 ชนิดและคุณสมบัติของรังสี 15
2.6.2 เครื่องมือการอาบรังสีอาหาร 15
2.6.3 แหล่งของรังสี 15
2.6.4 กระบวนการฉายรังสี 16
2.6.5 วัตถุประสงค์ของการฉายรังสีอาหาร 16
2.6.6 ประโยชน์ของการฉายรังสีอาหาร 16
2.6.7 ข้อจำกัดของการใช้รังสี 17
3. วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 18
3.1 วัตถุดิบ 18
3.2 อุปกรณ์ 18
3.3 วิธีการทดลอง 18
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 19
4.1 การศึกษาความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลส์สูงฉายรังสี 19
4.2 การศึกษาความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียวฉายรังสี 23
5. สรุปผลการทดลอง 27
ภาคผนวก 28
เอกสารอ้างอิง 29
ประวัติผู้เขียน 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณภาพข้าวหุงสุก แบ่งตามปริมาณอะไมโลส	6
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวขัดขาว	9
ตารางที่ 2.3 การแบ่งประเภทข้าวตามค่าความคงตัวของแป้งสุก	10
ตารางที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ (^{0}C) และค่าการสลายเมล็ดในด่าง	11
ตารางที่ 2.5 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพการหุงต้ม และการรับประทาน	13
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูงฉายรังสีในระดับต่างกันและมีอายุการเก็บรักษาต่างกัน	19
ตารางที่ 4.2 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูง	20
ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณรังสีแกมมาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูง	21
ตารางที่ 4.4 ผลของสภาวะบรรจุต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูง	22
ตารางที่ 4.5 ผลของการวิเคราะห์ความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีในระดับที่ต่างกันและมีอายุการเก็บรักษาต่างกัน	23
ตารางที่ 4.6 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียว	24
ตารางที่ 4.7 ผลของรังสีแกมมาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียว	25
ตารางที่ 4.8 ผลของสภาวะบรรจุความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียว	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 สี ขนาดและรูปร่างของข้าวเปลือก 3 สายพันธุ์	3
รูปที่ 2.2 โครงสร้างแอลฟาอะไมโลส	5
รูปที่ 2.3 โครงสร้างอะไมโลเปกติน	5
รูปที่ 2.4 พันธะไดซัลไฟด์ระหว่างสายพอลิเพปไทด์ (A) และภายในสายพอลิเพปไทด์ (B) ของโมเลกุลโปรตีน	7
รูปที่ 2.5 สูตรทางเคมีของ 2-acetyl-1-pyrroline	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 สี ขนาดและรูปร่างของข้าวเปลือก 3 สายพันธุ์	3
รูปที่ 2.2 โครงสร้างแอลฟาอะไมโลส	5
รูปที่ 2.3 โครงสร้างอะไมโลเปกติน	5
รูปที่ 2.4 พันธะไดซัลไฟด์ระหว่างสายพอลิเพปไทด์ (A) และภายในสายพอลิเพปไทด์ (B) ของโมเลกุลโปรตีน	7
รูปที่ 2.5 สูตรทางเคมีของ 2-acetyl-1-pyrroline	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันทราบกันดีว่าประชากรทั่วโลกมากกว่าครึ่งบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวที่ประชากรไทยนิยมบริโภคและส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่งส่วนใหญ่เป็นข้าวขัดขาว โดยส่งออกมากที่สุดถึง 63.34% จากมูลค่าส่งออกข้าวชนิดต่าง ๆ รองลงมาเป็นข้าวนึ่ง 14.30% ข้าวหอมมะลิ 10.79% ปลายข้าว 9.00% ข้าวเหนียว 1.61% ข้าวกล้อง 0.94% และข้าวอื่นๆ 0.03% ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545) ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถส่งออกและทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมาก โดยส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก

ในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง ข้าวมักมีความแข็งเพิ่มขึ้น ข้าวอาจเกิดโรคหรือมีมอดมากกว่าปกติ และต้องใช้เวลาในการหุงต้มนานขึ้น การทดลองนี้จึงต้องการศึกษาผลของการฉายรังสีให้กับเมล็ดข้าวต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของข้าว ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวและปริมาณอะไมโลส

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของปริมาณรังสีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและปริมาณอะไมโลสของข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 คุณภาพของเมล็ดข้าว

2.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือชั่ง ตวง วัดได้ เช่น สีของข้าว ขนาด รูปร่างของเมล็ด น้ำหนักของเมล็ด และคุณภาพการขัดสี

2.1.1.1 น้ำหนักเมล็ด กำหนดได้ 2 แบบ คือ แบบน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง การชั่งน้ำหนักข้าวด้วยปริมาตรที่คงที่ เช่น กรัม/ลิตร หรือ กิโลกรัม/ถัง และแบบน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด หมายถึง การชั่งน้ำหนักข้าวด้วยจำนวนเมล็ดที่คงที่ เช่น กรัม/100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดถือเป็นลักษณะหนึ่งในการจำแนกพันธุ์ข้าว เพราะควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรม เป็นลักษณะที่คงที่มากที่สุด อาจแปรปรวนได้บ้างจากสภาพแวดล้อม เช่น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย หรือสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

2.1.1.2 สีของข้าวกล้อง เป็นลักษณะประจำพันธุ์โดยการสร้างสารสีประเภทแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งอยู่ในส่วนเยื่อหุ้มผล (pericarp) ทำให้มีสีต่างกัน เช่น ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทาและม่วงถึงม่วงเกือบดำ ข้าวกล้องสีน้ำตาลแดงถึงสีม่วงจนเกือบดำถือเป็นข้าวกล้องที่มีคุณภาพเฉพาะ หากมีปนในข้าวจะทำให้คุณภาพด้อยลง ข้าวบางพันธุ์เป็นพันธุ์เฉพาะที่ผู้บริโภคนิยม มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวกล้องสีปกติ โดยเฉพาะข้าวกล้องสีเข้ม เพราะให้คุณค่าทางอาหารมากกว่าข้าวขัดขาว

2.1.1.3 ขนาดและรูปร่าง เป็นลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าว โดยวัดขนาดความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และวัดความหนาของเมล็ด (เครือวัลย์, 2536) ได้ดังนี้

ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะทางจากปลายยอดสุดของเมล็ดถึงโคนเมล็ด

ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ถึงเปลือกเล็ก

ความหนาของเมล็ด หมายถึง ระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

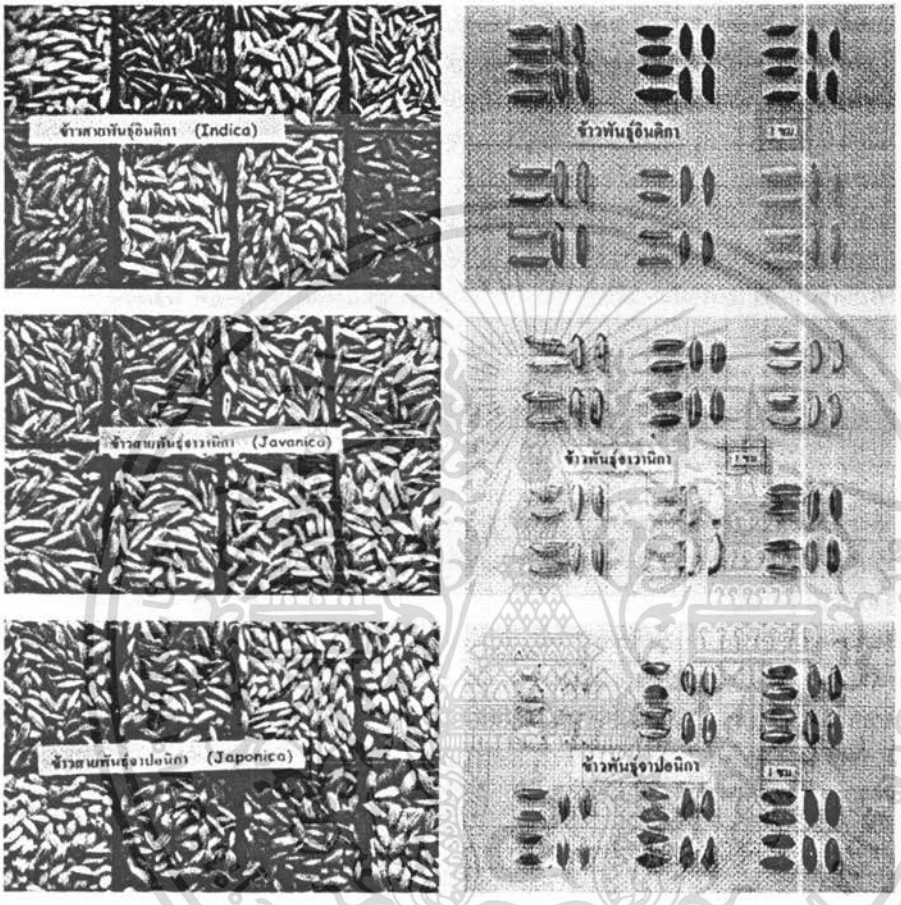
ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเป็นลักษณะที่มีความสำคัญในด้านคุณภาพเมล็ด เป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้จำแนกพันธุ์ข้าวเป็น 3 กลุ่ม ดังรูป 2.1 คือ

1. กลุ่มอินดิกา มีรูปร่างเมล็ดเรียว นิยมปลูกในเขตร้อนของทวีปเอเชีย เช่น ไทย พม่า และปากีสถาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลุ่มจาวานิกา มีรูปร่างเมล็ดปานกลาง เป็นข้าวที่มีแหล่งกำเนิดจากประเทศมาเลเซียและที่เป็นหมู่เกาะ เช่น อินโดนีเซีย เป็นต้น จะมีความกว้างและหนากว่ากลุ่มพันธุ์อินดิกา

3. กลุ่มจาปอนิกา มีรูปร่างเมล็ดป้อม ปลูกกันมากในประเทศเขตอบอุ่น เช่น ไต้หวัน เกาหลี และญี่ปุ่น เป็นต้น (รูปที่ 2.1) (เครือวัลย์, 2536)



รูปที่ 2.1 สี ขนาดและรูปร่างของข้าวเปลือก 3 สายพันธุ์
ที่มา : เครือวัลย์ (2536)

USDA กำหนดเกณฑ์ของขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าวกล้อง ดังนี้ (อังคณาและเครือวัลย์, 2539)

ขนาดเมล็ด	ความยาว (มิลลิเมตร)
ยาวมาก	มากกว่า 7.50
ยาว	7.06-7.50
ค่อนข้างยาว	6.61-7.059
ปานกลาง	6.101-6.609
ค่อนข้างสั้น	5.51-6.10
สั้น	น้อยกว่า 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 ข้าวท้องไข่ (chalky grain) หมายถึง จุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในเนื้อของเมล็ดข้าวสาร มี 3 ลักษณะคือ จุดขาวขุ่นตรงกลางของเนื้อเมล็ดข้าวสาร (white center) จุดขาวขุ่นด้านข้างหรือด้านท้องของเมล็ด ซึ่งเป็นด้านเดียวกับดัพภะ (white belly) และจุดขาวขุ่นด้านหลังของเมล็ดข้าวสาร ซึ่งเป็นด้านตรงข้ามกับดัพภะ (white back) ข้าวท้องไข่จัดเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกคุณภาพและราคาข้าวเปลือก เนื่องจากเมล็ดข้าวที่เป็นข้าวท้องไข่มาก เมื่อนำไปสีทำให้เมล็ดหัก จึงมีผลต่อคุณภาพการสีโดยตรง นอกจากนั้นสามารถบอกถึงคุณภาพในด้านลักษณะปรากฏแก่ผู้บริโภค ซึ่งแก่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการเมล็ดข้าวสารเจ้าที่ใสมากกว่าที่มีจุดขาวภายในเนื้อเมล็ด ในมาตรฐานข้าวไทยมีการกำหนดปริมาณข้าวท้องไข่ เช่น ข้าว 100% ต้องมีข้าวท้องไข่ไม่เกิน 0.5% ข้าวท้องไข่นี้นอกจากเป็นลักษณะที่ควบคุมโดยพันธุกรรมแล้วยังมีผลกระทบจากสภาพแวดล้อม เช่น แหล่งเพาะปลูก ฤดูกาล การใส่ปุ๋ย เป็นต้น

ลักษณะท้องไข่นี้จะเห็นได้ในข้าวเจ้าหรือข้าวที่มีอะไมโลสสูงเป็นองค์ประกอบของสตาร์ชในข้าว สำหรับข้าวเหนียวซึ่งมีอะไมโลเพกตินเกือบทั้งหมดในองค์ประกอบของสตาร์ช จะให้ลักษณะเมล็ดข้าวขาวขุ่นทั้งเมล็ดอยู่แล้วจึงไม่เห็นลักษณะท้องไข่

2.1.1.5 ความเลื่อมมันของเมล็ด เป็นปัจจัยที่ใช้ประเมินคุณภาพและราคาข้าว เนื่องจากข้าวกล้องที่มีความเลื่อมมันดี เมื่อนำไปสีจะทำให้ข้าวไม่หัก ได้ข้าวเต็มเมล็ดมาก ข้าวหักน้อย ลักษณะความเลื่อมมันของเมล็ดเป็นผลจากการปฏิบัติดูแลรักษาข้าวขณะปลูกเป็นอย่างดี (เครือวัลย์ , 2536)

2.1.1.6 ความขาวของข้าวสาร เมื่อนำข้าวกล้องไปขัดขาวจนได้ข้าวสารซึ่งมีสีขาวเสมอ แต่อาจมีความขาวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับการสี ถ้าขัดเบา ๆ จะมีสีคล้ำกว่าเมื่อขัดหนัก ๆ เพราะยังมีส่วนของรำติดอยู่ที่ผิวของเมล็ดข้าว สำหรับข้าวเปลือกที่เก็บไว้นาน ถ้านำไปสีจะได้ข้าวสารสีคล้ำกว่าข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ ดังนั้นความขาวของข้าวสารจึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของข้าว (เครือวัลย์, 2536) เป็นต้น

2.1.1.7 ความใสของเมล็ด เป็นลักษณะความโปร่งแสง โดยแสงส่องผ่านได้ทั้งเมล็ดข้าว ต่างจากข้าวท้องไข่ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะจุด ในข้าวเจ้าด้วยกันหรือแม้แต่พันธุ์เดียวกันจะมีความใสหรือขุ่นต่างกันได้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่ปลูกในขณะที่ข้าวเหนียวทั่วไปจะมีความทึบแสง (เครือวัลย์, 2536)

2.1.1.8 คุณภาพการสี เนื่องจากผู้บริโภคนิยมข้าวสารที่มีข้าวหักน้อยมาก ดังนั้นนอกจากจะพิจารณาจากคุณลักษณะของข้าวเปลือกแล้ว ยังต้องคำนึงถึงปริมาณข้าว ต้นข้าว (มีความยาวมากกว่า 8/10 ของความยาวเมล็ด) และข้าวหักที่ได้จากการสีข้าวนั้น ในการสีจะได้แกลบ 20-25 % รำประมาณ 10 % ส่วนที่เหลือ คือข้าวสาร ในส่วนของข้าวสารนี้ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหัก ข้าวคุณภาพดีควรสีได้ข้าวสารมากโดยมีข้าวหักน้อย ปัจจัยที่ทำให้ข้าวหักในระหว่างการสี ได้แก่ พันธุ์ข้าวหรือลักษณะประจำพันธุ์ การปฏิบัติการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวและกระบวนการสีข้าว

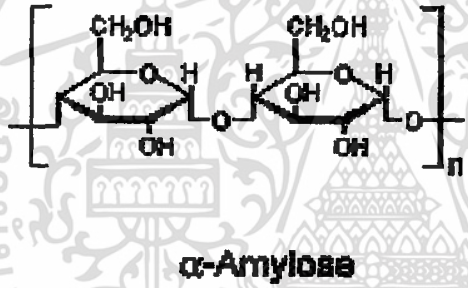
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี

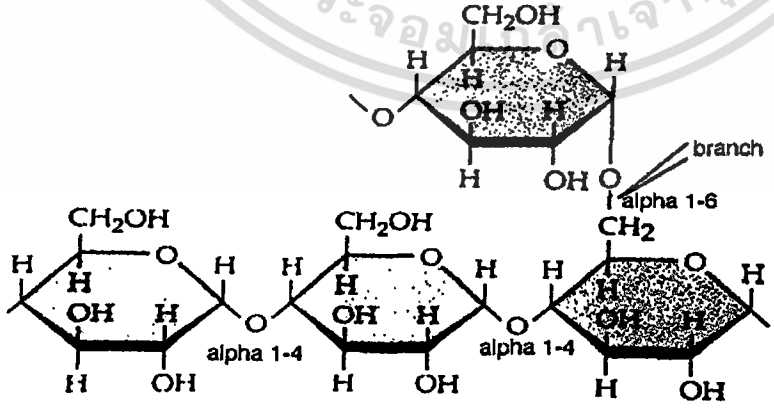
คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี หมายถึง คุณสมบัติและส่วนประกอบต่าง ๆ ของเมล็ดที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้ม โดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้น นุ่ม เหนียว หรือร่วนขึ้นหม้อ และมีผลต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งคุณภาพของเมล็ดทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอะไมโลส โปรตีน ไขมัน ความชื้น และกลิ่นหอม เป็นต้น

2.1.2.1 ปริมาณอะไมโลส

เม็ดสตาร์ชในเมล็ดข้าวประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน โดยอะไมโลสมีหน่วยของน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α-1,4 glycosidic ในขณะที่อะไมโลเพคตินมีน้ำตาลกลูโคสมาต่อกันเป็นโซ่แขนงด้วยพันธะ α-1,4 และ α-1,6 glycosidic จึงทำให้อะไมโล-เพคตินมีโครงสร้างของโมเลกุลที่แยกออกเป็นกิ่ง



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลส
ที่มา : อรอนงค์ (2547)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลอะไมโลเพคติน
ที่มา: อรอนงค์ (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกันในระหว่างการหุงต้ม ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในการหุงต้มได้ดีกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ เมื่อต้มให้สุกแล้ว จะเกิดรีโทรกราเดชั่นทำให้ข้าวสุกมีลักษณะร่วนและแข็งกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ เป็นผลให้ข้าวสุกขยายตัวตามปริมาตรได้มากหรือหุงขึ้นหม้อ ข้าวไม่เหนียวติดกัน ทำให้ข้าวฟู มีช่องอากาศและขยายปริมาตรมากดังนั้นสัดส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคตินจึงมีผลต่อคุณภาพการหุงต้ม

ตารางที่ 2.1 คุณภาพข้าวหุงสุก แบ่งตามปริมาณอะไมโลส

ปริมาณอะไมโลส (% น้ำหนักแห้ง)		ชนิดข้าว	ข้าวสุก
Juliano (1993)	งามชื่น (2539)		
0.5	0-3	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
5.1-12.0	4-11	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำมาก	เหนียว
12.1-20.0	12-19	ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ	นุ่ม – เหนียว/หุงแฉะง่าย
20.1-25.0	20-25	ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลาง	ค่อนข้างนุ่ม – ร่วน
> 25	26-34	ข้าวเจ้าอะไมโลสสูง	ร่วน แข็ง/หุงขึ้นหม้อ

ที่มา: อรอนงค์ (2547)

จากการศึกษาการฉายรังสีของข้าวกล้อง Sabularse และคณะ (1992) ได้ทดลองกับข้าว 3 พันธุ์ คือ Mar Lemont และ Tabonnet พบว่าพันธุ์ Mar และ Lemont นั้นปริมาณอะไมโลสไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนพันธุ์ Tabonnet นั้นพบว่ามีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นเมื่อมีการฉายรังสีในปริมาณเพิ่มขึ้น และมีส่วนสัมพันธ์กันกับปริมาณของอะไมโลเพคตินที่ลดลง

Wu และคณะ (2002) ได้ทำการฉายรังสีปริมาณ 0.1-1.0 กิโลเกรย์กับแป้งจากข้าวพันธุ์ต่าง ๆ คือ indica rice japonica rice และ hybrid rice พบว่าเมื่อปริมาณรังสีที่ใช้สูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสของแป้งข้าวทุกชนิดลดลง

2.1.2.2 ไขมัน

ไขมันในข้าวกล้องนั้นพบลักษณะเป็นหยดกลมแทรกอยู่ในชั้นแอลิวโรน และอยู่ในส่วนของคัพภะ ซึ่งทั้งสองส่วนนี้ในข้าวขัดขาวจะหลุดออกไป และอีกส่วนหนึ่งอยู่ในเนื้อเมล็ด โดยอยู่ร่วมกับกลุ่มโปรตีน ในเม็ดสตาร์ชจะมีไขมันชนิดนี้จับอยู่กับสารอื่น เมื่อเก็บรักษาข้าวไว้นาน ๆ ไขมันจะเกิดการหืนขึ้นมา ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่ดีในข้าว เนื่องจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเกิดการออกซิเดชันเกิดสารประกอบคาร์บอนิลหลายชนิด เช่น acetaldehyde propanal และ acetone-2-butanone pentanal และ hexanal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

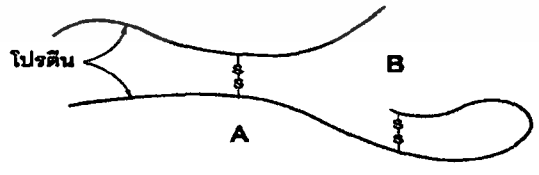
การฉายรังสีในข้าวนั้นจะมีผลต่อไขมันในข้าว โดย Vacat และ Harms-Ringdahl (1986) ได้ทดลองฉายรังสีแกมมาในข้าวเจ้า ข้าวไรน์ และข้าวสาลี พบว่าที่ปริมาณรังสี 0.1-1.0 กิโลเกรย์ซึ่งเป็นปริมาณที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงไม่ได้ทำลายไขมัน แต่เมื่อฉายรังสีที่ปริมาณ 63 กิโลเกรย์ พบว่าไขมันโดนทำลายจนถึง 40% และไขมันจะโดนทำลายมากขึ้นอีกเมื่อมีการ pretreatment และ post treatment ข้าวด้วยก๊าซออกซิเจน

2.1.2.3 โปรตีน

โปรตีนเป็นองค์ประกอบทางเคมีสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของข้าว โดยปริมาณโปรตีนมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวด้วยเช่นกัน ข้าวที่มีโปรตีนสูงจะมีเนื้อสัมผัสแข็งกว่าข้าวที่มีโปรตีนต่ำ และข้าวจะดูดซึมน้ำได้ช้ากว่าเนื่องจากโปรตีนจะอยู่รอบโมเลกุลของสตาร์ช ดังนั้นการดูดซึมน้ำจึงเป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้มีอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์สูงกว่าข้าวที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ

การที่โปรตีนมีผลต่อการเกิดเจลาติไนซ์ของเม็ดสตาร์ช เนื่องจากโปรตีนที่เชื่อมโยงกับเม็ดสตาร์ชจะทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่เสียรูปร่างง่ายและทำให้โมเลกุลของอะไมโลสไม่ซึมผ่านออกไป ซึ่งมีผลต่อลักษณะความอ่อนหรือแข็งของเจลเมื่อเย็นลง ซึ่งส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกที่มีลักษณะนุ่ม เหนียว หรือร่วน

Chrastil (1990) ได้ทำการทดลองหาอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างโปรตีนออริเซนิน (oryzenin) กับสตาร์ชของข้าวในขณะเก็บรักษา พบว่าความเหนียวของข้าวหุงสุกมีผลมาจากการเกาะเกี่ยวกันของออริเซนินกับโมเลกุลสตาร์ชทั้งในส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน โดยทดลองในลักษณะระบบจำลองจากการสกัดสตาร์ช อะไมโลส และสตาร์ชที่ปราศจากออริเซนินแล้วเติมออริเซนิน เปรียบเทียบลักษณะที่เติมและไม่เติมกับข้าวปกติที่เก็บรักษาไว้ที่ 4 และ 40 °C พบว่ามีความสัมพันธ์ของโปรตีนต่อความเหนียวของข้าว โดยในโครงสร้างของโปรตีนส่วนที่มีพันธะซัลไฟด์คู่คือ ซีสทีนที่เกาะเกี่ยวกับเม็ดสตาร์ชจะขัดขวางการดูดซับน้ำและการพองตัวของเม็ดสตาร์ช ทำให้ความหนืดต่ำ ความเหนียวเพิ่มขึ้น (ดังรูปที่ 2.4) แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานความสามารถในการเกิดพันธะระหว่างออริเซนินและสตาร์ชจะลดลงจึงทำให้ข้าวสุกมีความแข็งเพิ่มขึ้น (Ramesh และคณะ, 2000)



รูปที่ 2.4 พันธะไดซัลไฟด์ระหว่างสายโพลิเพปไทด์ (A) และภายในสายโพลิเพปไทด์ (B) ของโมเลกุลโปรตีน

ที่มา : อรอนงค์ (2547)

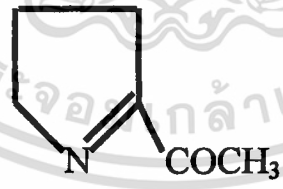
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4 ปริมาณความชื้น

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับคุณภาพเมล็ดข้าวทั้งทางตรงและทางอ้อมทั้งในข้าวเปลือกและข้าวสารคือปริมาณความชื้นของข้าว ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานสำคัญเพื่อการซื้อขายข้าว เนื่องจากปริมาณความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงน้ำหนักของเนื้อข้าวที่ผู้ซื้อและผู้เกี่ยวข้องโดยตรง ในการกำหนดราคาซื้อขาย และในทางอ้อมความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงอายุการเก็บรักษาข้าวหรือบ่งบอกถึงความปลอดภัยในการเก็บรักษาให้ข้าวมีคุณภาพดี จากการทดลองพบว่า ข้าวที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมเสียเร็วกว่าข้าวที่มีความชื้นต่ำ ระดับความชื้นทั่วไปของข้าวที่ยอมรับว่าปลอดภัยต่อการเก็บรักษาที่เหมาะสมคือ 13% ซึ่งจะเก็บรักษาได้ดีภายในเวลา 6 เดือน ถ้าข้าวมีความชื้น 12% จะทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น นอกจากนี้ความชื้นของข้าวยังมีผลต่อคุณภาพการสีของข้าวเปลือก โดยเป็นปัจจัยสำคัญตั้งแต่การเก็บเกี่ยวข้าวที่แก่ ความชื้นที่เหมาะสม (22-26%) การตากข้าวเปลือกเพื่อลดความชื้นลงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา (ความชื้นไม่สูงกว่า 14%) จนถึงเวลาการสีข้าวเปลือกที่มีความชื้นเหมาะสมก็จะทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดสูงและข้าวหักน้อย (Juliano, 1985)

2.1.2.5 กลิ่นสารระเหยของข้าว

ข้าวบางพันธุ์มีกลิ่นสารระเหยบางชนิดที่ผู้บริโภคบางกลุ่มชอบ แต่บางกลุ่มไม่ชอบ ซึ่งเป็นกลิ่นที่มีอยู่ประจำพันธุ์ เช่น พันธุ์ข้าวที่มีสาร 2-แอซีทิล-1-ไพร์รอลีน (2-acetyl-1-pyrroline) ซึ่งเป็นสารหลักของกลิ่นหอมจากข้าว (รูปที่ 2.5) โดยข้าวหอมที่อยู่ในรูปข้าวกล้องจะมีสารนี้ประมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ข้าวสารมีเพียง 0.04-0.09 ไมโครกรัม/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนกลิ่นเหม็นอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกรดอะมิโนที่มีสารซัลเฟอร์ในโมเลกุล สารประเภทไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ หรือ แอซิทอลดีไฮด์ ซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Juliano, 1985)



รูปที่ 2.5 สูตรทางเคมีของ 2-acetyl-1-pyrroline
ที่มา : อรอนงค์ (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.6 องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ในข้าว

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวขัดขาวนั้นมีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากข้าวขัดขาวนั้นได้มีการขัดเอาส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวขัดขาว

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าวขัดขาว
ความชื้น (%)	12.0
พลังงาน (kcal/100g)	363.0
โปรตีน (%)	6.7
ไขมัน (%)	0.4
เถ้า (%)	0.5
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (%)	80.4
เส้นใย (%)	0.3
แคลเซียม (มก./100 กรัม)	24.0
ฟอสฟอรัส (มก./100 กรัม)	94.0
เหล็ก (มก./100 กรัม)	0.8
โซเดียม (มก./100 กรัม)	5.0
โพตัสเซียม (มก./100 กรัม)	92.0
ไรโบฟลาวิน (มก./100 กรัม)	0.0
ไนอะซิน (มก./100 กรัม)	1.6
ไทอะมิน (มก./100 กรัม)	0.1

ที่มา : Luh (1991)

2.1.2.7 ความคงตัวของเจล (Gel consistency)

Gel consistency คือ ค่าความเหนียวของเจล โดยมีค่าเป็นระยะทางของการไหลของเจล พันธุ์ข้าวที่มีอะไมโลสสูงนั้นจะมีค่า Gel consistency ต่ำกว่าพันธุ์อะไมโลสต่ำ เพราะฉะนั้นค่า Gel consistency จึงสามารถใช้บอกความแข็งของข้าวได้

แต่ในข้าวบางพันธุ์แม้จะมีอะไมโลสใกล้เคียงกันแต่ข้าวสุกยังมีคุณภาพแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นแล้วมีความแข็งหรือความคงตัวแตกต่างกัน มีการแบ่งประเภทข้าวตามค่าความคงตัวของแป้งสุกเป็น 3 ชนิดดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การแบ่งประเภทข้าวตามค่าความคงตัวของแป้งสุก

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางแป้งไหล (มิลลิเมตร)
แป้งสุกแข็ง	26-40
แป้งสุกปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

ที่มา : งามชื่น (2539)

Wu และคณะ (2002) ได้ทำการฉายรังสีปริมาณ 0.1-1.0 กิโลเกรย์ในแป้งจากข้าวพันธุ์ต่าง ๆ คือ indica rice japonica rice และ hybrid rice พบว่าเมื่อปริมาณรังสีที่ใช้สูงขึ้นมีผลทำให้ค่า Gel consistency ในแป้งข้าวทุกชนิด สูงขึ้น

2.1.2.8 อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่น (gelatinization temperature)

เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานข้าวในลักษณะข้าวหุงสุกทั้งเมล็ด ในเมล็ดข้าวมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักถึง 85% ดังนั้นการหุงข้าวให้สุก จะมีผลทำให้สตาร์ชเกิดเจลาติไนเซชั่นและส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก เช่น ถ้าสตาร์ชยังไม่เกิดเจลาทิไนเซชั่นจะทำให้เนื้อสัมผัสข้าวแข็งไม่เหมาะต่อการบริโภค เวลาที่ใช้ทำให้สตาร์ชเกิดเจลาติไนเซชั่นจะบอกถึงเวลาในการทำให้ข้าวสุก

อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่น เป็นช่วงอุณหภูมิที่เม็ดสตาร์ชเริ่มสูญเสียไบรีฟรินเจน (birefringence) จนสูญเสียไบรีฟรินเจนอย่างสมบูรณ์ โดยเม็ดสตาร์ชจะเริ่มพองตัวในน้ำร้อน และเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งแสง อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่นมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ข้าวที่มีอุณหภูมิเจลาติไนเซชั่นสูงจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิเจลาติไนเซชั่นต่ำ (งามชื่น, 2536)

แม้ว่าระยะเวลาหุงต้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกก็ตาม แต่ความกว้างและความหนาของเมล็ดข้าวก็มีผลต่อเวลาหุงต้มด้วย ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากันแต่มีเมล็ดหนากว่าจะใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวเหนียวหรือข้าวอะไมโลสต่ำที่มีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลางหรือสูงซึ่งต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าเมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากทำให้ข้าวสุกมีลักษณะแฉะ ดังนั้นข้าวเหนียวหรือข้าวอะไมโลสต่ำควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจึงจะมีลักษณะของข้าวสุกเหนียวและไม่แฉะเกินไป ส่วนข้าวอะไมโลสปานกลางหรือสูงจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว

Wu และคณะ (2002) ได้ทำการฉายรังสีปริมาณ 0.1-1.0 กิโลเกรย์กับแป้งจากข้าวพันธุ์ต่าง ๆ คือ indica rice japonica rice และ hybrid rice พบว่าปริมาณรังสีไม่มีผลต่ออุณหภูมิเจลาติไนเซชั่นของแป้งข้าวทุกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเนื่องจากการเก็บ

ข้าวที่เก็บไว้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังนี้ (รตนชนม์, 2532)

(1) เมล็ดข้าวถูกแมลงทำลาย

(2) การเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าว โดยข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ปัจจัยที่เร่งคือความชื้นและอุณหภูมิสูง

(3) การเปลี่ยนแปลงกลิ่น เพราะไขมันในเมล็ดจะทำให้เกิดกลิ่นสาบเนื่องจากมีค่า peroxide carbonyl compound และกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น

(4) การเปลี่ยนแปลงความแข็งของข้าวสุก โดยข้าวเก่าเมื่อนำมาหุงจะมีความแข็งและความร่วนเพิ่มขึ้นและมีความเหนียวลดลง

2.4 คุณภาพการหุงต้มและการรับประทาน (Cooking and eating quality)

เนื่องจากผู้บริโภคต้องนำข้าวสารมาหุงต้มก่อนรับประทาน ดังนั้นเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก (cooked-rice texture) จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อคุณภาพในการหุงต้ม คุณภาพในการรับประทาน และคุณภาพในการแปรรูปของข้าวที่ต่างไปจากปกติ เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเส้น ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง เป็นต้น

2.4.1 เวลาต้มสุก (Cooking time)

ระยะเวลาในการหุงข้าวให้สุกนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการเกิดเจลาติไนซ์ของสตาร์ชในข้าว ถ้าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ต่ำ ข้าวจะหุงสุกได้เร็ว แต่หากอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์สูง การสุกของข้าวก็ต้องใช้เวลานาน การสุกของข้าวนั้นมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการดูดน้ำและการพองตัวของสตาร์ช ซึ่งการคาดคะเนอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์นั้นทำได้โดยทดสอบการสลายเมล็ดในด่าง (alkali test) ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ (^{0}C) และค่าการสลายเมล็ดในด่าง

อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ (^{0}C)	ค่าการสลายเมล็ดในด่าง
55-69.5	6-7
70-74	4-5
> 74	1-3

ที่มา : Juliano (1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาของ Sabularse และคณะ (1991) พบว่าข้าวพันธุ์ Mar ที่ผ่านการขัดสีนั้นใช้เวลาในการหุงต้มน้อยกว่าข้าวกล้องพันธุ์เดียวกันประมาณ 35% เนื่องจากข้าวกล้องมีชั้นของรำเคลือบอยู่ โดยส่วนของรำนั้นประกอบด้วย โปรตีน เส้นใย ไขมัน เป็นต้น ทำให้กีดขวางการซึมผ่านของน้ำสู่สตาร์ช พบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นจะทำให้เวลาที่ใช้ในการต้มสุกนานขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากในขณะเก็บรักษาอะไมโลสในสตาร์ชเกิดการเกาะเกี่ยวกับโปรตีนทำให้เกิดโครงสร้างที่มีความแข็งแรง ทำให้การพองตัวของเม็ดสตาร์ชมีน้อยลง (Barber, 1972)

สำหรับการหุงต้มข้าวเมล็ดยาว เพื่อให้ได้คุณภาพดีที่สุดตามสภาพข้าว เช่น ข้าวที่มีอะไมโลสสูง ซึ่งเป็นข้าวชนิดร่วนแข็งนิยมใส่น้ำมากกว่าข้าวอะไมโลสต่ำ ในระหว่างการหุงต้ม เมล็ดข้าวจะดูดน้ำไว้ เมื่อเมล็ดสุกแล้วแต่ยังมีน้ำเหลืออยู่ ต้องหุงต้มต่อไปอีกสักครู่จะช่วยให้เมล็ดข้าวดูดน้ำเพิ่มขึ้นและช่วยลดความแข็งกระด้างของข้าวสุกได้ ในทางตรงกันข้ามการหุงต้มข้าวอะไมโลสต่ำต้องระมัดระวังปริมาณน้ำหุงต้ม เพราะหากน้ำมากเกินไป เมล็ดข้าวสุกจะแฉะเละ

อย่างไรก็ตาม การหุงต้มข้าวครั้งละมาก ๆ อัตราการระเหยของน้ำในระหว่างการหุงต้มจะลดลง จึงต้องลดปริมาณน้ำส่วนนี้ลงเวลาหุงต้ม และควรปรับน้ำหนักของข้าวและน้ำให้เป็นปริมาตรเพื่อสะดวกในการปฏิบัติต่อไป สำหรับข้าวบางพันธุ์ของประเทศไทยสามารถจัดแบ่งคุณภาพตามลักษณะการหุงต้มและการรับประทานแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ข้าวสุกนุ่มและข้าวเหนียว ข้าวสุกร่วน (ข้าวอ่อน) และข้าวสุกร่วนแข็ง (ตารางที่ 2.5) (งามชื่น, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพการหุงต้ม และการรับประทาน

พันธุ์ข้าว	เมล็ดยาว(มม.)	อะไมโลส	อุณหภูมิแป้งสุก
		ข้าวสุกนุ่มและข้าวเหนียว	
ข้าวดอกมะลิ 105*	7.4	12-17	ต่ำ
กข 15*	7.5	14-17	ต่ำ
กข 21	7.3	17-20	ต่ำ
		ข้าวสุกร่วน(ข้าวอ่อน)	
ขาวปากหม้อ	7.7	24-26	ปานกลาง
ขาวตาแห้ง	7.5	26-28	ต่ำ-ปานกลาง
กข 7	7.5	24-28	ปานกลาง
กข 23	7.3	26-30	ปานกลาง
สุพรรณบุรี 60	7.5	19-26	ต่ำ
		ข้าวสุกร่วนแข็ง	
เหลืองใหญ่ 148	7.3	30-31	ต่ำ
น้ำสะกุย 19	7.6	30-31	ต่ำ
เหลืองประทิว 123	7.4	28-32	ต่ำ-ปานกลาง
เล็บมือนาง 111	7.6	29-32	ต่ำ-ปานกลาง
ปิ่นแก้ว 56	7.5	29-32	ต่ำ-ปานกลาง
นางพญา 132	7.4	31-32	ต่ำ-ปานกลาง
กข 11	7.6	29-32	ต่ำ
กข 15	6.9	30-33	ต่ำ-ปานกลาง
กข 25	7.4	30-33	ต่ำ
ปทุมธานี 60	7.5	27-32	ต่ำ
ชัยนาท 1	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง
สุพรรณบุรี 90	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง
สุพรรณบุรี 1	7.3	29	ปานกลาง

*มีกลิ่นหอม

ที่มา : งามชื่น (2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongstion ratio)

ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะมีการขยายตัวโดยรอบ โดยเฉพาะในด้านความยาว ในข้าวบางพันธุ์ เมล็ดสามารถยืดตัวได้มาก ทำให้เมล็ดข้าวสุกไม่ติดกัน พบว่าเมื่อเก็บข้าวไว้นานขึ้น ทั้งข้าวกล้องและข้าวสารจะมีแนวโน้มว่ามีปริมาตรมากขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ (งามชื่น, 2528)

2.4.3 การดูดซึมน้ำของข้าว (Water uptake)

การดูดซึมน้ำจะมีผลต่อการเกิดเจลาติไนซ์ในข้าว ถ้าข้าวดูดซึมน้ำได้ในปริมาณมากจะทำให้อุณหภูมิของการเกิดเจลาติไนซ์ต่ำ การศึกษาของ Sabularse และคณะ (1992) พบว่าข้าวกล้องมีการดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าข้าวขัดขาว และเมื่อนำข้าวกล้องไปฉายรังสีพบว่าการใช้รังสีปริมาณสูงจะทำให้ข้าวกล้องดูดซึมน้ำได้ดีกว่า แต่ยังสรุปไม่ได้ว่าเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคหรือไม่

2. 5 คุณสมบัติในการรับประทาน

2.5.1 เนื้อสัมผัส (Texture)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอะไมโลส ปริมาณโปรตีน และอุณหภูมิของแป้งสุก (Juliano และคณะ, 1965) โดยเนื้อสัมผัสของข้าวประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 2 ประการ คือ ความแข็ง (hardness) และความเหนียว (stickiness)

Okabe (1979) กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกดังนี้

1. พันธุ์ข้าว ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีความแข็งมากกว่าข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ
2. อายุของข้าว พบว่าข้าวใหม่ (ข้าวที่มีอายุ 2-3 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว) จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่ม และเหนียวกว่าข้าวที่เก็บไว้นาน 6 เดือน ซึ่งจะมีความร่วน และแข็งกว่า
3. อุณหภูมิในการเก็บรักษา อุณหภูมิในการเก็บจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวสุก พบว่าข้าวที่สุกที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 30-38 °C จะมีความแข็งต่ำกว่าข้าวสุกที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 5-10 °C
4. การแช่ข้าวและปริมาณน้ำในการหุง ถ้าใช้น้ำมากข้าวจะเหนียวนุ่ม แต่ถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปจะทำให้ข้าวแข็ง พบว่าข้าวเก่าต้องใช้น้ำในการหุงมากกว่าข้าวใหม่ นอกจากนี้การแช่ข้าวก่อนหุงจะทำให้ข้าวมีความเหนียวเพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การฉายรังสี

2.6.1 ชนิดและคุณสมบัติของรังสี (ไพบูลย์, 2532)

พบว่าการแผ่รังสีของธาตุยูเรเนียมสามารถที่จะทำให้เกิดการหักเหและเบี่ยงเบนออกได้บางส่วน เมื่อถูกรบกวนด้วยสนามแม่เหล็ก พลังงานรังสีที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ มีอยู่หลายรูป ซึ่งทั้งหมดนี้จัดอยู่ในรูปรังสีแม่เหล็ก โดยคลื่นความถี่ อำนาจการทะลุทะลวง และผลที่มีต่อสารชีวภาพจะแตกต่างกัน

ในปี ค.ศ. 1899 มีนักวิจัยหลายท่านได้สังเกตอนุภาคส่วนที่ไม่ถูกกระทบกระเทือนจากสนามแม่เหล็กจะสามารถผ่านทะลุเข้าไปในวัตถุหนา ๆ ได้ เรียกส่วนนี้ว่ารังสีแอลฟา ส่วนที่เกิดการหักเหจะแสดงตัวเหมือนอิเล็กตรอน จึงได้ชื่อว่ารังสีเบต้า ต่อมาในปี ค.ศ. 1903 รัทเทอร์ฟอร์ดได้แสดงให้เห็นว่า ถ้ามีสนามแม่เหล็กอย่างรุนแรง รังสีแอลฟาเองจะหักเหและจะทำตัวเหมือนประจุบวกและยังได้พบว่าบางส่วนของรังสีแอลฟามีความสามารถในการเจาะทะลุได้สูงและไม่หักเหในสนามแม่เหล็ก ซึ่งเรียกส่วนประกอบนี้ว่ารังสีแกมมา

2.6.2 เครื่องมือการฉายรังสีอาหาร (ไพบูลย์, 2532)

อุปกรณ์ฉายรังสีของอาหารนั้นจะต้องควบคุมปริมาณรังสีที่ฉาย ซึ่งสามารถทำได้โดยจะต้องรู้อัตราการให้พลังงานของสารกัมมันตรังสี การควบคุมความสัมพันธ์ทางกายภาพ เช่น ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีกับอาหารที่จะฉายรังสี และประการสุดท้ายจะต้องควบคุมเวลาที่ให้รังสี อาหารจะดูดซับรังสีไว้ในปริมาณหนึ่ง ซึ่งมีหน่วยวัดปริมาณรังสีคือ แรด ซึ่งมีค่าเท่ากับพลังงาน 100 เอิร์กถูกดูดซับไปด้วยสสารหนัก 1 กรัม และในระบบหน่วยระหว่างชาติจะแทนแรดด้วยหน่วยเกรย์ (Gray, Gy) ซึ่งหน่วยเกรย์จะมีค่าเท่ากับ 100 แรด

2.6.3 แหล่งของรังสี (ฉันทนาและคณะ, 2537)

แหล่งของรังสีที่จะใช้ฉายรังสีอาหารมี 2 ชนิด ด้วยกันคือ

(1) รังสีจากเครื่องกำเนิดรังสี

อิเล็กตรอนจากเครื่องเร่งอิเล็กตรอนสามารถเปลี่ยนเป็นรังสีและใช้ฉายอาหารได้ การใช้วิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีข้อจำกัดว่ารังสีที่เกิดจากเครื่องเร่งอิเล็กตรอนจะสามารถทะลุทะลวงอาหารได้สูงสุดเพียง 8 เซนติเมตรเท่านั้น ดังนั้นถ้าอาหารมีความหนามากกว่านี้จะไม่สามารถใช้รังสีอิเล็กตรอนได้

เครื่องกำเนิดรังสีอีกชนิดหนึ่งคือ เครื่องผลิตรังสีเอ็กซ์ รังสีเอกซ์เป็นพลังงานในรูปของคลื่นคล้ายกับแสง รังสีเอ็กซ์มีอำนาจทะลุทะลวงได้มากกว่ารังสีที่ได้จากเครื่องเร่งอิเล็กตรอน แต่พบว่าการเปลี่ยนไฟฟ้ามาเป็นรังสีเอ็กซ์ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและยังไม่เหมาะสมในการฉายรังสีอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) รังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น

โดยใช้สารที่ให้รังสี ได้แก่ โคบอลต์-60 (Co^{60}) ซึ่งเตรียมได้จากโคบอลต์-59 (Co^{59}) ที่มีอยู่มากมายในธรรมชาติ สารดังกล่าวจะให้รังสีแกมมาซึ่งสามารถใช้ในการฉายรังสีอาหารได้ นอกจากนี้สารที่ให้รังสีอีกตัวคือ ซีเซียม-137 (Cs^{137}) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานพลังงานปฏิกรณ์ปรมาณูแต่ยังไม่เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย การใช้รังสีที่มนุษย์สร้างขึ้นมีราคาที่พิจารณาแล้วว่าน่าจะนำมาใช้ในการฉายรังสีอาหารได้และรังสีที่ได้มีอำนาจทะลุทะลวงสูงด้วย

2.6.4 กระบวนการฉายรังสี (ฉันทนาและคณะ, 2537)

ในโรงงานฉายรังสีอาหาร เครื่องกำเนิดรังสีและแหล่งกำเนิดรังสีจะต้องติดตั้งอย่างถูกต้องเหมาะสม มีระบบควบคุมป้องกันอย่างปลอดภัยมิให้ผู้ปฏิบัติได้รับรังสีได้ การแผ่รังสีเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง ไม่สามารถปิดเปิดได้เหมือนไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อไม่ต้องการใช้ต้นกำเนิดรังสีจะถูกเก็บไว้ในที่เหมาะสม โดยปกติจะเก็บไว้ในบ่อน้ำ

ลักษณะการทำงานของโรงงานฉายรังสีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป คือ จะนำผลิตภัณฑ์ซึ่งบรรจุเรียบร้อยแล้วลำเลียงเข้าสู่ห้องฉายรังสี ต้นกำเนิดรังสีจะถูกนำขึ้นมาจากบ่อน้ำ จากนั้นผลิตภัณฑ์จะถูกหมุนไปโดยรอบต้นกำเนิดรังสี เพื่อให้ได้รับรังสีอย่างทั่วถึง ปริมาณรังสีที่ได้รับจะขึ้นกับความแรงของต้นกำเนิดรังสี เวลาฉายรังสีและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์

2.6.5 วัตถุประสงค์ของการฉายรังสีอาหาร (ฉันทนาและคณะ, 2537)

การฉายรังสีในปริมาณต่าง ๆ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

(1) Low dose application (1 KGy) เพื่อวัตถุประสงค์ในการยับยั้งการงอก ยับยั้งการแพร่พันธุ์ของแมลง หรือชะลอการสุกของผลไม้

(2) Medium dose application (1-10 KGy) เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ หรือทำลายจุลินทรีย์ชนิดเป็นพิษในอาหาร

(3) High dose application (10-50 KGy) เพื่อวัตถุประสงค์ให้เกิดสภาพปลอดเชื้อทางการค้า หรือทำลายไวรัส

2.6.6 ประโยชน์ของการฉายรังสีอาหาร (ฉันทนาและคณะ, 2537)

(1) ลดการสูญเสียของอาหาร สามารถรักษาระดับราคาไม่ให้แตกต่างกันมากนักทั้งในและนอกฤดูการผลิต

(2) เสริมสร้างหลักประกันด้านความสะอาดปลอดภัยจากเชื้อโรค พยาธิ และสารเคมี ทำให้สุขภาพอนามัยของประชาชนดีขึ้น เป็นผลดีทางด้านสาธารณสุขมูลฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ยืดอายุการเก็บรักษาและการวางตลาดทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เช่น ใช้ทางเรือหรือรถยนต์แทนทางเครื่องบินและค่าใช้จ่ายจากการที่อาหารต้องเน่าเสียไปก่อนเวลาอันควร

(4) ประหยัดพลังงาน การฉายรังสีที่ 10 KGy เทียบได้เท่ากับพลังงานความร้อนที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเพียง 2.4 °C เท่านั้น

(5) ไม่ทำให้คุณลักษณะภายนอกเปลี่ยนแปลง ก่อนฉายรังสีเป็นอย่างไรหลังฉายรังสีก็เป็นอย่างนั้นสดเหมือนเดิม

(6) ขยายตลาดการค้า สามารถส่งไปจำหน่ายในท้องถิ่นที่ห่างไกลจากแหล่งผลิตได้มากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามกำหนดมาตรฐาน เป็นการส่งเสริมการส่งออก

(7) ลดปัญหาการถูกกักกัน ทำให้ภาพพจน์ของสินค้าดีขึ้น

2.6.7 ข้อจำกัดของการใช้รังสี (ฉันทนา และคณะ,2547)

(1) ไม่สามารถใช้กับอาหารทุกชนิด อาหารที่มีโปรตีนสูงและน้ำมาก เช่น นมและผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะที่จะนำมาฉายรังสี เพราะทำให้เกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์

(2) ไม่สามารถทำลายสารพิษที่มีอยู่แล้วในอาหารได้

(3) จำเป็นต้องใช้ความเย็นหรือความร้อนร่วมด้วยในบางกรณีเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด

(4) ใช้เงินลงทุนสูงสำหรับตัวโรงงานฉายรังสี แต่ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยต่ำ จำเป็นต้องมีผลิตภัณฑ์มากพอสำหรับป้อนโรงงานจึงจะคุ้มทุน

(5) ผู้บริโภคยังกลัวไม่กล้าบริโภคอาหารฉายรังสี เพราะขาดความรู้ที่ถูกต้องและไม่เข้าใจว่าทำไมต้องฉายรังสี

(6) ยังไม่มีวิธีการตรวจสอบที่ได้ผลสมบูรณ์ เพื่อแสดงว่าอาหารผ่านการฉายรังสีแล้ว นอกเหนือจากมาตรการควบคุมกระบวนการผลิตภายในโรงงาน

(7) กฎหมายอาหารฉายรังสียังไม่สอดคล้องกัน เป็นอุปสรรคต่อการค้าระหว่างประเทศ ตลาดการค้ายังอยู่ในวงจำกัด ทำให้ผู้ประกอบการไม่กล้าลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

98478

บทที่ 3

วัตถุดิบ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

- ข้าวสารเหนียว
- ข้าวสารอะไมโลสสูง

3.2 อุปกรณ์

- เครื่องฉายรังสีแกมมารุ่น 650 (Gamma beam – 650) สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture Measuring System รุ่น TA-XT21)
- หม้อหุงข้าวไฟฟ้า PEACOOK รุ่น 500

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การศึกษาความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูงฉายรังสี

ชั่งข้าวสาร 0.5 กิโลกรัม บรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนหนา 0.03 มม. ขนาด 6x9 นิ้ว หลังจากนั้นประกบด้วยถาดโฟม 2 ถาด แล้วบรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกโพลีโพรพีลีนเคลือบด้วยโพลีโพรพีลีน และแบบบรรจุในบรรยากาศปกติในถุงโพลีโพรพีลีนหนา 0.1 มม. ขนาด 8x12 นิ้ว ปิดผนึก นำไปฉายรังสีแกมมา 0 1 2 และ 3 กิโลเกรย์ ที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ทดลอง 2 ซ้ำ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน ทำการทดสอบความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกทุกเดือน โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (Sesmat และ Meullenet, 2001)

ผลการทดสอบวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ split –split plot เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11

3.3.2 การศึกษาความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียวฉายรังสี

ทำการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 3.4.1 แต่ใช้ข้าวเหนียวแทนข้าวเจ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูงฉายรังสี

เมื่อเก็บรักษาข้าวอะไมโลสสูงที่ผ่านการฉายรังสีในปริมาณที่ต่างกันไว้เป็นเวลา 3 เดือนและติดตามผลการเปลี่ยนแปลงความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูงทุกเดือน ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูงที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่างกัน ภายใต้สภาวะบรรจุต่างกันและมีอายุการเก็บรักษาต่างกัน

SOV	df	p- value	
		ความแข็ง (hardness)	ความเหนียว (stickiness)
อายุการเก็บ	3	0.000*	0.000*
error	15		
สภาวะบรรจุ	1	0.173ns	0.067ns
error	20		
ปริมาณรังสี	3	0.000*	0.032*
error	120		
อายุการเก็บ x สภาวะบรรจุ	3	0.005*	0.028*
อายุการเก็บ x ปริมาณรังสี	9	0.000*	0.000*
สภาวะบรรจุ x ปริมาณรังสี	3	0.000*	0.087ns
อายุการเก็บ x ปริมาณรังสี x สภาวะการบรรจุ		0.001*	0.027*
error	192		
corrected total	191		

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าอายุการเก็บและปริมาณรังสีมีผลต่อค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (stickiness) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) ส่วนสภาวะบรรจุไม่มีผลต่อค่าความแข็ง และความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการเก็บกับสภาวะบรรจุและอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการเก็บกับปริมาณรังสี พบว่าให้ผลเหมือนกันคือมีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างสภาวะบรรจุกับปริมาณรังสีมีจะมีผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความเหนียว และอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการเก็บ ปริมาณรังสี และสภาวะการบรรจุมีผลต่อทั้งค่าความแข็งและความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูง

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	คุณสมบัติ	
	ความแข็ง (kg.force)	ความเหนียว (kg.force)
0	5676.16 ± 826.42 [b]	952.87 ± 187.71 [a]
1	6515.25 ± 930.61 [a]	202.26 ± 131.14 [b]
2	6466.30 ± 933.83 [a]	181.67 ± 123.10 [b]
3	6706.52 ± 1549.28 [a]	126.20 ± 107.53 [c]

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าอายุการเก็บมีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

ในด้านความแข็ง เมื่อเก็บข้าวอะไมโลสสูงไว้นานขึ้น พบว่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยข้าวสุกจากข้าวที่ผ่านการฉายรังสีมาใหม่ ๆ จะมีความแข็งน้อยที่สุด ต่างจากข้าวสุกจากที่ผ่านการฉายรังสีและเก็บไว้ 1 2 และ 3 เดือน ซึ่งมีความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเป็นเพราะมาจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและสตาร์ชและการทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างโปรตีนและสตาร์ชในระดับโครงสร้างโมเลกุล โดยทำให้น้ำหนักโมเลกุลของสตาร์ชเปลี่ยนแปลงและน้ำหนักโมเลกุลออริเซนินซึ่งเป็นชนิดโปรตีนที่มีมากที่สุดในข้าวเพิ่มขึ้น (Chrastil และคณะ, 1994) ทำให้ข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงมีความแข็งเพิ่มขึ้น ความเหนียวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20372

การทดลองของงามชื่นและคณะ (2528) ซึ่งศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดเมื่อเก็บรักษาในลักษณะข้าวกล้องและข้าวสาร โดยพบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ข้าวสุกจะมีความแข็งเพิ่มขึ้น

ในด้านความเหนียว พบว่าเมื่อเก็บข้าวอะไมโลสสูงไว้นานขึ้นค่าความเหนียวจะลดลง โดยข้าวสุกจากข้าวที่ผ่านการฉายรังสีมาใหม่ ๆ จะมีความเหนียวมากที่สุด ส่วนข้าวสุกจากข้าวที่ผ่านการฉายรังสีเก็บไว้ 1 และ 2 เดือน มีความเหนียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ต่างจากข้าวสุกจากข้าวที่ผ่านการฉายรังสีมาใหม่ ๆ และข้าวสุกจากข้าวที่ผ่านการฉายรังสีเก็บไว้ 3 เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวที่ผ่านการฉายรังสีเก็บไว้ 3 เดือนจะมีความเหนียวน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของงามชื่นและคณะ (2528)

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณรังสีแกมมาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูง

ปริมาณรังสี (KGy)	คุณสมบัติ	
	ความแข็ง (kg.force)	ความเหนียว (kg.force)
0	7472.27 ± 1402.89^{a}	338.50 ± 310.01^{b}
1	6719.84 ± 1436.59^{b}	391.50 ± 373.99^{a}
2	6810.12 ± 1118.38^{b}	384.21 ± 460.12^{a}
3	6914.43 ± 1198.52^{b}	399.00 ± 318.59^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณรังสีมีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$)

ในด้านความแข็ง เมื่อฉายรังสีข้าวอะไมโลสสูงในระดับต่าง ๆ กันพบว่าข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงที่ผ่านการฉายรังสีทั้ง 3 ระดับนั้นมีความแข็งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ต่างจากข้าวสุกจากข้าวที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ซึ่งมีความแข็งมากกว่า อาจเป็นเพราะว่ารังสีแกมมามีผลทำให้รีโทรกาเดชั่นเกิดน้อยลง เนื่องจากรังสีแกมมาทำให้พันธะของสตาร์ชโดนทำลายทำให้การกลับมารวมตัวกันระหว่างโมเลกุลของสตาร์ชทำได้น้อยลง (Rasper, 1980) ซึ่งเป็นผลให้ข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงมีความแข็งลดลง ความเหนียวเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ในด้านความเหนียว พบว่าข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงที่ผ่านการฉายรังสีทั้ง 3 ระดับมีความเหนียวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ต่างจากข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงที่ไม่ผ่านการฉายรังสีซึ่งมีความเหนียวน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากความเหนียวมีความสัมพันธ์กับความแข็งในข้าวสุก คือเมื่อข้าวสุกมีความแข็งลดลงจะมีความเหนียวเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.4 ผลของสภาวะบรรจุต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูง

สภาวะบรรจุ	คุณสมบัติ	
	ความแข็ง^{ns} (kg.force)	ความเหนียว^{ns} (kg.force)
บรรยากาศปกติ	7043.12 ± 1351.48	388.97 ± 357.72
สุญญากาศ	7201.28 ± 1286.45	372.52± 379.88

หมายเหตุ : ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าสภาวะบรรจุที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกจากจากข้าวอะไมโลสสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p>0.05$)

ในด้านความแข็งและความเหนียวของข้าวอะไมโลสสูงซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง ให้ผลการทดลองตรงกับการทดลองของงามชื่น และคณะ (2528) โดยพบว่าปริมาณอะไมโลสไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บข้าวอะไมโลสสูงในบรรยากาศปกติและแบบสุญญากาศ ทั้งนี้จึงเป็นผลให้สภาวะบรรจุที่ต่างกันไม่มีผลต่อความแข็งและความเหนียวในข้าวอะไมโลสสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียวฉายรังสี

เมื่อเก็บรักษาข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีในปริมาณที่ต่างกันไว้เป็นเวลา 3 เดือนและติดตามผลการเปลี่ยนแปลงความแข็ง และความเหนียวของข้าวเหนียวทุกเดือนได้ผลดัง ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีในระดับต่างกัน ภายใต้สภาวะบรรจุต่างกันและมีอายุการเก็บรักษาต่างกัน

SOV	df	p- value	
		ความแข็ง (hardness)	ความเหนียว (stickiness)
อายุการเก็บ	3	0.000*	0.015*
error	15		
สภาวะบรรจุ	1	0.068ns	0.170ns
error	20		
ปริมาณรังสี	3	0.619ns	0.139ns
error	120		
อายุการเก็บ x สภาวะบรรจุ	3	0.000*	0.000*
อายุการเก็บ x ปริมาณรังสี	9	0.000*	0.025*
สภาวะบรรจุ x ปริมาณรังสี	3	0.130ns	0.067ns
อายุการเก็บ x ปริมาณรังสี x สภาวะการบรรจุ	9	0.000*	0.000*
error	192		
corrected total	191		

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 พบว่าอายุการเก็บมีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) ส่วนสภาวะบรรจุและปริมาณรังสีไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการเก็บกับสภาวะบรรจุ อิทธิพลร่วมระหว่างอายุการเก็บกับปริมาณรังสี และอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการเก็บ ปริมาณรังสี และสถาวะบรรจุพบว่าให้ผลเหมือนกันคือมีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างสภาวะบรรจุกับปริมาณรังสีไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียว

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	คุณสมบัติ	
	ความแข็ง (kg.force)	ความเหนียว (kg.force)
0	7212.31 ± 933.73^{b}	287.59 ± 124.74^{a}
1	7624.41 ± 933.70^{b}	286.94 ± 124.56^{a}
2	7449.42 ± 1203.55^{b}	298.02 ± 454.25^{a}
3	8333.34 ± 1254.72^{a}	263.05 ± 99.76^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าอายุการเก็บมีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกจากข้าวเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$)

ในด้านความแข็ง เมื่อเก็บข้าวเหนียวไว้นานขึ้น พบว่าข้าวสุกจะมีความแข็งเพิ่มขึ้น ข้าวสุกจากข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีเก็บไว้ 1 และ 2 เดือนมีความแข็งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากข้าวสุกจากข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีมาใหม่ ๆ แต่จะต่างจากข้าวสุกจากข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีเก็บไว้ 3 เดือน ซึ่งมีความแข็งมากที่สุด ทั้งนี้ให้ผลสอดคล้องกับข้าวอะไมโลสสูง คือ เมื่อเก็บไว้นานขึ้นข้าวสุกจะมีความแข็งเพิ่มขึ้น

ในด้านความเหนียว พบว่าเมื่อเก็บข้าวเหนียวไว้นานขึ้น ข้าวสุกจากข้าวเหนียวจะมีความเหนียวลดลง ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับความแข็ง ข้าวสุกจากข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีและเก็บไว้ 1 และ 2 เดือน มีความเหนียวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากข้าวสุกจากข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีมาใหม่ ๆ แต่จะต่างจากข้าวสุกจากข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีเก็บไว้ 3 เดือน จะมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนียวน้อยที่สุด ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับข้าวอะไมโลสสูง คือเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นข้าวสุกจะมีความเหนียวลดลง

ตารางที่ 4.7 ผลของปริมาณรังสีแกมมาต่อความแข็งและควา่มเหนียวของข้าวเหนียว

ปริมาณรังสี	คุณสมบัติ	
(KGy)	ความแข็ง [ns] (kg.force)	ความเหนียว [ns] (kg.force)
0	7648.35 ± 1011.94	275.83 ± 104.13
1	7400.80 ± 1322.93	270.18 ± 111.83
2	7600.69 ± 1115.18	259.76 ± 112.02
3	7557.14 ± 1007.02	261.84 ± 110.92

หมายเหตุ : [ns] ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.7 พบว่าปริมาณรังสีไม่มีผลต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกจากข้าวเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Wu และคณะ (2002) ที่ศึกษาถึงผลกระทบของการฉายรังสีแกมมาต่อความหนืดของสตาร์ชและสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวชนิดต่าง ๆ พบว่าเมื่อมีการฉายรังสีในข้าวเหนียว จะไม่ทำให้ค่า Gel Consistency เปลี่ยนแปลง เป็นผลให้ความแข็งและความเหนียวไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการฉายรังสีเช่นกัน

ตารางที่ 4.8 ผลของสภาวะบรรจุต่อความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียว

สภาวะบรรจุ	คุณสมบัติ	
	ความแข็ง [ns] (kg.force)	ความเหนียว [ns] (kg.force)
บรรยากาศปกติ	7406.46 ± 1004.43	277.32 ± 104.17
สุญญากาศ	7697.28 ± 1286.45	324.98 ± 333.27

หมายเหตุ : [ns] ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 พบว่าสภาวะบรรจุไม่มีผลต่อความเหนียวและความแข็งของข้าวสุกจากข้าวเหนียวอย่างมีนัยสำาคัญทงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p>0.05$) ซึ่งให้ผลเหมือนกับการทดลองของข้าวอะไมโลสสูง อาจเป็นเพราะว่าปริมาณออกซิเจนน่าจะไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

- เมื่อเก็บข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียวไว้นานขึ้น พบว่าจะทำให้ข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียวมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ความเหนียวลดลง

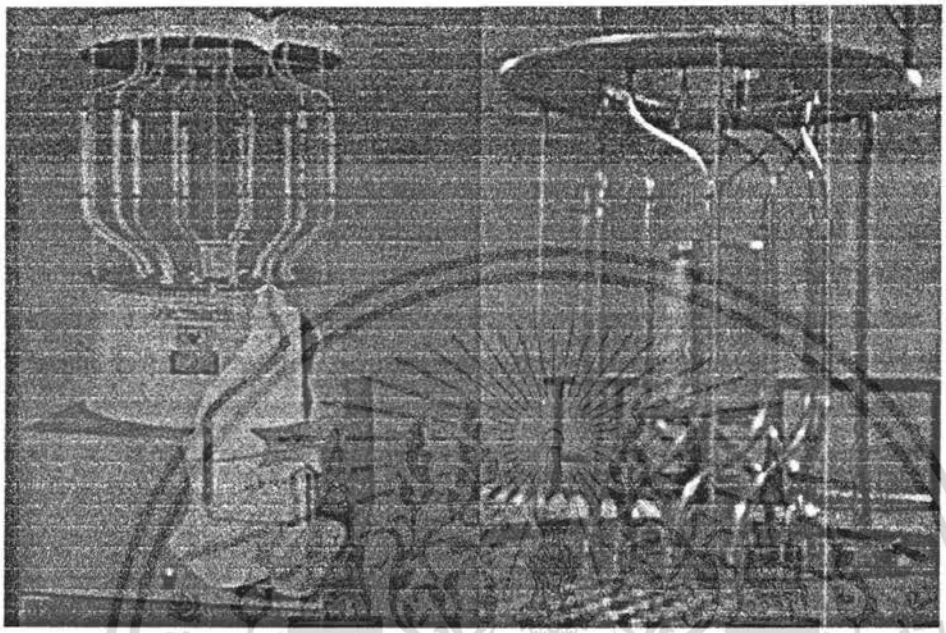
- ข้าวอะไมโลสสูงที่ผ่านการฉายรังสีจะทำให้ข้าวสุกจากข้าวอะไมโลสสูงมีค่าความแข็งลดลง ความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งต่างข้าวสุกจากข้าวเหนียวจากข้าวเหนียวที่ผ่านการฉายรังสีพบว่าไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียว

- สภาวะบรรจุไม่มีผลต่อค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกข้าวอะไมโลสสูงและข้าวเหนียว

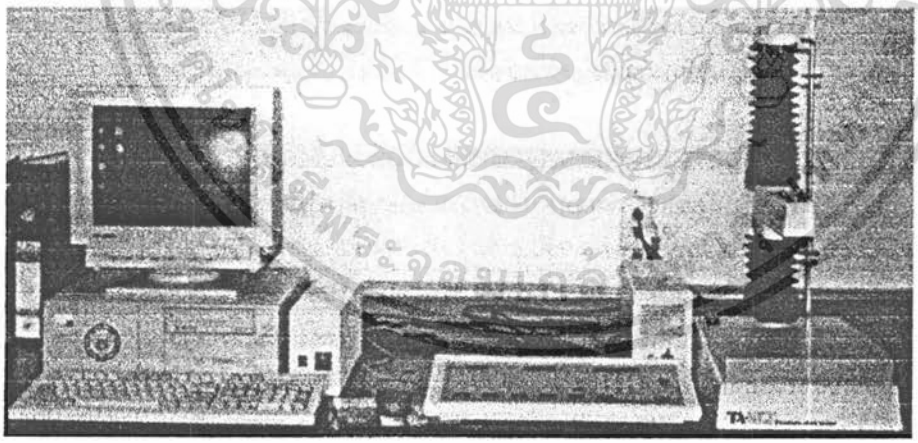
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. รูปภาพเครื่องฉายรังสีแกมมารุ่น 650 (Gamma beam – 650) สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ



2. รูปภาพเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture Measuring System รุ่น TA-XT21)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. เอกสารประกอบการบรรยายฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. สถาบันวิจัยข้าว : กรุงเทพมหานคร. หน้า 1-53.

งามชื่น คงเสรี , ละม้ายมาศ ขาวไชยมหา , กาญจนา เนตรสำราญ , พลูศรี สว่างจิตร และอัญชลี ปรีชาจารย์. 2528. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดเมื่อเก็บในลักษณะข้าวกล้องและข้าวสาร. วารสารวิชาการเกษตร 1 : 38-43.

งามชื่น คงเสรี. 2536. ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการหุงต้มข้าวสาร. สัมมนาวิชาการประจำปี 2536 ณ. โรงแรมมารวยการ์เด้น สถาบันวิจัยข้าว : กรุงเทพมหานคร.

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพเมล็ดทางเคมี. การสัมมนาวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. สถาบันวิจัยข้าว : กรุงเทพมหานคร. หน้า 241-259.

ดร.อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รตนชนม์ ธันโยดม. 2532 การศึกษาสมบัติของ Gelatinization temperature & Gelconsistency ที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุกไว. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร , โครงการเรียนการสอนเสริมประสบการณ์ ปริญญาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2545. รายงานการศึกษาโครงการสินค้ายุทธศาสตร์ : กรณีของข้าว. เสนอต่อสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.

อังคณา เหลืองศิโรรัตน์ และเครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2539. เรื่องของเมล็ดข้าว. ข้าว : ความรู้คู่ชาวนา เอกสารวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. สถาบันวิจัยข้าว : กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Chrastil , J. 1990. Chemical and physiochemical changes of rice during storage at different temperatures. J. Cereal Sci. 11 : 71-85

Hoseney , R.C. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. The American Association of Chemists , Inc. , St. Paul , Minnesota.

Jowitt , R. 1974. The terminology of food texture. J. of Texture Studies. 5 : 351-358

Juliano , B.O., Onate , L.U. and Del mundo , A.M. 1965. Relation of starch composition protein Content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. Food Tech. 19 : 1006-1011

Juliano , B.O. , Perez , C.M. , Blakeney , A.B., Castillo , D.T. , Kongseree , N. , Laignelet , B., Lapis , E.T. , Murty , V.V.S. , Paule , C.M. and Wehh , B.B. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice starch. Starch/Stärke 33 (5) : 157-162

Juliano , B.O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. *In* B.O. Juliano , ed. Rice : Chemistry and Technology 2 nd ed. The American Association of Cereal Chemists , Inc., St. Paul , Minnesta. pp. 443-524.

Juliano , B.O. 1993. Rice in Human Nutrition. FAO Food and Nutrition Series , No 26. The International Rice Erscarch Institute (IRRI) , Los Banos , Lagene (Philippines) , and Food and Agriculture Organization of the united Nation (FAO) , Rome.

Luh , B. 1991. Rice utilization. Vol. II , Van Nostrand Reinhold , New York.

Okabe , M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. of Texture Studies. 10 : 321-333.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rasper, V. 1980. Theoretical aspects of amylographology. In The Amylograph Handbook, W.C. Shuey and K.H. Tipples (Ed.). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Sabularse , V.C. , Liuzio , J.A. , Rao , R.M. and Grodner , R.M. 1991. Cooking Quality of brown rice as influenced by gamma irradiation , variety and storage. J. of Food Science 56(1) : 96-98

Sabularse , V.C. , Liuzio , J.A. , Rao , R.M. and Grodner , R.M. 1992. Physicochemical characteristics of brown rice as influenced by gamma irradiation. J. of Food Science 57 (1) : 143-145.

Sesmat . A and Meulleet , J . F . 2001. Prediction of rice sensory texture Attributes from a single compression test , multivariate, regression , and a stepwise model optimization method. J. of Food Science. 66 (1) : 124-131

Vacat , C.E. and Harms-Ringdahl , M. 1986. Radiation induced lipid peroxidation in whole grain of rye , wheat and rice. : Effect on linoleic and linolenic acid. J. of Radiation Physics and Chemistry. 28 : 325-330.

Wen Chieh Sung. 2004. Effect of gamma irradiation on rice and its food products. J. of Radiation Physics and Chemistry.

Wu , D. , Shu , Q. , Wang , Z. and Xia , Y. 2002. Effect of gamma irradiation on starch viscosity and physicochemical properties of different rice. J. of Radiation Physics and Chemistry. 65 : 79-86.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวภาวินี อิ่มอ่อน เกิดเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2524 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อปี 2542 จากโรงเรียนสตรีนนทบุรี จังหวัดนนทบุรีและจบการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายชิตชัย แสงสุข เกิดเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2526 จังหวัดหนองคาย สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อปี 2543 จากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพ และจบการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้