21705

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ศึกษาการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวและข้าวมอลต์ที่ผ่านกระบวนการพอง(Puffing)

T097070

นางสาวปาลิดา วิมลศิริ รหัส 46040233

วพ.
ว/562ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 97070
วัน,เดือน,ปี 5 JUN 2009

b 11778301
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ศึกษาการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการ
ของข้าวและข้าวมอลต์ที่ผ่านกระบวนการพอง(Puffing)

จัดทำโดย

น.ส. ปาลิดา วิมลศิริ รหัสนักศึกษา 46040233

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 15/ส.ค./50
(ผศ.ดร.ปาลิดา วิมลศิริ) .....อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อสกุลผู้เรียบเรียง นางสาว ปาลิดา วิมลศิริ

: ชื่อเรื่องปัญหาพิเศษ ศึกษาการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวและข้าวมอลต์ที่ผ่านกระบวนการพอง(Puffing)

สาขาวิชา อุตสาหกรรมการเกษตร (พิเศษ)

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวและข้าวมอลต์ที่ผ่านกระบวนการพอง จากข้าว 2 สายพันธุ์คือ ข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิ 105 และข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 จำนวน 2 ซ้ำ พบว่าคุณสมบัติทางเคมีในด้านของสารอาหารนั้นข้าวข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ให้ผลการศึกษาไปในทางเดียวกันดังนี้ ข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองจะมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรต , เถ้า , โปรตีน, ไขมันลดลง แต่จะมีปริมาณของเยื่อใยสูงขึ้นมาก คุณสมบัติทางกายภาพบางประการที่ทำการศึกษาพบว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองจะมีค่าความสามารถในการละลายน้ำ(Water solubility index : WSI) สูงกว่าแต่จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water abs0rption index : WAI)ต่ำกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์ และพบว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองจะสามารถคงทนต่อแรงเฉือนดีกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์ แต่การมอลต์จะทำให้ได้ปริมาณของข้าวพองลดลงทั้ง 2 สายพันธุ์แต่ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 ให้ปริมาณของข้าวพองมากกว่าข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิ105 โดยข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์นั้นข้าวพองส่วนใหญ่จะมีขนาดความบานอยู่ในกลุ่มบานมาก(fully)แต่การผ่านการมอลต์ก่อนนำมาพองทำให้ความบานของข้าวพองลดลงโดยข้าวพองที่ได้นั้นส่วนใหญ่จะมีขนาดความบานอยู่ในกลุ่มบานน้อย(small)และมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

.....	.....	16 มีนาคม 2550
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษเรื่อง ศึกษาการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวและข้าวมอลต์ที่ผ่านกระบวนการพอง(Puffing) นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งในการจัดทำครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษารศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยแก้ไขปัญหาตลอดจนให้ความรู้ทางวิชาการที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาครั้งนี้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา คณะกรรมการในการสอบโครงร่างปัญหาพิเศษ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดรายงานปัญหาพิเศษจบลงได้

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณบิดา- มารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งของข้าพเจ้าและขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกคน ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือทั้งแรงกายและแรงใจด้วยดีเสมอมา

ปาลิดา วิมลศิริ

16 มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....ก
กิตติกรรมประกาศ.....ข
สารบัญ.....ค
สารบัญตาราง.....ง
สารบัญภาพ.....จ
บทที่1 บทนำ.....1
1.1คำนำ.....1
1.2วัตถุประสงค์.....2
1.3.ขอบเขตการศึกษา.....2

บทที่2 วารสารปริทัศน์.....3
2.1 ข้าว.....3
2.2 ไมโครเวฟ.....7
2.3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ.....9
2.4. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งหลังผ่านไมโครเวฟ.....10

บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....12
3.1วัตถุดิบ.....12
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง.....12
3.3 สถานที่ทดลอง.....13
3.4 วิธีการดำเนินงาน.....13
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....16
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....28
บรรณานุกรม.....29
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี.....31
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ.....36
ภาคผนวก ค ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ.....38
ประวัติผู้เขียน.....40

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางแสดงองค์ประกอบของสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากข้าว 5

4.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....17

4.2 เปรียบเทียบความสามารถในการละลายน้ำของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....19

4.3 เปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....20

4.4 เปรียบเทียบความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....21

4.5 แสดงการเปรียบเทียบ %yield ของข้าวพองสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....22

4.6 แสดงการเปรียบเทียบ bulk density ของข้าวพองสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....24

4.7 แสดงการเปรียบเทียบ expansion ratio ของข้าวพองสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....26

ง1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....38

ง2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์ กข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสารอาหารที่ความสัมพันธ์กับช่วงการเจริญเติบโตของ.....4

3.1 แสดงขั้นตอนการทำข้าวพอง.....14

4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....17

4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....18

4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า WSI% ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....19

4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า WAI% ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....20

4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Freeze-Thaw ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....21

4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า %total-yeild ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....23

4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า %yield ที่ความพองต่างระดับของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105
และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....23

4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า bulk density ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....25

4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า bulk density ของข้าวสายพันธุ์กข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....25

4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Expansion ratioของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....27

4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Expansion ratioของข้าวสายพันธุ์กข6
ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปจากข้าวในรูปแบบต่างๆมากมาย วัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวล้วนมุ่งเน้นในการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าว และเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มปริมาณการบริโภคข้าวให้มากขึ้นได้ ข้าวพองนับเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ได้จากข้าวในประเทศไทยผู้ผลิตข้าวพองส่วนใหญ่เป็นชาวชนบทและทำกันเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน จึงไม่มีหลักฐานการผลิตและหลักเกณฑ์ทางวิชาการที่แน่นอน เอกสารการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่องกรรมวิธีและปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผลิตข้าวพองมีน้อยมาก และล้วนเป็นเอกสารจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ดังนั้นกรรมวิธีการผลิตและปัจจัยต่างๆรวมถึงสารอาหารจึงไม่ใช่ข้าวที่ได้จากการปลูกในประเทศไทย ซึ่งในต่างประเทศข้าวพองได้มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ข้าวพองจัดเป็นอาหารจากธัญพืชที่สำคัญชนิดหนึ่ง อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ต่างๆได้อีกมากมาย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้เป็นการเริ่มต้นศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพหลักๆเบื้องต้นระหว่างข้าวพองที่ได้จากข้าวพันธ์หอมมะลิ 105 และข้าวพันธ์ กข.6 จากนั้นยังเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวพองทั้งจากที่ได้จากข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก และข้าวพองที่ผ่านกระบวนการงอกเพื่อได้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของข้าวที่ผ่านกระบวนการพองด้วยไมโครเวฟสองสายพันธุ์คือข้าวจ้าวพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 และข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 6 พร้อมทั้งเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการเมื่อนำข้าวทั้งสองสายพันธุ์มาผ่านกระบวนการมอลต์ก่อนทำกระบวนการพอง

1.3.ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการพองด้วยไมโครเวฟ เพื่อศึกษาความแตกต่างของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าว 2 สายพันธุ์ ที่นำมาผ่านกระบวนการมอลต์ก่อนทำกระบวนการพอง และที่ไม่ผ่านกระบวนการมอลต์ก่อนทำกระบวนการพอง รวมถึงการเปรียบเทียบเพื่อศึกษาความแตกต่างด้านคุณภาพของข้าวที่นำมาผ่านกระบวนการมอลต์ก่อนทำกระบวนการพอง และที่ไม่ผ่านกระบวนการมอลต์ก่อนทำกระบวนการพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

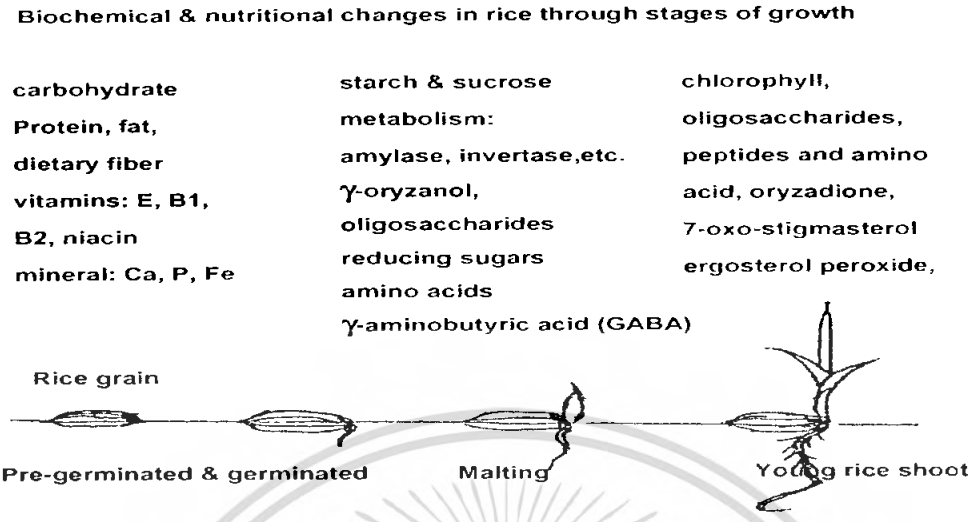
บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าว

ความหมายของข้าวในที่นี้หมายถึง พืชที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* Linn. พืชในวงศ์ Gramineae ใช้เมล็ดเป็นอาหารหลัก (พจนานุกรมบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525) คนไทยได้ใช้ข้าวเป็นอาหารหลักมาช้านาน และประเทศไทยในอดีตก็มีลักษณะอู่ข้าว อู่น้ำ ที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวที่ดีที่สุดแห่งหนึ่งในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้

ความมหัศจรรย์ของข้าวนั้นอยู่ในเมล็ดข้าว เราทราบกันดีอยู่แล้วว่าในเมล็ดข้าวนั้นประกอบด้วย เมล็ดข้าวขาว รำข้าว (เยื่อหุ้มเมล็ด) และเปลือกข้าว สารอาหารในเมล็ดข้าวประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต เป็นส่วนประกอบหลัก โปรตีน ไขมัน วิตะมินบี วิตะมินอี และแร่ธาตุ เป็นต้น ที่แยกไปอยู่ในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว ไขมันส่วนใหญ่อยู่ในรำข้าว โดยสามารถนำมาแปรรูปเป็นน้ำมันรำข้าว ที่มีส่วนประกอบของวิตะมินอีเป็นสารหลัก ท่านทราบหรือไม่ว่าในระหว่างที่ข้าวมีการเจริญเติบโต จะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดข้าว และการเปลี่ยนแปลงสารอาหารที่อยู่ภายในเมล็ดข้าว การเปลี่ยนแปลงเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกข้าวไปในเมล็ดข้าวจะกระตุ้นในเอนไซม์ในข้าวมีการทำงาน ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวจะมีการย่อยสลายไปตามกระบวนการชีวเคมี ให้ได้เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง (oligosaccharide) และ reducing sugar จากการกระตุ้นเมตาบอลิซึมของแป้งและน้ำตาล มีเอนไซม์จำพวกย่อยแป้ง เช่น amylase, invertase เป็นต้น นอกจากนี้โปรตีนก็ถูกย่อยให้เป็นกรดอะมิโน และเปปไทด์ นอกจากนี้ยังมีการสะสมสารเช่น gamma aminobutyric acid (GABA), tocopherol, tocotrienol, gamma-orazynol เป็นต้น เมื่อต้นข้าวเจริญเติบโตต่อไปในระยะที่มีการแทงยอดอ่อน จะมีสร้างสารที่เรียกว่าสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ได้แก่ คลอโรฟิลล์, oryzadione, 7-oxostigmasterol, ergosterol peroxide เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของต้นข้าว ผ่านกระบวนการ defense mechanism การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสารอาหารในระยะต่างๆ ของข้าวดังแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสารอาหารที่ความสัมพันธ์กับช่วงการเจริญเติบโตของ

ในด้านเภสัชกรรม เรายังให้ความสำคัญของสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่จะนำมาประยุกต์ใช้การเป็นยาและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยสารต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้นมาในช่วงอายุของข้าวที่ต่างกัน ก็มีรูปแบบการสะสมสารทุติยภูมิที่ต่างกัน เช่น สาร oryzadione ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย เช่นเดียวกับสาร oryzalide B, oryzalic acid, oryzalic acid B เป็นต้น (Kono et al. 2004) สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ gamma-oryzanol (Juliano et al. 2005), feruloyl arabinoxylans (Shyama Prosad Rao and Muralikrishma, 2006) สารที่มีฤทธิ์ลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือด (Miura et al. 2006) และสารที่มีคุณสมบัติเป็น antianxiety เช่น gamma-amibutyric acid (GABA) (Kamatsuzaki et al. 2005) เป็นต้น โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Review literatures of bioactive compounds from rice products

Rice product	Bioactivity	bioactive compound
Rice bran oil	antioxidant	tocopherol, tocotrienol, γ-oryzanol
	hypocholesterolemic	γ-oryzanol
Rice bran enzymatic extract	anti-proliferative (used as functional food)	proteins, fats, slowly-absorbed carbohydrates
Pre-germinated brown rice	food supplement	total dietary fiber, total ferulic acid γ-aminobutyric acid (GABA)
	hypocholesterolemic	γ-oryzanol, GABA, dietary fiber
Germinated brown rice		GABA
Rice malting	antioxidant	feruloyl arabinoxylans

Seetharamaiah & Chandrasekhara 1989, Chen & Bergman, 2005, Ohtsubo et al, 2005, Komatsuzaki et al, 2005, Parrado et al, 2006, Miura et al, 2006, Rao and Muralikrishna, 2006

ดารางที่ 2.1 ตารางแสดงองค์ประกอบของสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากข้าว

จากข้อมูลที่นำเสนอมานี้แสดงให้ว่าการรับประทานข้าวเป็นอาหารหลัก ไม่ว่าจะเป็นข้าวขาว หรือข้าวกล้อง ก็ยังได้รับสารอาหารที่ดีกว่าอาหารแปรรูปอีกหลายชนิด(ผศ.ดร.จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล)

2.1.1 ข้าวหอมมะลิ 105

เป็นข้าวเจ้าพันธุ์พื้นเมืองที่ส่งเสริมให้ปลูกแบบข้าวนาสวนในภาคเหนือปลูกได้เฉพาะนาปี ได้มาโดยพนักงานเกษตรรวบรวมจากชาวนาใน อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทราเมื่อพ.ศ.2493–2494 แล้วนำไปคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์และปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรงแล้วจึงนำไปปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ท้องถิ่นในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คัดได้สายพันธุ์ 4 – 2 – 105 ซึ่งมีลักษณะดีเด่นเป็นพิเศษคือ เมล็ดข้าวสารยาวเรียวสีขาวสวยและมีกลิ่นหอม มีรสชาติดี ทนแล้ง ทนดินเปรี้ยวและดินเค็ม คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502 ให้ชื่อว่าพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 มีลำต้นสีเขียวจาง ใบสีเขียว ยาวค่อนข้างแคบ ฟางอ่อน ใบธงทำมุมกว้างกับรวงเมล็ดข้าวรูปร่างเรียว ข้าวเปลือกสีฟาง อายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 25 พฤศจิกายน ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 8 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.5 มม. กว้าง 2.1 มม. หนา 1.8 มม. ความสูง ประมาณ 140 ซม. ผลผลิต ประมาณ 363 กก./ไร่ ลักษณะพันธุ์ ไวต่อช่วงแสง คุณภาพข้าวสุก นุ่มหอม เปอร์เซ็นต์แป้งอะไมโลส 12 – 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะดี

1. เป็นข้าวต้นสูง เก็บเกี่ยวง่าย
2. ทนแล้วได้ดีพอสมควร ปลูกเป็นข้าวไร่ได้
3. เมล็ดข้าวสารใส แข็งแกร่ง คุณภาพการขัดสีดี
4. คุณภาพการหุงต้มมีกลิ่นหอมและอ่อนนุ่ม
5. อายุค่อนข้างเบา และเก็บเกี่ยวได้เร็ว
6. จำหน่ายได้ราคาดี
7. นวดง่าย
8. ทนดินเปรี้ยวและดินเค็ม

ลักษณะเสีย

1. ต้นข้าวอ่อน ล้มง่าย ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปีเท่านั้น
2. น้ำหนักเมล็ดเบา ผลผลิตค่อนข้างต่ำ
3. ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ โรคใบสีส้ม และโรคใบหงิก
4. ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจั๊กจั่นสีเขียวและหนอนกอ
5. ทรงกอแผ่ ถ้าแก่สุกงอมเกินไปจะเกี่ยวยาก

2.1.2 ข้าว กข 6

เป็นข้าวเหนียวต้นสูงส่งเสริมให้ปลูกแบบข้าวนาสวนในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี ได้จากการปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์โดยใช้รังสีแกมม่าขนาด 20 กิโลแรต อาบเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้กลายเป็นพันธุ์ข้าวเหนียว แล้วนำมาปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขน และสถานทดลองข้าวพิมาย จากการคัดเลือก ได้ข้าวเหนียวหลายสายพันธุ์ด้วยกันในต้นข้าวชั่วที่ 2 แต่สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ ขาวดอกมะลิ 105, 65-G2 U-68-254 เป็นข้าวเหนียวหอมที่มีคุณภาพดีพันธุ์แรกที่ได้จากการอาบรังสี ปรับตัวได้ดีเป็นที่นิยมปลูกและรับประทานกันมาก คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์ได้เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2520 ให้ชื่อว่าพันธุ์ กข 6 มีทรงกอกระจายเล็กน้อย ใบยาวสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง เมล็ดยาวเรียว ข้าวเปลือกสีน้ำตาล อายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 21 พฤศจิกายน ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 5 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.23 มม. กว้าง 2.28 มม. หนา 1.77 มม. ความสูง ประมาณ 154 ซม. ผลผลิต ประมาณ 670 กก./ไร่ ลักษณะพันธุ์ ไวต่อช่วงแสง คุณภาพข้าวสุกนุ่มเหนียว หอม เปอร์เซ็นต์แป้งอะไมโลส น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะดี

1. ทนแล้งได้ดีพอสมควร ทำให้ผลผลิตไม่ลดในฤดูการทำนาที่ฝนทิ้งช่วง
2. คุณภาพการขัดสีดี และคุณภาพการหุงต้มดีมาก ได้ข้าวสุกที่อ่อนนิ่ม มีกลิ่นหอม
3. ลำต้นแข็ง ไม่ล้มง่าย
4. ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี
5. ลักษณะต้นสูง เหมาะกับสภาพนาลุ่ม
6. การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี
7. รวงยาว ลักษณะเมล็ดยาว
8. ให้ผลผลิตสูง
9. ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล
10. เก็บเกี่ยวง่าย นวดง่าย

ลักษณะเสีย

1. เป็นพันธุ์ที่ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี
2. เนื่องจากข้าวพันธุ์นี้ มีต้นกำเนิดมาจากข้าวเจ้า เมื่อปลูกไปนาน ๆ จะกลายพันธุ์เป็นข้าวเจ้าได้ง่าย
3. ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง
4. ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงบั่ว(สำนักงานการค้าภายในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา . 2550)

2.2. ไมโครเวฟ

ในการให้ความร้อนอาหารโดยทั่วไปจะเป็นการให้ความร้อนด้วยแหล่งความร้อนจากภายนอก ไม่ว่าจะเป็นการนำความร้อนหรือการพาความร้อน ซึ่งอาหารจะสุกจากความร้อนที่ผ่านจากผิวหน้าด้านนอกสู่ด้านใน แต่การใช้ไมโครเวฟจะเป็นการให้ความร้อนจากภายในตัวอาหารเอง ซึ่งการทำงานของไมโครเวฟนี้เปรียบได้เหมือนการถูมือทั้งสองข้างเข้าด้วยกันทำให้เกิดการเสียดสี (fiction) จนเกิดความร้อนในที่สุด ไมโครเวฟก็เช่นเดียวกัน เมื่อมีการดูดซึมพลังงานความร้อนเข้าไปในสารจะทำให้เกิดการเสียดสีในโมเลกุลโครงสร้าง จนเกิดความร้อน โดยจะเป็นการเปลี่ยนแปลง ขั้วในสนามไฟฟ้า คล้ายกับการหมุนขั้วอย่างอ่อน ส่วนประกอบในอาหารส่วนใหญ่คือน้ำซึ่งมีขั้วรวมทั้งสารอาหารอื่นๆในอาหารที่มีขั้วด้วย จะเหมือนแท่งแม่เหล็กที่ได้รับสนามไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว โมเลกุลที่มีขั้วจะเกิดการเรียงตัวตามแนวขั้วบวกและลบสลับไปมา เกิดการเสียดสีจนเป็นความร้อนขึ้น (Fellows . 1990)

ไมโครเวฟเป็นพลังงานรูปแบบใหม่ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ในราวปี พ.ศ. 2483 และเป็นที่นิยมแพร่หลายจนกลายเป็นของใช้ภายในครัวเรือน ในรูปของเตาอบไมโครเวฟที่ใช้หุงต้มหรือปรุงอาหารได้ โดยเน้นประโยชน์ของพลังงานนี้ในรูปของการประหยัดเวลา ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการของผู้คนที่ดำรงชีวิตในปัจจุบัน และเป็นส่วนสำคัญที่มีผลกระทบต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารที่ต้องการใช้พลังงานในรูปดังกล่าว มาใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหลากหลายได้อย่างเหมาะสม (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและเทคโนโลยีการอาหาร. 2540)

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายในรูปคลื่นไปรอบทิศทางในลักษณะการส่งผ่าน (Transmission) การดูดซับ(Absorption)หรือการสะท้อนกลับได้ (Reflection) โดยขึ้นอยู่กับสารที่เป็นตัวกลาง มีแหล่งกำเนิดจากแมกนิตรอน (Magnrtron) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำ เช่น 60 เฮิรตซ์ ไปเป็นสนามสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ศูนย์กลางของประจุลบและประจุบวกเปลี่ยนทิศทางหลายล้านครั้งต่อวินาที แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแบ่งออกตามความยาวคลื่นหรือความถี่ ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟจะอยู่ในช่วงของ 300 ถึง 30,000 เฮิรตซ์ (300-30,000 ล้านรอบ/วินาที) ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า (นิรนาม. 2539)

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งต่างจากคลื่นแม่เหล็กไหห้าอื่นๆ เช่น คลื่นวิทยุ ตรงที่ความยาวและความถี่คลื่น คลื่นไมโครเวฟจะอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและคลื่นอินฟาเรด โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 0.025-0.75 เมตร ความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความถี่ เนื่องจากความถี่ของคลื่นไมโครเวฟจะมีค่าใกล้เคียงกับคลื่นวิทยุและซ้อนทับกับคลื่นเรดาห์ซึ่งจะรบกวนต่อระบบการสื่อสารได้ดังนั้นจึงต้องมีการจำกัดความถี่ของคลื่นไมโครเวฟสำหรับการใช้คลื่นไมโครเวฟในอาหารนั้นความถี่คลื่นที่อนุญาตให้ใช้ได้คือ 2,450 และ 915 MHz ในสหรัฐอเมริกา ส่วนในยุโรปความถี่คลื่นที่อณุญาตให้ใช้ได้คือ 986 MHz ทั้งนี้เนื่องจากความยาวคลื่นที่ความถี่เหล่านี้สอดคล้องกับขนาดของอาหาร ซึ่งทำให้การให้ความร้อนมีประสิทธิภาพค่อนข้างมากกว่าที่จะใช้คลื่นความถี่สูงหรือต่ำกว่านี้ ความลึกของการทะลุทะลวงเข้าไปในอาหารเกี่ยวข้องกับความถี่ของคลื่น (วิไล รังสาดทอง. 2543) โดยทั่วไปความถี่ของไมโครเวฟยิ่งต่ำ ความสามารถในการทะลุทะลวงยิ่งมากขึ้น เช่น พลังงานไมโครเวฟที่ความถี่คลื่น 915 MHz จะทะลุทะลวงได้ดีกว่าพลังงานไมโครเวฟที่ความถี่คลื่น 2450 MHz เนื่องจากความยาวคลื่นที่มากกว่าการประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟในอุตสาหกรรมอาหารลักษณะการให้ความร้อนแก่อาหารโดยใช้คลื่นไมโครเวฟนั้นจะให้ความร้อนแก่อาหารโดยเฉพาะภายในของอาหาร ซึ่งอัตราการให้ความร้อนสูง เป็นไปอย่างรวดเร็ว ไม่ก่อให้เกิดผิวหน้าอาหารร้อนเกินไป จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือความเสียหายของผิวหน้าอาหารและไม่เกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นความน่าสนใจและดึงดูดให้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารบางชนิดที่ต้องการหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวเนื่องจากพลังงานไมโครเวฟทำให้อาหารร้อนขึ้นทั้งชิ้นพร้อมทั้งระเหยความชื้น จึงนับเป็นการช่วยแก้ปัญหาเรื่องที่อาหารสามารถนำความร้อนต่ำได้ทำให้สามารถป้องกันความร้อนจากผิวหน้าอาหารได้ ช่วยปรับปรุงการถ่ายเทความชื้นในช่วงท้ายของการทำแห้งและลดการเกิดเปลือกแข็ง (case hardening) ทั้งนี้เพราะไมโครเวฟจะเลือกให้ความร้อนเฉพาะส่วนที่ชื้น โดยส่วนที่แห้งจะไม่ได้รับผลกระทบแต่อย่างใด ซึ่งไม่จำเป็นต้องให้ความร้อนแก่อากาศในปริมาณมาก จึงสามารถลดการเกิดออกซิเดชั่นโดยออกซิเจนได้ มีการใช้ไมโครเวฟสำหรับการทำแห้งอาหารที่แห้งแล้วเป็นบางส่วนในขั้นตอนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ความร้อนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave heating) การทำให้อาหารสุกโดยอาศัยพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ ตัวคลื่นจะส่งผ่านเข้าไปในอาหาร ในขณะที่กำลังอบอาหารอยู่ คลื่นไมโครเวฟจะดูดความชื้นที่มีอยู่ในอาหารและแพร่กระจายเข้าไปในอาหาร ทำให้เกิดความร้อนและทำให้อาหารสุก ซึ่งหลักการเกิดความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ จะเกี่ยวข้องกับลักษณะไดโพลของปริมาณน้ำในอาหารมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดความร้อนด้วยไมโครเวฟ โครงสร้างโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนที่มีประจุลบ ซึ่งแยกออกจากอะตอมของไฮโดรเจน ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าไดโพลทางไฟฟ้า (Electric dipole) เนื่องจากประจุไฟฟ้าบวกและลบของโมเลกุลน้ำวางอยู่ในตำแหน่งที่สมมาตรกันเมื่อให้คลื่นไมโครเวฟหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสลับอย่างรวดเร็วแก่อาหาร ไดโพลของน้ำจะพยายามจัดเรียงตัวตามการเปลี่ยนแปลงทิศทางของสนามไฟฟ้าในแต่ละครั้ง สนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนหลายล้านครั้งต่อวินาที ทำให้น้ำหรือโมเลกุลที่มีขั้วต่างๆหมุนเพื่อรักษาการจัดเรียงตัวด้วยการเปลี่ยนขั้วอย่างรวดเร็ว การหมุนของโมเลกุลต่างๆเหล่านี้ทำให้เกิดแรงเสียดทานกับตัวกลางที่อยู่รอบๆและเกิดความร้อนขึ้น อาหารร้อนขึ้นเมื่อมีการดูดซับคลื่นหรือพลังงานไว้(วิไล รังสาดทอง. 2543) ไมโครเวฟเดินทางเป็นเส้นตรงเหมือนแสง ถูกสะท้อนกลับเมื่อกระทบโลหะ เคลื่อนที่ผ่านอากาศ สามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว พลาสติก กระดาษ หรือไม้หรือถูกดูดซับโดยส่วนประกอบในอาหารซึ่งมีน้ำเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อนขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับวัตถุต่างๆ ไอออนหรืออนุภาคที่มีประจุจะถูกดึงดูดหรือผลักออกไปโดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งถูกเร่งหรือชนกับโมเลกุลอื่นๆทำให้เกิดความร้อนขึ้น การให้ความร้อนที่เป็นแบบไดอิเล็กทริกหรือความร้อนที่เกิดขึ้นภายในวัตถุโดยตรงขณะที่คลื่นที่ผ่าน ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าการให้ความร้อนโดยทั่วไปที่อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อน 3 วิธี คือ การนำ การพาและการแผ่รังสี(นิรนาม. 2539)

2.3 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ (Physiochemical properties)

2.3.1 การดูดซับน้ำ การพองตัว และการละลาย

แป้งดิบที่ไม่ละลายในน้ำ ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลลาติไนซ์เซชั่น เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่ง เกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆกัน แต่เมื่ออุณหภูมิของของผสมน้ำกับแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลลาติไนซ์เซชั่น พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระ เม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น คุณสมบัติของการเกิดไบริฟริงเจนหมดไป นอกจากนี้แล้วเมื่อมีการให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดสตาร์ชจะเกิดการพองตัวแล้ว บางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของเม็ดสตาร์ชแสดงเป็นปริมาตรของน้ำหนักหรือน้ำหนักของเม็ดสตาร์ชที่เพิ่มมากที่สุด เมื่อเม็ดสตาร์ชพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในสารละลายทั้งหมดที่สามารถละลาย(Kerr. 1950)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายของอาหาร

หมายถึง การที่อาหารยังคงมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneuos) เมื่อทำการแช่เยือกแข็งโดยไม่มีลักษณะเป็นก้อน(Lumpy) เป็นเม็ด(Grainy) หรือมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ (Spongy) และปราศจากของเหลวแยกตัวออกมา(Syneresis) ในอาหารแช่แข็งและละลายสลับกันหลายๆครั้ง อาจเกิดเป็นรอบสั้นๆในช่วงการเก็บรักษาหรือการขนส่ง การละลายอาจไม่ได้เกิดอย่างสมบูรณ์ทั้งหมดโดยการเกิดเป็นจุดๆเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน(Lineback and Inglett. 1982) ในระหว่างการแช่แข็งในระบบที่มีสตาร์ชกับน้ำผสมกันอยู่จะกลายเป็นน้ำแข็งทำให้สตาร์ชเข้มข้นขึ้น ซึ่งช่วยเร่งการเกาะกันของสายโมเลกุลสตาร์ช การเกาะกันอาจเกิดอย่างถาวรหรือผันกลับได้ ถ้าสายโมเลกุลส่วนมากที่เกาะกันอยู่แสดงคุณสมบัติที่ผันกลับได้ แสดงว่าสตาร์ชมีความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการละลาย โมเลกุลของสตาร์ชจะละลาย ได้อีกครั้งในระหว่างการละลายของน้ำแข็ง การเกาะกันของสายโมเลกุลขึ้นกับพีเอช ปริมาณหรือวอเตอร์แอคติวิตี(Water activity) ความแรงของไอออน (Ionic strength) โครงรูป(Conformation) หรือโครงสร้างของสายโมเลกุล รวมถึงการมีส่วนประกอบอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้อง การแช่เยือกแข็งและการละลายหลายๆครั้งเป็นการทำลายเนื้อสัมผัสเนื่องจากการขยายขนาดของผลึกน้ำแข็ง (Kerr.1950) สตาร์ชที่ประกอบด้วยอะไมโลเพกตินเกือบทั้งหมดจะมีความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายมากกว่าสตาร์ชที่มีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบด้วย เนื่องจากคุณสมบัติของอะไมโลเพกตินมีกิ่งก้านมาก แต่ถึงอย่างไรก็ตามจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสหลังการแช่แข็งและละลาย ในอาหารชุบแป้งทอดที่แช่แข็ง ถ้าแป้งไม่มีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและละลาย แป้งที่ห่อหุ้มอาหารจะหลุดออก เนื่องจากการหดตัวของแป้งเพราะน้ำแยกตัว (Kerr. 1950)

2.4. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งหลังผ่านไมโครเวฟ

MacArthur และคณะ(1981) นำแป้งสาลีพันธุ์ฮาร์ดเรดสปริง (Hard red spring) มาให้ไมโครเวฟ (625 W) เป็นเวลา 480 วินาที และเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน นำแป้งที่ผ่านการให้รังสีมาทำขนมปัง พบว่าไมโครเวฟที่ให้แก่แป้งทำให้ขนมปังที่ได้มีลักษณะของปริมาตรและการอุ้มน้ำดีกว่าขนมปังที่ไม่ผ่านไมโครเวฟ เนื่องจากไปทำให้เกิดการเปลี่นยแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีของแป้ง เมื่อตรวจคุณสมบัติของของผสมแป้ง(past) พบว่าไมโครเวฟไปลดคุณสมบัติความคงทนของของผสม ลดอัตราการเกิดรีโทรกราเดชั่น(retrogradation) ลดความหนืดของแป้ง ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะสูงขึ้นเมื่อเก็บไว้นาน 4-6 เดือน

Yiu และคณะ (1991) เปรียบเทียบผลของการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกับการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม(conventional cooking)ต่อแป้งและเบต้ากลูแคน(beta-glucan) ในข้าวโอ๊ต พบว่าการแพร่กระจายของแป้งเจลลาติไนส์และการละลายของเบต้ากลูแคนเมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครเวฟลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม โครงสร้างของเม็ดแป้ง(starch granule) เมื่อผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะมีขนาดเล็กกว่า และผนังเซลล์ของแป้ง (starch) มีการถูกทำลายน้อยกว่าการให้ความร้อนแบบดั้งเดิม เป็นผลให้มีการละลายน้อยกว่า

Umbach และคณะ (1992) ศึกษาผลของไมโครเวฟต่อการแพร่กระจายของน้ำ (seldiffusion coefficent ; D) และคุณสมบัติด้านไดอิเล็กตริก (dieiectric properties) โดยของผสมระหว่างแป้ง กลูเตน และน้ำเป็นปัจจัยที่ทำการศึกษา พบว่าคุณสมบัติไดอิเล็กตริกไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่การแพร่การจาย (D) มีการเปลี่ยนแปลง โดยปริมาณน้ำมีผลต่อค่าความแตกต่างสถิติอย่างมีนัยสำคัญต่อการแพร่กระจาย (D) ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) และค่าไดอิเล็กตริกลอส (dielectric loss)

Narkrugsa (1996) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังเมื่อผ่านไมโครเวฟที่ความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ต ที่เวลาและปริมาณความชื้นระดับต่างๆ เปรียบเทียบกับแป้งดิบ (native starch) พบว่าแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟมีคุณสมบัติความคงทนต่อแรงเฉือน ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายลดลง เมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนและปริมาณความชื้นเริ่มต้น

Anderson และคณะ (2001) ทำการให้ไมโครเวฟที่ความถี่ 2450 MHz แก่ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว พบว่าแป้งข้าวเหนียวมีอัตราการเกิดความร้อนสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากกิ่งก้านอะไมโลเพคตินของแป้งข้าวเหนียว เวลาในการให้ความร้อนนั้นทำให้การย่อยสลายแป้งนานขึ้น คุณสมบัติด้านความหนืดเมื่อวัดด้วย rapid viscosity และ setback viscosity ลดลง ผลของไมโครเวฟต่อแป้งทำให้เกิดการดัดแปรคุณค่าทางโภชนาการ โดยมีเวลาและความร้อนเป็นปัจจัยที่สำคัญ แป้งข้าวที่ได้ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนานขึ้น จึงช่วยควบคุมและป้องกันโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูงได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ข้าวเปลือก

โดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิ 105 และข้าวเปลือกพันธุ์ กข. 6 จากศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดอุบลราชธานี (ฤดูเก็บเกี่ยว เดือนพฤศจิกายน 2548)โดยมีระยะการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 3 – 6 เดือน

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

3.1.2.1. Ethyl algohol

3.1.2.2. Sulfuric acid

3.1.2.3. Sodiumhydrocside

3.1.2.4. Hydrocloric acid

3.1.2.5. Boric acid

3.1.2.6. Cobpersulphate

3.1.2.7. Potassiumsulphate

3.1.2.8. Petrolium ether

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

3.2.1 ชุดวิเคราะห์โปรตีน	Buchi – B316	เยอรมัน
3.2.2 ชุดวิเคราะห์ไขมัน	Buchi – B810	สหรัฐอเมริกา
3.2.3 ตู้อบลมร้อน(hot air oven)	Memmert	เยอรมัน
3.2.4 เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)	Backman Coulter Inc.	สหรัฐอเมริกา
3.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง	Hr 200	ญี่ปุ่น
3.2.6 เตาเผา(muffle furnace)	Carbolite	อังกฤษ
3.2.7 เครื่องผสม (rotor mix)	R2R2 ,HeidolphKG.	เยอรมัน
3.2.8 ไมโครเวฟ	900 วัตต์	
3.2.9ตู้อบแห้ง (tray dry)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สถานที่ทดลอง

3.3.1. ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมอาหาร โครการคณะอุตสาหกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.2. ตึกProcessing 1 ภาควิชาอุตสาหกรรมอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

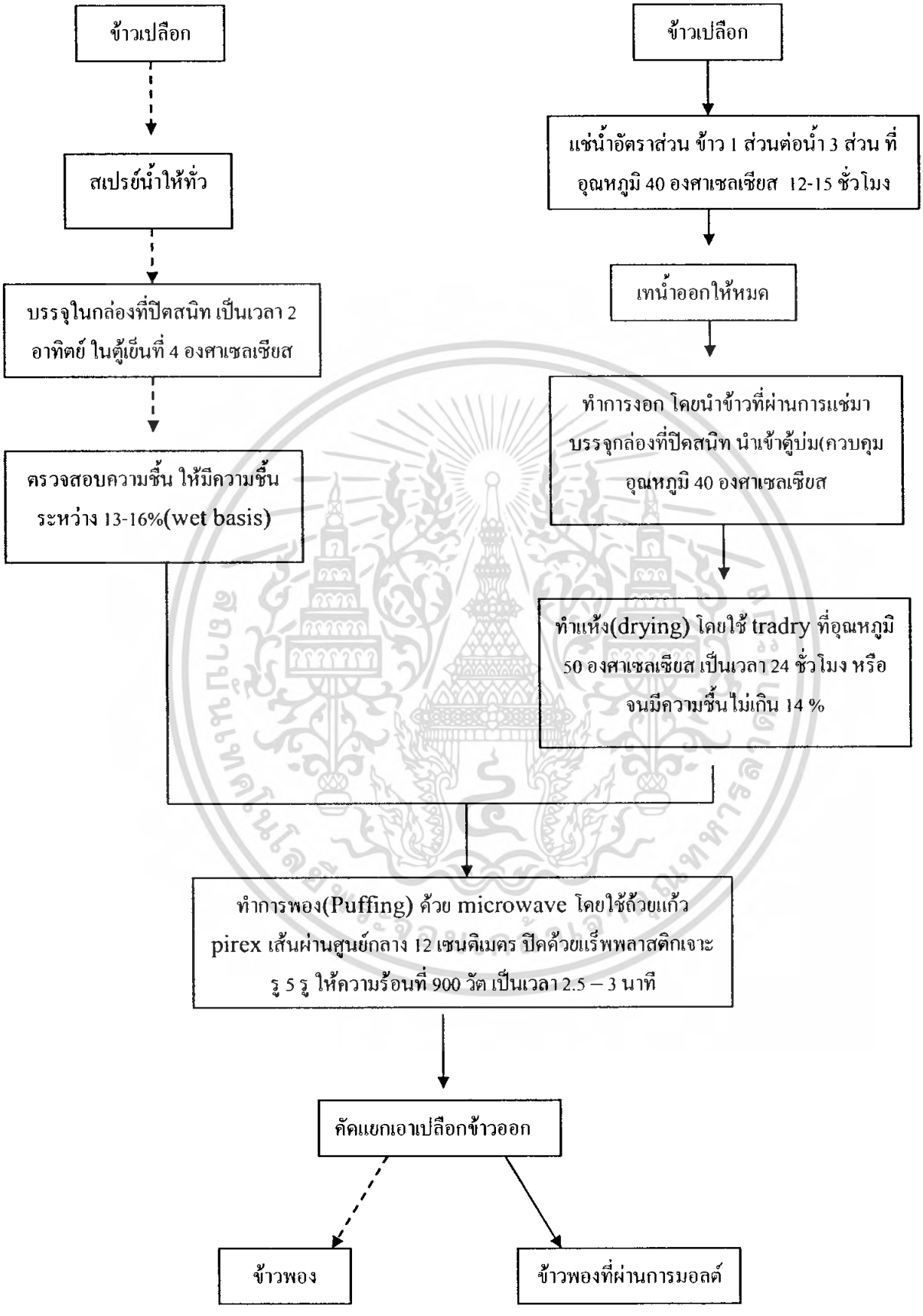
3.3 วิธีการดำเนินงาน

การเตรียมวัตถุดิบ

ข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิ 105 และ กข. 6 จากศูนย์วิจัยข้าว จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีระยะการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 3-6 เดือน การเก็บรักษา จะต้องลดความชื้นลงเหลือประมาณ12-14% จึงจะมีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นาน ถ้าต้องการเก็บรักษาข้าวเปลือกในระยะ 2-3 เดือน ควรลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือไม่เกิน 14 % ถ้าต้องการเก็บให้นานหลายเดือน ควรลดความชื้นข้าวเปลือกถึง 12-15% ทำความสะอาดเมล็ดข้าวเปลือกไม่ให้มีเศษฟาง ระแง้ อิฐ หิน ดิน ทราย หรือเมล็ดข้าวหักเพื่อไม่ให้เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค นำข้าวเปลือกที่สะอาดเก็บในที่สะอาด มีอากาศถ่ายเทสะดวก มีตาข่ายป้องกันนก หนูแมลงและศัตรูอื่นๆโดยบริเวณโดยรอบต้องสะอาดถ้าบรรจุข้าวเปลือกด้วยกระสอบแล้วจึงเก็บ(อรอนงค์ 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำข้าวพอง



ภาพที่ 3.1 : แสดงขั้นตอนการทำข้าวพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวพอง

ศึกษาคุณสมบัติของข้าวพองได้โดยนำข้าวพองมาผ่านการปั่นละเอียดแล้วตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆดังนี้

3.4.1.1. วิเคราะห์ปริมาณความชื้นจากวิธีของAOAC 32.1.03(1995)โดยใช้Hot air oven

3.4.1.2. วิเคราะห์ปริมาณเถ้าจากวิธีของAOAC 32.1.05(1995)

3.4.1.3. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนจากวิธีของ AOAC 32.1.22(1995) วิธีเจลดาลห์โดยใช้ คอปเปอร์เป็นคะตะลิส

3.4.1.4. วิเคราะห์ปริมาณไขมันจากวิธีของAOAC 32.1.13(1995)

3.4.1.5. วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยจากวิธีของAOAC 32.1.15(1995)

3.4.1.6. ตรวจสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ(water absorption index ; %WAI)ดัดแปลงจากวิธีของ Andersonและคณะ 1969

3.4.1.7. ตรวจสอบความสามารถในการละลายน้ำ(water solubility index ; %WSI) ดัดแปลงจากวิธีของ Andersonและคณะ 1969

3.4.1.7. ตรวจสอบความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการละลาย (Freeze-thaw stability) ตามวิธีของ Narkrugsa. (1996) ที่ดัดแปลงจากวิธีของ Schoch. (1968)

3.4.1.8. การหาปริมาตรข้าวพอง(Bulk density) ดัดแปลงจากวิธีของ Mariotti(2006)

3.4.1.9. การหาคุณภาพของการพอง(Expansion ratio)

3.4.1.10 การหาประสิทธิภาพของการพอง(%YEILD)

3.4.2. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ได้จากการศึกษา

จากการศึกษาการนำผลิตภัณฑ์ข้าวพองมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพโดยนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ใช้แผนการทดลองแบบ CRDด้วยโปรแกรม SPSS Vertion 11.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของข้าวพอง

จากการนำข้าวเปลือก 2 สายพันธุ์ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและที่ไม่ผ่านการมอลต์มาทำการพองด้วยไมโครเวฟแล้ว นำมาปั่นละเอียดเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีในด้านของสารอาหารที่มีอยู่ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารระหว่างข้าวที่ผ่านกระบวนการมอลต์กับข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพอง ได้ผลดังตารางที่4.1 แล้วนำมาพลอตกราฟ ดังภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 ทำให้เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนและพบว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองทั้ง 2 สายพันธุ์(หอมมะลิ 105 ,กข6)ให้ผลไปในทางเดียวกันคือจะมีปริมาณของโปรตีน , ไขมัน , เถ้า และคาร์โบไฮเดรตลดลงอย่างชัดเจนแต่จะมีปริมาณของเยื่อใยเพิ่มขึ้นสูงมาก

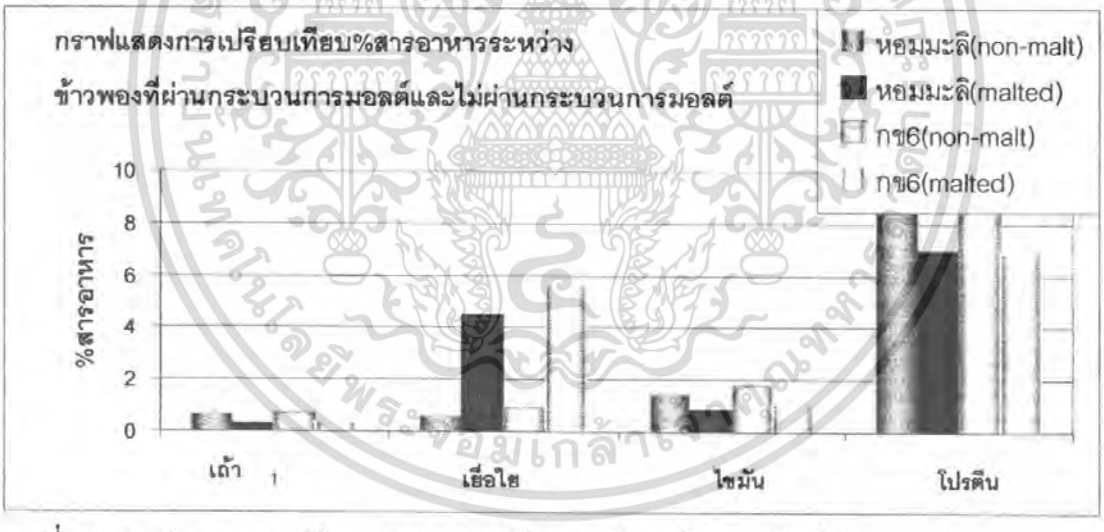
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ง) แบบสุ่มอย่างสมบูรณ์(CRD)เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างข้าวที่ผ่านการมอลต์กับข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพอง พบว่าข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ 105 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองมีปริมาณของโปรตีน , เถ้า,เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรตแตกต่างจากข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ 105 ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพองอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าปริมาณของไขมันที่มีในข้าวพองไม่แตกต่างกัน ส่วนข้าวพันธุ์กข 6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองจะมีปริมาณของโปรตีน,ไขมัน,เถ้า,เยื่อใยแตกต่างจากข้าวกข6 ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง อย่างมีนัยสำคัญและพบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวพองไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ(เปอร์เซ็นต์)*			
	หอมมะลิ105		กข6	
	ไม่ผ่านการมอลต์	ผ่านการมอลต์	ไม่ผ่านการมอลต์	ผ่านการมอลต์
โปรตีน	8.74±0.02	6.96±0.06	8.72±0.16	6.88±0.11
ไขมัน	1.46±0.19	0.87±0.69	1.80±0.13	1.07±0.19
เถ้า	0.69±0.02	0.34±0.09	0.69±0.05	0.37±0.01
เยื่อใย	0.66±0.05	4.52±0.01	0.93±0.06	5.67±0.47
คาร์โบไฮเดรต	82.28±0.21	81.24±0.01	8.17±0.11	79.83±0.72

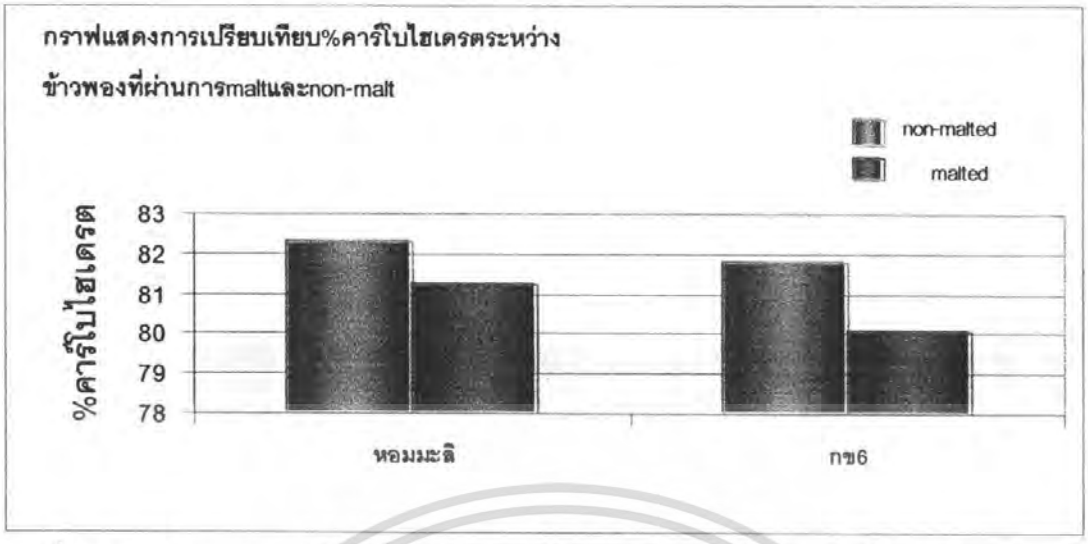
หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

97070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และ กข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

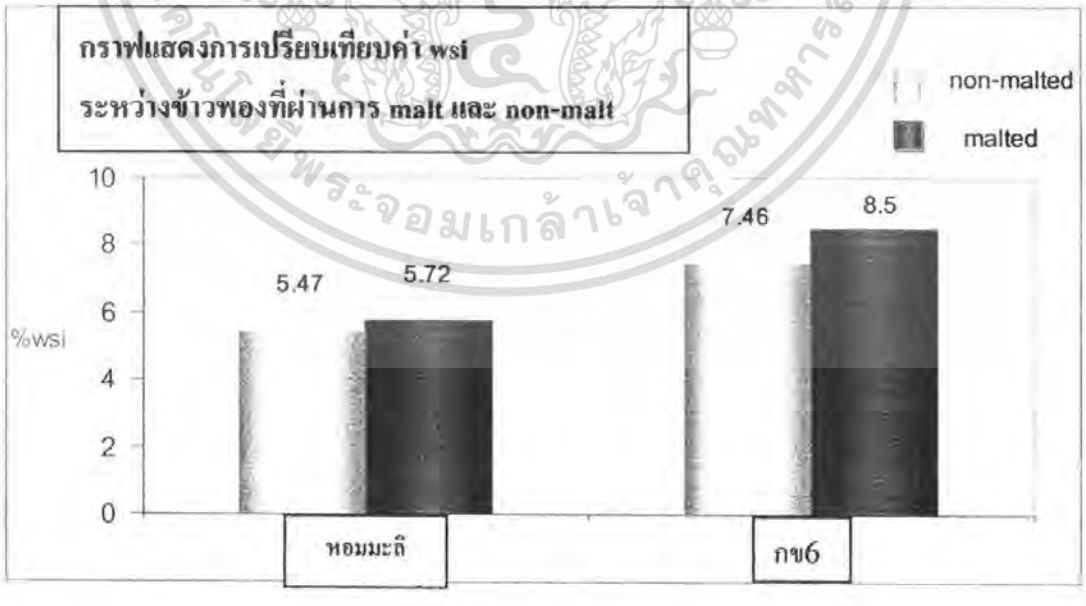
4.3.1. ความสามารถในการละลายน้ำ (Water solubility index : WSI)

จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อหาค่าความสามารถในการละลายน้ำทำให้ได้ผลดังตารางที่ 4.2 จากนั้นนำค่าในตารางมาพลอตกราฟได้กราฟดังภาพที่ 4.3 และจากภาพที่ 4.3 พบว่าข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนนำมาทำการพองจะมีค่าความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) เพิ่มสูงขึ้นมากว่าข้าวหอมมะลิ 105 ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง และเช่นเดียวกัน ข้าวพันธุ์ กข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพองมีค่าความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) สูงกว่าข้าวพันธุ์กข6 ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพอง

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบความสามารถในการละลายน้ำของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

องค์ประกอบ	หอมมะลิ105		กข6	
ทางกายภาพ	ไม่ผ่านการมอลต์	ผ่านการมอลต์	ไม่ผ่านการมอลต์	ผ่านการมอลต์
WSI,%*	5.47	5.72	7.46	8.50

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า WSI% ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

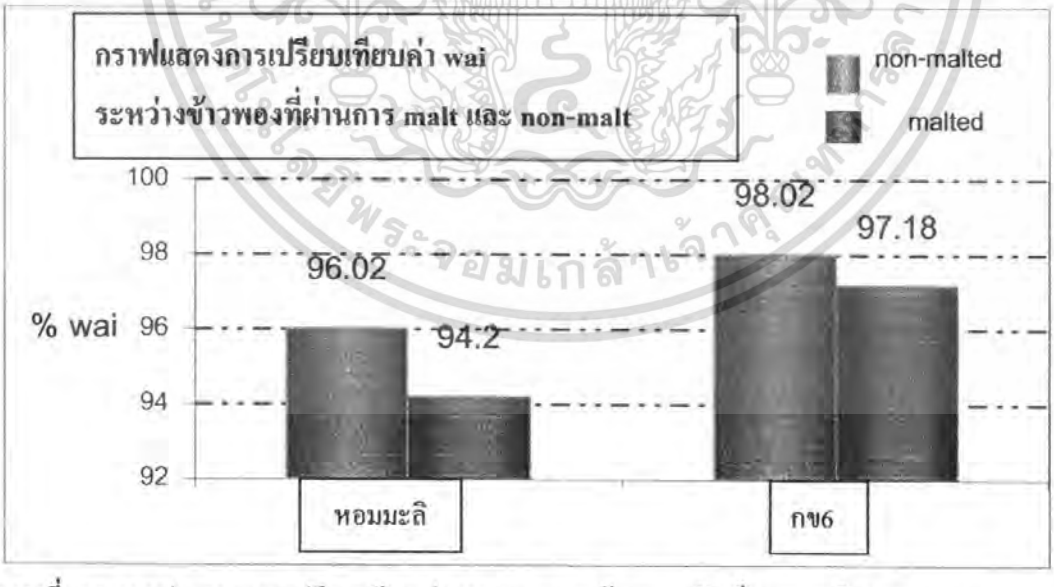
4.3.2. ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water abs0rption index : WAI)

จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำทำให้ได้ผลดังตารางที่ 4.3 จากนั้นนำค่าในตารางมาพลอตกราฟได้กราฟดังภาพที่ 4.4 และจากภาพที่ 4.4 พบว่าข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนนำมาทำการพองจะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (WAI) น้อยกว่าข้าวหอมมะลิ 105 ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง และเช่นเดียวกัน ข้าวพันธุ์ กข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพองมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (WAI) ต่ำกว่าข้าวพันธุ์กข6 ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพอง

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

องค์ประกอบ	หอมมะลิ105		กข6	
ทางกายภาพ	ไม่ผ่านการมอลต์	ผ่านการมอลต์	ไม่ผ่านการมอลต์	ผ่านการมอลต์
WAI,กรัม/กรัม*	96.02	94.20	98.02	97.18

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า WAI% ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3. ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง (Freeze thaw stability : %FTS)

จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อหาค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งทำให้ได้ผลดังตารางที่ 4.4 จากนั้นนำค่าในตารางมาพลอตกราฟได้กราฟดังภาพที่ 4.5 และจากภาพที่ 4.5 พบว่าข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนนำมาทำการพองจะมีค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง(%FTS) มากกว่าข้าวหอมมะลิ 105 ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง และเช่นเดียวกัน ข้าวพันธุ์ กข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพองมีค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง(%FTS) สูงกว่าข้าวพันธุ์กข6 ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพอง

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

องค์ประกอบ	หอมมะลิ105		กข6	
ทางกายภาพ	ไม่ผ่านการมอลต์	ผ่านการมอลต์	ไม่ผ่านการมอลต์	ผ่านการมอลต์
FTS,%*	56.43	89.98	59.02	81.83

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Freeze-Thaw ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ประสิทธิภาพของการพอง(%YEILD)

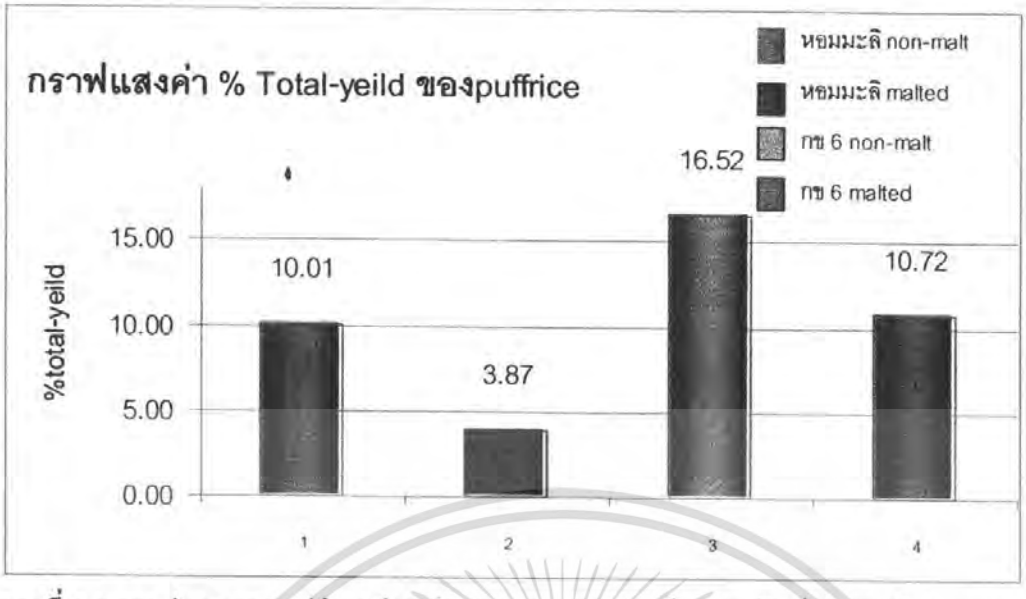
จากการนำข้าวเปลือกสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์และไม่ผ่านการมอลต์แล้วจึงนำไปพองครั้งละ 50 กรัมโดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นทำการคัดแยกขนาดของข้าวพองเป็น 3 ขนาดคือ ข้าวพองที่มีความบานน้อยมาก(small),ข้าวพองที่มีความบานปานกลาง(medium),ข้าวพองที่มีความบานมากที่สุด(fully) แล้วนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของการพองได้ผลดังตารางที่ 4.5 แล้วนำค่าที่ได้ในตารางมาพลอตกราฟดังภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 จากภาพที่ 4.6 พบว่าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนทำการพองจะให้ปริมาณของข้าวพองมากกว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนแล้วนำมาพอง และจากกราฟที่ 4.7 พบว่าข้าวหอมมะลิ 105 เมื่อผ่านการมอลต์ก่อนพองจะให้ปริมาณของข้าวพองที่มีขนาดความบานมาก(fully) และขนาดที่มีความบานปานกลาง(medium) น้อยลง
แต่จะให้ข้าวพองที่มีขนาดบานน้อย(small) เพิ่มขึ้น ข้าวพันธุ์กข6 เมื่อผ่านการมอลต์ก่อนพองจะให้ปริมาณข้าวพองที่มีขนาดความบานมาก(fully)และขนาดที่มีความบานน้อย(small) ลดลงแต่จะให้ข้าวพองที่มีขนาดบานปานกลาง(medium)เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบ %yield ของข้าวพองสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

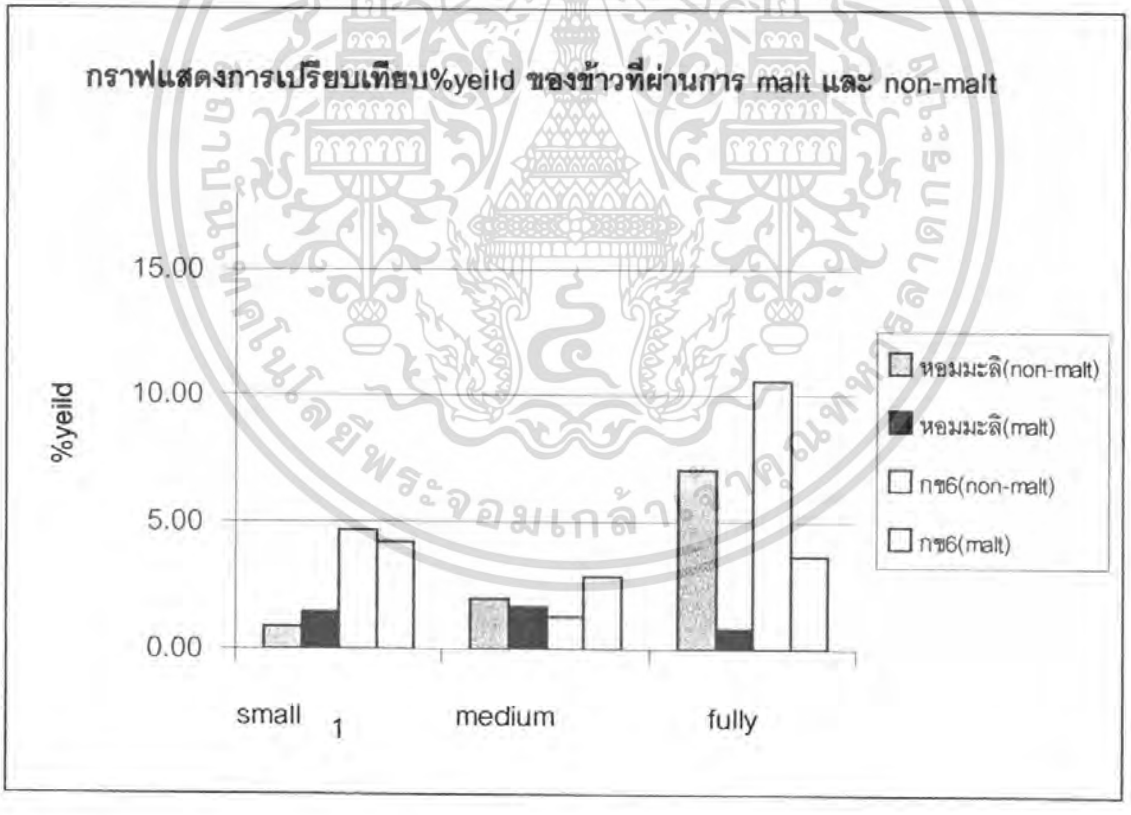
ชนิดของพันธุ์ข้าว	% yield*			
	small	medium	fully	total
หอมมะลิ105 (ไม่ผ่านการมอลต์)	0.9	2.02	7.09	10.01
หอมมะลิ105 (ผ่านการมอลต์)	1.4	1.69	0.78	3.87
กข6 (ไม่ผ่านการมอลต์)	4.68	1.27	10.57	16.52
กข6 (ผ่านการมอลต์)	4.18	2.86	3.68	10.72

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า %total-yeild ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า %yield ที่ความพองต่างระดับของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ 105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 การหาปริมาตรของข้าวพอง(Bulk density)

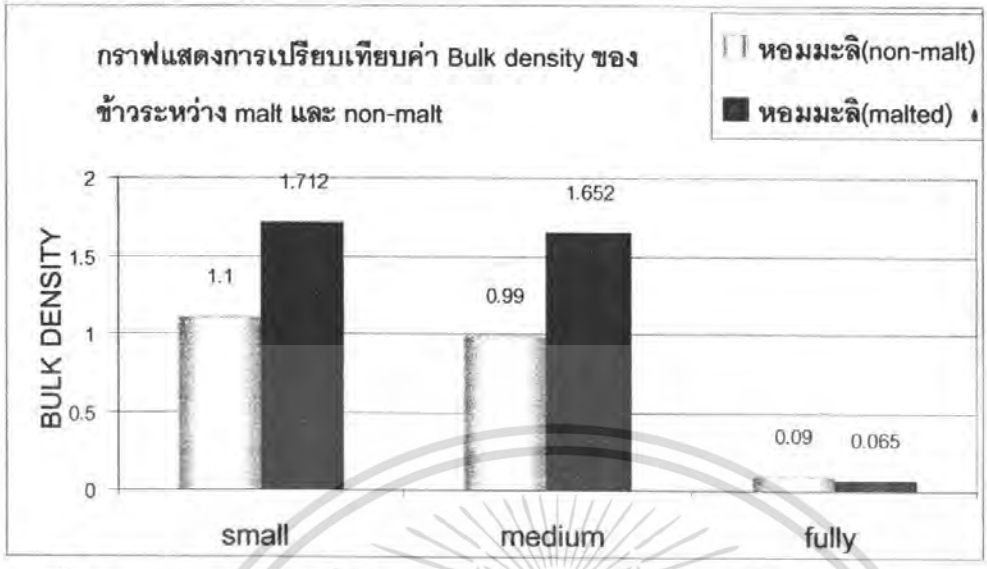
จากการนำข้าวเปลือกสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์และไม่ผ่านการมอลต์แล้วจึงนำไปพองครั้งละ 50 กรัมโดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นทำการคัดแยกขนาดของข้าวพองเป็น 3 ขนาดคือ ข้าวพองที่มีความบานน้อยมาก(small),ข้าวพองที่มีความบานปานกลาง(medium),ข้าวพองที่มีความบานมากที่สุด(fully)แล้วนำมาทำการแทนที่ด้วยเมล็ดแมงลักเพื่อหาปริมาตรได้ผลดังตารางที่ 4.6 แล้วนำมาพลอตกราฟได้ดังกราฟที่ 4.8 และกราฟที่ 4.9 พบว่าข้าวหอมมะลิที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองจะมีปริมาตรของข้าวพองที่ขนาดบานน้อย(small)และบานปานกลาง(medium) สูงกว่าข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพองแต่มีปริมาตรของข้าวพองขนาดบานมาก(fuuly)น้อยกว่าข้าวเปลือกที่ผ่านการมอลต์ ข้าวพันธุ์กข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองจะมีปริมาตรของข้าวพองมากกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์(ที่ข้าวพองทุกขนาดความบาน)

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบ bulk density ของข้าวพองสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

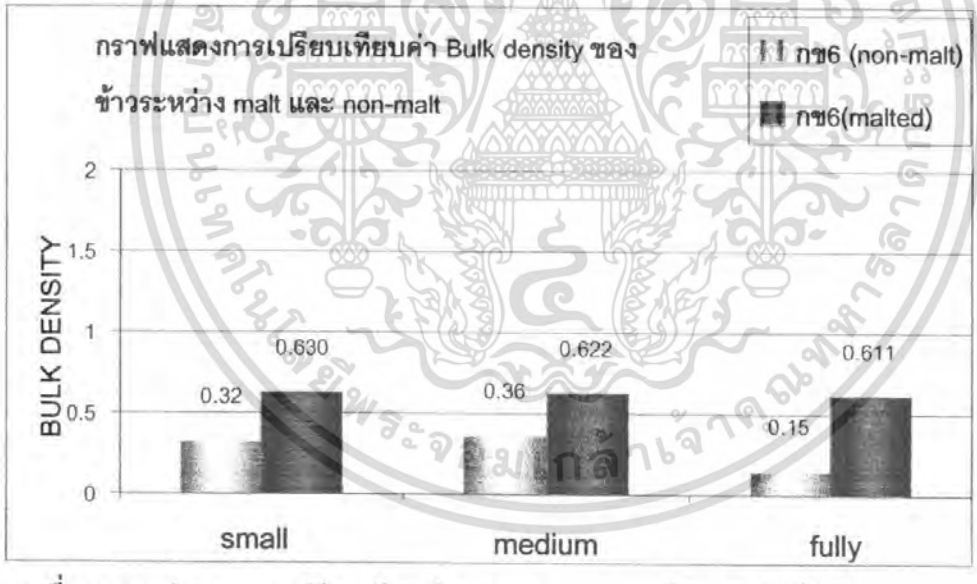
ชนิดของพันธุ์ข้าว	BULK DENSITY*		
	small	medium	fully
หอมมะลิ105 (ไม่ผ่านการมอลต์)	1.1	0.99	0.09
หอมมะลิ105 (ผ่านการมอลต์)	1.712	1.652	0.065
กข 6 (ไม่ผ่านการมอลต์)	0.32	0.36	0.15
กข 6 (ผ่านการมอลต์)	0.63	0.622	0.611

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า bulk density ของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า bulk density ของข้าวสายพันธุ์กข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 คุณภาพของการพอง(Expansion ratio)

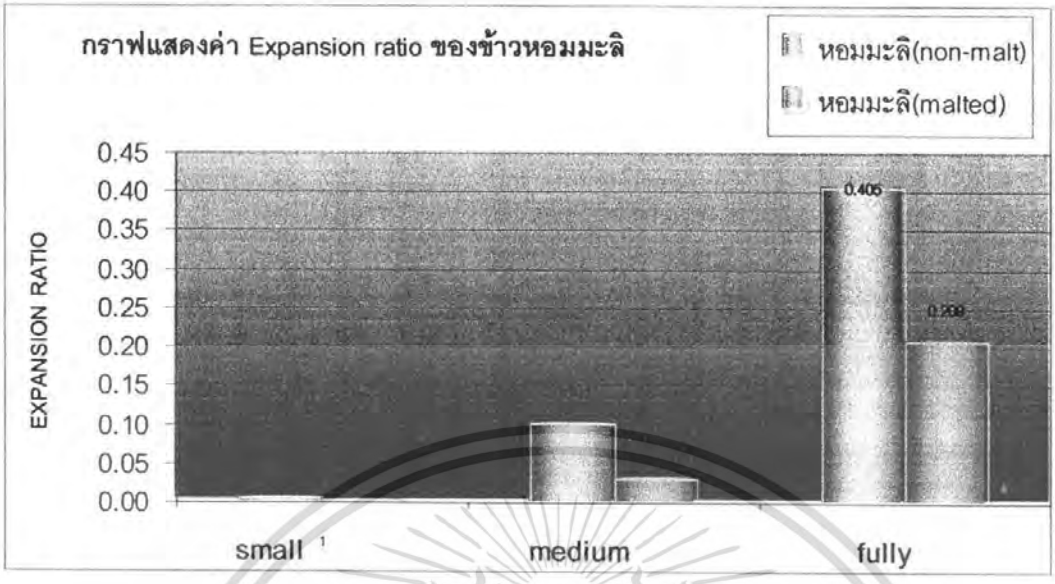
จากการนำข้าวเปลือกสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์และไม่ผ่านการมอลต์แล้วจึงนำไปพองครั้งละ 50 กรัมโดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นทำการคัดแยกขนาดของข้าวพองเป็น 3 ขนาดคือ ข้าวพองที่มีความบานน้อยมาก(small),ข้าวพองที่มีความบานปานกลาง(medium),ข้าวพองที่มีความบานมากที่สุด(fully) พบว่าข้าวเปลือกทั้ง 2 สายพันธุ์เมื่อผ่านการมอลต์ก่อนพองจะมีความสามารถในการบานลดลงที่ดังภาพที่ 4.10 และภาพที่ 4.11

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบ expansion ratio ของข้าวพองสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

ชนิดของพันธุ์ข้าว	EXPANSION RATIO*		
	small	medium	fully
หอมมะลิ105 (ไม่ผ่านการมอลต์)	0.004	0.101	0.405
หอมมะลิ105 (ผ่านการมอลต์)	0.002	0.032	0.209
กข 6 (ไม่ผ่านการมอลต์)	0.076	0.019	0.380
กข 6 (ผ่านการมอลต์)	0.067	0.013	0.206

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Expansion ratioของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Expansion ratioของข้าวสายพันธุ์กข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105และกข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง พบว่าข้าวพองที่ผ่านการมอลต์จะมีปริมาณของเถ้า , โปรตีน ,ไขมัน ,คาร์โบไฮเดรต ลดลง แต่จะมีปริมาณของ เยื่อใยสูงขึ้น

5.2 จากการตรวจสอบความสามารถในการละลายน้ำ (Water solubility index : WSI) พบว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองทั้ง 2 สายพันธุ์จะมีความสามารถในการละลายน้ำดีกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

5.3 จากการตรวจสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water abs0rption index : WAI) พบว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองทั้ง 2 สายพันธุ์จะดูดซับน้ำได้น้อยกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

5.4 จากการตรวจสอบความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง (Freeze thaw stability : %FTS) พบว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองทั้ง 2 สายพันธุ์จะมีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งได้ดีกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

5.5 จากการหาประสิทธิภาพของการพอง(%YEILD) พบว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองทั้ง 2 สายพันธุ์จะให้ปริมาณของข้าวพองที่ได้น้อยกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และจะให้ข้าวพองที่ขนาดความบานมาก(fully) ลดลงแต่จะให้ข้าวพองที่ขนาดความบานปานกลาง(medium)เพิ่มขึ้นสำหรับข้าวพันธุ์กข6 และให้ขนาดความบานน้อย(small)เพิ่มขึ้นสำหรับข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105

5.6 การหาปริมาตรของข้าวพอง(Bulk density) พบว่าข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองจะมีปริมาตรของข้าวพองมากกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

5.7 การหาคุณภาพของการพอง(Expansion ratio) พบว่าข้าวที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองจะมีความบานลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2540.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรนาม . 2539. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาการถนอมและแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

วิไลรัง สาคทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานการค้าภายในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา กรมการค้าภายใน. 2550. แหล่งกำเนิดของข้าว : ชนิดของข้าว. อยุธยา . 11น.

Anderson, A.K. , Guraya H.S. and Chapange, E.T. 2001 . Digestibility and pasting properties of microwave heat-moisture tread rice starch. www.comex.com/techprogram/paper/344.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16 th ed. Virginia : The Assoiation of Analysis Chemist.

Fellow, P.J. 1990. Food processing technology principle and practices . West Sysses : Ellis Hardwood . 2nd : 505 p.

Kerr,W. 1950. **Chemistry and industry of starch** .New York : Academic Press.

Lineback, D.R. and Inglett, G.E. 1982. **Food Carbohydrate.** Connacticut : AVI.

MacAthur, L.A. and Appolonia, B.L. 1981 . Effect of microwave radiation and storage on hard red spring wheat flour . Cereal Chem . 58:53-58.

M.Mariotti , C. Alamprese , M.A. Pagani , M. Lucisano .2006. Effect of on ultrastructure and physical characteristics of cereal grains and flours. www.elsevier.com/locate/jnlabr/yjcrs.

Narkrugsa, W. 1996 . Changes in some physicochemical properties tapioca and glutinous rice starches after microwave . Kasetsart J.(Nat.Sci) .30 : 532-538.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Umbach, S.L. , Davis, E.A. , Gordon, J. and Callanghan, P.T. 1992 . water self diffusion coefficient and dielectric properties determine for starch – gluten-water mixtures heat by microwave and conventional method . Cereal Chem .68 :372-375

Yiu, S.H. , Weicz, J. and Wood, P.J. 1991 . Comparison of the effect of microwave and convectional cooking on starch and beta-glucan in rolled oats. Cereal Chem . 68 :372-375

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC 32.1.03(1995)โดยใช้Hot air oven)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำ aluminium can อบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่โถดูดความชื้น (dessicator)ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ (4ตำแหน่ง)
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้วประมาณ 2 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียด ใส่ใน aluminium can
3. นำไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยเปิดฝา aluminium can
4. เมื่อครบเวลา ปิดฝา แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (dessicator)นำมาชั่งน้ำหนักอบซ้ำอีกครั้งละครึ่งชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.003-0.005 กรัม
5. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ- น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าจากวิธีของAOAC 32.1.05(1995)

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง และบันทึก
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 3-5 กรัม ใส่ใน crucible
3. เผาตัวอย่างบน hot plate (ทำในตู้ดูดควัน)จนหมดควัน
4. นำไปเผาที่ 600 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเป็นสีขาวทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น(dessicator) ชั่งน้ำหนักเถ้าและ crucible

6. คำนวณปริมาณเถ้าด้วยสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าและcrucibleหลังเผา- น้ำหนักcrucibleก่อนเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนจากวิธีของ AOAC 32.1.22(1995) วิธีเจลคาลห์โดยใช้ คอปเปอร์เป็นคะตะลิส

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริกเข้มข้น 2 %
3. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 นอร์มอล
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์
5. คะตะลิส (catalyst) เตรียมผสม 8:1ของโพแทสเซียมซัลเฟต (K2SO4) / คอปเปอร์ซัลเฟต(CuSO45H2O)
6. อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator)
   ก. เตรียม bromcresol green ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95% และเตรียม methyl red ความเข้มข้น 0.1% ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์
   ข. ผสม bromcresol green 10 มิลลิลิตร กับ methyl red 2 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ลงใน Kjeldahl tube
2. เติม catalyst 5 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร และ glass bead 2-3 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง
3. นำ Kjeldahl tube ต่อเข้ากับชุดย่อยโปรตีน ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส ทิ้งให้เย็น ค่อยๆเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
4. นำหลอดที่ย่อยเสร็จแล้วใส่ในเครื่องกลั่นโปรตีน(Buchi) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม ทำการกลั่น 4 นาที เก็บก๊าซแอมโมเนีย ที่ได้ในสารละลายกรดบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ที่มี อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำกรดบอริกที่เก็บก๊าซแอมโมเนียอยู่ภายในมาทำการไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนเปลี่ยนเป็นสีชมพู จดปริมาตรที่ใช้ไตเตรท
6. คำนวณหาปริมาณโปรตีนจาก

$$\%\text{ปริมาณไนโตรเจน} = \frac{(\text{ml.HCl ที่ไตเตรทตัวอย่าง} - \text{ml.Hclที่ไตเตรทกับblank}) \times 14 \times 0.1 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ร้อยละปริมาณโปรตีน = %ปริมาณไนโตรเจน x factor(6.25)

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมันจากวิธีของAOAC 32.1.13(1995)

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 130 ±3 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่
2. อบบีกเกอร์ไขมันและ glass bead ใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส นาน 2ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ ชั่งและบันทึกน้ำหนักของบีกเกอร์รวม glass beads
3. ชั่งตัวอย่างจากข้อ 1. ประมาณ 3 กรัม (dry basis) จดน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ลงในทิมเบิล(thimble)
4. นำทิมเบิลใส่ในเครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณเพียงพอที่จะทำให้เกิดการสกัดอย่างสมบูรณ์ลงในบีกเกอร์ไขมัน ใช้เวลาสกัดประมาณ 5 ชั่วโมงง
5. แยกบีกเกอร์ไขมันออกจากชุดสกัด นำบีกเกอร์ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง เพื่อระเหยอีเทอร์ให้หมด ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
6. ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณไขมัน} = \frac{[(\text{น้ำหนักบีกเกอร์}+\text{น้ำหนักไขมัน}) - \text{น้ำหนักบีกเกอร์}]}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละปริมาณไขมัน} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้}}{100 - \text{ปริมาณความชื้น}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยจากวิธีของAOAC 32.1.15(1995)

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.25% (w/v)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25 % (w/v)
3. เอทิลแอลกอฮอล์ 95%

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม(dry basis) ใส่ในบีกเกอร์ปากเรียบขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร
3. ใส่ glass beads 3 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง
4. วางบีกเกอร์ลงบน hot plate แล้ วปิดด้วยกระจกนาฬิกา ต้มเดือดนาน 30 นาที
5. คนสารละลายในบีกเกอร์เพื่อไม่ให้มีของแข็งติดอยู่ข้างบีกเกอร์ นำมากรองด้วยชุดเครื่องกรอง Bushner funnel
6. ล้างกากด้วยน้ำต้ม 50-70 มิลลิลิตร โดยให้ผ่าน Bushner funnel ล้างซ้ำอีกครั้งด้วยน้ำต้มเพื่อล้างกรดให้หมด ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส แล้วขูดกากใส่บีกเกอร์เดิม
7. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกซด์เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร ต้มเดือดนาน 30 นาที
8. คนสารละลายในบีกเกอร์เพื่อไม่ให้มีของแข็งติดอยู่ข้างบีกเกอร์ นำมากรองด้วยชุดเครื่องกรอง Bushner funnel
9. ล้างกากด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 25 มิลลิลิตร แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นต้ม 50 มิลลิลิตร จากนั้นล้างกากอีกครั้งด้วยแอลกอฮอล์ 25 มิลลิลิตร
10. ขูดกากใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (อบที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก)
11. นำกากและ crucible ไปอบที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
12. นำไปเผาใน Furnace จนกระทั่งได้เถ้าสีเทาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส
13. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก
14. คำนวณหาปริมาณเยื่อใยจากสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณเยื่อใย} = \frac{\text{น้ำหนักกากก่อนเผา} - \text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ร้อยละปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100- (ร้อยละปริมาณความชื้น + ร้อยละปริมาณโปรตีน + ร้อยละปริมาณไขมัน + ร้อยละปริมาณเยื่อใย + ร้อยละปริมาณเถ้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

1. การตรวจสอบความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการละลาย (Freeze – Thaw Stability , FTS : Narkrugsa. 1996. ที่ดัดแปลงจาก Schoch. 1968)

1. ชั่งตัวอย่าง 15 กรัม ผสมจนมีน้ำกลั่นเป็นน้ำหนักสุดท้ายเป็น 300 กรัม ในถ้วย stainless steel ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ด้วย roter mixer ที่ ความเร็วรอบ 240 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน20 นาที ด้วย Blade no.1
2. นำของผสมเทลงในถ้วยพลาสติกแช่แข็งที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส ใน deep freezer เป็นเวลา 7 วัน
3. นำของผสมมาละลายน้ำแข็งออกใน Water bath ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง
4. นำของผสมมา 100 กรัม ทำการหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 8000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที
5. รายงานผลเป็นเปอร์เซนต์น้ำที่แยกออกมา

2. การตรวจสอบความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการละลาย(Water Absorption Index and Water Solubility Index ; WAI and WSI)ดัดแปลงจากวิธีของ Andersonและคณะ 1969

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5 กรัม (คิดต่อน้ำหนักแห้ง) ลงในหลอดพลาสติกสำหรับปั่นเหวี่ยง (ที่ทราบน้ำหนักหลอดเริ่มต้นแล้ว) เติมน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. บ่มตัวอย่างในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส และเขย่าที่ความเร็วรอบ 174 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
3. นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนใส (supernatant) ที่ได้ลงในจานระเหยที่ทราบน้ำหนักที่แล้ว และชั่งน้ำหนักส่วนใสก่อนทำการระเหยจนแห้ง ส่วนตะกอนแป้งที่ก้นหลอดให้นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระเหยส่วนใสบนอ่างน้ำเดือดจนแห้งและจึงนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงนำจานระเหยเก็บไว้ในเดสิกเคเตอร์ ประมาณ 1-2 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาส่วนที่สามารถละลายได้ ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{Water solubility index (WSI, \%)} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนใสหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น}} \times 100$$

$$\text{Water absorption index (WAI,กรัม/กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแป้งหลังการปั่นเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น}}$$

3.การหาปริมาตรของข้าวพอง(Bulk density) ดัดแปลงจากวิธีของ(M. Mariotti ,2006)

สามารถหาค่าได้จากการที่เราจะต้องทราบน้ำหนักของปริมาตรที่แน่นอนของข้าวพอง โดย

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของข้าวพอง
2. นำข้าวพองค่อยๆเทใส่ในกระบอกตวง โดยใส่ทีละชั้นสลับกับเมล็ดแมงลักที่เตรียมไว้มีปริมาตร 500 ml ส่วนที่เหลือของเมล็ดแมงลักนำไปใส่กระบอกตวงหาปริมาตร
3. นำไปคำนวณจากสูตร

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{น้ำหนักของข้าวพอง (g)}}{\text{ปริมาตรของข้าวพองที่ถูกแทนที่(ml)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ ง1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ105 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

Source of variance		df	SS	MS	F-value	Sig
PROTEIN	Between Groups	1	3.168	3.168	1408.178	0.001*
	Within Groups	2	0.005	0.002		
	Total	3	3.173			
FAT	Between Groups	1	0.053	0.053	0.209	0.693
	Within Groups	2	0.507	0.253		
	Total	3	0.56			
ASH	Between Groups	1	0.123	0.123	27.528	0.034*
	Within Groups	2	0.009	0.005		
	Total	3	0.131			
FIBER	Between Groups	1	14.900	14.900	11,919.68	0.000*
	Within Groups	2	0.003	0.001		
	Total	3	14.902			
CARBO	Between Groups	1	1.082	1.082	47.858	0.020*
	Within Groups	2	0.045	0.023		
	Total	3	1.127			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณสมบัติทางเคมีของข้าวสายพันธุ์ กข6 ที่ผ่านการมอลต์ก่อนพองและไม่ผ่านการมอลต์ก่อนพอง

Source of variance		df	SS	MS	F-value	Sig
PROTEIN	Between Groups	1	3.367	3.367	171.578	0.006*
	Within Groups	2	0.04	0.02		
	Total	3	3.466			
FAT	Between Groups	1	0.533	0.533	19.556	0.048*
	Within Groups	2	0.05	0.027		
	Total	3	0.587			
ASH	Between Groups	1	0.1	0.099	74.887	0.013*
	Within Groups	2	0.003	0.001		
	Total	3	0.102			
FIBER	Between Groups	1	22.42	22.42	202.121	0.005*
	Within Groups	2	0.222	0.111		
	Total	3	22.642			
CARBO	Between Groups	1	3.764	3.764	14.122	0.064
	Within Groups	2	0.533	0.267		
	Total	3	4.297			

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ- นามสกุล	นางสาวปาลิดา วิมลศิริ
วัน เดือน ปีเกิด	15 พฤศจิกายน 2526
ที่อยู่	72/83 หมู่บ้านประภาวรรณโฮม 1 ซอย 1/5 แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพฯ 10510
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า ปีพ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้