21710

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

อิทธิพลของกระบวนการมอลต์ที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพบางประการของแป้งข้าวเจ้า

(Effect of Malting Process on Chemical Composition and Some Properties of Rice Flour)

T097101

จัดทำโดย

นางสาวรัตติยา ลิมปนาภา รหัสนักศึกษา 46040162

นางสาวสุวรัตน์ รักช่วย รหัสนักศึกษา 46040168

2ห้ว.
ล 3660
2549

เลขหมู่ 971017
เลขทะเบียน
วัน.เดือน.ปี 5 JUN 2003

.b 11778411
.i

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

อิทธิพลของกระบวนการมอลต์ที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพบางประการของแป้งข้าวเจ้า

(Effect of Malting Process on Chemical Composition and Some Properties of Rice Flour)

จัดทำโดย

นางสาวรัตติยา ลิมปนาภา รหัสนักศึกษา 46040162

นางสาวสุวรัตน์ รักช่วย รหัสนักศึกษา 46040168

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

...... 15/ม.ค./50 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวรัตติยา ลิมปนาภา และนางสาวสุวรัตน์ รักช่วย 2549 : อิทธิพลของกระบวนการมอลต์ที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพบางประการของแป้งข้าวเจ้า(Effect of Malting Process on Chemical Composition and Some Properties of Rice Flour). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

การศึกษาอิทธิพลของการมอลต์ข้าวเปลือก จากข้าวไทย 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าหอมมะลิ105 ข้าวเหนียวกข6 ข้าวเจ้าพิษณุโลก และข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2 นำมาผ่านกระบวนการมอลต์(Malting process) แช่ข้าวที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน12 ชั่วโมง เพาะให้งอกรากบางส่วนในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้สภาวะปิด (gasious condition) นาน48 ชั่วโมง แล้วอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน10ชั่วโมง นำมาลดขนาดและบดเป็นแป้งข้าว จากนั้นเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพบางประการระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ พบว่าแป้งข้าวทั้งสองชนิดมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) โดยพบว่าแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์จะมีปริมาณ เถ้า ไขมัน โปรตีน และ คาร์โบไฮเดรตลดลง แต่จะมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น เมื่อตรวจสอบทางกายภาพบางประการ พบว่าแป้งข้าวทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) ยกเว้นความสามารถในการละลาย(%WSI)ของแป้งข้าวหอมมะลิ105 ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำ ความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายลดลง ในขณะที่ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น โดยข้าวทุกสายพันธุ์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

รัตติยา ลิมปนาภา สุวรัตน์ รักช่วย		15 มี.ค. 50
ลายมือชื่อนักศึกษา	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**	**วัน เดือน ปี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา ที่ให้คำปรึกษาและคำชี้แนะต่างๆ

ขอขอบคุณพี่ๆนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอกโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในการทดลอง

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นกำลังใจและให้การช่วยเหลือสนับสนุนในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

รัตติยา ลิมปนาภา

สุวรัตน์ รักช่วย

12 มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 ข้าว	2
2.2 มอลต์	13
2.3 กระบวนการผลิตมอลต์	14
2.4 คุณสมบัติของแป้ง	20
บทที่ 3 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	21
3.1 วัตถุดิบ	21
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	21
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	21
3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าว	23
3.5 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพบางประการ	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง	25
4.1 ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	25
4.2 ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	33
5.1 สรุปผลการทดลอง	33
5.2. ข้อเสนอแนะ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	36
ภาคผนวก ก.	36
ภาคผนวก ข.	40
ภาคผนวก ค.	43
ภาคผนวก ง.	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่	หน้า
ค.1 ข้อมูลการหาปริมาณเถ้าของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	42
ค.2 ข้อมูลการหาปริมาณใยอาหารของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	43
ค.3 ข้อมูลการหาปริมาณไขมันของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	44
ค.4 ข้อมูลการหาปริมาณโปรตีนของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	45
ค.5 ข้อมูลการหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	46
ค.6 ข้อมูลการหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	47
ค.7 ข้อมูลการหาค่าความสามารถในการละลายของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	48
ค.8 ข้อมูลการหาค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	49
ง.1 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเถ้า(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105	50
ง.2 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเถ้า(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6	50
ง.3 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเถ้า(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก	51
ง.4 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเถ้า(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2	51
ง.5 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณใยอาหาร(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ง.6 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณใยอาหาร(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6 52

ง.7 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณใยอาหาร(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก 53

ง.8 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณใยอาหาร(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2 53

ง.9 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมัน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105 54

ง.10 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมัน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6 54

ง.11 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมัน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก 55

ง.12 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมัน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2 55

ง.13 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105 56

ง.14 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6 56

ง.15 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก 57

ง.16 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2 57

ง.17 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรตระหว่าง(%) แป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105 58

ง.18 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรตระหว่าง(%) แป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6 58

ง.19 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก 59

ง.20 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%)ระหว่าง 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง.21 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWAI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105	60
ง.22 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWAI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6	60
ง.23 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWAI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก	61
ง.24 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWAI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2	61
ง.25 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า WSI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105	62
ง.26 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWSI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6	62
ง.27 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า WSI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก	63
ง.28 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWSI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2	63
ง.29 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าFTS (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105	64
ง.30 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าFTS (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6	64
ง.31 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าFTS (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก	65
ง.32 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าFTS (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว	2
2.2 แสดงโครงสร้างของเม็ดสตาร์ช	5
2.3 แสดงโครงสร้างของโปรตีนบอดี้(Protein body)	7
2.4 แสดงโครงสร้างของไขมันที่อยู่ร่วมกับสตาร์ช (starch lipids)	8
2.5 แสดงการทำงานของเอนไซม์ α –Amylase และ β –Amylase	10
2.6 แสดงกลไกการสังเคราะห์ Gamma amino butyric acid	11
2.7 แสดงสมบัติของ Gamma amino butyric acid ในการเป็นสารสื่อประสาท	11
2.8 แสดงโครงสร้างทางเคมีของGamma oryzanol	12
2.9 แสดงโครงสร้างทางเคมีของกรดเฟอร์รูลิก	12
2.10 แสดงโครงสร้างทางเคมีของกรดคูมาลิก	12
2.11 แสดงโครงสร้างทางเคมีของกรดแกลลิก	13
2.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าวในการผลิตมอลต์	13
2.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ในขณะทำการผลิตมอลต์	13
2.14 แสดงระยะของการงอกของข้าวบาร์เลย์ในการทำ malting จาก (a - d)	14
2.15 แสดงการแช่ข้าวบาร์เลย์(Steeping)	15
2.16 แสดงการงอกของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ จากผลของฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน	16
2.17 แสดงภาพตัดทางยาวของเมล็ดข้าวบาร์เลย์กำลังเกิดการเปลี่ยนแปลง ภายในเมล็ดขณะงอก	16
2.18 แสดงการทำงานของเอนไซม์ย่อยเม็ดสตาร์ชในขณะงอกของเมล็ดข้าวบาร์เลย์	17
2.19 แสดงผลของเอนไซม์กับการงอกของเมล็ดข้าวบาร์เลย์	18
2.20 แสดงภาพมอลต์จากข้าวที่ผ่านการอบ(Kilning)	19
3.1 แสดงขั้นตอนกระบวนการเตรียมแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์	22
3.2 แสดงขั้นตอนกระบวนการเตรียมแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	23
4.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเถ้าระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	24
4.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	25
4.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไขมันระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ 27

4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ 28

4.6 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ 29

4.7 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการละลายของแป้งระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ 30

4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายของแป้งระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มา

ข้าวเป็นธัญพืชหลักที่ปลูกมากและบริโภคเป็นอาหารหลักของคนไทย ดังนั้นข้าวจึงเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีความสำคัญ นอกจากนี้ข้าวซึ่งเป็นธัญพืชอยู่ในวงศ์ *Oryza sativa* ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์มากมาย ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งอยู่ในรูปของแป้ง (Starch) เป็นส่วนใหญ่ โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และสารอื่นๆ เช่น แกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด(GABA) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทและยับยั้งการกระจายตัวของเซลล์มะเร็ง สารแกมมาออริซานอล (Gamma oryzanol) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการออกซิเดชั่น(Antioxidant) ไฟเบอร์(Fiber) ซึ่งช่วยในเรื่องของการขับถ่ายและป้องกันมะเร็งลำไส้ วิตามินอี(Tocopherol) ซึ่งป้องกันการตกตะกอนของเกล็ดเลือด และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น(Ito and Ishikawa ,2004) ซึ่งเมื่อนำเอาข้าวมาผ่านกระบวนการเพาะให้งอกรากบางส่วน(Malting Process)พบว่าสารอาหารต่างๆจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เช่น ปริมาณกรดอะมิโนส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้นจากเดิมซึ่งเป็นผลมาจากการดูดน้ำเข้าไปในเมล็ดและการเปลี่ยนแปลงของ amide และการลำเลียงสารอาหารที่ใช้ในการเจริญของเมล็ด(Leaและคณะ) ปริมาณแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด(GABA)จะเพิ่มขึ้นระหว่างการงอก สารอาหารอื่นๆ เช่น กรดเฟอร์รูลิค ไยอาหาร และออริซานอล จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าในข้าวที่ยังไม่งอก (Ohtsubo และคณะ)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาว่ากระบวนการผลิตมอลต์ มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพบางประการของแป้งข้าวเจ้า โดยการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพบางประการระหว่างแป้งข้าวเจ้าที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการมอลต์มอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าว

ข้าวเป็นธัญพืชตระกูลหญ้าที่สามารถกินเมล็ดได้ โดยข้าวแบ่งออกเป็น 2 วงศ์ใหญ่ คือ *Oryza glaberrima* ที่ปลูกเฉพาะในแอฟริกาเท่านั้น และ *Oryza sativa* ที่ปลูกในเอเชีย โดยข้าวชนิด *Oryza sativa*ยังแบ่งออกได้เป็น *Indica* มีปลูกมากในเขตร้อน และ *Japonica* มีปลูกมากในเขตอบอุ่น ข้าวที่ปลูกในเมืองไทยเป็นพวก *Indica* ซึ่งแบ่งออกเป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว จึงมีรสชาติและประโยชน์แตกต่างกันออกไป (http://www.ricethai.com)

2.1.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา http://www.ricethai.com

เมล็ดข้าว (rice fruit, rice grain, rice seed) เป็นผลชนิด caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (single seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp) เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่าแกลบ (hull หรือ husk) และส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice) (http://www.ricethai.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 แกลบ

ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) หาง (awn) ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas)

2.1.2.2 ข้าวกล้อง หรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว

2.1.2.2.1 เยื่อหุ้มผล (pericarp) หรือ fruit coat ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือ epicarp, mesocarp และ endocarp, pericarp มีลักษณะเป็น fibrous ผนังเซลประกอบด้วย protein, cellulose และ hemicellulose

2.1.2.2.2 เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจาก pericarp เข้าไป ประกอบด้วย เนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถวเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (fatty material)

2.1.2.2.3 เยื่ออาลูโรน (aleurone) อยู่ต่อจาก tegmen ห่อหุ้ม starchy endosperm (ข้าวสาร) และ embryo (คัพภะ) aleurone layer มี protein สูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย oil, cellulose และ hemicellulose

2.1.2.2.4 ส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ด

2.1.2.2.5 คัพภะ (embryo) อยู่ติดกับ endosperm ทางด้าน lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป embryo ประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) embryo เป็นส่วนที่มี protein และ fat สูง

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าว

องค์ประกอบหลักที่สำคัญซึ่งพบในเมล็ดข้าว คือ โพลิแซกคาไรด์ โปรตีน และไขมัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณภาพของเมล็ด และการนำเมล็ดไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสตาร์ช ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นอะมิโลสและอะมิโลเพกตินในสัดส่วนต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว ทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้มและคุณภาพในการกินต่างกันไป(อรอนงค์ นัยวิกุล,2538) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้องเปรียบเทียบกับข้าวสาร พบว่าข้าวกล้องมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร ไทอามีน ไนอะซิน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก โซเดียม และไรโบฟลาวินมากกว่าข้าวสาร ยกเว้นปริมาณคาร์โบไฮเดรต(Bor S.Luh , 1980) ตามตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้องและข้าวสาร

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
Moisture(%)	12.0	12.0
Kcal(100 g)	360	363
Potein(%)	7.5	6.7
Fat(%)	1.9	0.4
Ash(%)	1.2	0.5
CHO(%)	77.4	80.4
Fiber(%)	0.9	0.3
Calcium(mg/100 g)	32	24
Phosphorus(mg/100 g)	221	94
Iron(mg/100 g)	1.6	0.8
Sodium(mg/100 g)	9	5
Potassium(mg/100 g)	214	92
Thiamin(mg/100 g)	0.34	0.07
Riboflavin(mg/100 g)	0.05	0.03
Niacin(mg/100 g)	4.7	1.6

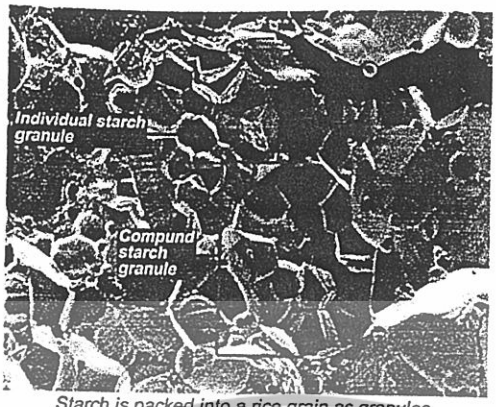
ที่มา : ดัดแปลงจาก Watt and Merrill , 1963

2.1.2.1. คาร์โบไฮเดรต

2.1.2.1.1 สตาร์ช

แหล่งที่เกิดของสตาร์จะอยู่ในเม็ดสตาร์ช รวมกันอยู่เป็นกลุ่มภายในอะมิโลพลาสท์ (amyloplast) ที่มีลักษณะกลมหรือรี โดยเม็ดสตาร์ชจะเกาะรวมกันอยู่ประมาณ 20 – 60 เม็ด (อรอนงค์ นัยวิกุล,2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Starch is packed into a rice grain as granules.
Photo: M. Fitzgerald

ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของเม็ดสตาร์ช
ที่มา : http://www.pubmedcentral.gov/pagerender.fcgi

สตาร์ชพบมากบริเวณตรงกลางของเมล็ดและมีปริมาณเล็กน้อยบริเวณรอบนอกเมล็ด ในปี 1968 Hogan และคณะ ได้ศึกษาและวิเคราะห์หาปริมาณสตาร์ช(%)ในข้าวบิลเลแพทนา (Belle Patna Rice)โดยนำข้าวหัก 3 %ของข้าวเต็มเมล็ด มาเป็นวัตถุดิบ ในการทำแป้ง โดยผ่าน sieved ขนาด 80-mesh และส่วนที่เหลืออยู่เรียกว่าChits จากนั้นทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณสตาร์ช ระหว่างแป้งข้าวกับChits พบว่าแป้งข้าวที่มีอนุภาคเล็กจะมีการลดลงของปริมาณของสตาร์ชมากกว่าแป้งข้าวที่มีอนุภาคใหญ่และมากกว่าChits ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสตาร์ชในข้าวหักจากข้าวบิลเลแพทนา(Belle Patna Rice)

	Original Kernal	Fractions					Residual Kernal
		1	2	3	4	5	
Flour	91.7	42.9	52.6	61.9	75.5	79.1	90.9
Chits		65.5	79.5	84.3	86.5	89.0	

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hoganและคณะ, 1968

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1.2 พอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช

พบมากในเปลือกหุ้มผลและเปลือกหุ้มเมล็ดมากกว่าในเนื้อและคัพภะของเมล็ด จะเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่วิเคราะห์ได้ในรูป เส้นใยอาหาร (dirtary fiber) ซึ่งประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส สารเพกติน ลิกนิน และโปรตีนที่ติดอยู่(อรอนงค์ นัยวิกุล,2538) โดยพบว่าในข้าวกล้อง ข้าวสาร และข้าวนึ่ง มีปริมาณใยอาหารประมาณ 0.9% 0.3% และ0.2%ตามลำดับ (Bor S.Luh , 1980)

2.1.2.1.3 น้ำตาลอิสระ

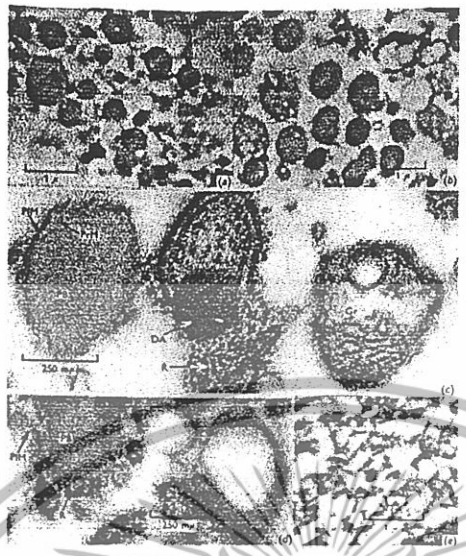
น้ำตาลอิสระที่พบมากในส่วนคัพภะและเนื้อเมล็ดของข้าวคือ ซูโครส แรฟฟีโนส กลูโคส และ ฟรักโทส นอกจากนี้ยังพบน้ำตาล เมลิไบโอส กลูโคไดฟรักโทส มอลโทไตรโอส และน้ำตาลมอลโท โอลิโกแซ็กคาไรด์อื่นๆ อีกในเมล็ดข้าวที่กำลังงอก(อรอนงค์ นัยวิกุล ,2538) ซึ่งปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(%)จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าวและระดับในการขัดสีของข้าวสาร นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซ์จะลดลงเมื่อนำข้าวไปเพาะให้งอก และน้ำตาลนอนรีดิวซ์จะมีปริมาณลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่ม(Bor S.Luh , 1980)

2.1.2.2 โปรตีน

โปรตีนในธัญพืชเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง มีคุณค่าทางอาหารสูง มีคุณภาพดี แต่จะมีปริมาณเล็กน้อยในเมล็ด โดยในเมล็ดข้าวมีปริมาณโปรตีนมากรองจากคาร์โบไฮเดรต ในข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีนอยู่ประมาณ 5 - 15.5% และในข้าวสารมีประมาณ 4.5 – 14.5% โดยบริเวณรอบนอกเอ็นโดสเปิร์มจะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าภายในเมล็ด โปรตีนในเมล็ดข้าวจะสะสมอยู่ในรูปของโปรตีนบอดี้(Protein bodies) มีรูปร่างกลมและมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 – 4 ไมโครเมตร(Bor S.Luh , 1980) โปรตีนในข้าวแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

- กลูติลิน (Glutelin) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นด่าง พบในข้าวประมาณ ร้อยละ 80-85 ของโปรตีนทั้งหมด มีชื่อเรียกว่า โอไรซินิน(oryzenin)
- อัลบูมิน(Albumin)เป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในน้ำ มีกรดอะมิโนไลซีน อยู่สูง
- กลอบบูลิน (Globulin)เป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารละลายเกลือเอมโมเนียซัลเฟต มีปริมาณของกรดอะมิโนไลซีน ร่วมกับกรดอะมิโนในโปรตีนส่วนที่เป็นอัลบูมิน ประมาณ 10-15 % ของโปรตีนทั้งหมด
- โพลามิน (Prolamin) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายแอลกอฮอล์ มีปริมาณไลซีนต่ำประมาณร้อยละ 5 เท่านั้น(วุฒิชัย นาครักษา,2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

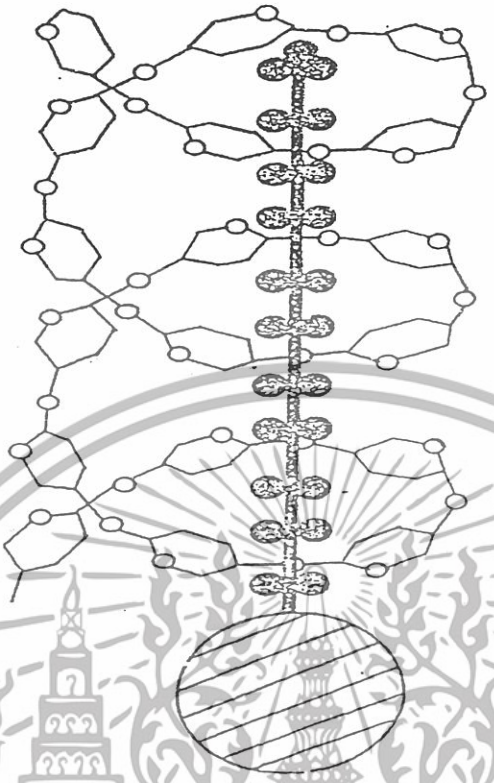


ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของโปรตีนบอดี้(Protein bodies)
ที่มา : http://www.pubmedcentral.gov/pagerender.fcgi

2.1.2.3 ไขมัน

ไขมันที่พบในเมล็ดข้าวจะอยู่ในลักษณะเป็นหยดกลม(Lipid droplet) แทรกอยู่ในชั้นแอลิวโรน มีขนาดเล็กกว่า 1.5 ไมโครเมตร อยู่ในชั้นถัดจากแอลิวโรนมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร และอยู่ในส่วนคัพภะขนาดเล็กกว่า 0.7 ไมโครเมตร โดยไขมันแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือไขมันที่อยู่ร่วมกับเม็ดสตาร์ช(starch lipids)และไขมันที่ไม่ได้อยู่ร่วมกับเม็ดสตาร์ช (nonstarch lipids) (อรอนงค์ นัยวิกุล,2538) ซึ่งพบว่าบริเวณรอบนอกของเมล็ดข้าวมีปริมาณไขมันประมาณ 85 – 90% ของไขมันทั้งหมด และตรงกลางเมล็ดมีเพียง 60% ของไขมันทั้งหมด ไขมันที่พบในเมล็ดข้าวเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ โอเลอิค และลินโนเลอิค โดยปริมาณกรดโอเลอิคจะลดลง และกรดลินโนเลอิคจะเพิ่มขึ้นจากชั้นนอกเมล็ดเข้าสู่ชั้นในเมล็ด (Bor S.Luh , 1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่2.4 แสดงโครงสร้างของ ไขมันที่อยู่ร่วมกับสตาร์ช (starch lipids)

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล ,2538

2.1.2.4 วิตามิน

วิตามินพบมากในส่วนของ รำหยาบ รำละเอียดและคัพภะ ที่ได้จากการขัดสี เป็นแหล่งสำคัญของวิตามินบี1 บี2 และไนอาซิน ซึ่งเป็นวิตามินที่มีส่วนสำคัญต่อร่างกายในการควบคุมเมตะ-โบลิซึมต่างๆ และสร้าง ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ของร่างกายอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบวิตามินอี อีกด้วย ซึ่งเป็นสารป้องกันการเหม็นหืน(วุฒิชัย นาครักษา ,2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณวิตามินในข้าวสาร

Vitamin	Original Kernel	Flour through a 40-mesh screen			Residual kernel After third pass
		First pass	Second pass	Third pass	
Thiamin					
Raw	0.13±0.04	0.98±0.28	0.62±0.19	0.47±0.21	0.074±0.020
Parboiled	0.15±0.03	0.59±0.38	0.37±0.19	0.26±0.11	0.124±0.013
Niacin					
Raw	1.54±0.57	20.4±6.8	10.0±4.9	6.1±3.1	0.73±0.28
Parboiled	3.20±0.08	23.8±1.2	55.6±0.4	9.9±1.3	2.08±0.21
Pyridoxine					
Raw	0.14±0.02	1.08±0.16	0.74±0.15	0.53±0.13	0.09±0.02
Riboflavin					
Raw	0.040±0.003	0.20±0.04	0.13±0.02	0.10±0.02	0.032±0.002
Parboiled	0.044±0.006	0.19±0.01	0.17±0.005	0.10±0.06	0.032±0.002

ที่มา : Bor S.Luh,1980

2.1.2.5. เกลือแร่

เกลือแร่เป็นองค์ประกอบที่พบมากที่สุดในส่วนของแกลบ รองลงมา คือ รำหยาบ ดักพะและรำละเอียด แร่ธาตุที่พบมากที่สุด ได้แก่ ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียม ซิลิกอน และแคลเซียม(วุฒิชัย นาครักษา ,2535)

2.1.2.6 เอ็นไซม์

เอนไซม์ ในเมล็ดข้าวมีเอนไซม์อยู่ในบริเวณดักพะและชั้นแอลลิวโรน โดยระหว่างการงอกของเมล็ดจะมีการย่อยสารอาหารภายในเมล็ดข้าว ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการย่อยแป้ง รองลงมาเป็นโปรตีน โดยกลุ่มเอนไซม์ย่อยสตาร์ช ได้แก่ แอลฟา-อะมิเลส แอลฟากลูโคซิเดส และกลุ่มเอนไซม์ย่อยโปรตีน ได้แก่ โปรเตส

กลุ่มของเอ็นไซม์ที่ย่อยสตาร์ชในเมล็ดข้าวที่สำคัญ ได้แก่

- เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α –Amylase) : จะทำการย่อยสตาร์ชในส่วนของพันธะ α-1,4 Glycosidic bone ให้กลายเป็น เด็กทรินและน้ำตาลที่มีขนาดเล็กลงบางส่วน
- เอนไซม์เบต้า-อะไมเลส (β –Amylase) : จะทำการย่อยส่วนของสตาร์ชที่เป็นสายยาวที่จับกันด้วยพันธะ α-1,4 Glycosidic bone โดยย่อยสตาร์ชให้กลายเป็นมอลโตส แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะไม่ย่อยบริเวณที่จับกันด้วยพันธะ α-1,6 Glycosidic bone หรือบริเวณที่เป็นจุดต่อของกิ่ง

- เอนไซม์แอลฟา-ไกลโคซิเดส (α-Glycosidase) : จะทำการย่อยสตาร์ชในส่วนของพันธะ α-1,4 Glycosidic boneและในส่วน α-1,6 Glycosidic bone ด้วย ให้กลายเป็นกลูโคส(Hough,1994)

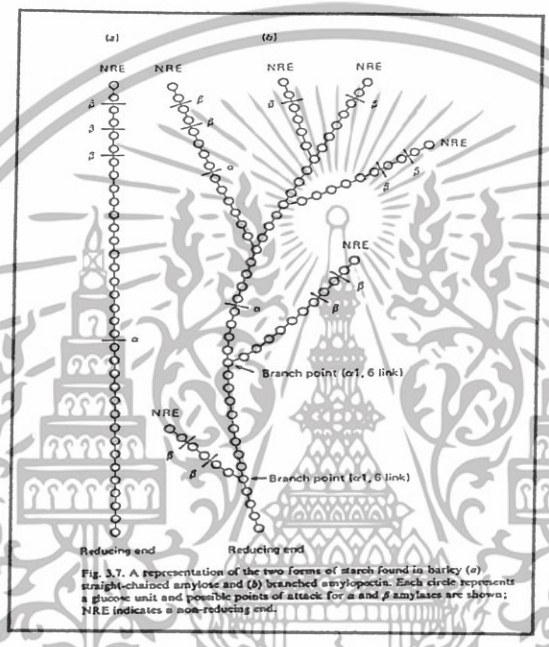


Fig. 3.7. A representation of the two forms of starch found in barley (a) straight-chained amylose and (b) branched amylopectin. Each circle represents a glucose unit and possible points of attack for α and β amylases are shown; NRE indicates a non-reducing end.

ภาพที่ 2.5 แสดงการทำงานของเอนไซม์ α –Amylase และ β –Amylase

ที่มา : Hough,1994

2.1.3 Gamma amino butyric acid

แกมมาอะมิโนบิวทิริคแอซิดหรือGABA เป็นกรดอะมิโนอิสระที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติและในสารสื่อประสาท ในสมอง และกระดูกสันหลังของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม GABAเกิดจากปฏิกิริยา decarboxylation ของกรดกลูตามิค โดยเอนไซม์ glutamate decarboxylase(GAD) มีคุณสมบัติเป็นสารสื่อประสาท ในร่างกายจะพบมากในระบบประสาทส่วนกลาง โดยเฉพาะในสมอง ในเมล็ดข้าวพบสารตัวนี้อยู่และพบว่าปริมาณGABAจะมีปริมาณมากขึ้นขณะทำการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 35 ^{0}ซ นาน 21 ชั่วโมง (Komatsuzaki และคณะ ,2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

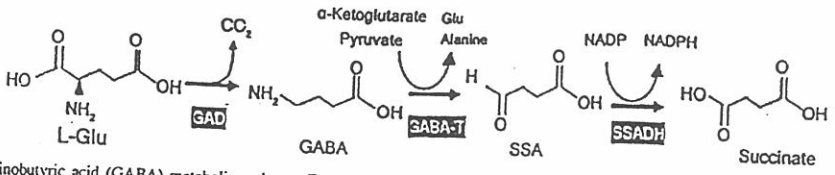


Fig. 1. γ-Aminobutyric acid (GABA) metabolic pathway. Enzymes are indicated in bold and highlighted in black boxes. Glu, glutamic acid; GAD, glutamate decarboxylase; GABA-T, GABA-transaminase; SSA, succinic semialdehyde; SSADH, succinic semialdehyde dehydrogenase.

ภาพที่ 2.6 แสดงกลไกการสังเคราะห์ Gamma amino butyric acid

ที่มา : Liu,Zhai and Wan , 2005

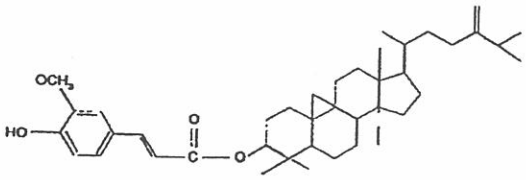
ภาพที่ 2.7 แสดงสมบัติของ Gamma amino butyric acid ในการเป็นสารสื่อประสาท

ที่มา : http://kowid.free.fr/pharmako/pharmaco/fonda/gaba.htm.

2.1.4 Gamma oryzanol

แกมมาโอรีซานอลเป็นกลุ่มของสารที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นองค์ประกอบเอสเทอร์ของกรดเฟอร์รูริกและสเตียรอลหรือไตรเทอร์พีน แอลกอฮอล์ โครงสร้างของแกมมาโอรีซานอล(ดังภาพที่2.8)ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ ส่วนแรกเป็นส่วนมีขั้วของกรดเฟอร์รูลิกที่เป็นองค์ประกอบหลัก อีกส่วนเป็นส่วนที่มี Functional group เป็นแอลกอฮอล์ ได้แก่ สเตียรอล และไตรเทอร์พีน แอลกอฮอล์ที่โครงสร้างมีลักษณะคล้ายโคเลสเตอรอล โอรีซานอลที่พบในน้ำมันรำข้าวมีชื่อเฉพาะว่า แกมมาโอรีซานอล แกมมาโอรีซานอลเป็นสารที่มีฤทธิ์ต่อต้านอะนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันการเหม็นหืน ลดคอเลสเตอรอล ป้องกันภาวะผนังเส้นเลือดแดงหนา และ ลดอาการผิดปกติของสตรีวัยทอง (Komatsuzaki,2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

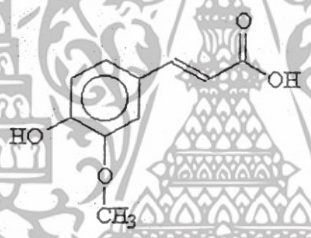


ภาพที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของGamma oryzanol

ที่มา : http://www.fao.org

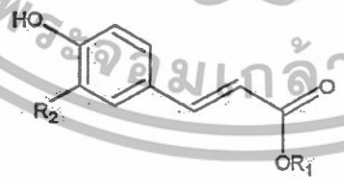
2.1.5 Phenolic compounds

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในข้าว ได้แก่ กรดเฟอร์รูลิก ($C_{10}H_{10}O_4$) กรดคูมาลิก($C_6H_8O_3$) และกรดแกลลิก($C_7H_6O_5$)



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีของกรดเฟอร์รูลิก

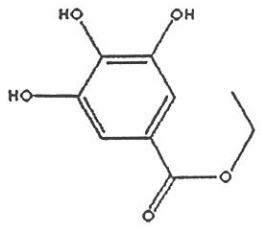
ที่มา : http://www.chemistry.wustl.edu



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างทางเคมีของกรดคูมาลิก

ที่มา : http://www.wynboer.co.za/imagesart/nolbitter_f4.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของกรดแกลลิก

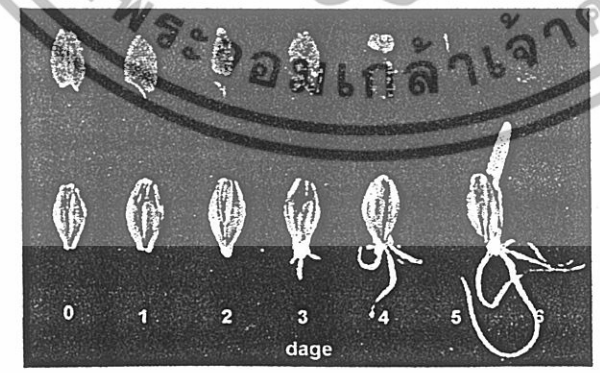
ที่มา : http://www.chemicalland21.com

2.2 มอลต์(Malt)

มอลต์ คือ เมล็ดธัญพืชที่ผ่านกระบวนการผลิตมอลต์(Malting Process) เพื่อให้ได้ลักษณะของเมล็ดที่มีรากโผล่ออกมาซึ่งเรียกว่า Chit โดยส่วนใหญ่แล้วหากกล่าวถึงมอลต์ จะหมายถึง มอลต์ที่ทำมาจากข้าวบาร์เลย์ แต่อันที่จริงแล้วมอลต์สามารถผลิตจากธัญพืชอื่นๆ ได้อีก เช่น ข้าวเจ้า ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี และข้าวไรย์ เป็นต้น ซึ่งมอลต์จะเป็นเสมือนแหล่งของเอนไซม์ไดแอสเทส ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก เนื่องจากกระบวนการผลิตมอลต์ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็น มอลโตส รวมทั้ง กรดอะมิโน วิตามิน และแร่ธาตุ(http://www.bruichladdich.com/malting_process.htm)

ภาพที่ 2.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าวในการผลิตมอลต์

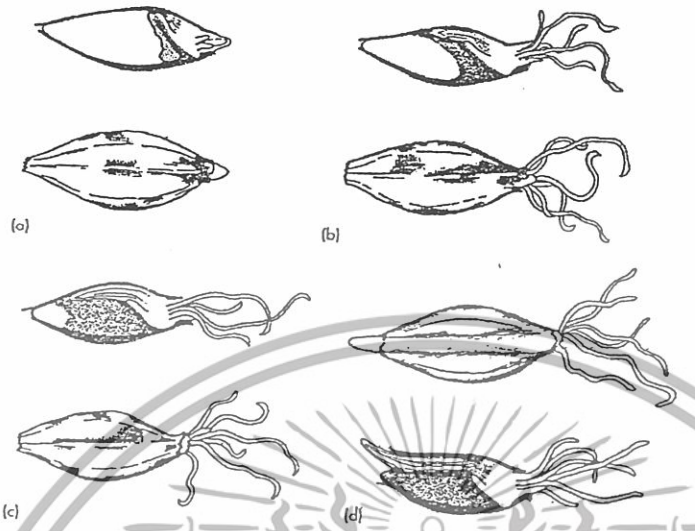
ที่มา : ดัดแปลงจาก http://www.bruichladdich.com/malting_process.htm



ภาพที่ 2.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ในขณะทำการผลิตมอลต์

ที่มา : http://www.crc.dk/flab/barley.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 แสดงระยะของการงอกของข้าวบาร์เลย์ในการทำ malting จาก (a - d)
(a-b) แสดงภาพตัดตามยาวของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการงอก และแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสตาร์ชภายในเอ็นโดสเปิร์ม
(c) แสดงการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ด โดยยังไม่มีส่วนของยอดโผล่ออกมา
(d) แสดงการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดขณะที่มีส่วนของยอดโผล่ออกมาภายนอก
ที่มา : ดัดแปลงจาก Briggs.,1998

2.3 กระบวนการผลิตมอลต์ (Malting Process)

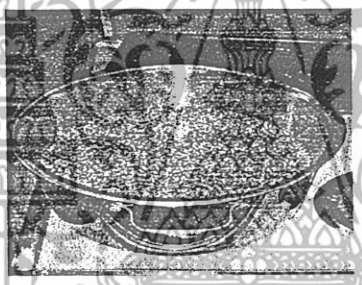
ในการงอกของเมล็ดเพื่อให้ได้มอลต์ที่มีคุณภาพนั้น ขั้นตอนให้การผลิต และสภาวะให้การผลิตมอลต์เป็นเรื่องที่ต้องระมัดระวังและควบคุมอย่างเข้มงวด ซึ่งกระบวนการผลิตมอลต์ มี 3 ขั้นตอน ตั้งแต่การแช่ การงอก และการอบแห้ง โดยการแช่เป็นการสนับสนุนกระตุ้นให้เกิดการงอก เมื่อเล็ดเริ่มงอกจะมีการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารภายในเมล็ด แป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาล และเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการอบแห้ง จะเป็นการหยุดการงอกของเมล็ดลง เพื่อให้มีปริมาณน้ำตาลและสารอื่นๆในปริมาณที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

2.3.1 ขั้นตอนการผลิตมอลต์

2.3.1.1 การแช่(Steeping)

เป็นตอนแรกของการผลิตมอลต์ โดยการนำเอาเมล็ดมาแช่ในน้ำจนท่วม ประมาน 2-3 วัน โดยระหว่างแช่ข้าวในน้ำจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา คืออยู่ในช่วงอุณหภูมิ 10-12 ^{0}ซ มีอากาศถ่ายเท ได้รับออกซิเจน การเปลี่ยนแปลงของข้าวบาร์เลย์จะเริ่มเกิดที่เปลือกนอกสุดก่อน โดยเปลือกนอกจะมีลักษณะดีและบางพอเหมาะที่จะให้น้ำซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ด เมื่อน้ำซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดนั้น เมล็ดจะไม่งอกทันทีแต่เกิดปรากฏการณ์เรียกว่า Water-sensitivity ในการแช่นั้นพบว่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าว โดยจากการศึกษาของ Ohtsubo และคณะ(2005)พบว่ายิ่งทำการแช่นานปริมาณของGABA จะยิ่งเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากยิ่งแช่นานปริมาณน้ำและความชื้นภายในเมล็ดจะเพิ่มมากยิ่งขึ้น ส่งผลไปกระตุ้นให้เอนไซม์GAD เกิดกิจกรรมการสลายตัวของกรดกลูตามิก ไปเป็นGABAมากขึ้น



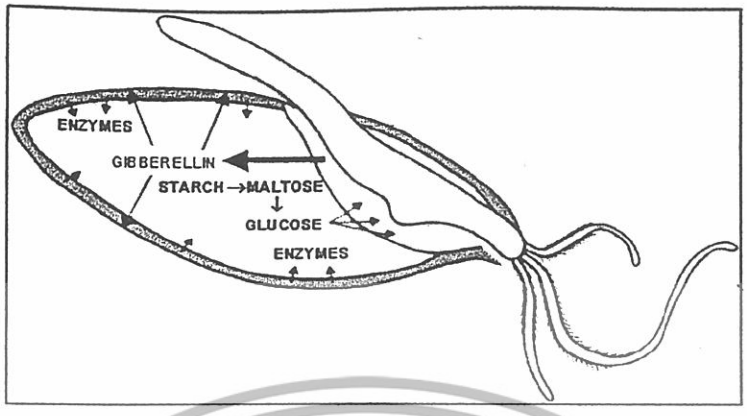
ภาพที่ 2.15 แสดงการแช่ข้าวบาร์เลย์(Steeping)

ที่มา : http://www.wyrde.com/beer.

2.3.1.2 การเพาะให้งอก(Germination)

ขั้นตอนการงอกเป็นขั้นตอนที่เกิดต่อเนื่องจาก ขั้นตอนการแช่ โดยในขณะที่น้ำออกซิเจน เข้าสู่เมล็ดนั้นในส่วนคัพภะ จะสร้างฮอร์โมนธรรมชาติจิบเบอเรลลิน(Gibberellins) และส่งผ่านชั้นสกูเทลลัมและเซลล์อิพิเทอเลล ไปยังชั้นแอลิวโรน เพื่อกระตุ้นการเกิดเอนไซม์หลายชนิดในชั้นนี้ ขณะเดียวกันก็เริ่มการเปลี่ยนแปลงของคัพภะเกิดเมแทบอลิซึมจากน้ำตาลซูโครส ราฟฟีโนส ไขมัน โปรตีนและฟรักโทแซน ในการเริ่มงอกเป็นต้นอ่อน พร้อมกับฮอร์โมนไปกระตุ้นการเกิดเอนไซม์ในชั้นแอลลิวโรน คือกลุ่มเอนไซม์ย่อยสตาร์ช เช่น แอฟา-อะไมเลส กลุ่มย่อยโปรตีน เช่น โปรเตส รวมทั้งกลุ่มย่อยพอลิแซ็คคาไรด์อื่น เช่น เบต้า-กลูแคเนส ซึ่งทำการย่อยผนังเซลล์ของชั้นแอลิวโรน ทำให้เอนไซม์อื่นที่เกิดขึ้นซึมผ่านออกไปสู่เนื้อในเมล็ดเพื่อย่อยสตาร์ชในเนื้อเมล็ดต่อไป(อรอนงค์ นัยวิกุล,2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 แสดงการงอกของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ จากผลของฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน

ที่มา : http://www.crc.dk/flab/barley.htm

จึงกล่าวได้ว่าชั้นแอลิวโรนนี้เป็นแหล่งเกิดของเอนไซม์ในขณะงอกของข้าวบาร์เลย์ ซึ่งจะมีทั้งที่ต้องการฮอร์โมนและไม่ต้องการฮอร์โมนในการกระตุ้นการเกิดเอนไซม์ ต่าง เมื่อเอนไซม์ส่งผ่านมายังเนื้อในเมล็ด จะเกิดการปรับเปลี่ยนสภาพของเนื้อในเมล็ด(modification) ทำให้เนื้อในเมล็ดที่แข็งกลายเป็นอ่อนยุ่ยลง จากการย่อยสลายของเอนไซม์(ภาพที่ 2.17)

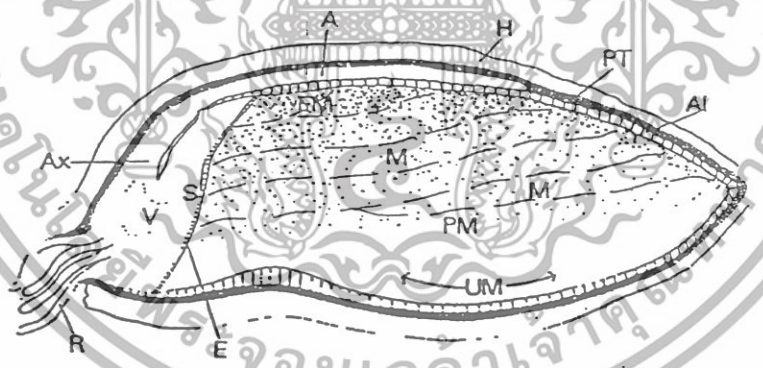


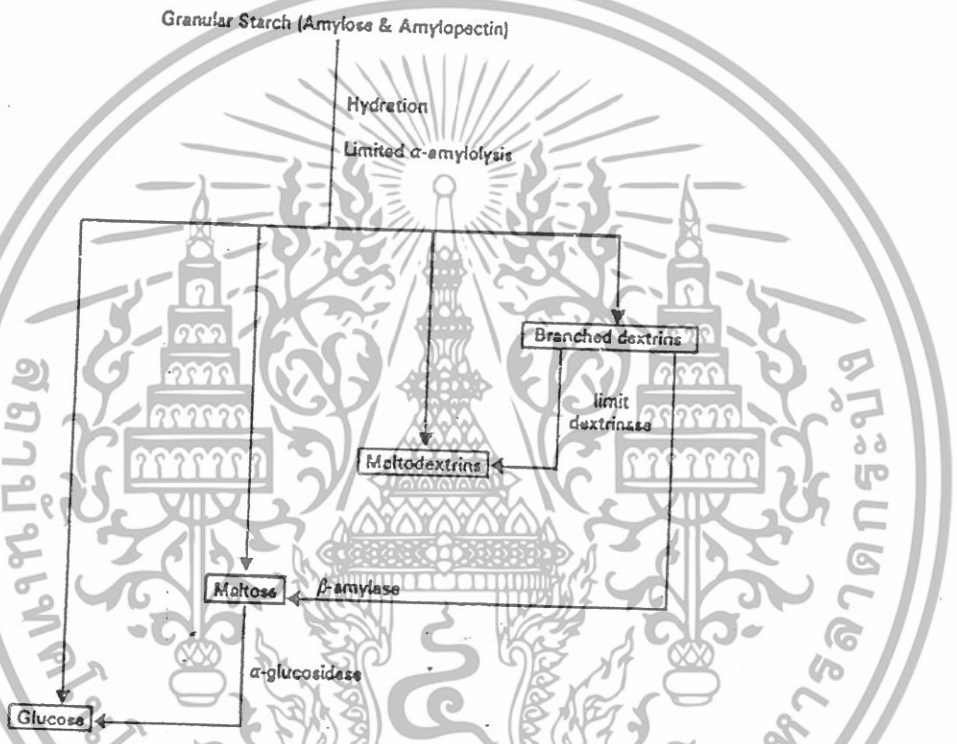
Figure 6. Longitudinal section of germinated barley (green malt), showing aleurone-controlled pattern of endosperm modification. EM = Over-modified area of endosperm; M = Modified endosperm; PM = Partly modified endosperm; UM = unmodified endosperm; Al = Aleurone; PT = Pericarp-testa; H = Husk; A = Acrospire; S = Scutellum; V = Vascular system; Ax = Axis; R = Root; E = Scutellar epithelial cell. The half corn of malt test shows the different degrees of dorsal to central modification of the endosperm in the grains of a malt sample.

ภาพที่ 2.17 แสดงภาพตัดทางยาวของเมล็ดข้าวบาร์เลย์กำลังเกิดการเปลี่ยนแปลง ภายในเมล็ดขณะงอก

ที่มา : Palmer and Bathgate,1976

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงภายในเนื้อเมล็ดจะเกิดขึ้นเริ่มจากการย่อยสลายของผนังเซลล์เนื้อเมล็ดเป็นลำดับ โดยเอนไซม์กลุ่มที่ย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์ ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์จนได้เป็นน้ำตาลกลูโคส อะราบิโนส ไซโลสและโอลิโกแซ็กคาไรด์อื่นๆ หลังจากการย่อยสลายผนังเซลล์แล้ว เอนไซม์กลุ่มย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในเมล็ดก็จะทำงานโดยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ในขณะเดียวกันนั้น เอนไซม์กลุ่มที่ย่อยสลายสตาร์ชก็จะทำงานเพื่อย่อยสตาร์ชให้เป็นน้ำตาลกลูโคส (ภาพที่ 2.18)

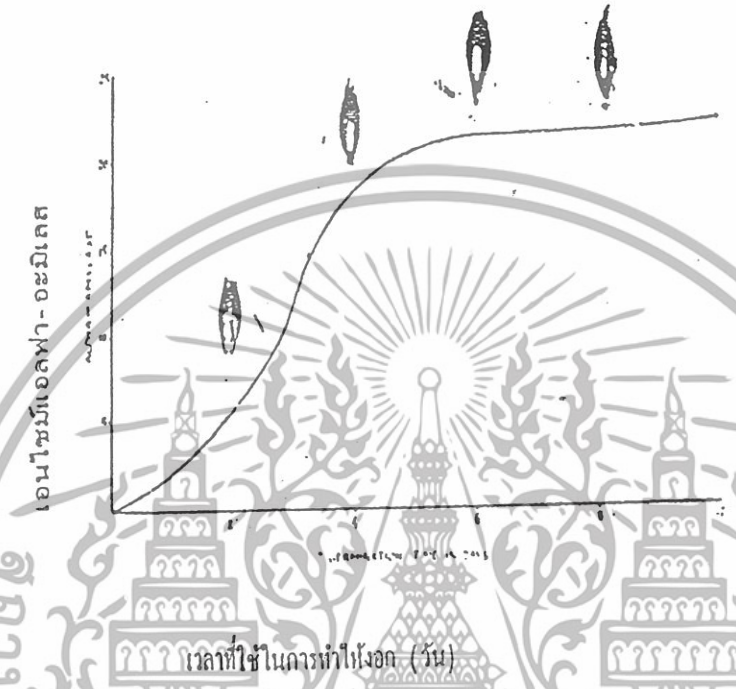


ภาพที่ 2.18 แสดงการทำงานของเอนไซม์ย่อยเม็ดสตาร์ชในขณะงอกของเมล็ดข้าวบาร์เลย์
ที่มา : Palmer and Bathgate,1976

สำหรับไขมันที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวบาร์เลย์นั้น จะมีมากที่บริเวณคัพภะและชั้นแอลิวโรน ซึ่งไขมันเหล่านี้จะประกอบด้วยกรดไขมันที่สำคัญ ในขณะงอกนี้จะเกิดการย่อยสลายของกรดไขมันโดยกระบวนการการไฮโดรไลซิสของเอนไซม์ลิเพสที่เกิดในคัพภะและชั้นแอลิวโรน ทำการย่อยสลายกรดไขมันโดยเฉพาะในคัพภะจนเกือบหมด ส่วนการย่อยกรดไขมันในชั้นแอลิวโรนจะมีพันธ์กับการกระตุ้นของกรดจิบเบอเรลลิก ไขมันที่อยู่ในรูปอิสระจะสลายตัวได้ง่ายกว่าไขมันที่เกาะเกี่ยวกับสารอื่น สำหรับไขมันประเภทฟอสฟอลิพิดจะส่งผ่านจากเนื้อเมล็ดเข้าสู่คัพภะเพื่อใช้ในการเกิดรากขณะงอกของต้นอ่อนซึ่งไขมันนี้อาจหลงเหลือในเมล็ดข้าวงอกทำให้ได้เบียร์คุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
97101

ต่ำ สีขุ่น และคุณภาพของฟองเบียร์ลดลง เมื่อทำให้เมล็ดงอกจนเหมาะสมแล้ว โดยมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดพอควร เกิดรากงอกจากเมล็ดยาวประมาณ 3/4 ของความยาวเมล็ดซึ่งใช้เวลาประมาณ 6-8 วัน (ภาพที่ 2.19)



ภาพที่ 2.19 แสดงผลของเอนไซม์กับการงอกของเมล็ดข้าวบาร์เลย์

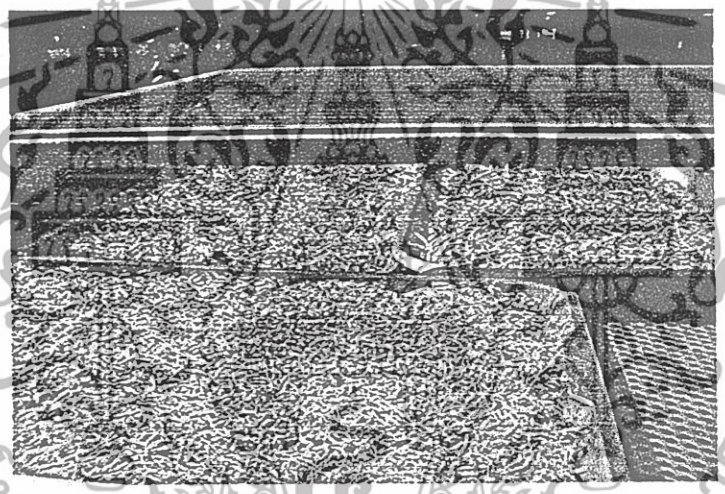
ที่มา : Dickson,1968

2.3.1.3 การอบแห้ง(Kilning)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตมอลต์ เมื่อเมล็ดงอกดีแล้วจำเป็นต้องหยุดปฏิกิริยาไม่ให้เกิดมากเกินไปจนกลายเป็นต้นอ่อนพร้อมกันนี้ก็ต้องการทำให้เมล็ดงอกซึ่งมีความชื้นไม่น้อยกว่า 40% ให้แห้งมีความชื้นลดลงเหลือเพียง 3.5-4% เพื่อพัฒนา สี กลิ่นรส และการเก็บรักษา โดยการให้ความร้อนเป็น 2 ขั้นตอน เรียกว่าการอบหรือรม(Curing) เพื่อปรับปรุงข้าวงอกให้แห้ง มีสีและกลิ่นรสเหมาะสมที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบต่อไป ในขั้นแรกของการทำให้ข้าวงอกแห้งนั้น จะใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 50-70 ^{0}ซ เป่าเมล็ดข้าวงอกจนมีอุณหภูมิภายในเมล็ดประมาณ 25-30 ^{0}ซ ซึ่งในขั้นนี้ภายในเมล็ดยังคงมีการงอกและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อในเมล็ดอยู่เพราะเป็นขั้นลมยังไม่ร้อนมากนัก แต่ทำให้การเปลี่ยนแปลงของดัพภะลดลงมาก จนกระทั่งอุณหภูมิในเมล็ดสูงถึง 50 ^{0}ซ ก็จะหยุดการเกิดปฏิกิริยาในดัพภะ ส่วนปฏิกิริยาของเอนไซม์ภายในเนื้อเมล็ดจะยังคงเกิดขึ้น เช่น กลุ่มคาร์โบไฮเดรต ทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซ์มากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการย่อยสลายเม็ดสตาร์ช ในทำนองเดียวกับการย่อยสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนก็ยังคงดำเนินไปเรื่อยในขณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการระเหยน้ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลจากกระบวนการเมลลาร์ด ได้สารเมลลานอยดิน (Melanoidins)ถ้าต้องการผลิตมอลต์สีอ่อนต้องควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีน้ำตาลในขั้นนี้ให้ได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าต้องการสีเข้มต้องควบคุมอุณหภูมิให้สูงพอเหมาะ จึงจะเกิดสีน้ำตาลตามต้องการ หลังจากการระเหยน้ำจากเมล็ดข้าวงอกในขั้นแรกแล้ว ความชื้นจะลดลงมาก (5-8%) จึงเพิ่มอุณหภูมิให้สูง (80 ^{0}ซ สำหรับข้าวงอกสีอ่อน และ 95-105 ^{0}ซ สำหรับข้าวงอกสีเข้ม) เพื่อให้น้ำระเหยเร็วและผิวของเมล็ดแห้ง เนื้อในเมล็ดแห้ง เอนไซม์ต่างๆหยุดการทำงาน รวมทั้งดึงน้ำที่เกาะเกี่ยวกับสารอื่นออกมาด้วย มีผลให้โปรตีนเสียสภาพ (Denature) และทำให้โปรตีนตกตะกอน ซึ่งมีผลต่อความใสของเบียร์
(อรอนงค์ นัยวิกุล,2538)



ภาพที่ 2.20 แสดงภาพมอลต์จากข้าวที่ผ่านการอบแห้ง(Kilning)
ที่มา : www.toryod.com/powerpoint/plmalt.ppt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คุณสมบัติของแป้ง

ในการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งที่นิยมศึกษาตรวจสอบได้แก่ WAI ,WSI , FTS, Viscosity ,Swelling power และอื่นๆ มีการศึกษาผลของการมอลต์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของแป้งดังต่อไปนี้

การศึกษาผลของการงอกที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของข้าวสาลี โดย Hardeep, S. และคณะ ในปีค.ศ.2000 พบว่าข้าวสาลีที่ผ่านการมอลต์มีความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งลดลง ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการงอก โดยในสายพันธุ์ PBW-343 ได้มีการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และสายพันธุ์ PDW-233 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขการงอกเดียวกัน

การศึกษาอิทธิพลของการมอลต์ที่มีต่อความหนืดและสมบัติของขนมอบที่ทำจากแป้งสาลีผสมกับแป้งมันสำปะหลัง เป็นงานศึกษาของ Khalil, Ali H. และคณะในปี ค.ศ.1999 โดยได้พบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมอบ โดยสัดส่วนที่เหมาะสมจะพิจารณาจากการทำงานของอะไมเลสและการไหลของแป้ง สามารถเพิ่มการทำงานของอะไมเลสได้โดยผสมแป้งข้าวมอลต์ลงไป 1 เปอร์เซ็นต์ โดยการมอลต์จะไม่ทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นและจะช่วยลดระยะเวลาในการนวดแป้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวเจ้าหอมมะลิ 105 จากศูนย์วิจัยข้าว จ.อุบลราชธานี ช่วงที่เก็บเกี่ยว เดือนพฤศจิกายน ปี 2548
2. ข้าวเหนียว กข 6 จากศูนย์วิจัยข้าว จ.อุบลราชธานี ช่วงที่เก็บเกี่ยว เดือนพฤศจิกายน ปี 2548
3. ข้าวเจ้าพิษณุโลก จากศูนย์วิจัยข้าว จ.ปทุมธานี ช่วงที่เก็บเกี่ยว เดือนพฤศจิกายน ปี 2548
4. ข้าวเจ้าสุพรรณบุรี 2 จากศูนย์วิจัยข้าว จ.ปทุมธานี ช่วงที่เก็บเกี่ยว เดือนพฤศจิกายน ปี 2548

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องบดละเอียด	Retch, ZM 1000	German
2. ตู้อบลมร้อน(hot air oven)	Memmert	German
3. ชุดวิเคราะห์โปรตีน	Buchi-B316	German
4. ชุดวิเคราะห์ไขมัน	Gerhardt Soxtherm	German
5. เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)	Beckman	German

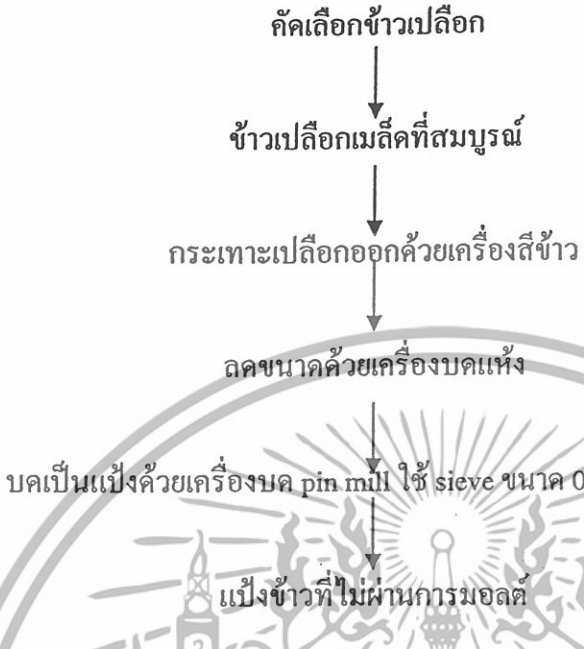
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างแป้งข้าว

3.3.1.1 การเตรียมแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์

การเตรียมแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์ ขั้นแรกทำการคัดเลือกเมล็ดข้าวแยกแต่ละสายพันธุ์โดยเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ ไม่ฝ่อไม่มีมอดและแมลงกัดกิน จากนั้นกะเทาะเปลือกข้าวออกด้วยเครื่องสีข้าวจะได้เป็นข้าวกล้อง ต่อมาแยกแกลบออกจากข้าวที่สีได้ นำข้าวที่ได้ไปลดขนาดให้ได้ข้าวที่มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องบดแห้ง (blender) หลังจากนั้นทำการบดข้าวเพื่อให้ได้แป้งข้าวโดยใช้เครื่อง pin mill ใช้ sieve ขนาด 0.12 มิลลิเมตร ในระหว่างการบดต้องคอยระวังไม่ให้เครื่องบดร้อนเพราะทำให้ข้าวที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงและยังอาจทำให้เครื่องเสียได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนกระบวนการเตรียมแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์

3.3.1.2 การเตรียมแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ (Puangwerakul, 2005)

การเตรียมแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ โดยนำข้าวเปลือกที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 4 สายพันธุ์ มาเข้าสู่กระบวนการมอลต์ นำข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์มาคัดเลือกเมล็ดที่ฝ่อ และมีมอดออก คัดเอาเฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์ จากนั้นนำมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (steeping) รินเอาน้ำออก ล้างทำความสะอาด นำข้าวที่ได้ใส่กล่องพลาสติกปิดฝา(Gasious condition)แล้วนำไปเพาะให้งอกโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มืด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวมีการงอกรากบางส่วน การที่เมล็ดงอกรากนั้นทำให้สารโภชนเภสัช เช่น สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด(GABA) ซึ่งได้จากการที่เมล็ดดูดน้ำเข้าไปทำให้เอนไซม์กลูตามิกดีคาร์บอกซิเลส (Glutamic decarboxylase) ถูกกระตุ้นไปย่อยกรดกลูตามิกได้เป็นสารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิดที่อยู่ในเมล็ด ซึ่งมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย จากนั้นนำมาอบแห้งด้วยเครื่องtray dry เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง แล้วทำการกระเทาะเปลือกข้าวออกด้วยเครื่องสีข้าวได้ข้าวกล้องออกมา จากนั้นลดขนาดด้วยเครื่องบดแห้งแล้วบดต่อด้วยเครื่องบดแบบ pin mill โดยใช้sieve ขนาด 0.12 มิลลิเมตร สุดท้ายก็จะได้แป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนกระบวนการเตรียมแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าว

นำแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และผ่านการมอลต์มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณใยอาหาร ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยใช้วิธี Proximate analysis (AOAC,1995) จากนั้นเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพบางประการ

นำแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และผ่านการมอลต์มาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพบางประการ ซึ่งได้แก่ ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index , WAI) โดยใช้วิธีของ Anderson ในปี 1969 ความสามารถในการละลาย (Water Solubility Index , WSI) โดยใช้วิธีของ Anderson ในปี 1969 ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการลาย (Freeze Thaw Stability , FTS) โดยใช้วิธีของ Narkrugsa ในปี 1996 จากนั้นทำการเปรียบเทียบสมบัติทางการกายภาพของแป้งข้าวทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

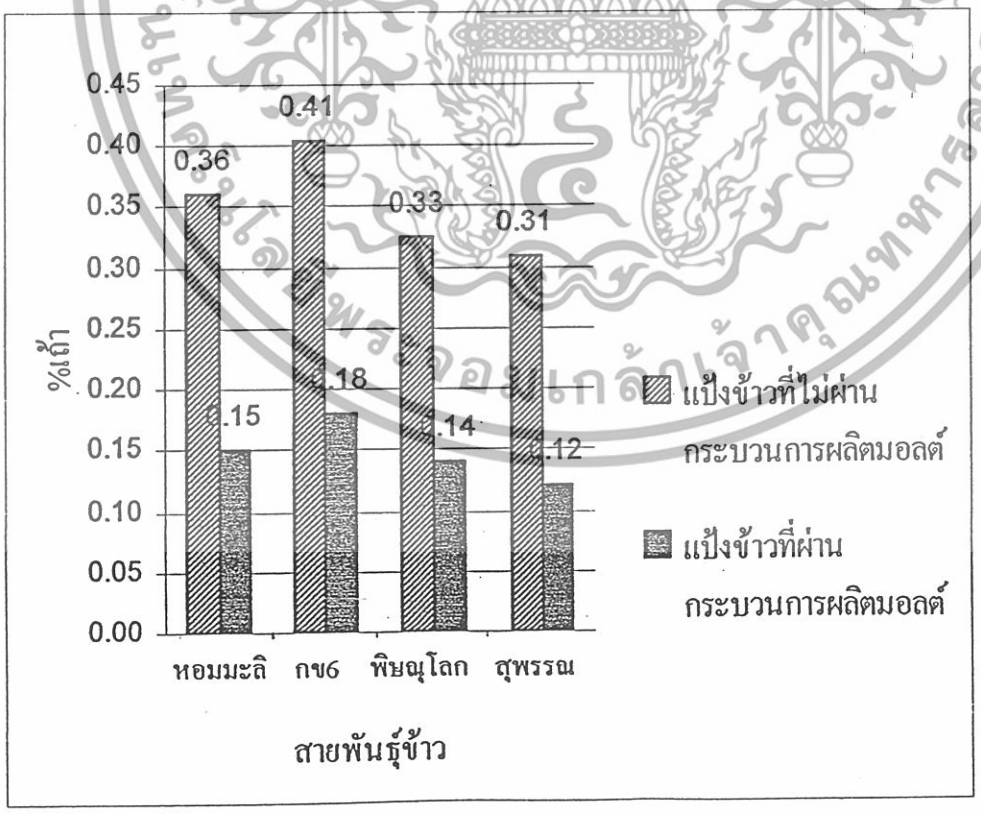
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

นำข้าวเปลือกทั้ง 4 สายพันธุ์ มาเตรียมเป็นแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ โดยแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์จะนำเอาข้าวเปลือกมาเข้าสู่กระบวนการมอลต์ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตแป้ง โดยนำข้าวเปลือกทั้ง 4 สายพันธุ์ แช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะให้งอกในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะปิด นาน 48 ชั่วโมง นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง จากนั้นนำแป้งข้าวทั้ง 2 ชนิด มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งได้แก่ ปริมาณเถ้า ปริมาณใยอาหาร ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และปริมาณคาร์โบไฮเดรต จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกันทางสถิติ

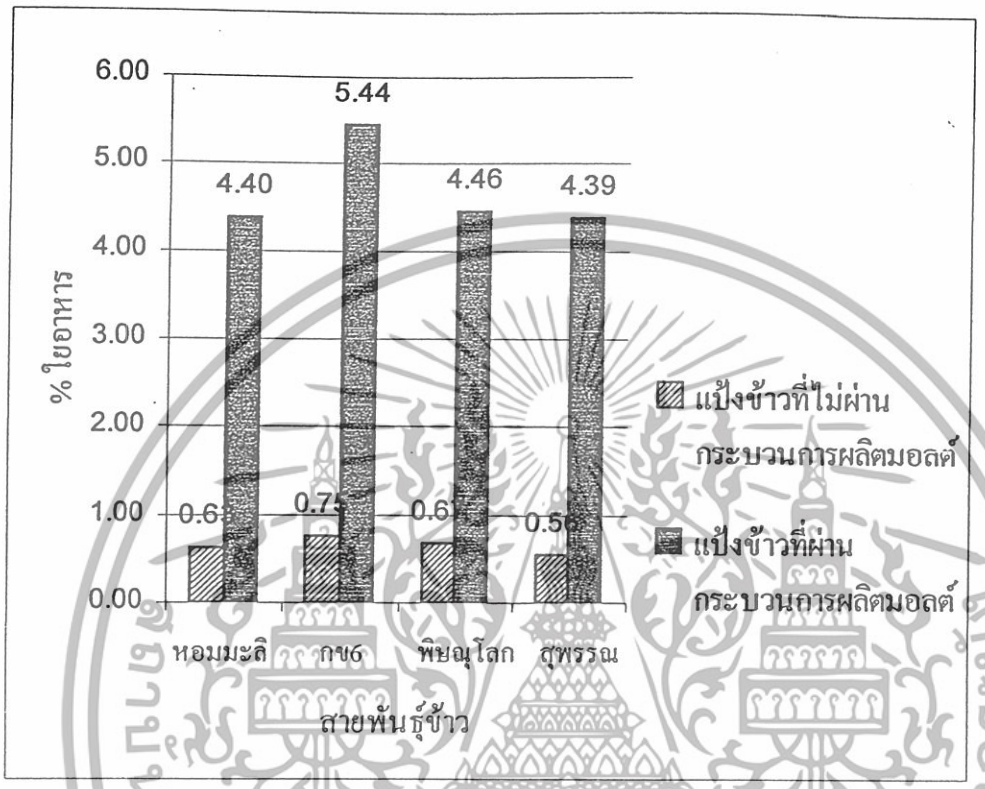
4.1.1 ผลการเปรียบเทียบปริมาณเถ้า (%Ash)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์



ภาพที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเถ้าระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

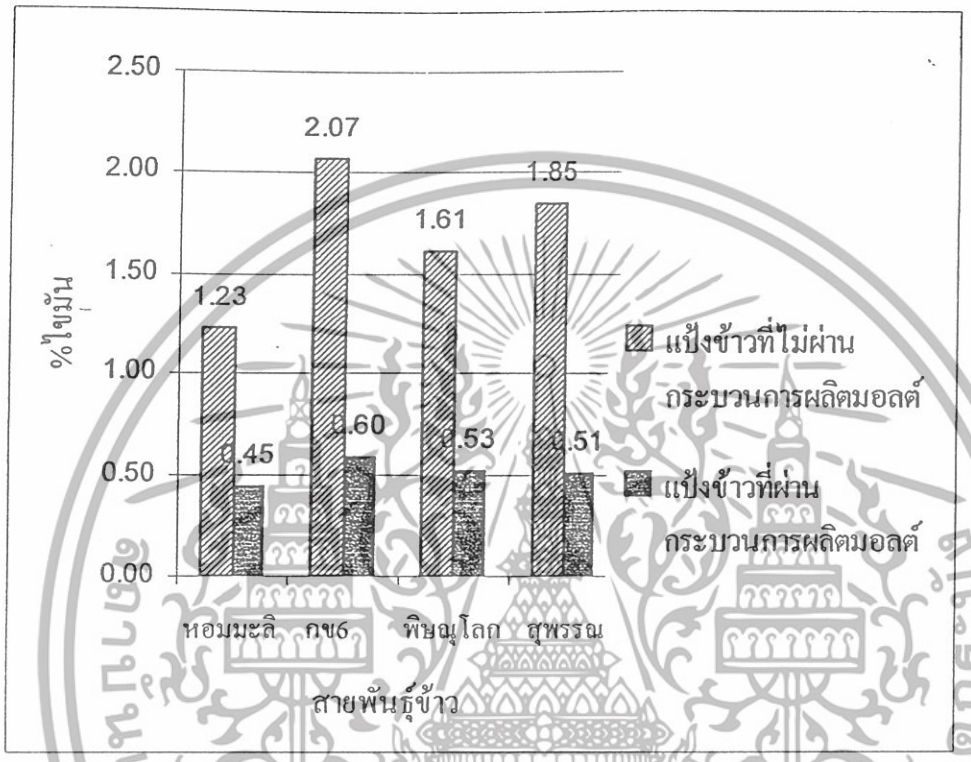
4.1.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณใยอาหาร(%Fiber)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์



ภาพที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

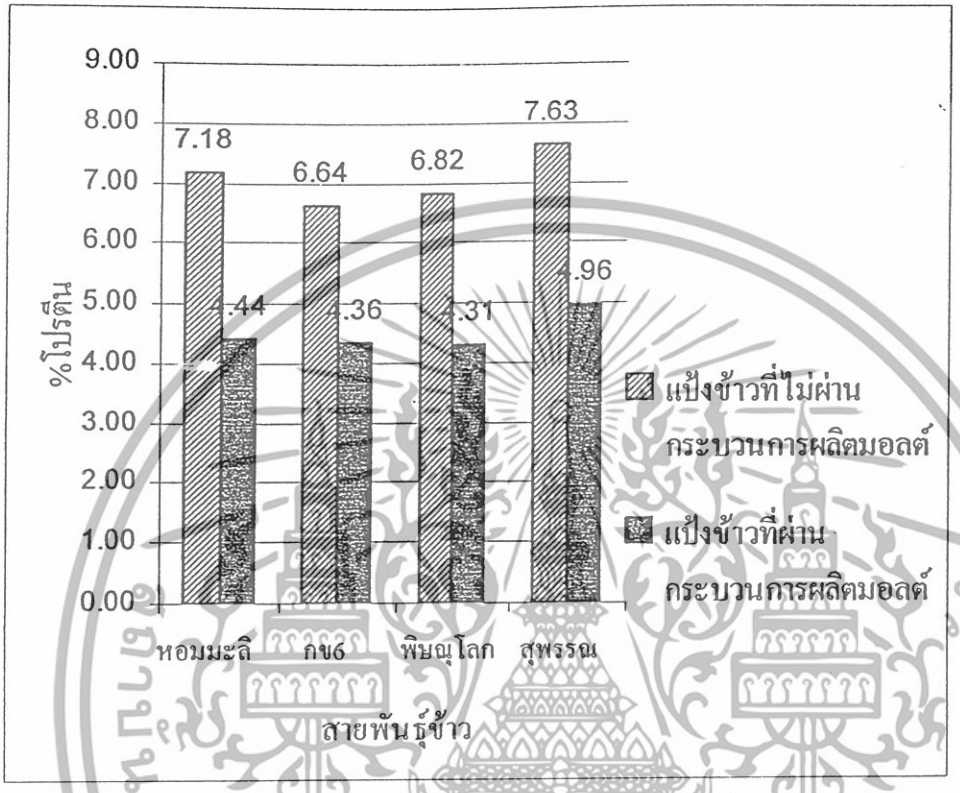
4.1.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไขมัน(%Lipid)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์



ภาพที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไขมันระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

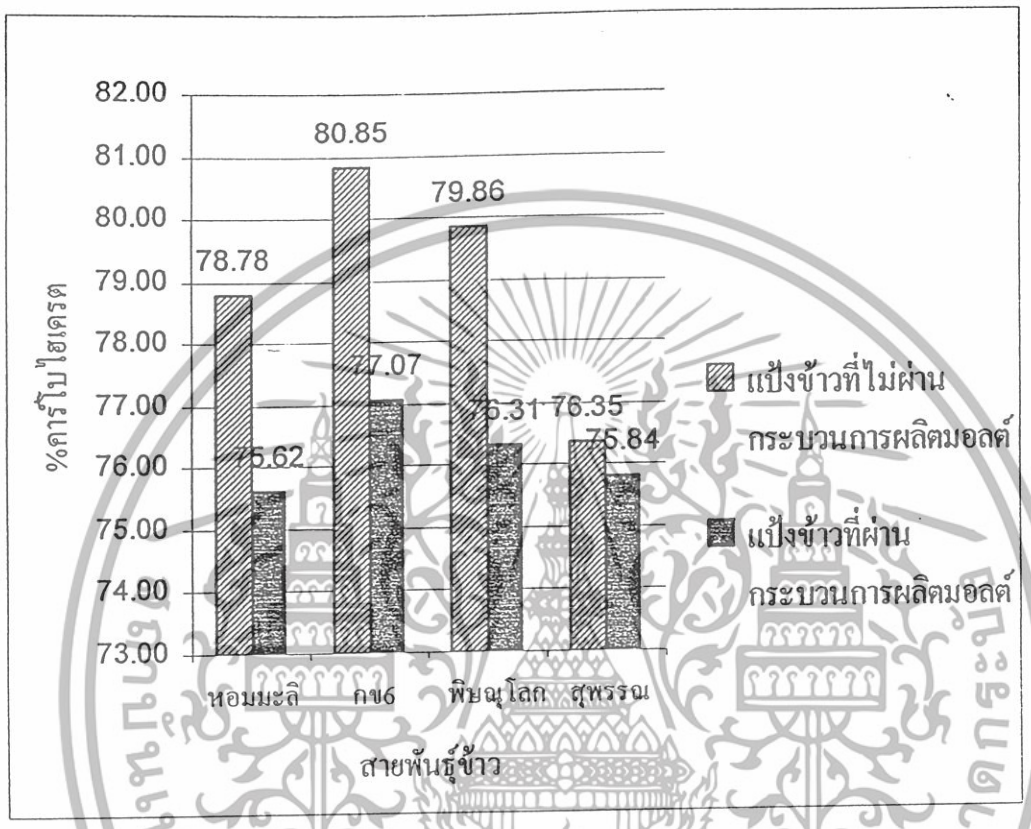
4.1.4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีน(%Protein)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์



ภาพที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%Carbohydrate)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์



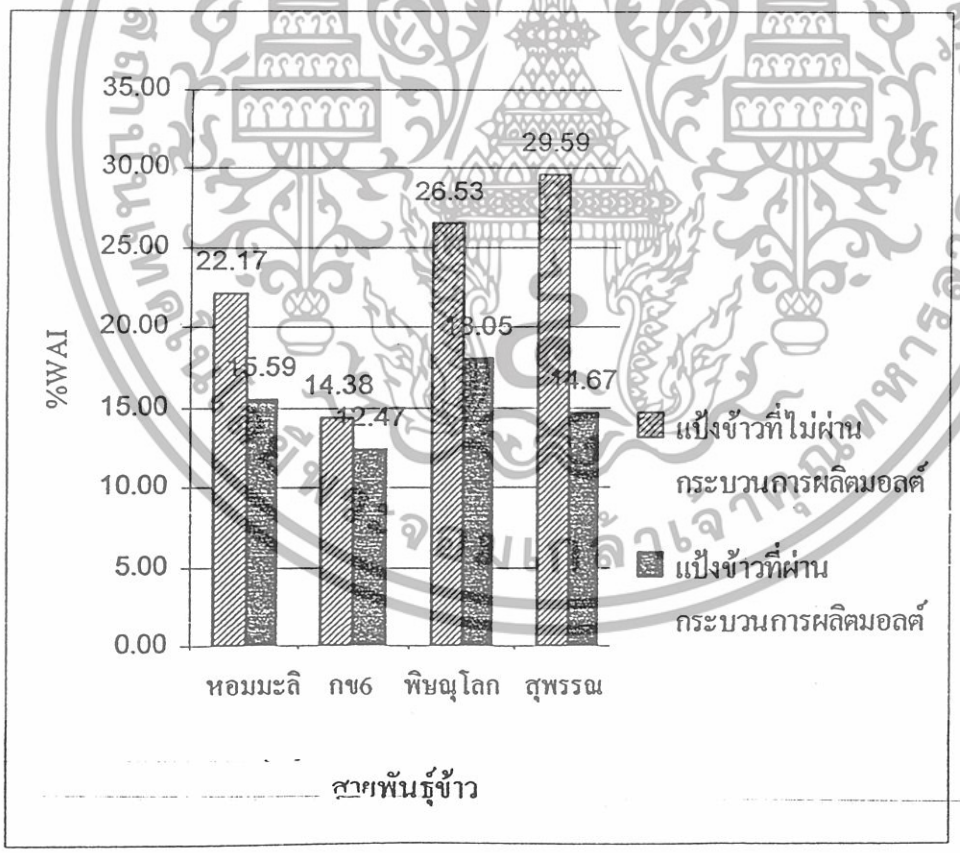
ภาพที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

นำข้าวเปลือกทั้ง 4 สายพันธุ์ มาเตรียมเป็นแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ โดยแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์จะนำเอาข้าวเปลือกมาเข้าสู่กระบวนการมอลต์ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตแป้ง โดยนำข้าวเปลือกทั้ง 4 สายพันธุ์ แช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะให้งอกในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะปิด นาน 48 ชั่วโมง นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง จากนั้นนำแป้งข้าวทั้ง 2 ชนิด มาทำการตรวจสอบทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ค่าWAI(%) ค่าWSI(%) และค่าFTS(%) จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกันทางสถิติ

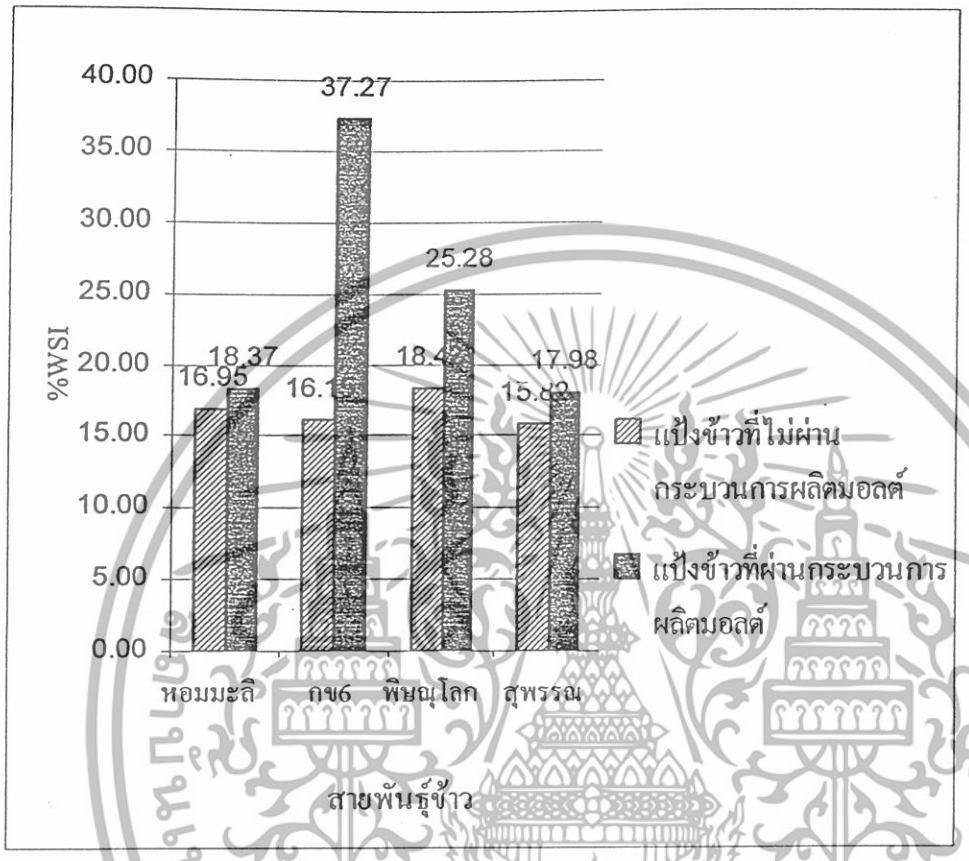
4.2.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้ง(Water Absorption Index , WAI)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์



ภาพที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

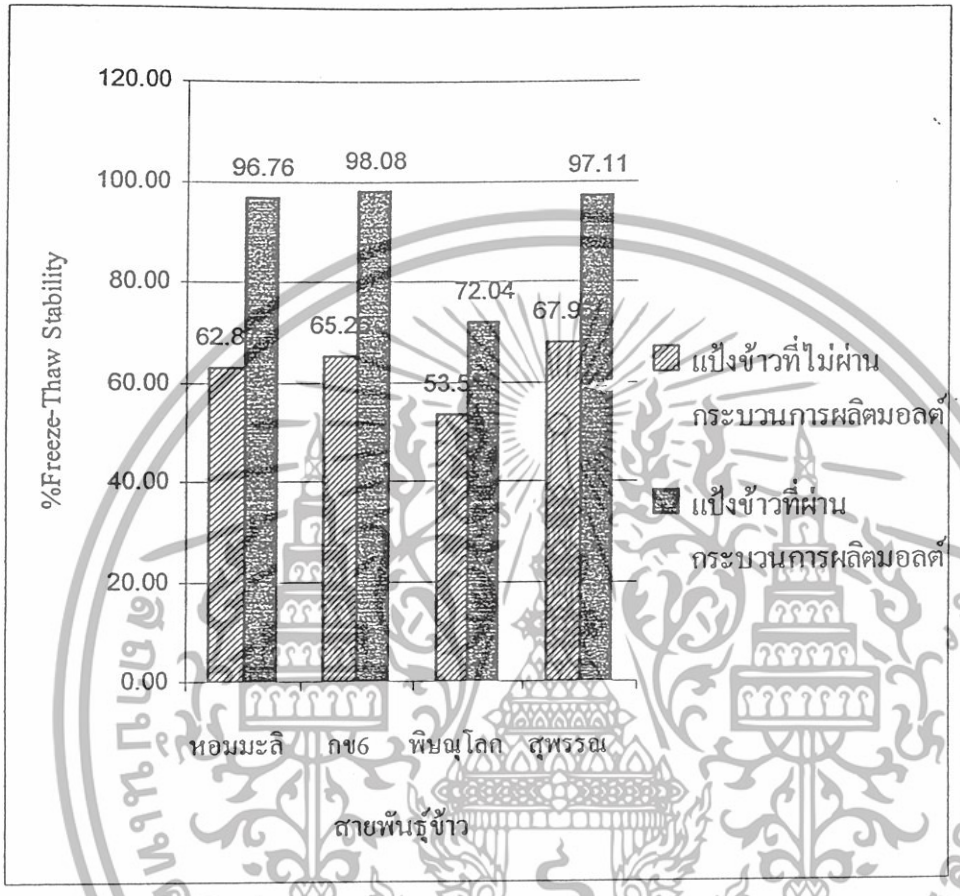
4.2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการละลายของแป้ง(Water Solubility Index , WSI) ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์



ภาพที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการละลายของแป้งระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายแป้ง (Freeze –Thraw Stability , FTS)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์



ภาพที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายแป้งระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่าแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%)ของแป้งข้าวสุพรรณบุรี2 ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์จะมีปริมาณ เถ้า ไขมัน โปรตีน และ คาร์โบไฮเดรตลดลง แต่จะมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น และจากการตรวจสอบทางกายภาพบางประการ พบว่าแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์มีสมบัติทางกายภาพบางประการแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นความสามารถในการละลาย(%WSI)ของแป้งข้าวเจ้าหอมมะลิ105 และข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำ(%WAI)และความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายลดลง(%FTS) แต่ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น โดยทุกสายพันธุ์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

5.2. ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ทางเคมีและการตรวจสอบทางกายภาพบางประการของแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์และไม่ผ่านการมอลต์เปรียบเทียบกัน ทำให้ได้ทราบว่าแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์จะมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมี และสารอาหารต่างๆเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะใยอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าแป้งข้าวที่ได้มีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น จึงเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวและเทคโนโลยีการผลิตแป้ง เพื่อประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต, เกื้อกูล ปียะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.หน้า 261-264.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 34-38.

สายรุ้ง ช่วยรอด. 2548. สารประกอบฟีนอลิกในข้าว. สัมมนาปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง.หน้า 7-9.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. เคมีธัญญาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.หน้า 103-115.

Anderson, A.K., Guraya H.S. and Chapange, E.T. 2001. Digestibility and pasting properties of Microwave heat-moisture treated rice starch.

Bor S. Luh, 1980. Rice : Production and Utilization. Food Technologist Department of Food Science and Technology University of Californai, Davis. 439 – 466.

Briggs, Dennis E. 1998. Malts and Malting. Department of Biochemistry University of Birmingham. Birmingham UK. 60

Dickson, A.D. 1968. Barley for malting and food. In. Barley : origin, botany, culture, Winterhardiness, genetics,utilization, pests. P. 112-120. Agriculture Handbook No.338. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.

"GABA." [online].Available : http://kowid.free.fr/pharmako/pharmaco/fonda/gaba.htm.

Hogan, J.T., Deobald, H.J., Normand, F.L., Mottern, H.H., Lynn, L. and Hunnell, J.W. 1968. Production of high-protein rice flour. Rice J. 71(11) 5 – 6, 8 – 9, 32.

Hough, J.S. 1994. The Biotechnology of Malting and Brewing. Director of the British School of Malting and Brewing The University of Birmingham.Cambridge.28

Hardeep, S., Narpinder, S., Lakhwinder, K., Saxna, S.K. 2000. Effect of Sprouting Conditions on Functional and dynamic rheological property of wheat. Department of Food Science and Technology, Guru Narak Dev University.23

Ito, S., and Ishikawa, Y. 2004. Marketing of value-added rice product in Japan, FAO International Rice Year, 2004. Symposium Rome.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Khalil, Ali H., Mansour, Esam H., and Dawoud, Fathy M. 1999. Influence of Malt on Rheological and Baking Property of Wheat-cassavana Composite Flour. Food Science and Technology Dep., Agric of Agri., Menofiya.2

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzaki, T., Shimizu, N., and Kimaru, T. 2005. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinate brown rice. Jaurnal of Food Enguneering.

Liu, L. L.,Zhai H. Q. And Wan, J.-M. 2005. Accumulation of γ-Amiombutyric Acid in Giant-Embryo Rice in Relation to Glutamate Decarboxylase Activity and Its Gene Expression During Water Soaking. Cereal Chem. 82(2) : 191-196.

"Malt." [online].Available : http://www.bruichladdich.com/malting_process.htm.

"Malting Process." [online].Available : http://www.bruichladdich.com/malting_process.htm.

Narkragsa. W. 1996. Change in some physicochemical properties tapioca and glutinous rice starch after microwave. Kasetsart J. (Nat. Sci). 30: 532 – 538.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y., Kasuumi, T., 2005. Bio-functional components in the Processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extrution. Jounal of Food Composition and Analysis.18,303-316.

Ong, M.H. and J. M.V. Blanshard 1991. "Texture determinants of cooked, parboiled rice. II: Physicochemical properties and leaching behaviour ofrice." J. Of Cereal Science. 21: 261-269.

Palmer, G.H. and G.N. Bathgate, 1976. Malting and brewing. In Advances in cereal science and technology. P.237-324. edited by Y. Pomerranz. American Association of Cereal Chemist Incorporated,St. Paul,Minnesota.

Puangwerakul, Y. 2005. Malt Characteristics of 40 Rice Varieties Cultivated in Thailand. Faculty of Biotechnology Rangsit University Patumthani. 1-12.

Watt, B.K. and Merrill, A.L. 1963. Composition of foods-Raw, processed, prepared. U.S. Dep. Agric., Agr. Res. Serr., Agric. Handbk 8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก.1 ความชื้น (Moiture)

อาหารประกอบด้วยน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยน้ำในสภาพอิสระ(Free water) เป็นตัวทำละลายแร่ธาตุในสารอาหาร และเป็นตัวกลางการกระจายตัวของคอลลอยด์ (Colloid) น้ำในสภาพที่ถูกดูดซับ (Absorbed water) บริเวณผิวอนุภาคคอลลอยด์ มักพบในโปรโตพลาสซึม ผนังเซลล์ และองค์ประกอบของเซลล์เป็นน้ำที่ถูกดูดซับไว้อย่างแน่น น้ำที่ถูกดูดจับ (Bound Water) ซึ่งยากต่อการขจัดออกโดยไม่ทำให้สูญเสียสภาพธรรมชาติของโครงสร้าง การวิเคราะห์หาความชื้นในอาหารกระทำได้หลายวิธี เช่น อบไล่ความชื้นในตู้ กลั่นหรือไทเทรตชัน (Titration) วิธีอบไล่ความชื้นนั้นนับว่าง่ายในทางปฏิบัติโดยคำนวณหาน้ำหนักของสารที่หายไปหลังการอบแห้ง น้ำหนักส่วนที่ระเหยไปนี้คือ น้ำในสภาพอิสระ (Free Water) อย่างไรก็ตามน้ำหนักที่หายไปมิได้บ่งบอกถึงปริมาณความชื้นเท่านั้นที่ระเหยไป แต่องค์ประกอบที่ระเหยง่ายก็ถูกขจัดออกไปพร้อมความชื้นด้วยเช่นกัน การระเหยน้ำในสภาพอิสระ (Free Water) จะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อาหารบางชนิด เช่น ผลไม้ที่ประกอบอยู่ไม่ควรใช้อุณหภูมิเกิน 70 องศาเซลเซียส หรือควรทำในสภาวะสุญญากาศ มิเช่นนั้นอาหารจะกลายเป็นสีน้ำตาลหรือไหม้ ตู้อบควรมีระบบหมุนเวียนอากาศช่วยกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอ ตัวอย่างในชั้นตู้อบจะได้รับความร้อนอย่างเท่าๆกัน ตัวอย่างที่ไล่ความชื้นออกแล้วสามารถนำมาวิเคราะห์ไขมัน ใยอาหารต่อไป

วิธีการทดลอง

1. นำ aluminium can อบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 120±3องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียด ใส่ใน aluminium can 3.
3. นำไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 120±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ ปิดฝา
4. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (dessicator)ชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เถ้า (Ash)

วิธีการทดลอง

1. อบ crucible ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใน hot air oven นาน 2 ชั่วโมง
2. ทิ้งให้ เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
3. ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ใน crucible
4. นำไปเผาบน hot plate จนไม่มีควันและตัวอย่างเป็นสีดำ
5. นำ crucible เข้าเผาใน furnace ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเป็นสีขาว ทั้งหมด ทิ้งให้เย็น
6. ชั่งน้ำหนักเถ้าและ crucible
7. คำนวณปริมาณเถ้าด้วยสูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าและ crucible หลังเผา} - \text{น้ำหนัก crucible หลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3. ใยอาหาร (Fiber)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (dry basis) ใส่ในบีกเกอร์ปากเรียบขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมสาระลายกรดซัลฟิวริก 1.25 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร ใส่ glass bead 3 ลูก เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง
3. วางบีกเกอร์บน digestion apparatus แล้ววาง condenser ทรงกลม เปิดวาล์วน้ำเย็นไหลผ่านต้มให้เดือด 30 นาที คนสารละลายในบีกเกอร์ เพื่อไม่ให้มีของแข็งติดอยู่ข้างบีกเกอร์
4. นำมากรองด้วยชุดเครื่องกรอง Bushner funnel
5. ล้างกากด้วยน้ำต้ม 50-75 มิลลิลิตร โดยให้ผ่าน Bushner funnel
6. ล้างซ้ำอีกครั้งด้วยน้ำต้มเพื่อ ล้างกรดให้หมดทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส ขูดกากใส่บีกเกอร์เดิม
7. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 200 มิลลิลิตร ต้มเดือดนาน 30 นาที คนสารละลายในบีกเกอร์เพื่อไม่ให้มีของแข็งติดข้างบีกเกอร์
8. นำมากรองด้วยชุดเครื่องกรอง Bushner funnel
9. ล้างกากด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ 25 มิลลิลิตร
10. ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มซ้ำอีก 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. จากนั้นล้างกากอีกครั้งด้วยแอลกอฮอล์ 25 มิลลิลิตรขูดกากใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (อบที่อุณหภูมิ 120±3 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมงทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
12. ชั่งน้ำหนักนำกากและ crucible
13. ไปอบที่อุณหภูมิ 120±3 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
14. นำไปเผาใน furnace จนกระทั่งได้เถ้าสีเทาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส
15. ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก
16. คำนวณหาปริมาณเยื่อใยโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเยื่อใย} = \frac{\text{น้ำหนักกากก่อนเผา} - \text{น้ำหนักกากหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ก.4 ไขมัน (Lipid)

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 120±3 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงหรือน้ำหนักคงที่
2. อบบีกเกอร์ไขมันและ glass beads ใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 120±3 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือน้ำหนักคงที่
3. ชั่งและบันทึกน้ำหนักของบีกเกอร์รวม glass beads
4. ชั่งตัวอย่างจากตอนแรก ประมาณ 3 กรัม (dry basis) จดน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ลงใน thimbleนำthimble ใส่ในเครื่องสกัดไขมัน (soxhlet apparatus)
5. เติมปิโตรเลี่ยมอีเทอร์ประมาณเพียงพอที่จะทำให้เกิดการสกัดอย่างสมบูรณ์ลงในบีกเกอร์ไขมัน ใช้เวลาสกัดประมาณ 3-4 ชั่วโมงแยกบีกเกอร์ไขมันออกจากชุดสกัดนำบีกเกอร์ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เพื่อระเหยอีเทอร์ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณปริมาณไขมันจากสูตร

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 โปรตีน

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งแป้งข้าว 0.1-5 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน
2. เติม catalyst (1:8 ของ $CuSO_4/K_2SO_4$) 7–10 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15-25 มล. ใส่ boilingchip 2-3 ลูกในหลอดย่อยโปรตีน
4. นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด
5. ทิ้งไว้ให้เย็น นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน
6. เติมโซเดียมไฮโดรไซด์เข้มข้น 32% กับน้ำกลั่นในปริมาณที่เครื่องกลั่นแต่ละเครื่องกำหนด ใช้กรดบอริคเข้มข้น2%เป็นตัวจับแอมโมเนีย
7. ตวงกรดบอริค 2% ปริมาณ 60 มล. ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มล. หยด mixed indicator 2-3 หยดจะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จ
8. นำ Erlenmeyer flask หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใสมาไตเตรทกับไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นใสไม่มีสี
9. บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้
10. นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B)\times N_{HCl}\times 14}{\text{Wt.sample}\times 1000}\times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน}\times 6.25$$

เมื่อ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทกับ blank

ก.6 คาร์โบเดรต (Carbohydrate)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ข้อมูลผลการทดลอง

ค.1 ปริมาณเถ้า(% Ash)

ตารางผนวกที่ ค.1 ผลข้อมูลการหาปริมาณเถ้าของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

สายพันธุ์	กระบวนการมอลต์	ปริมาณเถ้า(%Ash)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
หอมมะลิ	ไม่ผ่าน	0.36	0.36	0.36
	ผ่าน	0.15	0.15	0.15
ก.ข6	ไม่ผ่าน	0.40	0.41	0.41
	ผ่าน	0.18	0.18	0.18
พิษณุโลก	ไม่ผ่าน	0.33	0.32	0.33
	ผ่าน	0.14	0.14	0.14
สุพรรณบุรี2	ไม่ผ่าน	0.31	0.31	0.31
	ผ่าน	0.12	0.12	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: ปริมาณใยอาหาร(%Fiber)

รางผนวกที่ ค.2 ผลข้อมูลการหาปริมาณใยอาหารของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่นการมอลต์

สายพันธุ์	กระบวนการมอลต์	ปริมาณใยอาหาร(% Fiber)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
อมมะลิ105	ไม่ผ่าน	0.61	0.65	0.63
	ผ่าน	4.39	4.40	4.40
า.ข6	ไม่ผ่าน	0.72	0.78	0.75
	ผ่าน	5.44	5.44	5.44
พิษณุโลก	ไม่ผ่าน	0.65	0.69	0.67
	ผ่าน	4.46	4.46	4.46
สุพรรณบุรี2	ไม่ผ่าน	0.54	0.57	0.56
	ผ่าน	4.38	4.39	4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 ปริมาณไขมัน(%Lipid)

ตารางผนวกที่ ค.3 ผลข้อมูลการหาปริมาณไขมันของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

สายพันธุ์	กระบวนการมอลต์	ปริมาณไขมัน (%Lipid)		
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
หอมมะลิ	ไม่ผ่าน	1.21	1.25	1.23
	ผ่าน	0.45	0.44	0.45
กข6	ไม่ผ่าน	2.03	2.10	2.07
	ผ่าน	0.59	0.60	0.60
พิษณุโลก	ไม่ผ่าน	1.60	1.61	1.61
	ผ่าน	0.53	0.53	0.53
สุพรรณบุรี2	ไม่ผ่าน	1.84	1.85	1.85
	ผ่าน	0.52	0.50	0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.4 ปริมาณโปรตีน(%Protein)

ตารางผนวกที่ ค4 ผลข้อมูลการหาปริมาณโปรตีนของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

สายพันธุ์	กระบวนการมอลต์	ปริมาณโปรตีน (% Protein)		
		ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
หอมมะลิ105	ไม่ผ่าน	7.15	7.20	7.18
	ผ่าน	4.45	4.43	4.44
ก.ข6	ไม่ผ่าน	6.55	6.72	6.64
	ผ่าน	4.36	4.36	4.36
พิษณุโลก	ไม่ผ่าน	6.76	6.88	6.82
	ผ่าน	4.32	4.30	4.31
สุพรรณบุรี2	ไม่ผ่าน	7.48	7.77	7.63
	ผ่าน	4.96	4.96	4.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%Carbohydrate)

ตารางผนวกที่ ค.5 ผลข้อมูลการหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

สายพันธุ์	กระบวนการมอลต์	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต%Carbohydrate)		
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
หอมมะลิ105	ไม่ผ่าน	78.50	79.06	78.78
	ผ่าน	75.59	75.64	75.62
ก.ข6	ไม่ผ่าน	80.59	81.10	80.85
	ผ่าน	77.05	77.08	77.07
พิษณุโลก	ไม่ผ่าน	79.68	80.03	79.86
	ผ่าน	76.28	76.34	76.31
สุพรรณบุรี2	ไม่ผ่าน	75.93	76.77	76.35
	ผ่าน	75.89	75.78	75.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.6 ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ(Water Absorption Index ; %WAI)

ตารางผนวกที่ ค.6 ผลข้อมูลการหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

สายพันธุ์	กระบวนการมอลต์	% WAI		
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
หอมมะลิ105	ไม่ผ่าน	22.50	21.84	22.17
	ผ่าน	15.58	15.60	15.59
ก.ข6	ไม่ผ่าน	14.03	14.73	14.38
	ผ่าน	12.47	12.46	12.47
พิษณุโลก	ไม่ผ่าน	27.55	25.51	26.53
	ผ่าน	18.05	18.05	18.05
สุพรรณบุรี2	ไม่ผ่าน	29.20	29.98	29.59
	ผ่าน	14.70	14.63	14.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.7 ค่าความสามารถในการลาย (Water Solubility Index ;WSI)

ตารางผนวกที่ ค.7 ผลข้อมูลการหาค่าความสามารถในการลายของแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

สายพันธุ์	กระบวนการมอลต์	WSI		
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
หอมมะลิ105	ไม่ผ่าน	17.26	16.63	16.95
	ผ่าน	18.21	18.52	18.37
ก.ข6	ไม่ผ่าน	16.63	15.67	16.15
	ผ่าน	37.40	37.13	37.27
พิษณุโลก	ไม่ผ่าน	19.20	17.63	18.42
	ผ่าน	25.22	25.33	25.28
สุพรรณบุรี2	ไม่ผ่าน	16.53	15.11	15.82
	ผ่าน	18.07	17.89	17.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.8 ค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการละลาย (Freeze Thaw Stability ; %FTS)

ารางผนวกที่ ค.8 ผลข้อมูลการหาค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการละลายของแป้งข้าวที่ม่ผ่านการมอลต์และแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

สายพันธุ์	กระบวนการมอลต์	%FTS		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
หอมมะลิ105	ไม่ผ่าน	60.78	64.96	62.87
	ผ่าน	96.82	96.70	96.76
ก.ข6	ไม่ผ่าน	64.09	66.42	65.26
	ผ่าน	98.09	98.06	98.08
พิษณุโลก	ไม่ผ่าน	50.85	56.23	53.54
	ผ่าน	72.02	72.05	72.04
สุพรรณบุรี2	ไม่ผ่าน	67.73	68.19	67.96
	ผ่าน	97.15	97.06	97.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

- วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ง.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

ใช้การทดลองแบบ CRD ได้ตาราง ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางเคมีระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ทั้ง 4 สายพันธุ์

ง.1.1 เปรียบเทียบปริมาณเถ้า(%)

ตารางที่ ง.1 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเถ้า(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.044	1	.044	.	.*
Within Groups	.000	2	.000		
Total	.044	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.2 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเถ้า(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.051	1	.051	2025.000	.000*
Within Groups	.000	2	.000		
Total	.051	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเถ้า(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.034	1	.034	1369.000	.001*
Within Groups	.000	2	.000		
Total	.034	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.4 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณเถ้า(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.036	1	.036	.	.*
Within Groups	.000	2	.000		
Total	.036	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1.2 เปรียบเทียบปริมาณใยอาหาร(%)

ตารางที่ ง.5 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณใยอาหาร(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.175	1	14.175	33353.471	.000*
Within Groups	.001	2	.000		
Total	14.176	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.6 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณใยอาหาร(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21.996	1	21.996	24440.111	.000*
Within Groups	.002	2	.001		
Total	21.998	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณใยอาหาร(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.364	1	14.364	35910.250	.000*
Within Groups	.001	2	.000		
Total	14.365	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.8 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณใยอาหาร(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.669	1	14.669	58675.600	.000*
Within Groups	.000	2	.000		
Total	14.669	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1.3 เปรียบเทียบปริมาณไขมัน(%)

ตารางที่ ง.9 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมัน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.616	1	.616	1449.941	.001*
Within Groups	.001	2	.000		
Total	.617	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.10 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมัน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.161	1	2.161	1728.720	.001*
Within Groups	.003	2	.001		
Total	2.163	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ารางที่ ง.11 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมัน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.156	1	1.156	46225.000	.000*
Within Groups	.000	2	.000		
Total	1.156	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.12 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไขมัน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.782	1	1.782	14257.800	.000*
Within Groups	.000	2	.000		
Total	1.782	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1.4 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีน(%)

ตารางที่ ง.13 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.480	1	7.480	10317.552	.000*
Within Groups	.001	2	.001		
Total	7.482	3			

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.14 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.176	1	5.176	716.349	.001*
Within Groups	.014	2	.007		
Total	5.190	3			

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.15 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.300	1	6.300	1702.730	.001*
Within Groups	.007	2	.004		
Total	6.307	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.16 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีน(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.102	1	7.102	337.799	.003*
Within Groups	.042	2	.021		
Total	7.144	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1.5 เปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%)

ตารางที่ ง.17 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรตระหว่าง(%)แป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.017	1	10.017	126.760	.008*
Within Groups	.158	2	.079		
Total	10.175	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.18 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรตระหว่าง(%)แป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.288	1	14.288	218.979	.005*
Within Groups	.130	2	.065		
Total	14.419	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.19 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุโลก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.567	1	12.567	398.637	.002*
Within Groups	.063	2	.032		
Total	12.630	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.20 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรต(%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.295	1	2.295	6.762	.122^{ns}
Within Groups	.679	2	.339		
Total	2.974	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

ง.2 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพบางประการระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์

ใช้การทดลองแบบ CRD ได้ตาราง ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพบางประการระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ทั้ง 4 สายพันธุ์

ง.2.1 เปรียบเทียบค่าWAI(%)

ตารางที่ ง.21 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWAI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	43.296	1	43.296	397.215	.003*
Within Groups	.218	2	.109		
Total	43.514	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.22 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWAI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.667	1	3.667	29.930	.032*
Within Groups	.245	2	.123		
Total	3.912	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.23 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWAI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	71.910	1	71.910	69.118	.014*
Within Groups	2.081	2	1.040		
Total	73.991	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.24 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWAI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	222.756	1	222.756	1452.833	.001*
Within Groups	.307	2	.153		
Total	223.062	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

ง.2.2 เปรียบเทียบค่าWSI(%)

ตารางที่ ง.25 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า WSI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.016	1	2.016	16.360	.056 ns
Within Groups	.247	2	.123		
Total	2.263	3			

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.26 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWSI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	445.843	1	445.843	1793.236	.001*
Within Groups	.497	2	.249		
Total	446.340	3			

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.27 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า WSI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47.060	1	47.060	75.995	.013*
Within Groups	1.239	2	.619		
Total	48.298	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.28 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าWSI (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.666	1	4.666	9.109	.094^{ns}
Within Groups	1.024	2	.512		
Total	5.690	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.2.3 เปรียบเทียบค่าFTS(%)

ตารางที่ ง.29 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าFTS (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าหอมมะลิ 105

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1148.532	1	1148.532	262.720	.004*
Within Groups	8.743	2	4.372		
Total	1157.275	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.30 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าFTS (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเหนียวกข6

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1077.152	1	1077.152	793.512	.001*
Within Groups	2.715	2	1.357		
Total	1079.867	3			

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.31 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าFTS (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าพิษณุ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	342.065	1	342.065	47.271	.021*
Within Groups	14.473	2	7.236		
Total	356.538	3			

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

ตารางที่ ง.32 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าFTS (%)ระหว่างแป้งข้าวที่ไม่ผ่านการมอลต์กับแป้งข้าวที่ผ่านการมอลต์ที่ผลิตจากข้าวเจ้าสุพรรณบุรี2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	849.431	1	849.431	15465.289	.000*
Within Groups	.110	2	.055		
Total	849.541	3			

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวรัตติยา ลิมปนาภา เกิดวันที่ 3 พฤษภาคม 2527 ที่ อ.บ้านนาสาร จ.สุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสุราษฎร์ธานี ในปี 2545 และเข้ารับการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2546

นางสาวสุวรัตน์ รักช่วย เกิดวันที่ 16 พฤศจิกายน 2527 ที่ อ.คอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสุราษฎร์ธานี ในปี 2545 และเข้ารับการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2546

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้