14916

การศึกษาเบื้องต้นของอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้องในถุงพลาสติก

Preliminary Study of Shelf life of Brown Rice in Plastic Pouch

T096791

นายวสวัติ แก้ววังสาร

นายองอาจ อธิคมกุลชัย

นางสาวอุไรวรรณ นิ่มมาด

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2540

ปพ.
วิ358ก
2540

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96791
วัน.เดือน.ปี.....

ลิขสิทธิ์วิทยานิพนธ์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1612

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาเบื้องต้นของอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้องในถุงพลาสติก

Preliminary Study of Shelf Life of Brown Rice in Plastic Pouch

โดย

นาย วสวัติ แก้ววังสาร

นาย องอาจ อธิคมกุลชัย

น.ส. อุไรวรรณ นิ่มมาด

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....11/03/40..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

ผศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2540

ปพ.
ว35ก
2540

- 8 ส.ค. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วสวัติ แก้ววังสาร , องอาจ อธิคมกุลชัย และอุไรวรรณ นิ่มมาค : 2540 ; การศึกษาเบื้องต้นของอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้องในบรรจุภัณฑ์ (Preliminary Study of Shelf life of Brown Rice in Package) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. วุฒิชัย นาครักษา

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้อง โดยการศึกษาชนิดของถุงพลาสติกที่ทำมาจากแผ่นฟิล์ม 2 ชนิด และอุณหภูมิในการเก็บรักษา ฟิล์มพลาสติกที่ใช้คือ PP (Polypropylene) และ PE (Polyethylene) ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาคือ 20°C , 27°C , (อุณหภูมิห้อง) และ 38°C เพื่อศึกษาฟิล์มพลาสติกชนิดใด และอุณหภูมิในการเก็บรักษาใด จึงสามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวกล้องไว้ได้นาน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยทำการวิเคราะห์หา FFA (Free fatty acid) , TBA (Thiobabituric acid test) , เปอร์เซ็นต์ความชื้น , Weight loss & Weight gain และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส ผลการศึกษาพบว่า ถุงพลาสติกชนิด PP (Polypropylene) , PE (Polyethylene) ที่อุณหภูมิ 20°C จะมีความเหมาะสมในการเก็บรักษาข้าวกล้อง เพราะค่า FFA ที่อุณหภูมิ 20°C ของถุงพลาสติก 2 ชนิด จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่อุณหภูมิ 27°C (อุณหภูมิห้อง) และอุณหภูมิ 38°C จะมีค่า FFA ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น การเลือกชนิดถุงพลาสติก สามารถเลือกชนิดใดชนิดหนึ่ง แต่ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของถุงพลาสติก ควรจะเลือกใช้ถุงพลาสติก PP เพราะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ น้อย และให้ผลความแตกต่างน้อยมาก ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จึงควรเลือกใช้ถุงพลาสติก PP ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาข้าวกล้องที่ 20°C จะมีความเหมาะสม

วสวัติ , องอาจ , อุไรวรรณ		11/03/40
ลายชื่อนักศึกษา	ลายชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำต่าง ๆตลอดจนเอื้อเฟื้อเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ให้แก่คณะผู้จัดทำ จนงานนั้นสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่แจ๋ว พี่หมู และพี่ไก่ ที่กรุณาในเรื่องการเบิก-ยืมอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ รวมทั้งพี่แดงที่กรุณาซ่อมเครื่องบดข้าว ในเวลาที่เครื่องชำรุด และที่สำคัญขอขอบคุณป้าจวบที่คอยดูแล และอำนวยความสะดวกในระหว่างที่อยู่ตึกโปร

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในระหว่างการปฏิบัติงาน และที่สำคัญคนที่คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านคือ เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคน

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกภายในครอบครัวที่ได้ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ จนทำให้รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วสวัติ แก้ววังสาร
องอาจ อธิคมกุลชัย
อุไรวรรณ นิ่มมาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ _____ ก

กิตติกรรมประกาศ _____ ข

สารบัญ _____ ค

สารบัญตาราง _____ จ

สารบัญรูป _____ ฉ

สารบัญภาคผนวก _____ ฌ

บทที่

1. บทนำ _____ 1
2. วารสารปริทัศน์
   - 2.1 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว _____ 2
   - 2.2 ปริมาณความชื้นและอายุการเก็บรักษา _____ 5
   - 2.3 คุณสมบัติของฟิล์มพลาสติก _____ 6
   - 2.4 อายุการเก็บรักษาอาหาร และปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาอาหาร ___ 10
   - 2.5 การเกิด Lypolytic Hydrolysis and Oxidation in Brown Rice _____ 13
   - 2.6 การเกิดกรดไขมันของข้าวกล้อง _____ 15
   - 2.7 การเกิดออโต้ออกซิเดชั่น _____ 18
3. วัตถุดิบ , อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง
   - 3.1 วัตถุดิบ _____ 23
   - 3.2 อุปกรณ์ _____ 23
   - 3.3 สารเคมี _____ 24
   - 3.4 วิธีการทดลอง _____ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4. ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น _____ 34

4.2 การวิเคราะปริมาณ FFA _____ 38

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณ TBA _____ 41

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณ weight loss และ weight gain _____ 44

4.5 การประเมินทางประสาทสัมผัส _____ 47

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง _____ 50

บรรณานุกรม _____ 54

ภาคผนวก _____ 56

ประวัติผู้เขียน _____ 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1.1	คุณสมบัติของพลาสติกตัวอย่าง	32
3.1.2	แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ในแต่ละสภาวะการเก็บ ณ อุณหภูมิที่ทดสอบ	32
4.1	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวกล้อง ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน	34
4.2	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ FFA ของข้าวกล้อง ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน	38
4.3	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TBA ของข้าวกล้อง ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน	41
4.4	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Weight loss & Weight grain ของข้าวกล้อง ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน	44
4.5	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Sensory tset ของข้าวกล้อง ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน	47
ข.1	แสดงผลการการทดลองของเปอร์เซ็นต์ความชื้น ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP	57
ข.2	แสดงผลการการทดลองของ FFA ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP	59
ข.3	แสดงผลการการทดลองของ TBA ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP	61
ข.4	แสดงผลการการทดลองของ Weight loss & Weight grain ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP	63
ข.5	แสดงผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP	65
ข.6	แสดงผลการการทดลองของเปอร์เซ็นต์ความชื้น ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE	67
ข.7	แสดงผลการการทดลองของ FFA ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ข.8	แสดงผลการการทดลองของ TBA ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE	71
ข.9	แสดงผลการการทดลองของ Weight loss & Weight grain ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE	73
ข.10	แสดงผลการการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิการเก็บต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE	75
ค.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ระหว่างการเก็บในช่วง 3 เดือนแรก ของถุงพลาสติก PP	77
ค.2	แสดงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ระหว่างการเก็บในช่วง 3 เดือนแรก ของถุงพลาสติก PE	77
ค.3	แสดงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ระหว่างการเก็บในช่วง 3 เดือนสุดท้าย ของถุงพลาสติก PP	78
ค.4	แสดงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ระหว่างการเก็บในช่วง 3 เดือนสุดท้าย ของถุงพลาสติก PE	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1.1	แสดงส่วนประกอบของเมล็ดข้าว	2
2.2.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นพร้อมกันของอาหารที่กำจัดน้ำออก ที่เวลาและอุณหภูมิที่	6
2.3.1	สูตรโครงสร้าง และการจัดเรียงตัวของโพลีเอทธิลีน	6
2.3.2	สูตรโครงสร้าง และการจัดเรียงตัวของโพลีโพพิลีน	8
2.5.1	แสดงการเกิด Lipolytic Hydrolysis and Oxidation in Brown Rice	13
2.6.1	แสดงการเกิดกรดไขมันอิสระของข้าวกล้อง ที่ระดับความชื้นภายในเมล็ดข้าวต่างกัน ณ อุณหภูมิการเก็บ $0^{\circ}C$ ($32^{\circ}F$)	15
2.6.2	แสดงการเกิดกรดไขมันอิสระของข้าวกล้อง ที่ระดับความชื้นภายในเมล็ดข้าวต่างกัน ณ อุณหภูมิการเก็บ $25^{\circ}C$ ($77^{\circ}F$)	16
2.6.3	แสดงการเกิดกรดไขมันอิสระของข้าวกล้อง ที่ระดับความชื้นภายในเมล็ดข้าวต่างกัน ณ อุณหภูมิการเก็บ $35^{\circ}C$ ($95^{\circ}F$)	16
2.6.4	แสดงอัตราเริ่มต้นของการเกิดกรดไขมันอิสระ ที่ระดับความชื้นแตกต่างกันทั้ง 3 อุณหภูมิการเก็บรักษา	17
2.7.1	การสร้างพันธะไฮโดรเจนของ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์	21
2.7.2	กลไกการเกิดปฏิกิริยาของ Metal catalysts	21
2.7.3	การสลายตัวของ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์	22
4.1.1	แสดงผล %MC ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลา 6 เดือน	36
4.1.2	แสดงผล %MC ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลา 6 เดือน	37
4.2.1	แสดงผล %FFA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลา 6 เดือน	39
4.2.2	แสดงผล %FFA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลา 6 เดือน	40
4.3.1	แสดงผลปริมาณ TBA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลา 6 เดือน	42
4.3.2	แสดงผลปริมาณ TBA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลา 6 เดือน	43
4.4.1	แสดงผลปริมาณ Weight loss & Weight gain ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลา 6 เดือน	44
4.4.2	แสดงผลปริมาณ Weight loss & Weight gain ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลา 6 เดือน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5.1	แสดงผลปริมาณ Sensory test ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PPที่ระยะเวลา 6 เดือน	48
4.5.2	แสดงผลปริมาณ Sensory test ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PEที่ระยะเวลา 6 เดือน	49
ค.1	เปรียบเทียบถุงพลาสติก PP และ PE ของการเก็บรักษาข้าวกล้อง ที่เริ่มต้น	79
ค.2	เปรียบเทียบถุงพลาสติก PP และ PE ของการเก็บรักษาข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิ 20°C ในช่วง 3 เดือนแรก	79
ค.3	เปรียบเทียบถุงพลาสติก PP และ PE ของการเก็บรักษาข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิ 27°C (อุณหภูมิห้อง) ในช่วง 3 เดือนแรก	80
ค.4	เปรียบเทียบถุงพลาสติก PP และ PE ของการเก็บรักษาข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิ 38°C ในช่วง 3 เดือนแรก	80
ค.5	เปรียบเทียบถุงพลาสติก PP และ PE ของการเก็บรักษาข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิ 20°C ในช่วง 3 เดือนสุดท้าย	81
ค.6	เปรียบเทียบถุงพลาสติก PP และ PE ของการเก็บรักษาข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิ 27°C (อุณหภูมิ) ในช่วง 3 เดือนสุดท้าย	81
ค.7	เปรียบเทียบถุงพลาสติก PP และ PE ของการเก็บรักษาข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิ 38°C ในช่วง 3 เดือนสุดท้าย	82
ง.1	เครื่องบดข้าว (Retsch miller)	83
ง.2	ตู้บ่มข้าวที่อุณหภูมิ 38°C (Incubate)	83
ง.3	เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)	84
ง.4	เครื่อง Hot air oven	84
ง.5	ชุดเครื่องกลั่น TBA	85
ง.6	เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง	85
ง.7	เครื่อง Moisture Analyzer	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวก		หน้า
ก	แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง	56
ข	แสดงผลการทดลอง	57
ค	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวกล้อง	77
ง	แสดงรูปภาพอุปกรณ์เครื่องมือ	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ข้าวกล้องมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าข้าวขาว และมีเปอร์เซ็นต์ของคุณค่าอาหารทุกชนิดสูงกว่า ยกเว้นคาร์โบไฮเดรต ปริมาณไทอะมิน และไขมันของข้าวกล้องมีอยู่ประมาณ 5 เท่าของข้าวขาว ขณะที่ปริมาณไฟเบอร์ ไนอะซิน ฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม เหล็ก โซเดียม และไรโบฟลาวิน ประมาณ 2-3 เท่า นอกจากนี้ข้าวกล้องมีวิตามินบี1 ประมาณ 0.5 มิลลิกรัมต่อข้าว 100 กรัม ไนอะซีนประมาณ 6.5 มิลลิกรัมต่อข้าว 100 กรัม การบริโภคข้าวกล้องจะทำให้ได้รับสารอาหารเหล่านี้ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะวิตามินบี1 ซึ่งเป็นวิตามินที่สำคัญช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ดังนั้น จะเห็นว่าข้าวกล้องนั้นมีประโยชน์มากมาย อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาคุณภาพของข้าวกล้องให้ได้นานเป็นเรื่องสำคัญ ปัญหาสำคัญของข้าวกล้องคือ อายุการเก็บรักษาของข้างกล้องที่มีประมาณ 3-6 เดือน ก็จะก่อให้เกิดการเหม็นหืน และเกิดกลิ่นที่ไม่ต้องการซึ่งมาจากน้ำมันในข้าวที่จะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเหม็นหืนนี้ จะเป็นตัวจำกัดทางกระบวนการผลิตทางการค้า การตลาด และผลนี้ไม่เฉพาะแต่เมล็ดของข้าวกล้องเท่านั้น แต่ยังรวมถึงผลิตภณฑ์ต่าง ๆ จากข้าวกล้องด้วย

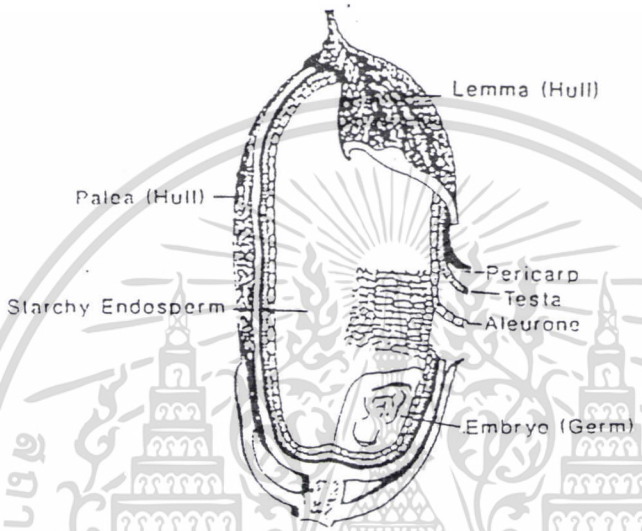
ในการศึกษานี้ จะมุ่งเน้นการศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้องในถุงพลาสติก โดยศึกษาอิทธิพลของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ และอุณหภูมิการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน เพื่อดูว่าถุงพลาสติกชนิดใดและอุณหภูมิในการเก็บรักษาเท่าไร จึงจะเหมาะสมแก่การเก็บรักษาคุณภาพของข้าวกล้องไว้ได้นานที่สุด โดยการวิเคราะห์ผลจากทั้งทางเคมี และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว (เครือวัลย์ , 2520)



รูปที่ 2.1.1 แสดงส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

ที่มา : เครือวัลย์ , 2520

เมล็ดข้าว (rice grain) เป็นผลชนิด caryopsis เนื่องจากส่วนที่เป็นเมล็ดเดี่ยว (single seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (pericarp)

2.1.1 เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ

2.1.1.1 ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk)

แกลบ ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) , เปลือกเล็ก (palea) , หาง (awn) , ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas)

2.1.1.2 ส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ข้าวกล้องหรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว ประกอบด้วย

ก. เยื่อหุ้มผล (pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกันคือ อิพิคราฟ , มีโซคราฟ และ เอนโดคราฟ , เพอร์ริคราฟ มีลักษณะเป็นเส้นใย ผนังเซลประกอบด้วย โปรตีน , เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโล

ข. เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจาก pericarp เข้าไป ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น เรียงกันเป็นแถว เป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (fatty material)

ค. เยื่ออาลูโรน (aleurone layer) อยู่ต่อจาก tegmen ห่อหุ้ม starchy endosperm และ embryo อลูโรน เลเยอร์ มีโปรตีนสูง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย น้ำมัน , เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส

ง. ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวม อะไมโลเปกติน ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ ดี-กลูโคสที่ต่อกันเป็น branch chain และ อะไมโลส ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ ของ ดี-กลูโคส ที่ต่อกันเป็น linear chain

ส่วนประกอบของแป้งทั้ง 2 ชนิด มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดข้าว ในข้าวเหนียวจะมีอะไมโลส อยู่ประมาณ 0-2 % ส่วนที่เหลือเป็น อะไมโลเปกติน ข้าวเจ้ามี อะไมโลส มากกว่า คือ ประมาณ 7-33% ของน้ำหนักข้าวสาร

จ. เชื้อพันธุ์ (embryo) อยู่ติดกับ เอนโดสเปอร์ม ทางด้าน lemma เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นต่อไป embryo ประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) , รากอ่อน (radicle) , เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) , เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) , ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) เป็นส่วนที่มีโปรตีนและ ไขมัน สูง

คุณภาพทางกายภาพ (Physical properties) ของเมล็ดข้าวในที่นี้ หมายถึง คุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา หรือ ชั่ง ตวง วัด ได้เช่น สีข้าวเปลือก (hull color) , สีข้าวกล้อง (pericarp color) , น้ำหนักเมล็ด (grain weight) , ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension), ลักษณะท้องไข่ (chalkiness), ความใสของเมล็ด (grain translucency), ความแกร่งของเมล็ด (grain hardness), ความขาวของข้าวสาร (whiteness) และคุณภาพสี (milling quality) เป็นต้น

2.1.3 สีของเปลือกข้าว

เมื่อข้าวสุก (แก่) สีเปลือกจะแตกต่างจากเมล็ดอ่อนโดยสิ้นเชิง เมล็ดข้าวอ่อนที่มีเปลือกสีขาว เมื่อสุกอาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง น้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้ม ดำ หรือม่วงก็ได้ ในทางตรงกันข้าม เมื่อเมล็ดข้าวยังอ่อนข้าวมีสีเปลือกแตกต่างกัน แต่พอเมล็ดแก่เปลือกอาจกลายเป็นสีเดียวกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการแสดงออกของ มัลติเพิล ยีน ซึ่งควบคุมลักษณะนี้อยู่ ข้าวที่มีเปลือกสีอ่อนเมื่อทำเป็นข้าวนึ่งจะได้ข้าวนึ่งสีอ่อนกว่าพวกสีเข้ม และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคข้าวนึ่งโดยทั่วไปมากกว่าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 สีข้าวกล้อง

ในข้าว สีของข้าวกล้องจะแสดงออกที่เนื้อเยื่อชั้น pericarp endosperm ของข้าวทุกชนิดมีสีขาว ทั้งนั้นถึงแม้ข้าวกล้องจะมีสีอื่น ๆ ก็ตาม สีข้าวกล้องจะมีต่าง ๆ กันตั้งแต่ ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงถึงเกือบดำ สีข้าวกล้องถูกควบคุมโดย ยีนหลายคู่ ซึ่งแสดงออกในลักษณะต่าง ๆ ทั้ง คอมพรีเมนทารี่ และอื่น ๆ ข้าวกล้องที่มีสีแดงและม่วงมีสารพวก แอนโธไซยานิน สีของข้าวกล้องมีความสำคัญมากในทางเศรษฐกิจ ดังจะเห็นได้จากข้าวมาตรฐานสูง ๆ ราคาแพง ๆ ที่ส่งขายต่างประเทศจะไม่ยอมให้มีข้าวเมล็ดแดงปนอยู่เลย เป็นต้น

2.1.5 น้ำหนักเมล็ด

ในบรรดาองค์ประกอบผลผลิต (yield component) น้ำหนักเมล็ดเป็นน้ำหนักที่คงที่มากที่สุด และถูกควบคุมทางพันธุกรรมเป็นส่วนใหญ่ น้ำหนักเมล็ดจะแปรปรวนไปตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด ความชื้น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย และสภาพภูมิอากาศก็มีผลกระทบต่อน้ำหนักเมล็ดเล็กน้อยเท่านั้น จากการตรวจสอบน้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด ของข้าวพันธุ์ไทยจำนวน 344 พันธุ์ พบว่า มีน้ำหนักแปรปรวนตั้งแต่ 16.20-41.68 กรัม

2.1.6 ขนาดรูปร่างเมล็ด

ข้าวมีปลูกมากในทวีปเอเชีย เช่น อินเดีย พม่า ฟิลิปปินส์ ไทย ญี่ปุ่น ไต้หวัน และเกาหลี เป็นต้น ในอเมริกา ยุโรป และออสเตรเลียก็มีปลูกบ้าง ซึ่งแต่ละประเทศมีภูมิอากาศ ภูมิประเทศ วิธีการปลูก และการตรวจสอบของผู้บริโภคแตกต่างกัน ดังนั้น ขนาดรูปร่างเมล็ดของพันธุ์ข้าวที่ปลูกอยู่ในแต่ละแห่งก็มีความแตกต่างกันด้วย ขนาดรูปร่างเมล็ดเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้ในการจำแนกพันธุ์ข้าว ซึ่งได้แก่ ความยาว (length), ความกว้าง (width), ความหนา (thickness) และความป้อมหรือเรียวของเมล็ด (grain shape) พวก อินดิก้า มีรูปร่างเมล็ดเรียว ค่อนข้างแบน , เมล็ดสั้น และกลม ส่วน จาโปนิก้า เมล็ดจะกว้าง และหนา ขนาดรูปร่างเมล็ดควบคุมโดยพันธุกรรมเป็นส่วนใหญ่ แปรปรวนตามสิ่งแวดล้อมน้อย

ขนาดเมล็ด จำแนกตามความยาวเมล็ด แบ่งออกเป็น 4 พวกคือ

ขนาดเมล็ด	ความยาว (มม.)
ยาวมาก	ยาวกว่า 7.50
ยาว	6.60-7.50
ยาวปานกลาง	5.50-6.60
สั้น	ตั้งแต่ 2.0 ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างเมล็ด ประเมินจากอัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้าง แบ่งเป็น 3 พวกคือ

รูปร่างเมล็ด	อัตราส่วนระหว่างความยาว/ความกว้าง
เรียว	มากกว่า 3.0 ขึ้นไป
ปานกลาง	2.1-3.0
ป้อม	ตั้งแต่ 2.0 ลงไป

ข้าวพันธุ์ไทยส่วนใหญ่เป็นพวกเมล็ดยาวเรียวชนิด ไม่มีเมล็ดขนาดสั้นเลย ขนาดเมล็ดเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ใช้ตีราคาข้าวในท้องตลาด ปัจจุบันข้าวมาตรฐานสูง ๆ ซึ่งเป็นข้าวที่มีราคาแพง เช่น 100% หรือ 5% นั้น ข้าวประกอบด้วยเมล็ดข้าวยาวเป็นส่วนใหญ่ ด้วยเหตุนี้ ข้าวเมล็ดยาวจึงมีราคาดีกว่าข้าวเมล็ดสั้น

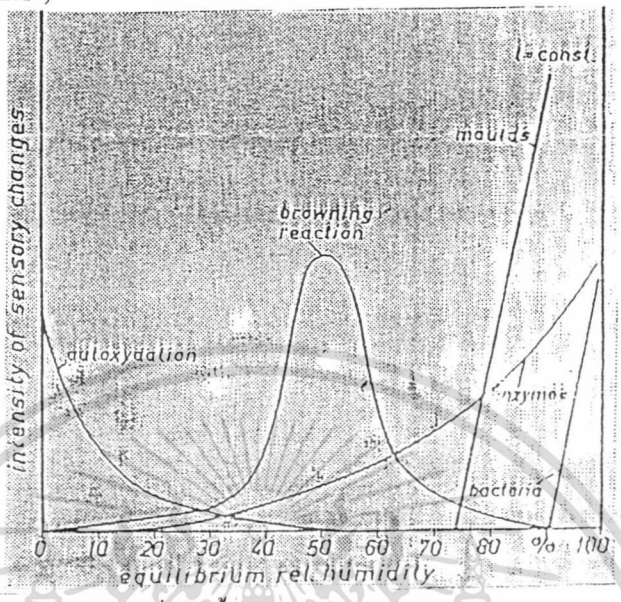
2.2 ปริมาณความชื้นและอายุการเก็บรักษา (Heiss , 1971)

การเกิดออโต้ออกซิเดชั่นของไขมันที่เกิดขึ้นมาจากปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ ระหว่างไขมันไม่อิ่มตัวและออกซิเจน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นโดยการลดปริมาณความชื้นลง การเกิดออโต้ออกซิเดชั่นจะไม่ปรากฏเมื่อระดับความชื้นเข้าใกล้โมโนเลเยอร์ในทางทฤษฎีที่ยังไม่ได้รับการพิสูจน์ การทดลองของ Moloney, Labuza , Wallace และ Karel (1966) ที่ได้ทำการศึกษาต่อระบบจำลองของเมทธิลลิโนลีเอทและผนึกขนาดเล็กของเซลลูโลส พิสูจน์ว่า น้ำสามารถป้องกันผลกระทบนี้ได้ การป้องกันนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จากที่ปริมาณความชื้นต่ำ ๆ ไปเป็นความชื้นสมดุลย์ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ (ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นประมาณ 4.8 เปอร์เซ็นต์) สาเหตุที่น้ำสามารถป้องกันผลกระทบนี้ได้ยังไม่แน่ชัดนัก แต่พอจะสันนิษฐานได้ว่า สาเหตุที่เกิดขึ้นโดยการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับไฮโดรเปอร์ออกไซด์ หลังจากนั้นจะเกิดความเสถียร และจะไม่เกิดการเสื่อมเสียไปเป็นอนุมูลอิสระซึ่งจะส่งเสริมทำให้เกิดออกซิเดชั่น นอกจากนี้โมเลกุลของน้ำยังจับกับโลหะหนักที่มีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย ทำให้ผลการเกิดออกซิเดชั่นจากตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง

การป้องกันผลิตภัณฑ์ต่อผลกระทบของออกซิเดชั่นที่เพิ่มขึ้น จะมีปัญหามากกว่าการป้องกันต่อผลกระทบของไอน้ำ ซึ่งยังไม่รวมถึงวัสดุที่ใช้ในการบรรจุ ซึ่งทำให้การซึมผ่านของออกซิเจนมากกว่าไอน้ำ เพราะว่าประสาทสัมผัสของมนุษย์ สามารถที่จะพิสูจน์การเหม็นหืนที่มีปริมาณเล็กน้อยของผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อไขมันถูกออกซิไดซ์ได้ ดังนั้นการให้ออกซิเจนซึมผ่านได้โดยทั่วไปจะมีค่าต่ำกว่าการยอมให้ไอน้ำซึมผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่ไม่ได้ผ่านการสเตอริไลซ์จะประกอบด้วยไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไลโปไลติกเอนไซม์ อาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากทางด้านเคมี และจุลชีววิทยา ซึ่งขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น (รูปที่ 2.2.1)

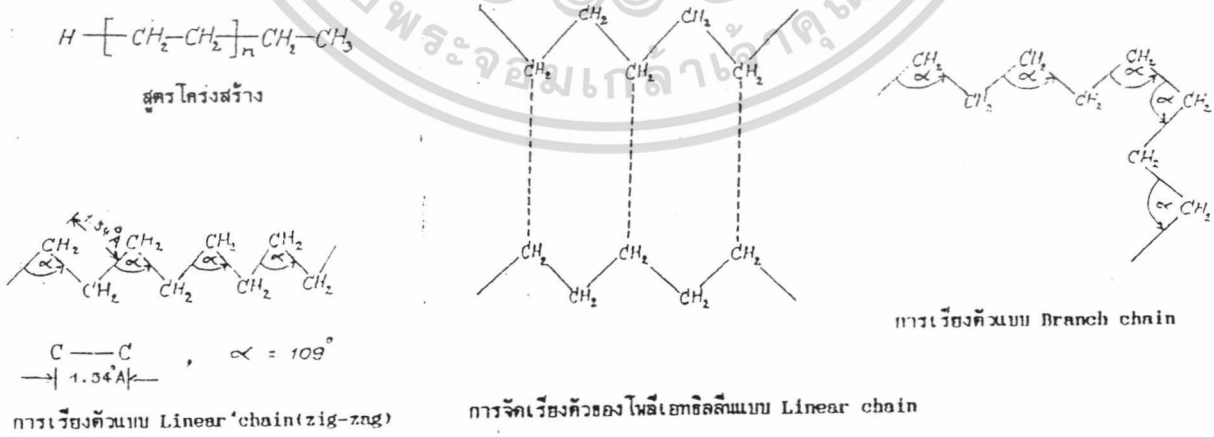


รูปที่ 2.2.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นพร้อมกันของ(dehydrated food)ที่เวลา และอุณหภูมิคงที่

ที่มา : (Heiss , 1971)

2.3 คุณสมบัติของฟิล์มพลาสติก (วุฒิชัย , 2535)

2.3.1. โพลีเอทธิลีน(polyethylenl , PE or polythene) เป็นพลาสติก หรือโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ (monomer) ของเอทธิลีน (ethylene)โพลีเอทธิลีนมีสูตรโครงสร้าง และการจัดเรียงตัวแบบต่าง ๆ ดังรูป



รูปที่ 2.3.1 สูตรโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของโพลีเอทธิลีน

ที่มา : (วุฒิชัย , 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดเรียงตัวของโพลีเอทธิลีนที่ต่างกัน ทำให้ได้พลาสติกที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การจัดเรียงตัวแบบเส้นตรง ทำให้ความหนาแน่น (density) ของพลาสติกสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสามารถเกิดพันธะระหว่างโมเลกุล (secondary force) โพลีเอทธิลีนชนิดนี้เรียกว่า โพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene , HDPE) ในขณะที่การจัดเรียงตัวแบบ branch chain ทำให้ความหนาแน่นต่ำ เพราะเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลยาก เนื่องจากความเกะกะ (steric hindrance) ของกิ่ง (brenches) ในโมเลกุล โพลีเอทธิลีนชนิดนี้เรียกว่า โพลีเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ(Low density polyethylene , LDPE) ประมาณ 0.915-0.925

2.3.1.1 โพลีเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene , HDPE)

มีคุณสมบัติในการต้านทานแรงดึงขาดปานกลาง ในขณะที่การต้านทานแรงกดดีเยี่ยม จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตภาชนะบรรจะที่ใช้กรรมวิธีแบบ blow-molding และ injection molding เช่น blow mold drum , injection molded crates และ shipping pails รวมทั้ง shipping bags นอกจากนี้คุณสมบัติเรื่องความเหนียวแน่นก็มีผลต่อกรรมวิธีในการผลิตภาชนะบรรจุเช่นกัน โดยเฉพาะขวดพลาสติกที่ผ่านกระบวนการบรรจุแบบ top-load และเก็บในโกดังโดยการวางซ้อนกัน คุณสมบัตินี้จำเป็นมาก HDPE ยังมีคุณสมบัติในการยอมให้ไอน้ำ หรือไอน้ำซึมผ่านได้ต่ำมาก จึงเหมาะสำหรับทำภาชนะบรรจุ ในการบรรจุผลิตภัณฑ์หรือสินค้าที่อาจเสื่อมเสียเนื่องจากความชื้นที่เกิดขึ้นในอาหารแห้งต่าง ๆ เช่น คุ้กกี้ แครกเกอร์ (cracker) และอาหารว่าง (snack food) อื่น ๆ รวมทั้งสารเคมีที่ชอบดูดความชื้น (hygroscorpic chemical substance) ด้วย แต่ HDPE นี้ ยอมให้ไอน้ำและกาซชนิดต่าง ๆ ซึมผ่านได้ดี ทำให้การนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ ที่ต้องการป้องกันสินค้า จากกาซหรืออากาศทำไม่ได้ ถ้าต้องการใช้ในเรื่องนี้ต้องนำมาใช้ร่วมกับวัสดุประเภทอื่น ๆ สำหรับเรื่องความคงทนต่อสารเคมีนั้น HDPE สามารถทนต่อสารเคมี และตัวทำละลายได้หลายชนิด โดยเฉพาะที่คุณสมบัติต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส และ HDPE สามารถต้านทานการซึมผ่านของไขมัน และน้ำมันได้ดีมาก (วุฒิชัย , 2535)

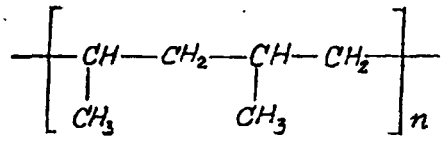
2.3.1.2 โพลีเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene , LDPE)

เป็นพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุอย่างกว้างขวางมาก เพราะมีราคาอยู่ในระดับปานกลาง มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการได้ดี มีความสามารถในการขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุได้ง่าย ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากสามารถนำมาหลอมใช้ใหม่ได้

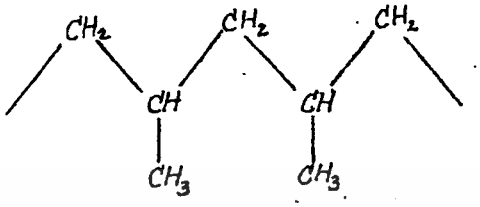
LDPE มีคุณสมบัติที่เด่นในเรื่องของการป้องกันความชื้นได้ดี และการดูดซึมไอน้ำต่ำมาก จากคุณสมบัตินี้จึงนำมาใช้ในการบรรจุอาหาร โดยอยู่ในรูปของแผ่นฟิล์ม หรืออาจจะนำมาทำเป็นพลาสติกใหม่ที่มีความหนาแน่นสูงในรูปของโคโพลิเมอร์ (co-polymer) เช่น เอทธิลีนไวนิลอะซิเตด (Ethylene vinyl acetate , EVA) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยืดหดตัว (elastic) และนิ่ม (soft) มากกว่า LDPE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

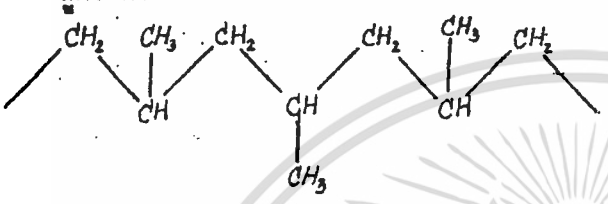
2.3.2. โพลิโพรพิลีน(Polypropylene, PP) เป็นพลาสติก หรือโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ที่เป็นโพรพิลีน (propylene , $H_2C=CH-CH_3$) มีสูตรโครงสร้าง และการจัดเรียงตัวแบบต่าง ๆ ของ โพลิโพรพิลีน ดังรูป



สูตรโครงสร้าง



การจัดเรียงตัวแบบ Isotactic



การจัดเรียงตัวแบบ Atactic

รูปที่ 2.3.2 สูตรโครงสร้าง และการจัดเรียงตัวของโพลีโพรพิลีน
ที่มา : (วุฒิชัย , 2535)

โพลีโพรพิลีน เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบาอีกชนิดหนึ่ง ความหนาแน่น 0.905 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมเหลวที่ 170 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นภาชนะบรรจุที่ต้องการผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ได้ การจัดเรียงตัวของโครงสร้างจะมีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานแรงดึงขาด โดยที่ถ้าการจัดเรียงตัวของโพลิเมอร์มีลักษณะคล้ายคลึงกับเส้นใย (highly or oriented as fiber) จะทำให้มีคุณสมบัติในการต้านทานแรงดึงขาดสูง โพลีโพรพิลีนนั้นไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นตัวทำละลายประเภท polar organic solvent โดยเฉพาะ chlorinated hydrocarbons นอกจากนี้โพลีโพรพิลีนไม่ยอมให้น้ำมัน และไขมันซึมผ่าน ยอมให้กาซและไอน้ำซึมผ่านต่ำมาก โครงสร้างของโพลีโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงตัวแบบผลึก (crystallinity) จะทำให้ความใสลดลง และอุณหภูมิในการปิดผนึกด้วยความร้อนมีช่องกว้างขึ้น ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอน ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นฟิล์ม คุณสมบัติในการต้านทานแรงกระแทกที่อุณหภูมิห้องดี และจะลดลงต่ำมากเมื่ออุณหภูมิต่ำลง โพลีโพรพิลีน มีความสามารถในการต้านทานแรงดึงขาดดีกว่าโพลีเอทธิลีน (วุฒิชัย , 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลีโพรพิลีนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 2 ชนิด (วุฒิชัย , 2535)

2.3.2.1 cast polypropylene (CPP)

2.3.2.2 oriented polypropylene (OPP)

คุณสมบัติของ CPP

1. ยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้น้อยมาก
2. ยอมให้กาซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และกาซชนิดอื่น ๆ ซึมผ่านได้มาก
3. สามารถใช้ความร้อนในการเชื่อมปิด (sealing) ได้ ที่อุณหภูมิ 325-400 องศาฟาเรนไฮต์
4. มีความต้านทานต่อแรงดึงขาดสูง แต่มีความต้านทานต่อแรงฉีกขาด (tear strength) ต่ำ
5. มีความต้านทานต่อการซึมผ่านของไขมันและน้ำมัน
6. ทนต่อความร้อนได้ถึง 250 องศาฟาเรนไฮต์ แต่ไม่สามารถทนได้ดีในที่อุณหภูมิต่ำ
7. ขนาด และรูปร่างไม่สามารถเปลี่ยนแปลง เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น

คุณสมบัติของ OPP

1. ยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้ประมาณครึ่งเท่าของ CPP
2. ยอมให้กาซออกซิเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึมผ่านได้ต่ำกว่า CPP
3. การเชื่อมปิดด้วยความร้อนทำได้ยาก ต้องใช้ร่วมกับพลาสติกชนิดอื่น ๆ
4. มีความต้านทานต่อแรงดึงฉีกขาดสูงกว่า ประมาณ 10-30 เท่า ในขณะที่ความต้านทานต่อแรงฉีกขาด ต่ำกว่า CPP 10-20 เท่า
5. ทนต่อความร้อนได้ถึง 250 องศาฟาเรนไฮต์ และสามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิต่ำถึง - 60 องศาฟาเรนไฮต์
6. มีความต้านทานต่อการซึมผ่านของไขมันและน้ำมัน
7. ขนาดและรูปร่าง จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 อายุการเก็บรักษาอาหาร (Shelf - life Food) และปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาอาหาร

(IQA , ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

อายุการเก็บรักษาอาหาร หมายถึง ระยะเวลานับตั้งแต่อาหารผ่านขบวนการผลิตจนถึงจุดที่อาหารเกิดการเสื่อมเสีย หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงถึงระดับที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงซึ่งไม่อาจสังเกตได้ ได้แก่ การเสื่อมคุณค่าทางอาหาร และการเกิดสารพิษขึ้น การเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นนี้อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ ด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายด้านในขณะเดียวกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาอาหาร ได้แก่ ตัวผลิตภัณฑ์อาหาร สภาวะแวดล้อม ชนิดภาชนะบรรจุและลักษณะการใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

2.4.1. ตัวผลิตภัณฑ์อาหาร

ตัวผลิตภัณฑ์อาหารมีลักษณะและคุณภาพแตกต่างกัน เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบ องค์ประกอบของอาหาร ลักษณะเฉพาะตัวตามธรรมชาติ และสุขลักษณะในกระบวนการผลิต

2.4.1.1. คุณภาพของวัตถุดิบ

เป็นปัจจัยขั้นแรกที่มีผลอย่างมากต่ออายุของอาหาร เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จจะขึ้นกับคุณภาพของวัตถุดิบ

2.4.1.2. องค์ประกอบของอาหาร

อาหารชนิดหนึ่งมีองค์ประกอบหลายอย่าง องค์ประกอบเพียงบางอย่างเท่านั้นที่เป็นตัวจำกัดอายุของอาหารตัวอย่าง เช่น ชนิดและปริมาณไขมันในอาหารจะเป็นตัวกำหนดว่าอาหารนั้นจะเหม็นหืนได้เร็วหรือช้า ชนิดและปริมาณน้ำตาลในอาหารจะเป็นตัวกำหนดว่าอาหารจะเกิดสีคล้ำได้มากน้อยเพียงใด ดังนั้นจุดที่อาหารหมดอายุจะเป็นผลการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในอาหารที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เร็วที่สุด

2.4.1.3. ลักษณะเฉพาะตัวตามธรรมชาติของอาหาร

อาหารแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัวตามธรรมชาติแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลทำให้อาหารแต่ละชนิดมีอายุการเก็บแตกต่างกัน เช่น อาหารที่มีความเป็นกรดสูง จะมีอายุการเก็บนานเนื่องจากมีความเป็นกรดในอาหารซึ่งสามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์โดยธรรมชาติ เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ถูกจำกัดลง

2.4.2. สภาวะแวดล้อม

สภาวะแวดล้อมที่มีผลต่ออายุของอาหารได้แก่ ออกซิเจน แสง ความชื้น และอุณหภูมิ

2.4.2.1. ออกซิเจน

มีผลต่ออายุของอาหารเนื่องจากออกซิเจนสามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอาหารหรืออาจเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพขึ้น ตัวอย่างปฏิกิริยาที่มีออกซิเจนเกี่ยวข้อง เช่น ปฏิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิริยาการเกิดเหม็นหืน (rancidity) ในอาหาร ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ เป็นต้น

2.4.2.2. แสง

มีผลต่ออายุอาหารเนื่องจากเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาบางอย่าง เช่น ปฏิกิริยาการเสื่อมสลายของสารอาหารจำพวกไวตามิน ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น

2.4.2.3. ความชื้น

ความชื้นในอาหารขึ้นกับความชื้นในอาหารเองและความชื้นในอากาศ ความชื้นในอาหาร หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร ความชื้นในอาหารอาจเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งมีผลต่ออายุของอาหารเนื่องจากน้ำเป็นตัวที่ทำให้ลักษณะทางกายภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงไป เป็นตัวกลางในการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหารและช่วยทำให้เอ็นไซม์ในอาหารทำงานได้ดีขึ้น และประการสำคัญน้ำเป็นตัวเชื่อมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่

2.4.2.4. อุณหภูมิ

มีผลต่ออายุของอาหารเนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวจำกัดอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร และเป็นตัวกำหนดอัตราการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมี เช่น ปฏิริยาการเกิดสีน้ำตาล จะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูงขึ้น อาหารชนิดเดียวกันเก็บอุณหภูมิต่างกันจะมีอายุการเก็บต่างกัน

2.4.3. ชนิดภาชนะบรรจุ

ภาชนะบรรจุเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารเป็นอย่างมาก เนื่องจากภาชนะบรรจุทำหน้าที่เหมือนเกราะคุ้มกันให้อาหาร สามารถจำกัดปริมาณ ออกซิเจน แสง และความชื้นจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้น แม้ว่าอาหารจะมีคุณภาพและขบวนการผลิตดีเพียงใดก็ตาม แต่ถ้านำไปบรรจุในภาชนะบรรจุที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้อายุการเก็บของอาหารสั้นลง หรือเสื่อมเสียคุณภาพก่อนถึงระยะเวลาที่กำหนด เช่น ถ้านำวัสดุที่ยอมให้ไอน้ำผ่านได้ดีมาทำภาชนะบรรจุอาหารอบกรอบ ก็จะทำให้อาหารคงความกรอบได้ไม่นาน อีกประการหนึ่งถ้าใช้ภาชนะบรรจุเหมาะสมแต่ผนึกภาชนะไม่แน่นหรือ ภาชนะบรรจุรูเข็มก็จะทำให้อายุการเก็บของอาหารสั้นลงเช่นกัน

2.4.4. ลักษณะการใช้และการเก็บผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

ลักษณะการใช้และการเก็บผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค เป็นปัจจัยสุดท้ายที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหาร เช่น การปิดฝาภาชนะไม่แน่น จะทำให้อายุการเก็บรักษาของอาหารสั้นลงการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้อายุการเก็บรักษาของอาหารสั้นลงได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5. ความจำเป็นของการศึกษาอายุของอาหาร

การศึกษาอายุของอาหารสำหรับผู้ผลิต นักการตลาด ผู้บริโภค ย่อมมีจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันออกไป กล่าวคือ ผู้ผลิตจำเป็นต้องทราบอายุของอาหารเพื่อ

1) เป็นข้อมูลในการตัดสินใจว่าคุ้มที่จะลงทุนหรือไม่

2) เป็นข้อมูลในการกำหนดระยะเวลาในการขายสินค้าให้กับฝ่ายการตลาด

3) สามารถกำหนดวันหมดอายุของอาหารอย่างถูกต้องลงบนภาชนะ

4) เป็นตัวกำหนดมาตรการในการควบคุมขบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จ มีอายุการเก็บที่ถูกต้อง

5) ช่วยในการเลือกชนิดของภาชนะบรรจุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ โดยที่สามารถคุ้มครองผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บนานที่สุด หรือคุ้มครองผลิตภัณฑ์ในระยะเวลาการเก็บที่ต้องการ โดยสามารถหลีกเลี่ยงการเกิด overpackaging หรือ underpackaging เป็นการลดต้นทุนการผลิต

6) เป็นข้อมูลในการคัดเลือกวัตถุดิบ การสต็อกวัตถุดิบ เป็นการวางแผนการผลิตและการเก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จ

7) ประการสุดท้าย การศึกษาอายุของอาหารจะทำให้เกิดการปรับปรุง และพัฒนาคุณภาพสินค้า

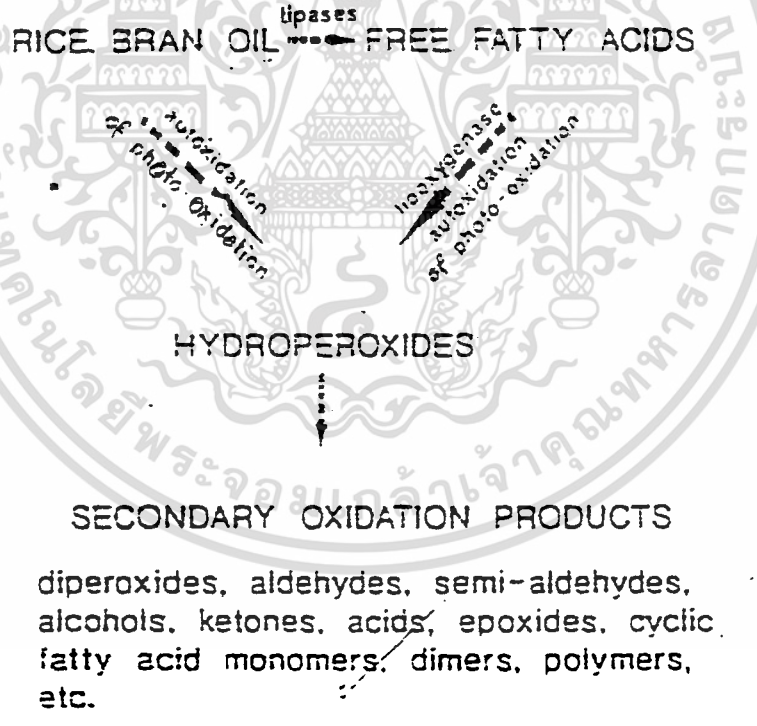
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเกิด Lypolytic Hydrolysis and Oxidation in Brown Rice

(Champange , 1994)

ข้าวกล้องมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าข้าวที่ขัดสีแล้ว โดยมีเปอร์เซ็นต์คุณค่าทางอาหารทั้งหมดสูงกว่า ยกเว้นคาร์โบไฮเดรต ปริมาณของไทอะมิน และน้ำมันในข้าวกล้องประมาณ 5 เท่าของข้าวที่ขัดสีแล้ว ส่วนเยื่อใย , ไนอะซิน , ฟอสฟอรัส , โพแทสเซียม , เหล็ก , โซเดียม และไรโบฟลาวินจะมีอยู่มากกว่าประมาณ 2-3 เท่า ชั้นของ bran layer เป็นส่วนที่ขัดสีออกมาจากข้าวกล้องเพื่อให้ได้เป็นข้าวขาวนั้นจะมีคุณค่าทางอาหารมาก นอกจากให้คุณค่าทางอาหารมากแล้ว ชั้นของ bran layer นี้ยังมีคุณสมบัติ hypochloresterolmic ด้วย

สิ่งสำคัญสำหรับข้าวกล้องคือ มีอายุการเก็บรักษาสั้น ประมาณ 3-6 เดือน ก็จะทำให้เกิดการเหม็นหืน ซึ่งเกิดจากน้ำมันภายในข้าวที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว และจะเป็นข้อจำกัดสำหรับการผลิตด้านการค้า การตลาด และการเสื่อมเสียนี้ไม่เกิดเฉพาะแต่เมล็ดข้าวกล้องเท่านั้น แต่ยังรวมถึงผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องอีกด้วย



รูปที่ 2.5.1 แสดงการเกิด Lipolytic Hydrolysis and Oxidation in Brown Rice

ที่มา : Champange , (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งเอนไซม์ไลเปสภายในเมล็ดข้าว และจากจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีอยู่ในเมล็ดข้าว จะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสกับน้ำมัน หรือไขมันในเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวที่ยังไม่ได้กระเทาะเปลือก เอนไซม์ไลเปสจะยังไม่ทำปฏิกิริยา เพราะว่าเอนไซม์ และน้ำมัน หรือไขมัน ยังไม่ได้สัมผัสกัน เอนไซม์ไลเปสและน้ำมันจะแยกส่วนกัน โดยอยู่ในชั้นของเทสตา (Testa) , อะลูโลน (Aleulone) และ germ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.1.1 ข้าวที่กระเทาะเปลือกแล้ว ชั้นนอกจะถูกทำลาย ทำให้น้ำมันกับเอนไซม์สัมผัสกันได้ และจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของไตรกลีเซอไรด์ เป็นกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ดำเนินต่อไปอย่างรวดเร็ว เอนไซม์ไลเปสจะสัมผัสกับน้ำมัน และจะช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสด้วย

อัตราการเกิดกรดไขมันอิสระ (FFA) ของข้าวกล้อง ขึ้นอยู่กับพื้นผิวที่มีรอยแยกหรือถูกทำลาย , ความชื้น , ปริมาณจุลินทรีย์ และอุณหภูมิในการเก็บรักษา โดยทั่วไประดับของกรดไขมันอิสระ (FFA) ของข้าวกล้องภายหลังจากการเก็บไว้ 6 เดือน จะอยู่ในช่วง 6-25% ส่วนแป้งและรำของข้าวกล้อง น้ำมันและเอนไซม์ไลเปสจะผสมกันโดยทั่ว ทำให้อัตราการเกิดกรดไขมันอิสระ (FFA) สูงมาก น้ำมันประมาณ 30% สามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันอิสระ (FFA) ได้ภายใน 1 สัปดาห์ ถ้าเก็บไว้ในที่ความชื้นและอุณหภูมิสูง ๆ (Champange , 1994)

การเกิดกลิ่น และรสที่ไม่เป็นที่ยอมรับ จะสัมพันธ์กับความหืนที่เกิดจากความเสื่อมเสียจากออกซิเดทีฟ (Oxidative) และ ไฮโดรไลติก แรนซิดิตี้ (Hydrolytic rancidity) ของน้ำมันรำข้าว การเสื่อมเสียจาก ออกซิเดทีฟ (Oxidative) สามารถเกิดได้ทั้งจาก enzyme - catalyzed หรือ non - enzymatic (ดูรูป 2.5.1) ปฏิกิริยา Enzymatic oxidation ในข้าวกล้องเริ่มแรก จะเกิดจากเอนไซม์ไลเปส ซึ่งพบในส่วนของเจิม (germ)

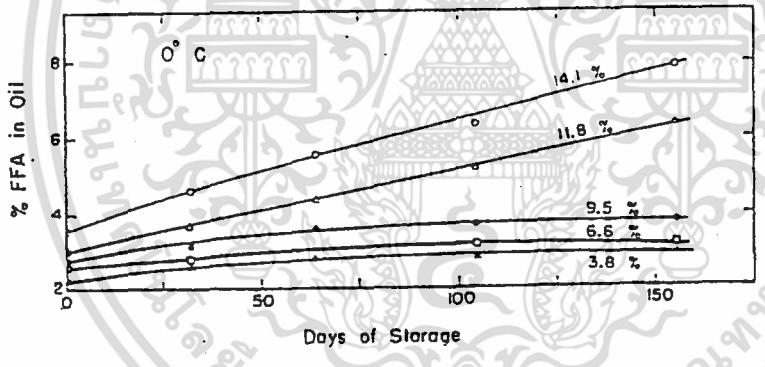
ปฏิกิริยา non-emzymatic oxidation จะถูกยับยั้งโดยสารยับยั้งที่มีอยู่ในรำข้าว เช่น tocopherols และจะทำให้เกิดการเสื่อมเสียช้าลง ไอออนของโลหะที่มีตามธรรมชาติ ในส่วนของ bran หรือเกิดจาการปนเปื้อนลงไปจากเครื่องจักร จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของ non-emzymatic oxidation รวมทั้งแสงรังสีที่มีพลังงานสูง และความร้อน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การศึกษาการเกิดกรดไขมันอิสระของข้าวกล้อง

Development of FFA During Storage of Brown Rice. (Hunter 1951)

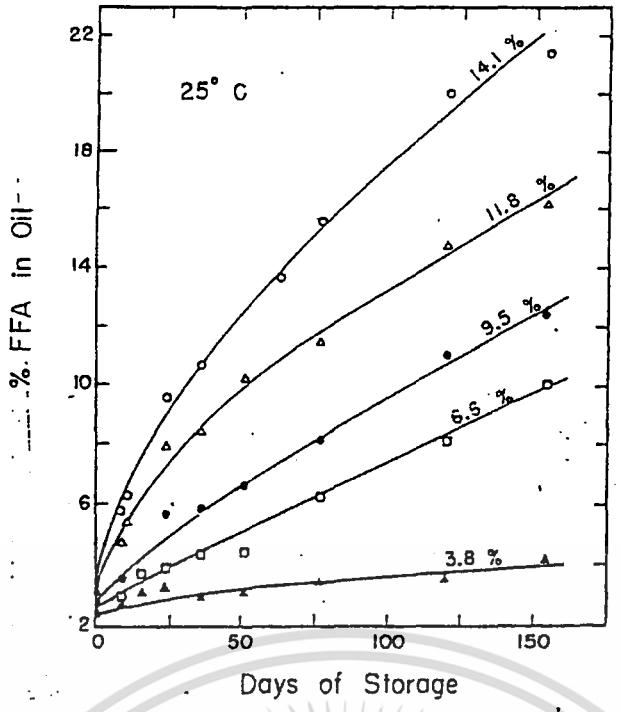
จากการศึกษาการเกิดกรดไขมันอิสระ (FFA) ของข้าวกล้องระหว่างการเก็บรักษาของ Huntet 1951 พบว่าเกิด FFA ของข้าวกล้อง เมื่อทำการเก็บรักษาที่ 22 สัปดาห์ ที่ระดับความชื้น 3.9 , 6.6 , 9.5 , 11.8 และ14.1% (ฐานเปียก) และที่อุณหภูมิ 0 , 2 , 25 และ35°C (32 , 35.5 , 77 และ95°F) จะเพิ่มขึ้นตามความชื้น และอุณหภูมิในการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของ FFA จะเพิ่มประมาณ 1% ต่อเดือน ผลจากการเก็บที่ 0°C (32°F) ความชื้นภายในเมล็ดข้าวประมาณ 14.1% และที่อุณหภูมิ 25° C (77°F) ความชื้นภายในเมล็ดข้าวประมาณ 6.6% ที่อุณหภูมิ 25° C อัตราเริ่มต้นของการเกิดกรดจะลดลงประมาณ 4 เท่า เมื่อความชื้นลงจาก 14.1% ไปเป็น 9.5% และ 16 เท่า เมื่อทำแห้งจนความชื้นเหลือ 3.8%



รูปที่ 2.6.1 แสดงการเกิดกรดไขมันอิสระ ของข้าวกล้องที่ระดับความชื้น ภายในเมล็ดข้าวแตกต่างกัน ณ อุณหภูมิการเก็บ 0°C (32°F)

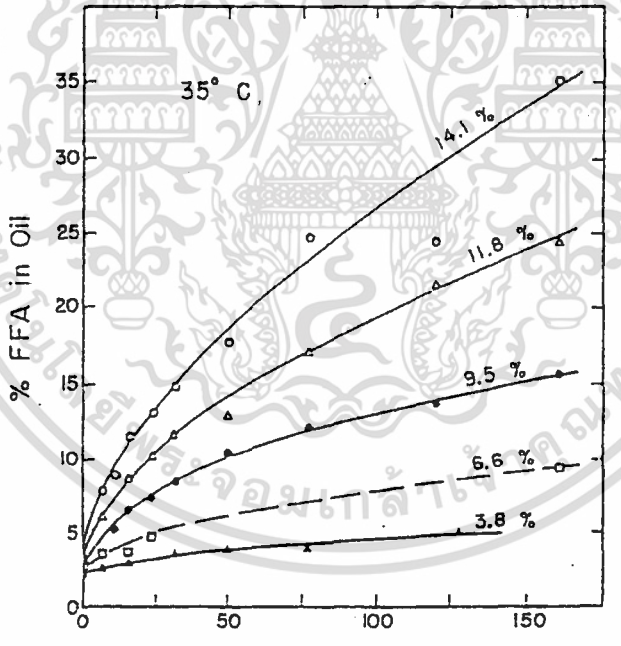
ที่มา : (Hunter , 1951)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.2 แสดงการเกิดกรดไขมันอิสระของข้าวกล้อง ที่ระดับความชื้นภายในเมล็ดข้าวแตกต่างกัน ณ อุณหภูมิการเก็บ 25°C (77°F)

ที่มา : (Hunter , 1951)



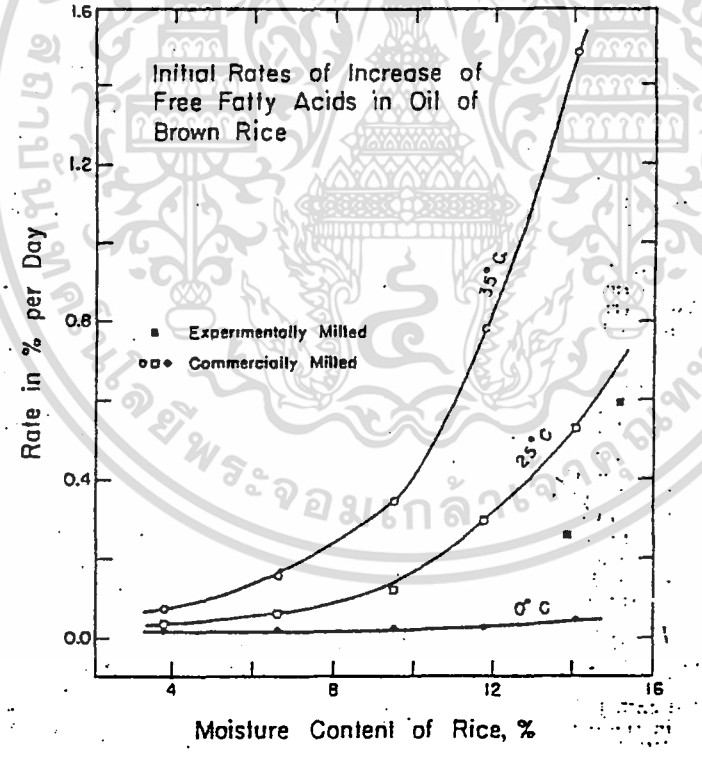
รูปที่ 2.6.3 แสดงการเกิดกรดไขมันอิสระของข้าวกล้อง ที่ระดับความชื้นภายใน เมล็ดข้าวแตกต่างกัน ณ อุณหภูมิการเก็บ 35°C (95°F)

ที่มา : (Hunter , 1951)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิด FFA ของเมล็ดพืชระหว่างการเก็บ รวมทั้งธัญพืชและเมล็ดพืชที่ให้น้ำมัน การเสื่อเสียที่เกิดขึ้น มีการศึกษาหลาย ๆ บุคคล ระหว่างช่วง 25 ปีที่ผ่านมา และการวัด FFA ที่เกิดขึ้น มีการแนะนำว่าเป็นมาตรฐานของสภาวะการเก็บรักษาในทางการค้าของเมล็ดพืช FFA เกิดจากเอนไซม์ไลเปสจากน้ำมันในเมล็ดพืช โดยเฉพาะภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสูงจะเกิด FFA ได้มาก

การเสื่อมเสียคุณภาพของข้าวกล้องในระหว่างการเก็บรักษา โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นเพราะน้ำมันจากข้าวกล้องที่มีอยู่ประมาณ 2% ซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืน และปฏิกิริยาไลโปไลติก ที่ทำให้เกิด FFA , เบรน เลเยอร์ (Bran layer) จะเกิดรอยแตก หรือตำหนิระหว่างกระบวนการเอาเปลือกออก และปล่อยให้สัมผัสกับบรรยากาศ การผสมกับส่วนอื่น ๆ รวมทั้งเอนไซม์ อัตราการเสื่อมเสียของน้ำมันอาจจะเกิดความแปรผันได้ เช่น ความแตกต่างของข้าวแต่ละ lot , การบด , การเพาะปลูก , การลดความชื้น หรืออุณหภูมิในการเก็บรักษา หรือทั้งสองอย่าง จะช่วยลดอัตราการทำงานของเอนไซม์ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของข้าวกล้อง



รูปที่ 2.6.4 แสดงอัตราเริ่มต้นของการเกิดกรดไขมันอิสระ ที่ระดับความชื้นแตกต่างกันทั้ง 3 อุณหภูมิการเก็บรักษา

ที่มา : (Hunter , 1951)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96791

2.7 ออโต้ออกซิเดชั่น (Autooxidation) (วรรณา , 2534)

ไขมันมักเกิดกลิ่นหืน เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เรียกการเหม็นหืนชนิดนี้ว่า Oxidative rancidity ซึ่งสร้างปัญหาเรื่องของกลิ่นในอาหารได้มากกว่า Lipolytic rancidity ทั้งนี้เพราะไลโปไลซิส มักเกิดเฉพาะในไขมันที่มีกรดไขมันโมเลกุลสั้น ๆ (น้อยกว่า C_{12}) เท่านั้น

พลังงานในรูปของความร้อน แสง หรือ ionizing radiation หรือโลหะ (prooxidant metals) หรือเอนไซม์ เป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดออกซิเดชั่น สารเคมี (chemical oxidants) ก็สามารถออกซิไดซ์ไขมันด้วยเช่นกัน

2.7.1. กลไกของการเกิดออกซิเดชั่น

ปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในไขมัน สร้างปัญหาความเสื่อมเสียในไขมัน และอาหารที่มีไขมันประกอบอยู่ กลไกของปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เป็นแบบ Free radical chain reaction mechanism ที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

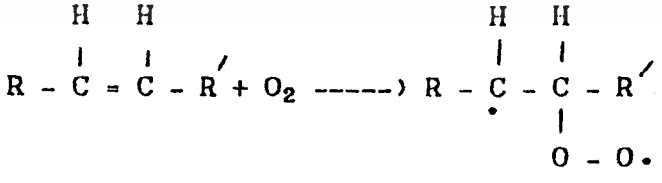
2.7.1.1. Initiation เป็นปฏิกิริยาของการสร้าง อนุมูลอิสระ (Free radicals)

2.7.1.2 Propagation เป็นปฏิกิริยาชนิด Free radical chain reaction โดย radicals ทำปฏิกิริยากับสารอื่น ได้เป็น อนุมูล (radicals) ใหม่ ๆ

2.7.1.3. Termination เป็นการสิ้นสุดของกลไก เป็นปฏิกิริยาของการเกิด non-radicals ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ เป็นผลผลิตหลักของปฏิกิริยาเริ่มต้นของกรดไขมันกับออกซิเจนใน initiation stage ไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว สูญเสียไฮโดรเจนได้เป็นอนุมูล (radical) ดังนี้

$$RH \text{ -----} \rightarrow R\bullet + H\bullet$$

ออกซิเจนจะทำให้เกิดปฏิกิริยา addition ที่พันธะคู่ ได้เป็น diradical ดังนี้



diradical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ ออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ โดยตรงเลยก็ได้

$$RH + O_2 \longrightarrow ROOH$$

ในระหว่างการเกิด propagation ปฏิกิริยาลูกโซ่ จะดำเนินต่อไปโดย

$$R\bullet + O_2 \longrightarrow ROO\bullet \quad \text{และ} \quad ROO\bullet + RH \longrightarrow ROOH + R\bullet$$

เพื่อให้ได้เป็น เปอร์ออกไซด์ แรดิคอล (peroxy radicals) , ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) และไฮโดรคาร์บอน แรดิคอล (hydrocarbon radicals) ใหม่ ๆ อนุมูลอิสระ (radicals) ที่เกิดขึ้นใหม่ก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโมเลกุลอื่นต่อไป

ขั้นตอนสุดท้าย หรือ termination สองอนุมูลอิสระ (radicals) จะทำปฏิกิริยากันดังนี้

$$R\bullet + R\bullet \longrightarrow RR$$

$$ROO\bullet + ROO \longrightarrow ROOR + O_2$$

$$RO\bullet + R\bullet \longrightarrow ROR$$

$$ROO\bullet + R\bullet \longrightarrow ROOR$$

$$2RO\bullet + 2ROO\bullet \longrightarrow 2\ ROOR + O_2$$

เมื่อไม่มีอนุมูลอิสระ (radical) เหลืออยู่ เพื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนต่อไปแล้ว ก็จะเริ่มต้นที่ขั้นตอน initiation อันใหม่ ถ้าหากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นยังคงดำเนินอยู่ต่อไปเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2. การศึกษาการเกิดออกซิเดชั่น (วรรณา , 2534)

การตรวจสอบและประเมินผลของการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน สามารถกระทำได้หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ซึ่งได้รับความนิยม แต่เมื่อการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์เริ่มขึ้น ก็สามารถตรวจหาคาร์บอนิล (carbonyl compounds) จะให้ผลได้ชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อเกิด secondary reactions การวิเคราะห์ state of oxidation นิยมใช้วิธีหาค่าเปอร์ออกไซด์ TBA สารประกอบคาร์บอนิล และกรดไขมันอิสระมากกว่าการตรวจหาค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น

2.7.2.1 การสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide decomposition)

การสลายของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ เกิดขึ้นเนื่องจากพลังงานความร้อน โลหะ (metal catalyst) เอนไซม์ตลอดจนรังสีพลังงานสูง (high energy radiation) และได้เป็น radicals จำนวนมาก การเกิด radicals จำนวนมากนี้มีส่วนเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เมื่อมีไฮโดรเปอร์ออกไซด์ในปริมาณเล็กน้อย ปฏิกิริยาการสลายตัวจะเป็นแบบ monomolecular decomposition ดังนี้

แต่ถ้าปริมาณไฮโดรเปอร์ออกไซด์มาก ปฏิกิริยาการสลายตัวจะเป็นแบบ dimolecular decomposition ดังนี้

$$ROOH \text{ --------} \rightarrow RO\cdot + \cdot OH$$

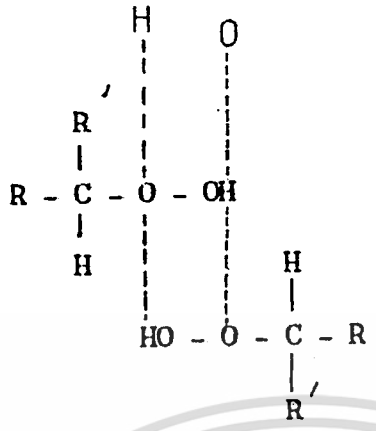
และพบว่า RO และ ROO ซึ่งมีพลังงานสูงกว่านั้น จะทำปฏิกิริยาต่อไปใน propagation stage

ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ มักจะสร้างพันธะไฮโดรเจน เมื่อมีความเข้มข้นสูง เมื่ออุณหภูมิต่ำ ดังนี้

$$2ROOH \text{ ----------} \rightarrow RO\cdot + ROO\cdot + H_2O$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14916



รูปที่ 2.7.1 การสร้างพันธะไฮโดรเจนของไฮโดรเปอร์ออกไซด์

ที่มา : Dugan (1976)

โลหะมีแนวโน้มที่ช่วยเร่งการสร้าง radicals ให้มีจำนวนมากขึ้น อาจจะเรียกโลหะเหล่านี้ว่าเป็น hydroperoxide decomposers โลหะที่มีวาเลนซ์ได้สองค่า จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ดังนี้

$M^{+} + ROOH \longrightarrow RO\cdot + OH^{-} + M^{+2}$ (reduced metal ion ถูกออกซิไดซ์)

$M^{+2} + ROOH \longrightarrow ROO\cdot + H^{+} + M^{+}$ (oxidized metal ion ถูกรีดิวซ์)

$2\ ROOH \longrightarrow RO\cdot + ROO\cdot + H_2O$ Net reaction

รูปที่ 2.7.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของ Metal catalysts

ที่มา : Dugan (1976)

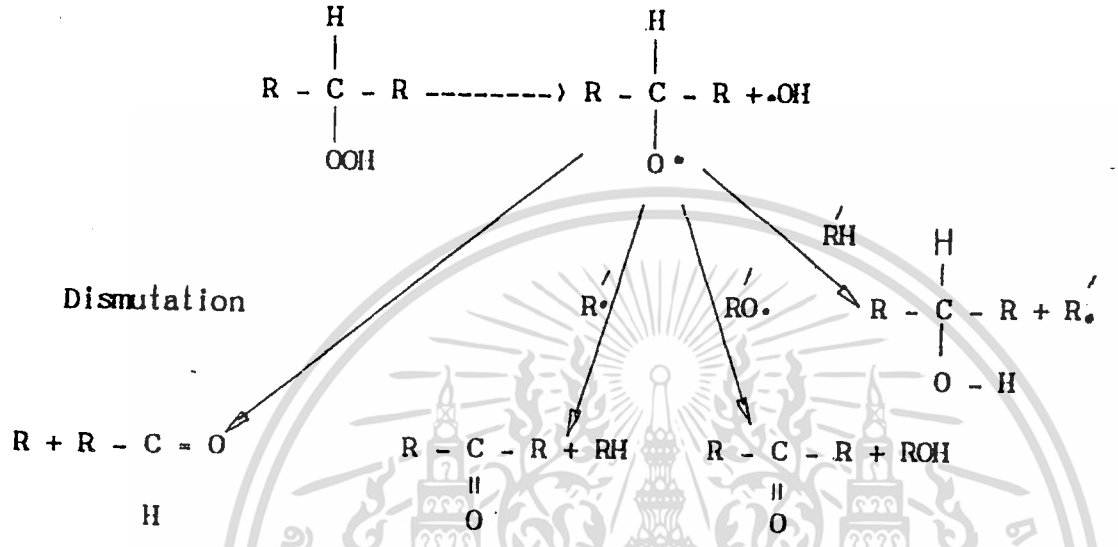
เมื่อมีไอออนของโลหะ (multivalent metal ion) เช่น Cu^{2+}, Cu หรือ Fe^{-2} และ Fe^{+2} เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาไฮโดรเปอร์ออกไซด์จะสลายตัวทันทีได้เป็น RO และROO radicals ในปฏิกิริยาออกซิเดชั่น-รีดักชั่น ของไอออนโลหะ

เมื่อไฮโดรเปอร์ออกไซด์สลายไปเป็น RO radicals ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อไปได้หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



รูปที่ 2.7.3 การสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์

ที่มา : (วรรณา , 2534)

สิ่งที่ได้จากปฏิกิริยารูปที่ 2.7.3 บางชนิดเป็น radicals ซึ่งจะสามารถทำปฏิกิริยาต่อไปใน propagation stage ในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน มักจะพบกรดไฮดรอกซี (hydroxy acid) กรดคีโต (keto acid) และ อัลดีไฮด์ (aldehydes) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อัลดีไฮด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ๆ และกรดที่ได้จากออกซิเดชั่นของอัลดีไฮด์เหล่านี้ด้วย สารประกอบดังกล่าวมีผลต่อกลิ่นหืน กลิ่นเหม็นอับของอาหารประเภทไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และ วิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ข้าวกล้อง พันธุ์หอมมะลิ ระดับการขัดสี ที่ 30 %

3.1.2 ภาชนะบรรจุ

3.1.2.1 ถุงพลาสติก Polypropylene (PP) ขนาด 6x9 นิ้ว คุณสมบัติของถุงพลาสติก ดัง ตารางที่ 3.1.1

3.1.2.2 ถุงพลาสติก Polyethylene (PE) ขนาด 6x9 นิ้ว คุณสมบัติของถุงพลาสติก ดัง ตารางที่ 3.1.1

3.1.3 ตัวอย่างข้าวที่ใช้บรรจุต่อถุงหนัก 100 กรัม / ถุง

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 38 $^{\circ}$ C

3.2.2 ห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิ 20 $^{\circ}$ C

3.2.3 เครื่องบดข้าว (Retsch) บริษัท F. Kurt Retsch Gmbh & Co.KG ประเทศเยอรมัน

3.2.4 เครื่องสเปคโตรมิเตอร์ (Spectrophotometer) รุ่น EC 292 ประเทศอังกฤษ

3.2.5 เครื่องMoisture Analyzer รุ่น 30504337 Satorius MA 40 ประเทศ U.S.A

3.2.6 เครื่องชั่งสาร รุ่น PT - 210 บริษัท Scievitific Promotion Co . LTD ประเทศเยอรมัน

3.2.7 ตู้อบความร้อน (Hot air oven) รุ่น 040 บริษัท Memmert ประเทศเยอรมัน

3.2.8 Sieeve ขนาด 0.25 บริษัท F. Kurt Retsch Gmbh & Co.KG ประเทศเยอรมัน

3.2.9 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.2.10 กระดาษกรอง เบอร์ 4

3.2.11 กรวยแยกสาร (separating funnel) ขนาด 500 มิลลิลิตร

3.2.12 กรวย (Funnel)

3.2.13 ปิเปต (Pipette) ขนาด 5 มิลลิลิตร

3.2.14 บิวเรต (Burette)

3.2.15 กระจกนาฬิกา (Watch Glass)

3.2.16 กระบอกตวงปริมาตร (Cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2.17 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminium can)

3.2.18 ขวดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร

3.2.19 หลอดทดลอง (Test tube)

3.2.20 ขวดก้นกลม (Round bottom flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.21 ชุดกลั่น TBA

3.2.22 เตาให้ความร้อน (Hot plate)

3.2.23 ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2.24 หลอดวัดแสง (Cuvette)

3.2.25 Glass bead

3.3 สารเคมี

3.3.1 สารละลายโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล เตรียมโดยการชั่งสารโปรตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 0.611 กรัม นำมาละลายน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

3.3.2 เอทธิลแอลกอฮอล์ 95 %

3.3.3 ฟีนอล์ฟธาลีน 0.1 % เป็นอินดิเคเตอร์ เตรียมโดยละลายฟีนอล์ฟธาลีน 0.1 กรัม ในเอทธานอล 95 % 100 มิลลิลิตร

3.3.4 เบนซีน (Benzene) บริษัท Memmert ประเทศ เยอรมัน

3.3.5 สารละลาย TBA เตรียมโดยละลาย TBA 0.2883 กรัม ด้วย 90 %glacial acetic acid จนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.3.6 สารละลายไฮโดรคลอลิก 4 M

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การทดลองได้วางแผนการทดลองแบบ Factorial desige โดยมีปัจจัยที่ต้องควบคุม 2 ปัจจัย

3.4.1.2 ถุงพลาสติก ชนิด Polypropylene (PP) (คุณสมบัติถุงพลาสติก ตารางที่ 3.1.1)

ชนิด Polyethylene (PE) (คุณสมบัติถุงพลาสติก ตารางที่ 3.1.1)

3.4.1.3 อุณหภูมิและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 , 27 และ 38 องศาเซลเซียส

3.4.4 ระยะเวลาทำการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ประมาณ 6 เดือน เพราะข้าวกล้องมีอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 3-6 เดือนก็เกิดการเหม็นหืน (Marshall and Wadsmorth , 1994) และแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงคือ 3 เดือนแรก และ 3 เดือนสุดท้าย ในช่วงแรกจะเริ่มต้นตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงกันยายน และ 3 เดือนสุดท้ายเริ่มตั้งแต่ เดือนตุลาคมถึงธันวาคม

3.4.3 ความถี่ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของข้าวกล้อง

ในช่วงสามเดือนแรกข้าวกล้องจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมาก ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติของข้าวกล้อง ดังนั้น ความถี่ในการวิเคราะห์จะมากกว่าช่วงหลัง โดย 3 เดือนแรกจะวิเคราะห์ทุกๆ 3 วัน ส่วนใน 3 เดือนสุดท้ายปฏิกิริยาต่าง ๆ จะเกิดช้าลงจึงวิเคราะห์ทุกๆ 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของข้าวกล้อง

แบ่งเป็นการวิเคราะห์ทางด้านเคมีและการประเมินผลทางประสาทสัมผัส การวิเคราะห์ทางด้านเคมีได้แก่

3.4.4.1 Moisture Content

3.4.4.2 FFA (Free Fatty Acid) (AOAC ,1984)

3.4.4.3 TBA (Tiobabituric Acid) (AOAC ,1990)

3.4.4.4 Weigth Loss and Weight Gain

3.4.4.5 การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสโดยการดมกลิ่นตัวอย่างว่ามีกลิ่นเหม็นหืนหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

3.4.5.1 การหาความชื้น (Moisture Content)

วิเคราะห์หาความชื้นโดยใช้เครื่อง Moisture Analyzer

ตัวอย่างข้าวบดละเอียด

↓

ชั่งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม

↓

วิเคราะห์ความชื้นด้วยเครื่อง

Moisture Analyzer

↓

บันทึก % MC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.2 การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) (AOAC , 1984)

วิธีการวิเคราะห์

อบตัวอย่างข้าวที่
อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส, 1 ชม.
↓
บดตัวอย่างที่อบแห้งแล้วให้ละเอียด
↓
ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 20 กรัม
↓
เติมลงใน Separatory funnel
ผสมกับ Benzene 50 ml
↓
ทำการสกัดใน Separatory funnel
เป็นเวลา 5 นาที
↓
กรองอย่างรวดเร็วด้วยกระดาษกรอง
เบอร์ 4 (ใช้ watch glass ปิด)
↓
ปิเปตสารที่กรองได้ 20 มิลลิลิตร
ลง flask เติม EtOH 20 ml , phenolphthalein
↓
ไทเตรท 0.1 N KOH (เหลือง →ชมพู)
↓
ทำ Blank (20 ml ,benzene + 20 ml EtOH)
↓
คำนวณจากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.2.1 การคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาตรของสารที่ใช้ในการไตรเตรท (หัก blank) 0.70 มิลลิลิตร

ความเข้มข้นของสารละลาย KOH 0.0998 นอร์มอล

น้ำหนักข้าวตัวอย่างที่ใช้ 20.01 กรัม

ความชื้นภายในเมล็ดข้าวตัวอย่าง 10.63 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักข้าว 100 กรัม คิดเป็น Total Solid = 100 - 10.63 = 89.37 กรัม

น้ำหนักข้าว 20.01 กรัม คิดเป็น Total Solid = $\frac{89.37 \times 20.01}{100}$ = 17.88 กรัม

สารละลาย KOH 100 มิลลิลิตร มี KOH 0.0998 กรัมสมมูลย์

สารละลาย KOH 0.70 มิลลิลิตร มี KOH $\frac{0.0998 \times 0.70}{100}$ = 6.986×10^{-5} กรัมสมมูลย์

สารละลาย KOH 1 กรัมสมมูลย์ หนัก 56.11 กรัม

สารละลาย KOH 6.986×10^{-5} กรัมสมมูลย์ หนัก $56.11 \times 6.986 \times 10^{-5}$ = 3.91×10^{-3} กรัม

น้ำหนักข้าว 17.88 กรัม ใช้ KOH 3.91×10^{-3} กรัม

น้ำหนักข้าว 100 กรัม ใช้ KOH $\frac{3.91 \times 10^{-3} \times 100}{17.88}$ = 0.0219 กรัม

KOH ปริมาณ 56.11 กรัม มี KOH 1 โมล

KOH ปริมาณ 0.0219 กรัม มี KOH $\frac{0.029}{56.11}$ = 3.903×10^{-4} โมล

ดังนั้น ปริมาณของ FFA ในตัวอย่างข้าว = 3.903×10^{-4} โมล/100 กรัม หรือ

= 0.39 มิลลิโมลของ KOH/100 กรัม ตัวอย่างข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.3 การหาปริมาณ Thiobabituric Acid Value (TBA) (AOAC ,1990)

วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด 10 กรัม
ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มล.

↓

เติมน้ำกลั่น 97.5 มล. + HCl 4 M
2.5 มล. และ glass bead

↓

ทำการกลั่น จนครบ 50 มล.

↓

ปิเปตของเหลว ที่กลั่น 5 มล. ลงหลอดทดลอง

↓

เติมสารละลาย TBA 5 มล. ในหลอดทดลอง

↓

เขย่า , ต้มในน้ำเดือด 35 นาที จนเป็นสีชมพู

↓

ทำให้เย็นโดยแช่น้ำประมาณ 10 นาที

↓

วัดค่า Absorbance ที่ 538 nm

↓

ทำ Blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มล.
เติม สารละลาย TBA 5 มล.

↓

คำนวณผลการทดลอง

3.3.4 วิธีคำนวณ

$$TBA\ value = 7.8\ A$$

(หน่วยเป็นมิลลิกรัม ของ malonaldehyde ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม)

A = ค่า Absorbance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.4 วิธีวิเคราะห์น้ำหนักที่ลดลง Weight loss และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น Weight gain

วิธีวิเคราะห์

ถุงข้าวตัวอย่าง

↓

ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

↓

บันทึกน้ำหนัก

↓

เก็บไว้สภาวะที่ทดสอบ

จนถึงกำหนด

↓

ชั่งน้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

↓

บันทึกน้ำหนัก

↓

น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

3.4.5.4.1 วิธีการคำนวณ

Weight Loss = น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

Weight gain = น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.5 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดลอบประมาณ 5 คน และ การดมกลิ่น โดยให้เป็นระดับคะแนน 1-9

วิธีการทดสอบแบบ Hedonic Scale

ตัวอย่าง

การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง

โปรดให้คะแนนตามระดับความชอบของท่านที่มีต่อตัวอย่างโดยให้คะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ระดับความชอบ ชอบมากที่สุด 9 คะแนน

ชอบมาก 7 คะแนน

ชอบปานกลาง 5 คะแนน

ชอบน้อย 3 คะแนน

ชอบน้อยที่สุด 1 คะแนน

รหัส	ลักษณะทางกายภาพ	กลิ่น	ความชอบ
101	สีขาวขุ่น	ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน	9
102	สีขาวขุ่น	ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน	9
203	สีขาวขุ่น	ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน	7
304	สีขาวขุ่น	มีกลิ่นเหม็นหืนเล็กน้อย	5

หมายเหตุ

รหัส 101 คือ ข้าวกล้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก PP

รหัส 102 คือ ข้าวกล้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก PE

รหัส 203คือ ข้าวกล้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก PP

รหัส 304 คือ ข้าวกล้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ในถุงพลาสติก PE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1.1 คุณสมบัติของพลาสติกตัวอย่าง

ชนิดของถุงพลาสติก	PP	LDPE
1. Maximum Temperature ($^{\circ}C$)	130-140	85-90
Minimum Temperature ($^{\circ}C$)	0	-50
2. ความหนา (μ)	25-30	25-30
3. WVTR	8	20
g. 0.025 mm / m^2.d / 24 hr		
90% RH at 40$^{\circ}C$		
4. GRT (O_2)	2,500	6,000
CC. 0.025 mm / cm^3. d.bar		

ที่มา : ผลจากการวิเคราะห์จากบริษัท สตรองแพ็ค จำกัด

ตารางที่ 3.1.2 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ในแต่ละสภาวะการเก็บ ณ อุณหภูมิที่ทดสอบ

Storage Temperature	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%)
20$^{\circ}C$	76
RT	85
38$^{\circ}C$	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ตารางที่ 4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของข้าวกล้องในถุงพลาสติก 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 2 เดือน

รูปที่ 4.1.1 แสดงผลของปริมาณความชื้นของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.1.2 แสดงผลของปริมาณความชื้นของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณ FFA

ตารางที่ 4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ FFA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.2.1 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ FFA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.2.2 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ FFA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณ TBA

ตารางที่ 4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TBA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.3.1 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TBA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.3.2 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณTBA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณ weight loss และ weight gain

ตารางที่ 4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณweight loss และ weight gain ของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ weight loss และ weight gain ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณweight loss และ weight gain ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.5.1 ผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

รูปที่ 4.5.2 ผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

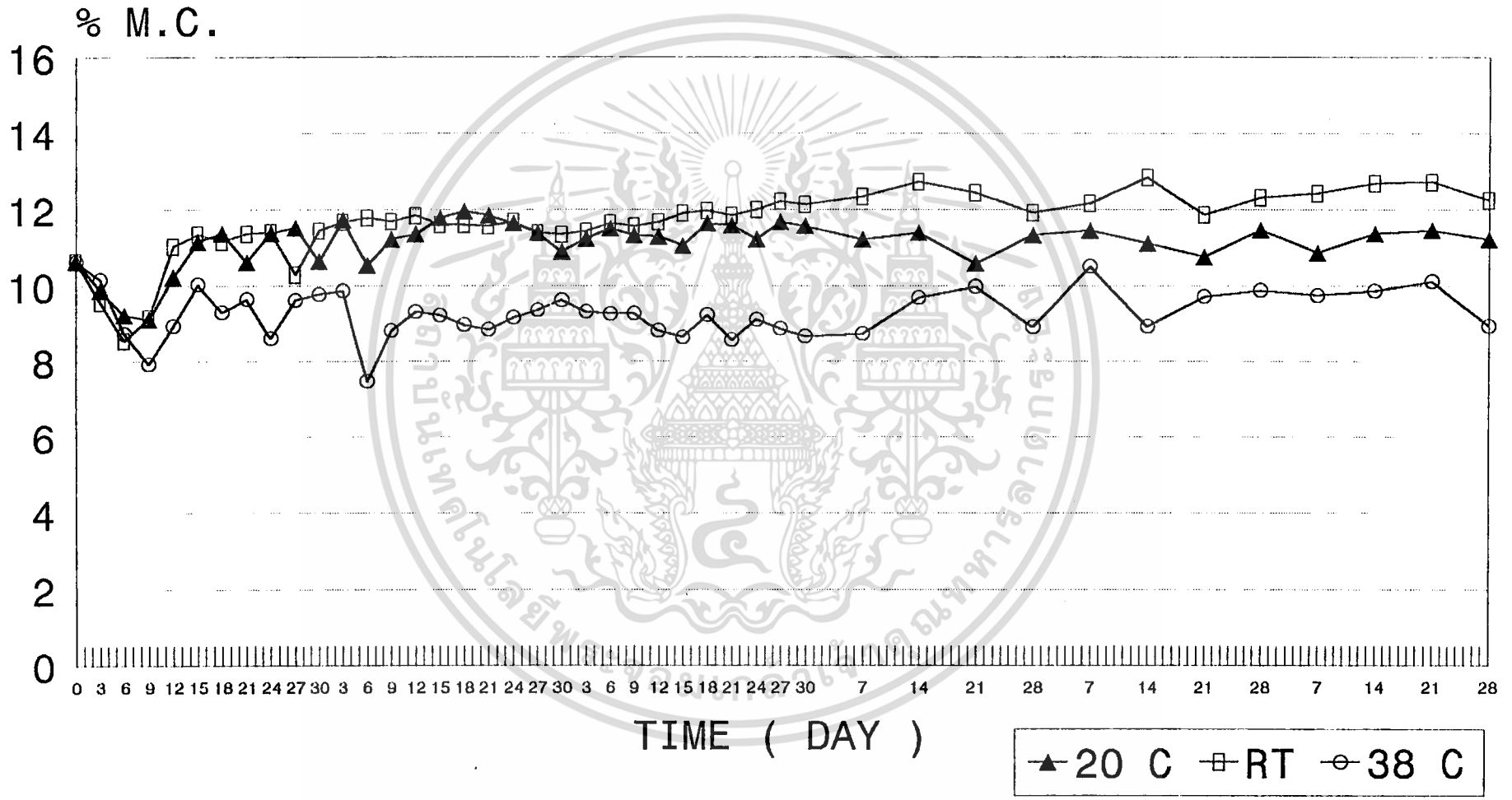
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของความชื้นของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

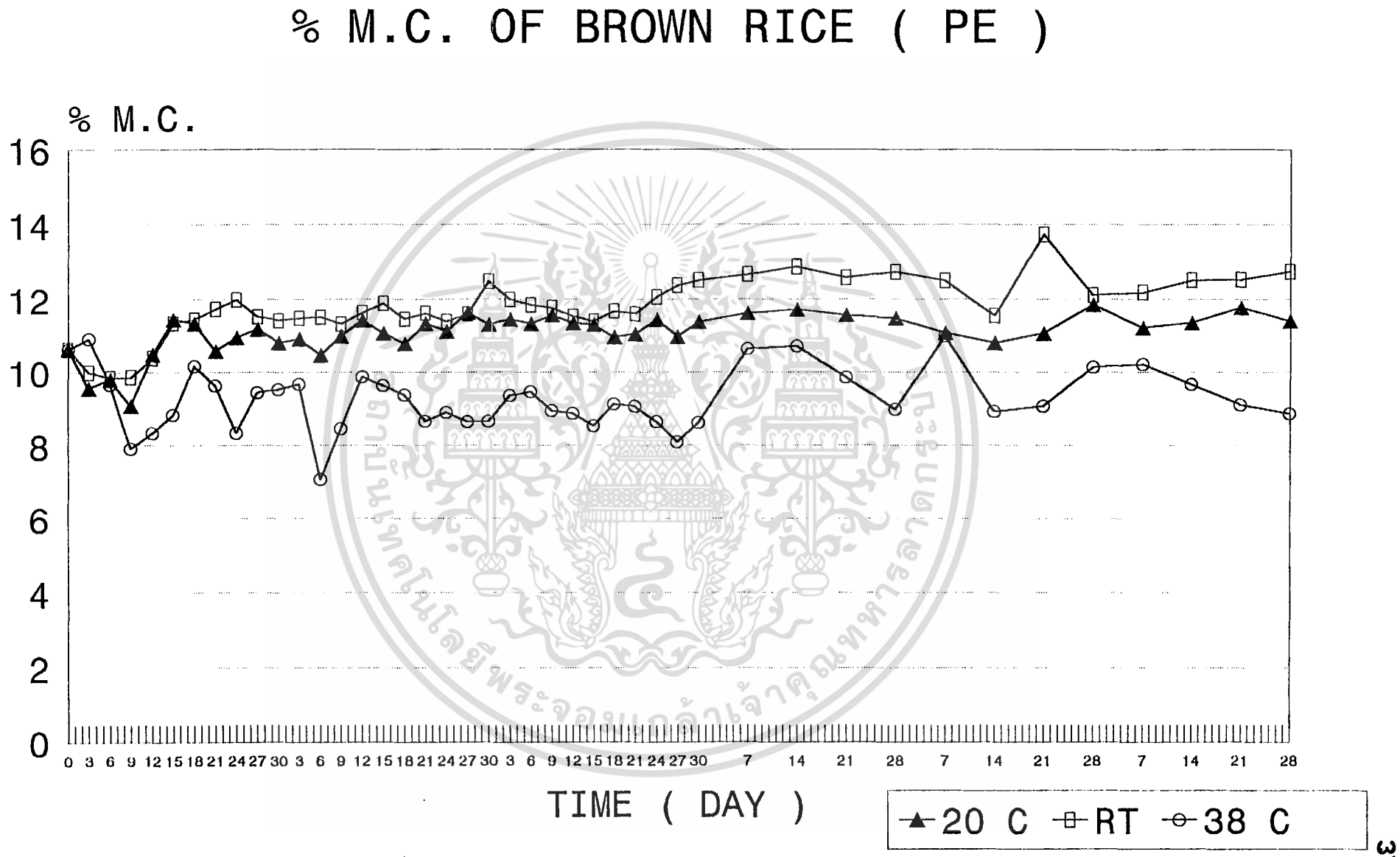
การทดลองที่	ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่า Mean ± SD ของ % M.C. ในเดือนที่						
			0	1	2	3	4	5	6
1	PP	20	10.63	$10.5209 \pm 0.83^{a}_{b}$	$11.334 \pm 0.45^{b}_{bc}$	$11.4090 \pm 0.21^{b}_{b}$	$11.1275 \pm 0.37^{a}_{c}$	$11.1950 \pm 0.34^{b}_{b}$	$11.2275 \pm 0.26^{b}_{b}$
2	PP	27	10.63	$10.5391 \pm 1.02^{a}_{b}$	$11.6218 \pm 0.16^{b}_{c}$	$11.8460 \pm 0.25^{c}_{c}$	$12.3675 \pm 0.33^{c}_{d}$	$12.3025 \pm 0.1^{c}_{c}$	$12.5275 \pm 0.22^{c}_{c}$
3	PP	38	10.63	$9.3927 \pm 0.78^{a}_{a}$	$9.0590 \pm 0.65^{a}_{a}$	$8.9720 \pm 0.30^{a}_{a}$	$9.3245 \pm 0.59^{a}_{a}$	$9.7475 \pm 0.6^{a}_{a}$	$9.6715 \pm 0.5^{a}_{a}$
4	PE	20	10.63	$10.5273 \pm 0.75^{a}_{b}$	$11.0940 \pm 0.33^{b}_{b}$	$11.2710 \pm 0.21^{b}_{b}$	$11.5900 \pm 0.10^{b}_{c}$	$11.1900 \pm 0.45^{b}_{b}$	$11.4300 \pm 0.24^{b}_{b}$
5	PE	27	10.63	$10.9182 \pm 0.79^{a}_{bc}$	$11.6290 \pm 0.33^{b}_{c}$	$11.8680 \pm 0.37^{bc}_{c}$	$12.7100 \pm 0.12^{d}_{d}$	$12.700 \pm 0.92^{c}_{c}$	$12.4925 \pm 0.24^{c}_{b}$
6	PE	38	10.63	$9.3982 \pm 0.96^{ab}_{a}$	$8.8910 \pm 0.81^{a}_{a}$	$8.8690 \pm 0.41^{a}_{a}$	$10.0450 \pm 0.81^{b}_{b}$	$9.7775 \pm 0.96^{ab}_{a}$	$9.4650 \pm 0.59^{ab}_{a}$

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscrip ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า % M.C. ในภาชนะบรรจุเดียวกัน อุณหภูมิการเก็บเดียวกันในแต่ละเดือน

2. ตัวอักษร Subscrip ที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า % M.C. ที่ภาชนะบรรจุต่างกัน อุณหภูมิการเก็บต่างกัน ภายในเดือนเดียวกัน



รูปที่ 4.1.1 แสดงผลของปริมาณความชื้นของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน



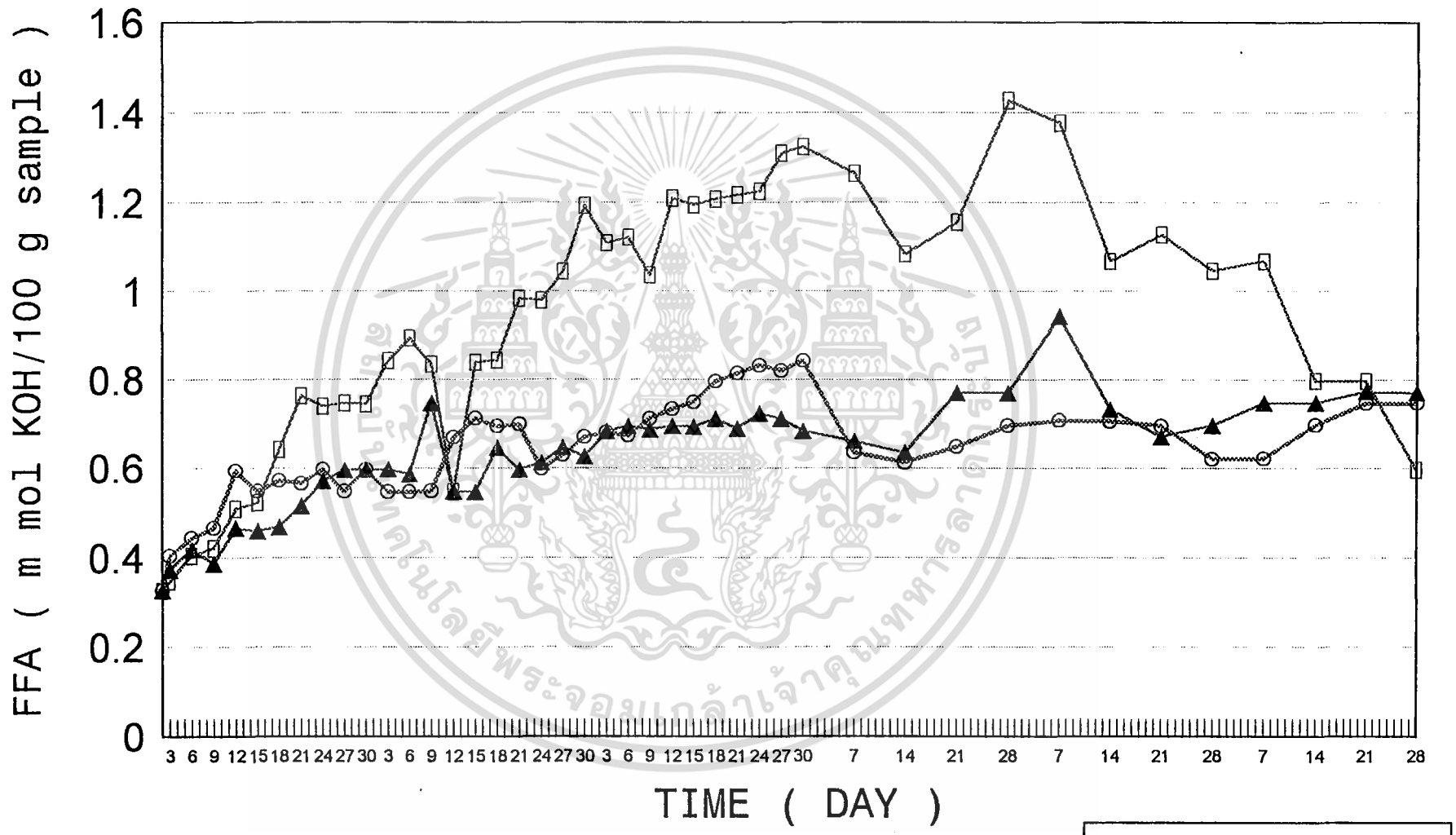
รูปที่ 4.1.2 แสดงผลของปริมาณความชื้นของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ FFA. ของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

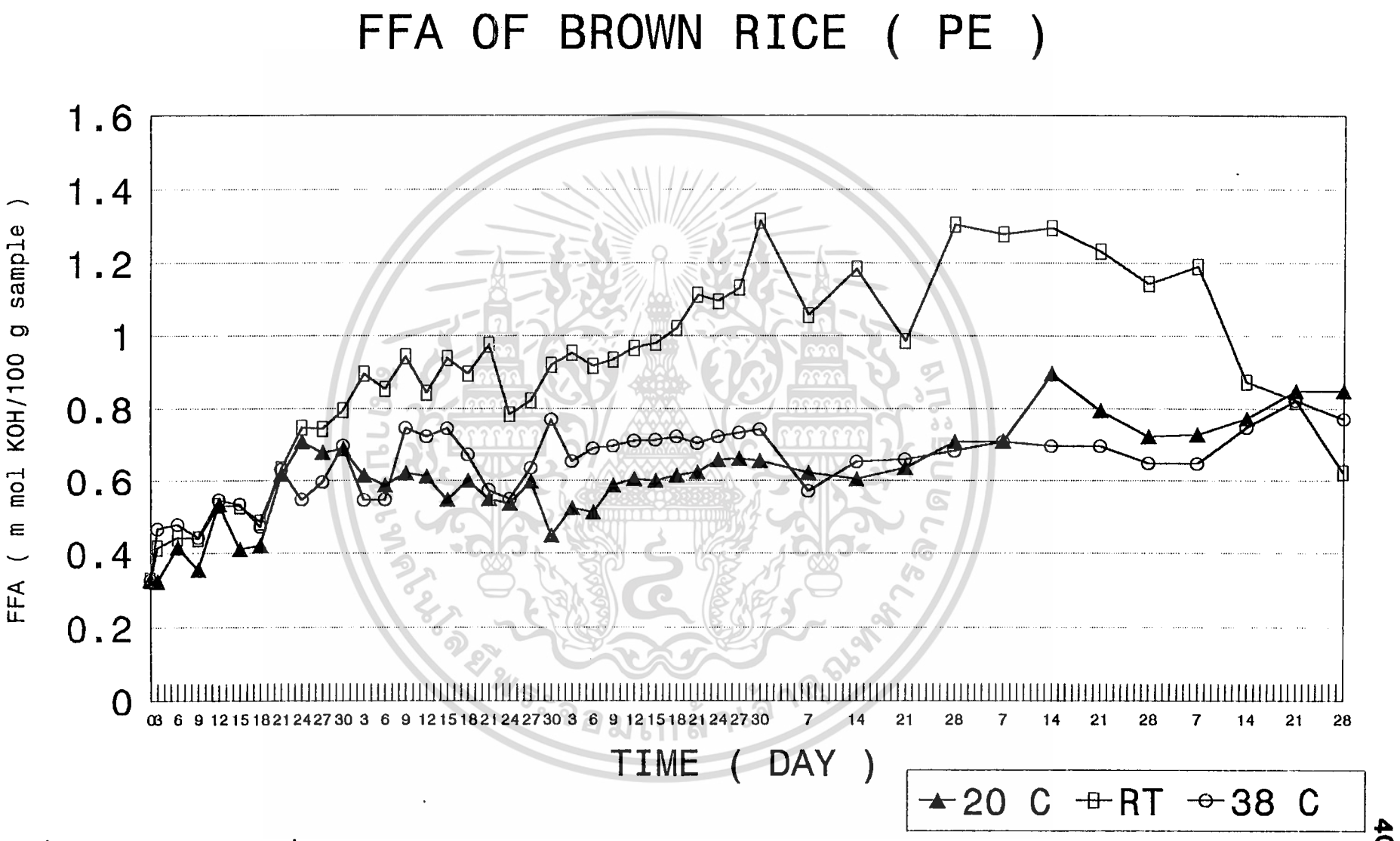
การทดลองที่	ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่า Mean ± SD ของ FFA ในเดือนที่						
			0	1	2	3	4	5	6
1	PP	20	0.327	$0.4760 \pm 0.09^{a}_{a}$	$0.6073 \pm 0.06^{b}_{a}$	$0.6918 \pm 0.03^{bc}_{b}$	$0.6786 \pm 0.06^{b}_{a}$	$0.7793 \pm 0.12^{bc}_{a}$	$0.7466 \pm 0.04^{bc}_{a}$
2	PP	27	0.327	$0.5606 \pm 0.17^{a}_{a}$	$0.9007 \pm 0.17^{b}_{b}$	$1.1959 \pm 0.08^{c}_{e}$	$1.2331 \pm 0.15^{c}_{b}$	$1.159 \pm 0.15^{c}_{b}$	$0.8148 \pm 0.19^{b}_{a}$
3	PP	38	0.327	$0.5142 \pm 0.09^{a}_{a}$	$0.6313 \pm 0.07^{b}_{a}$	$0.6477 \pm 0.06^{d}_{c}$	$0.6477 \pm 0.04^{b}_{a}$	$0.6823 \pm 0.04^{cd}_{a}$	$0.7029 \pm 0.06^{cd}_{a}$
4	PE	20	0.327	$0.4956 \pm 0.15^{a}_{a}$	$0.5704 \pm 0.05^{b}_{a}$	$0.6032 \pm 0.05^{b}_{a}$	$0.614 \pm 0.05^{b}_{a}$	$0.7799 \pm 0.09^{c}_{a}$	$0.7984 \pm 0.06^{c}_{a}$
5	PE	27	0.327	$0.5528 \pm 0.15^{a}_{a}$	$0.8928 \pm 0.05^{b}_{b}$	$1.0424 \pm 0.12^{c}_{d}$	$1.1320 \pm 0.14^{cd}_{b}$	$1.2365 \pm 0.06^{d}_{b}$	$0.8762 \pm 0.24^{b}_{a}$
6	PE	38	0.327	$0.5208 \pm 0.10^{a}_{a}$	$0.6948 \pm 0.09^{b}_{a}$	$0.7079 \pm 0.03^{b}_{bc}$	$0.6409 \pm 0.05^{b}_{a}$	$0.6884 \pm 0.03^{b}_{a}$	$0.7460 \pm 0.07^{b}_{a}$

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscrip ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า FFA ในภาชนะบรรจุเดียวกัน อุณหภูมิการเก็บเดียวกันในแต่ละเดือน

2. ตัวอักษร Subscrip ที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า FFA ที่ภาชนะบรรจุต่างกัน อุณหภูมิการเก็บต่างกัน ภายในเดือนเดียวกัน



รูปที่ 4.2.1 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ FFA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ระยะเวลา 6 เดือน



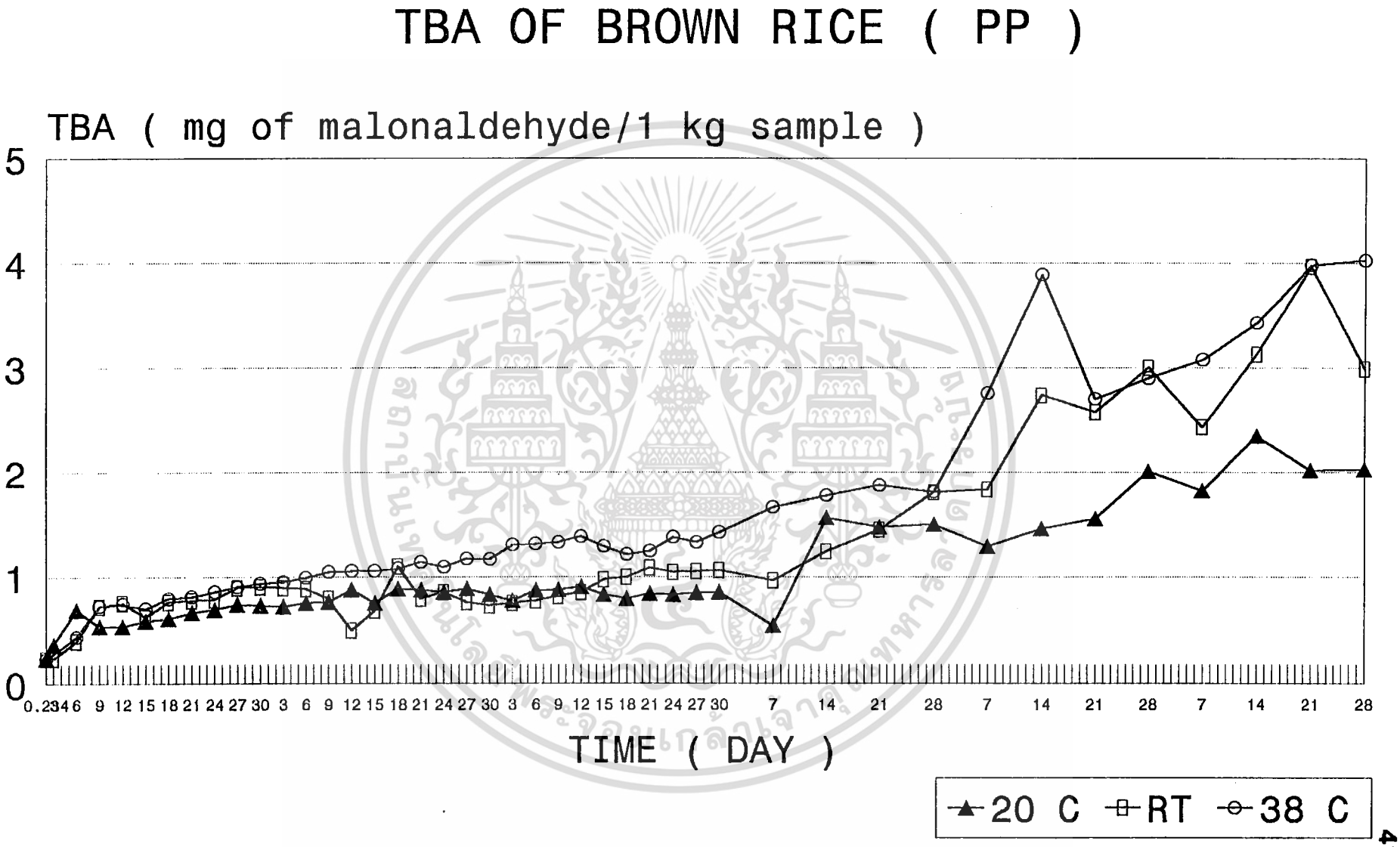
รูปที่ 4.2.2 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ FFA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ระยะเวลา 6 เดือน

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ TBA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

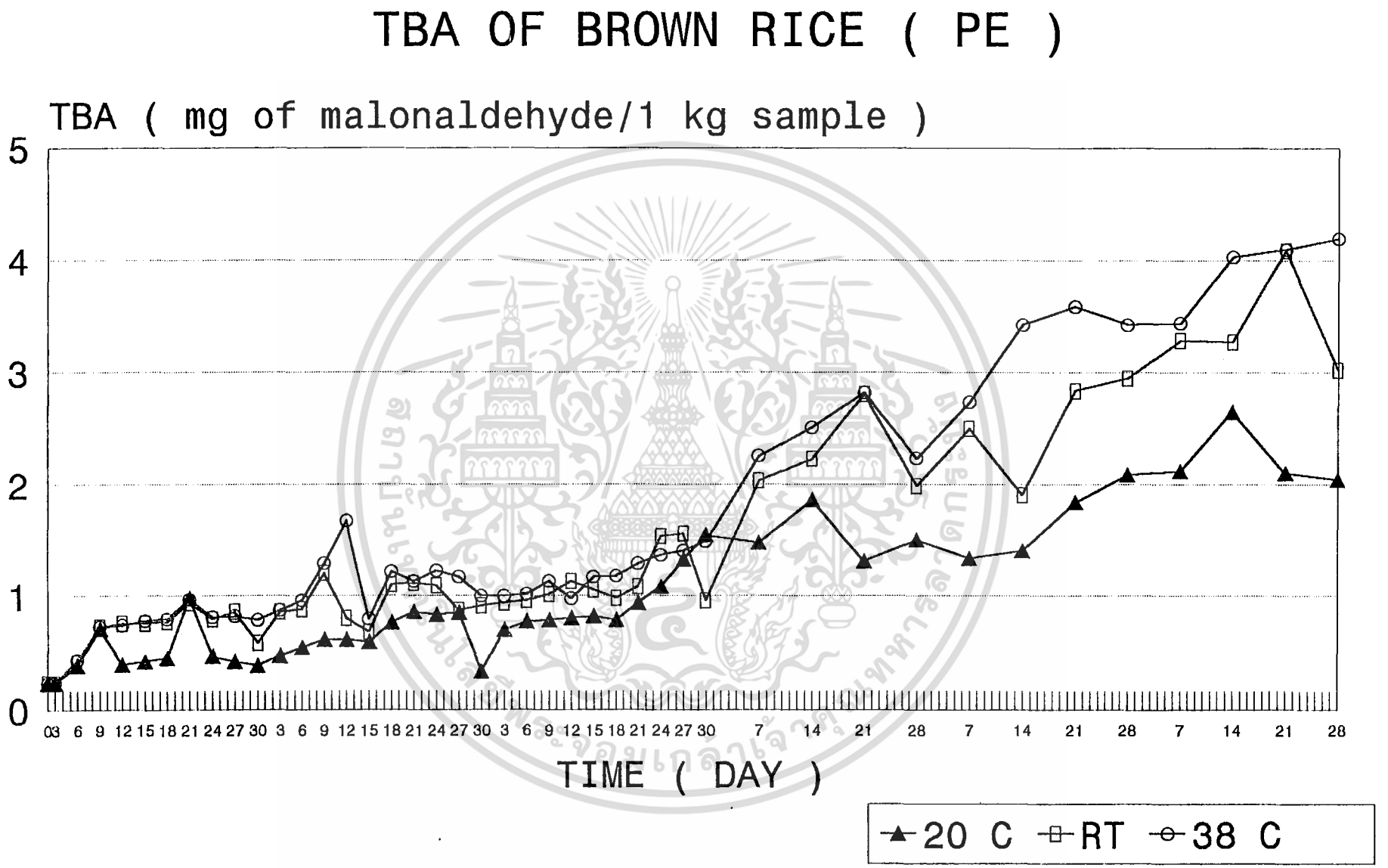
การทดลองที่	ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่า Mean ± SD ของ TBA ในเดือนที่						
			0	1	2	3	4	5	6
1	PP	20	0.234	$0.5815 \pm 0.16^{a}_{a}$	$0.8236 \pm 0.07^{b}_{b}$	$0.8455 \pm 0.03^{b}_{a}$	$1.2684 \pm 0.48^{c}_{a}$	$1.5769 \pm 0.31^{d}_{a}$	$2.0547 \pm 0.22^{e}_{a}$
2	PP	27	0.234	$0.5606 \pm 0.17^{a}_{a}$	$0.9006 \pm 0.17^{b}_{b}$	$1.1958 \pm 0.08^{bc}_{a}$	$1.2331 \pm 0.15^{c}_{a}$	$1.1549 \pm 0.15^{d}_{b}$	$0.8148 \pm 0.19^{e}_{b}$
3	PP	38	0.234	$0.6708 \pm 0.25^{a}_{a}$	$1.0733 \pm 0.07^{b}_{cd}$	$1.3174 \pm 0.63^{c}_{c}$	$1.7812 \pm 0.09^{d}_{ab}$	$3.0622 \pm 0.36^{e}_{bc}$	$3.6263 \pm 0.46^{f}_{bc}$
4	PE	20	0.234	$0.4638 \pm 0.21^{a}_{a}$	$0.689 \pm 0.17^{a}_{a}$	$0.9563 \pm 0.27^{b}_{a}$	$1.5387 \pm 0.23^{c}_{a}$	$1.6669 \pm 0.36^{c}_{a}$	$2.3310 \pm 0.28^{d}_{a}$
5	PE	27	0.234	$0.6424 \pm 0.24^{a}_{a}$	$0.9524 \pm 0.16^{b}_{bc}$	$1.1216 \pm 0.23^{b}_{b}$	$2.2647 \pm 0.37^{c}_{bc}$	$2.5495 \pm 0.46^{c}_{b}$	$3.4195 \pm 0.46^{d}_{bc}$
6	PE	38	0.234	$0.6665 \pm 0.24^{a}_{a}$	$1.1325 \pm 0.25^{b}_{d}$	$1.2012 \pm 0.18^{b}_{bc}$	$2.4562 \pm 0.27^{c}_{c}$	$3.2955 \pm 0.38^{d}_{c}$	$3.9427 \pm 0.34^{e}_{c}$

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscrip ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า TBAในภาชนะบรรจุเดียวกัน อุณหภูมิการเก็บเดียวกันในแต่ละเดือน

2. ตัวอักษร Subscrip ที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าTBA ที่ภาชนะบรรจุต่างกัน อุณหภูมิการเก็บต่างกัน ภายในเดือนเดียวกัน



รูปที่ 4.3.1 แสดงผลของ TBA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน



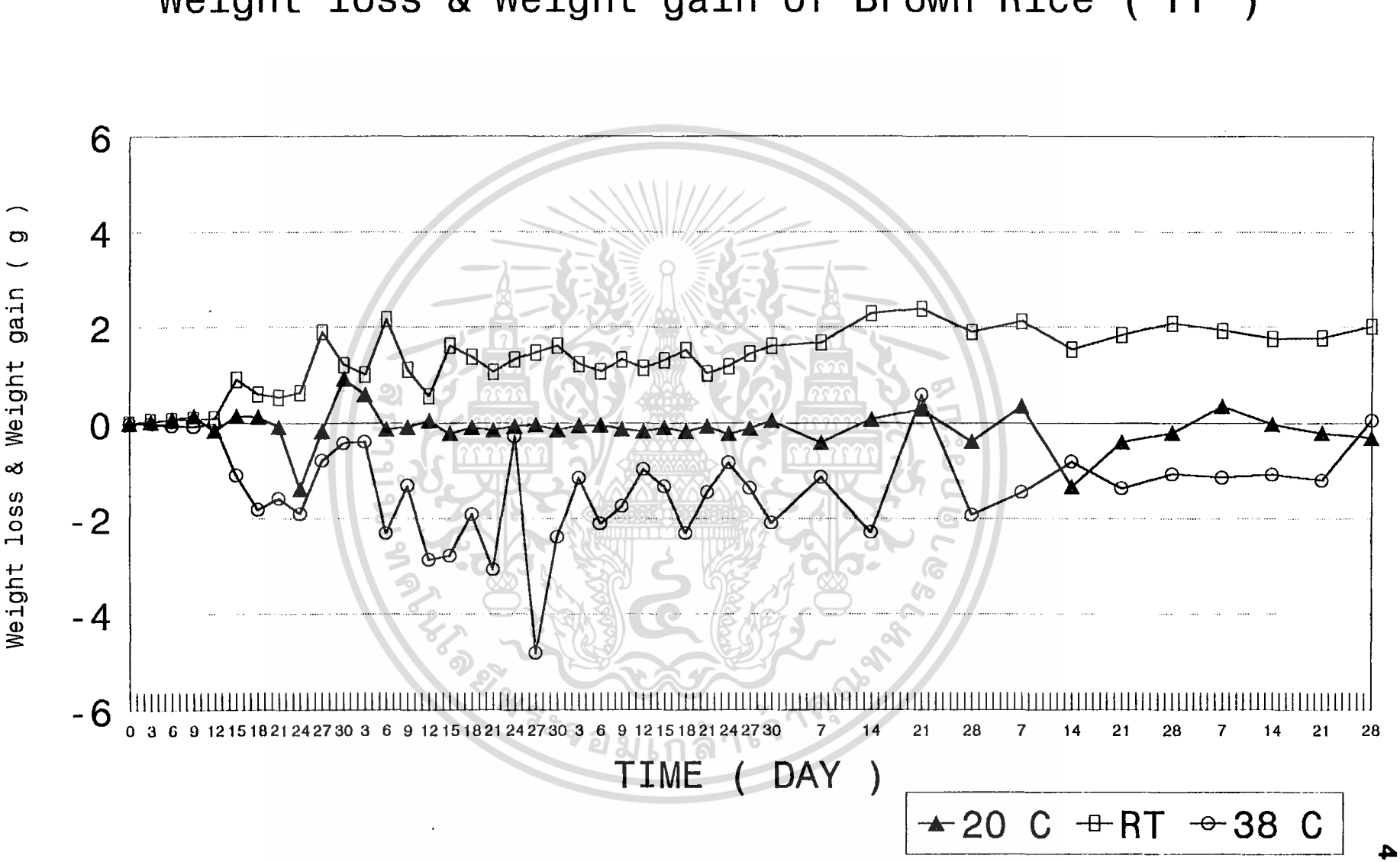
รูปที่ 4.3.2 แสดงผลของ TBA ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Weight loss & Weight gain ของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

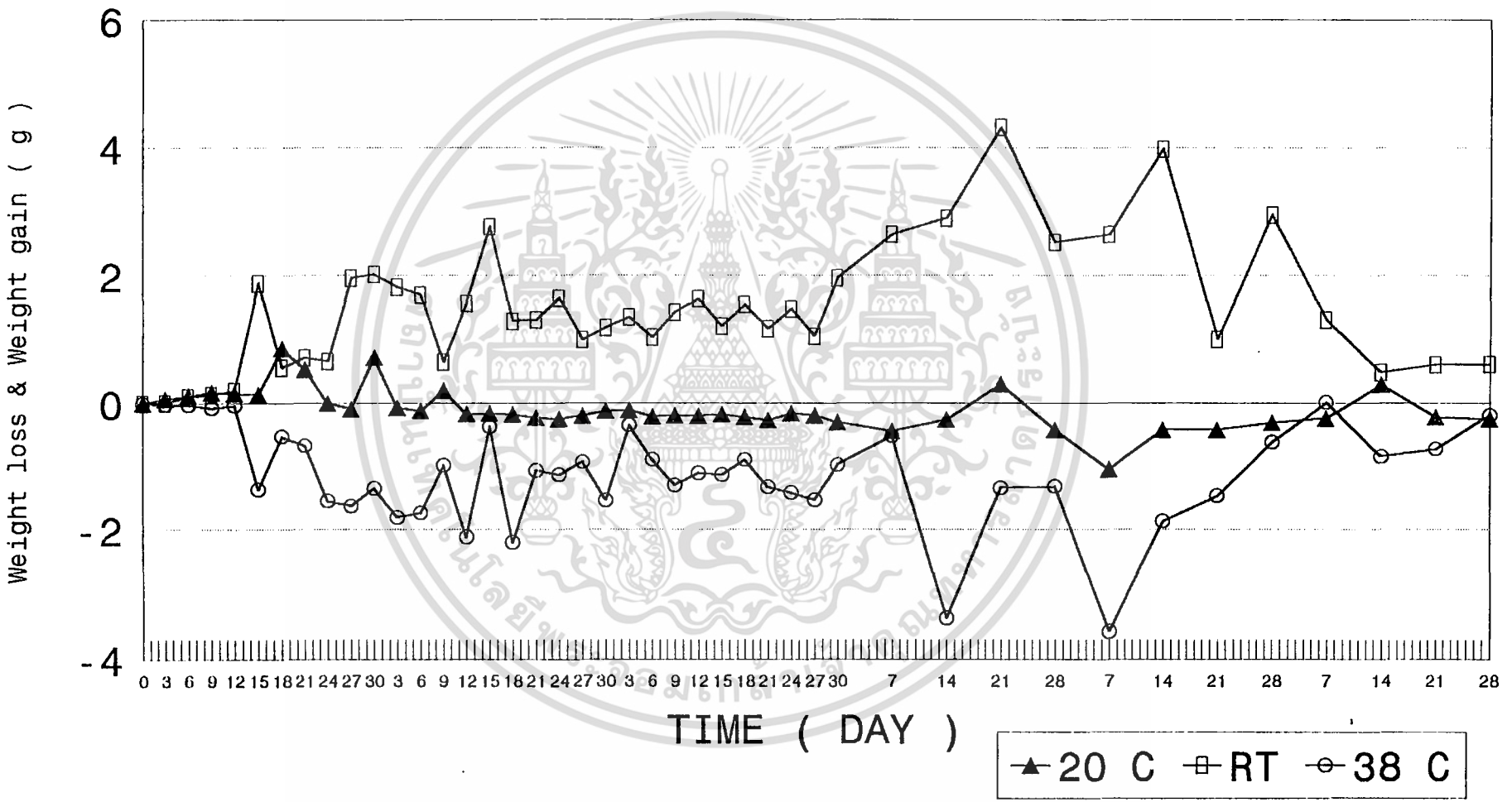
การทดลองที่	ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่า Mean ± SD ของ Weight loss & Weight gain ในเดือนที่						
			0	1	2	3	4	5	6
1	PP	20	0	$-0.0291 \pm 0.53^{a}_{a}$	$-0.0250 \pm 0.23^{a}_{a}$	$-0.1000 \pm 0.08^{a}_{a}$	$-0.1085 \pm 0.34^{a}_{a}$	$-0.3950 \pm 0.69^{a}_{a}$	$-0.0450 \pm 0.28^{a}_{a}$
2	PP	27	0	$0.5551 \pm 0.59^{a}_{b}$	$1.3310 \pm 0.43^{b}_{b}$	$1.2840 \pm 0.19^{b}_{c}$	$2.0600 \pm 0.33^{c}_{c}$	$1.8900 \pm 0.27^{c}_{c}$	$1.8650 \pm 0.12^{c}_{b}$
3	PP	38	0	$-0.7442 \pm 0.74^{a}_{c}$	$-2.2120 \pm 1.34^{b}_{d}$	$-1.5360 \pm 0.50^{ab}_{d}$	$-1.1875 \pm 1.28^{ab}_{ab}$	$-1.1928 \pm 0.26^{ab}_{a}$	$-0.8400 \pm 0.60^{a}_{a}$
4	PE	20	0	$0.2427 \pm 0.31^{a}_{ab}$	$-0.1300 \pm 0.12^{b}_{a}$	$-0.2030 \pm 0.05^{b}_{a}$	$-0.2050 \pm 0.34^{b}_{a}$	$-0.5500 \pm 0.33^{c}_{ab}$	$-0.1050 \pm 0.26^{b}_{a}$
5	PE	27	0	$0.789 \pm 0.81^{a}_{b}$	$1.4950 \pm 0.57^{ab}_{b}$	$1.3890 \pm 0.28^{ab}_{c}$	$3.0950 \pm 0.83^{c}_{c}$	$2.6450 \pm 1.23^{bc}_{c}$	$2.1525 \pm 2.72^{bc}_{b}$
6	PE	38	0	$-0.615 \pm 0.68^{a}_{c}$	$-1.3920 \pm 0.58^{bc}_{c}$	$-1.0960 \pm 0.33^{b}_{b}$	$-1.6375 \pm 1.21^{bc}_{ab}$	$-1.8850 \pm 1.24^{bc}_{b}$	$-0.4400 \pm 0.41^{a}_{a}$

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscrip ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า weight loss & weight gain ในภาชนะบรรจุเดียวกัน อุณหภูมิการเก็บเดียวกันในแต่ละเดือน

2. ตัวอักษร Subscrip ที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า weight loss & weight gain ในภาชนะบรรจุต่างกัน อุณหภูมิการเก็บต่างกันในแต่ละเดือน



รูปที่ 4.4.1 แสดงผลของ weight loss & weight gain ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน



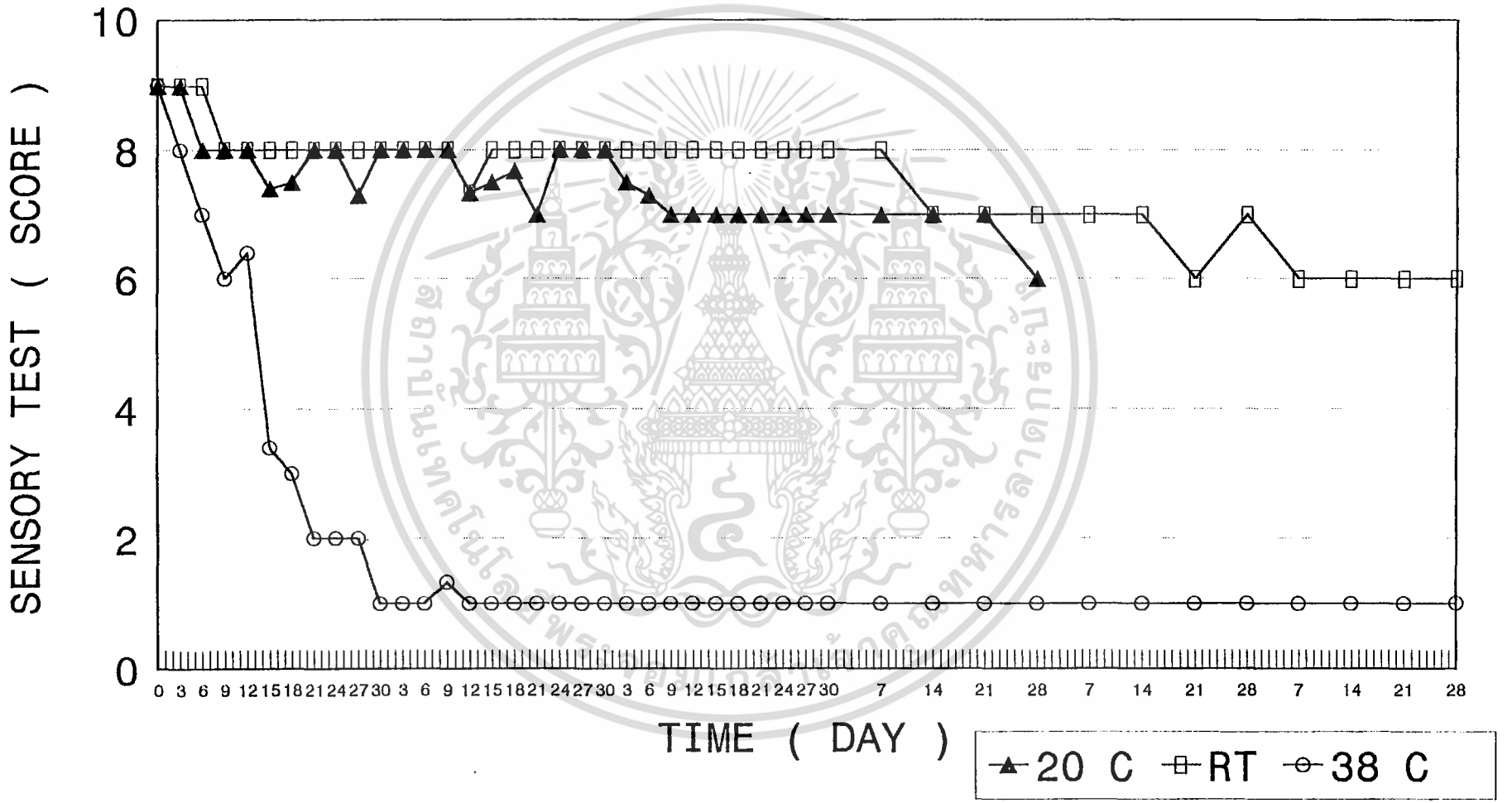
รูปที่ 4.4.2 แสดงผลของ weight loss & weight gain ของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของ Sensory test. ของข้าวกล้องในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

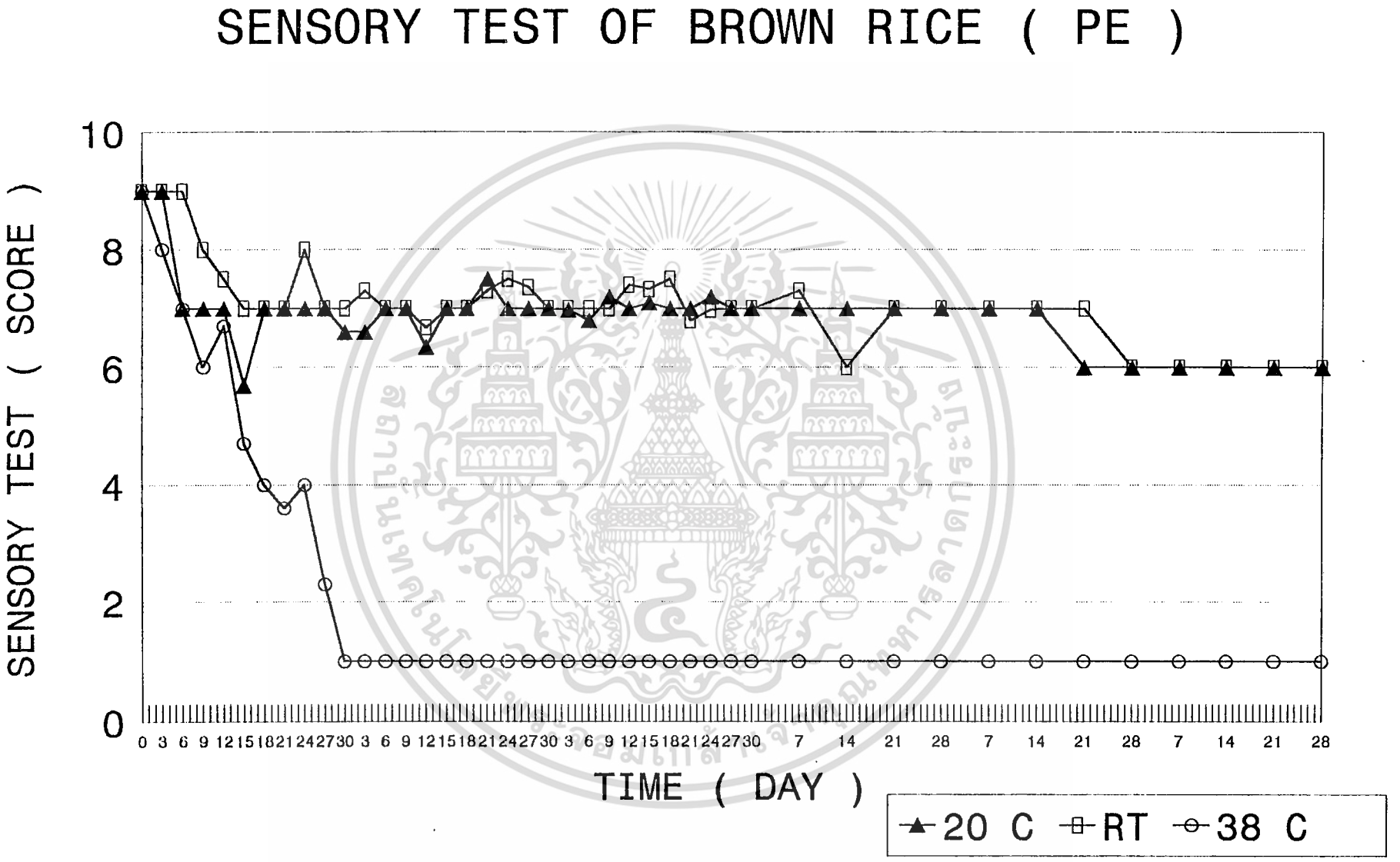
การทดลองที่	ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	ค่า Mean ± SD ของ Sensory test ในเดือนที่						
			0	1	2	3	4	5	6
1	PP	20	9	$8.0182 \pm 0.55^{a}_{a}$	$7.8510 \pm 0.25^{a}_{a}$	$7.0800 \pm 0.18^{b}_{b}$	$6.7500 \pm 0.50^{bc}_{a}$	$6.2500 \pm 0.50^{c}_{a}$	$6.00 \pm 0.00^{d}_{a}$
2	PP	27	9	$8.2727 \pm 0.46^{a}_{a}$	$7.9340 \pm 0.26^{b}_{a}$	$8.00 \pm 0.00^{b}_{a}$	$7.2500 \pm 0.50^{c}_{a}$	$6.7500 \pm 0.50^{d}_{a}$	$6.00 \pm 0.00^{e}_{a}$
3	PP	38	9	$4.5273 \pm 2.81^{a}_{b}$	$1.0330 \pm 0.10^{a}_{c}$	$1.00 \pm 0.00^{a}_{c}$	$1.00 \pm 0.00^{a}_{b}$	$1.00 \pm 0.00^{b}_{b}$	$1.00 \pm 0.00^{b}_{b}$
4	PE	20	9	$7.2091 \pm 0.96^{a}_{a}$	$6.9440 \pm 0.30^{b}_{b}$	$7.0280 \pm 0.11^{b}_{b}$	$7.00 \pm 0.00^{b}_{a}$	$6.7500 \pm 0.50^{bc}_{a}$	$6.00 \pm 0.00^{c}_{a}$
5	PE	27	9	$7.7727 \pm 0.87^{a}_{a}$	$7.1130 \pm 0.25^{b}_{b}$	$7.1010 \pm 0.22^{b}_{b}$	$6.8250 \pm 0.56^{b}_{a}$	$6.7500 \pm 0.50^{bc}_{a}$	$6.00 \pm 0.00^{c}_{a}$
6	PE	38	9	$5.1182 \pm 2.45^{a}_{b}$	$1.00 \pm 0.00^{b}_{c}$	$1.00 \pm 0.00^{b}_{c}$	$1.00 \pm 0.50^{b}_{b}$	$1.00 \pm 0.00^{b}_{b}$	$1.00 \pm 0.50^{b}_{b}$

หมายเหตุ 1. ตัวอักษร Superscrip ที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า Sensory test ในภาชนะบรรจุเดียวกัน อุณหภูมิการเก็บเดียวกันในแต่ละเดือน

2. ตัวอักษร Subscrip ที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า Sensory test ที่ภาชนะบรรจุต่างกัน อุณหภูมิการเก็บต่างกัน ภายในเดือนเดียวกัน



รูปที่ 4.5.1 แสดงผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PP ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน



รูปที่ 4.5.2 แสดงผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องในถุงพลาสติก PE ที่ระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 จากการทดลองจะแบ่งการวิเคราะห์ผลทางเคมี และการประเมินผลทางประสาทสัมผัสออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วง 3 เดือนแรก และ 3 เดือนสุดท้าย เนื่องจากในช่วง 3 เดือนแรก ข้าวกล้องจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ (FFA) รวดเร็วมาก สาเหตุหนึ่งเกิดจากน้ำมันภายในเมล็ดข้าวกล้องที่มีอยู่ปริมาณมาก และเอนไซม์ที่มีอยู่ในข้าวกล้องที่ทำให้เกิดการเหม็นหืน ซึ่งในช่วงแรกปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยไม่ใช้เอนไซม์ (Non - Enzymetic Oxidation) จะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเหม็นหืนขึ้นได้ (Champange , 1994) ดังนั้นเพื่อที่จะติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ จึงต้องมีการวิเคราะห์ผลที่มีความถี่มาก โดยช่วง 3 เดือนแรก จะมีการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ส่วนในช่วงหลังปฏิกิริยาต่างๆ จะเกิดน้อยลง จึงสามารถเว้นช่วงห่างในการวิเคราะห์ได้ โดยใน 3 เดือนสุดท้ายจะทำการวิเคราะห์ทุก 7 วัน

อุณหภูมิในการเก็บรักษา จะทำการแปรค่าอุณหภูมิที่ทำการเก็บรักษาข้าวกล้องออกเป็น 3 อุณหภูมิคือ 20 $^{\circ}$ C , อุณหภูมิห้อง (27 $^{\circ}$ C), และอุณหภูมิ 38 $^{\circ}$ C เพื่อศึกษาว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาข้าวกล้องอุณหภูมิใด สามารถจะเก็บรักษาคุณสมบัติต่างๆ ของข้าวกล้องไว้ได้นานที่สุด ในการทดลองจะใช้อุณหภูมิ 27 $^{\circ}$ C หรืออุณหภูมิห้องเป็นตัวควบคุม (control) แล้วทำการเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิสูงกว่าคือ 38 $^{\circ}$ C หรืออุณหภูมิต่ำกว่า คือ 20 $^{\circ}$ C อุณหภูมิใดจัดเก็บได้ดีที่สุด

เมื่อพิจารณาจากค่าเปอร์เซนต์ความชื้นภายในเมล็ดข้าวของอุณหภูมิในการเก็บทั้ง 3 อุณหภูมิ พบว่า ถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด เก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน จะพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยจะพบความแตกต่างกันในเดือนที่ 2 การเก็บข้าวที่อุณหภูมิ 38 $^{\circ}$ C จะให้ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นภายในเมล็ดข้าวต่ำสุดโดยมีค่าประมาณ 8-9 เปอร์เซนต์ ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (27 $^{\circ}$ C) จะให้ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นภายในเมล็ดมากที่สุด มีค่าประมาณ 10-12 เปอร์เซนต์ ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิ 20 $^{\circ}$ C จะมีค่าความชื้นประมาณ 10 - 11 เปอร์เซนต์

จากผลการทดลองค่า FFA จากผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า เมื่อพิจารณาจากถุงพลาสติกชนิดเดียวกัน ที่อุณหภูมิการเก็บเดียวกัน จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จะเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงในเดือนที่ 2 และจะเห็นชัดเจนมากยิ่งขึ้นในเดือนที่ 3 เมื่อพิจารณาจากถุงพลาสติกชนิดเดียวกัน ที่อุณหภูมิต่างกัน จะเห็นความแตกต่างกันในเดือนที่ 2 จากการทดลองพบว่า อัตราการเกิด FFA ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 $^{\circ}$ C) จะมีอัตราการเกิด FFA มากกว่าทั้งที่อุณหภูมิ 20 $^{\circ}$ C และ อุณหภูมิ 38 $^{\circ}$ C เนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความชื้นภายในเมล็ดข้าวมีมาก ซึ่งทำให้ค่า FFA มีมาก (Hunter , 1951) จากการศึกษาของ Hunter ที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้ว พบว่า อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ตัวอย่างข้าวที่มีปริมาณความชื้นภายในเมล็ดข้าวมาก อัตราการเกิด FFA จะมีมาก แต่เมื่อพิจารณาจากในช่วง 1 เดือนแรกของการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 38 ° C จะมีอัตราการเกิด FFA มาก ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาออโต้ออกซิเดชั่น หรือเกิดจากการขัดสี ความชื้นภายในเมล็ดข้าวในช่วงเริ่มต้นยังมีค่าไม่ต่างกันมากนัก แต่ที่อุณหภูมิ 38 ° C จะมีอุณหภูมิสูง ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ได้เร็ว ทำให้อัตราการเกิด FFA มีมาก

จากการทดลองค่า TBA จากผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า เมื่อพิจารณาจากถุงพลาสติกชนิดเดียวกัน จะเห็นความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ในเดือนที่ 2 ส่วนถุงพลาสติกต่างชนิดกัน อุณหภูมิการเก็บต่างกัน จะเห็นความแตกต่างในเดือนที่ 2 เมื่อพิจารณาจากการเก็บที่ทั้ง 3 อุณหภูมิ พบว่าที่อุณหภูมิ 38 ° C จะมีค่า TBA มากกว่าที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 20 ° C เนื่องจากการเก็บที่สภาวะอุณหภูมิสูงๆ ทำให้อัตาการเกิด TBA มีมาก และอุณหภูมิ 20 ° C จะมีค่า TBA ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ ห้อง เนื่องจากการเก็บที่อุณหภูมิต่ำๆทำให้ ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดได้ช้า เมื่อเปรียบเทียบค่า TBA ที่สภาวะการเก็บรักษาทั้ง 3 อุณหภูมิ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 ° C จะให้ค่า TBA น้อยที่สุด

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง โดยการดมกลิ่นเหม็นหืนที่เกิดขึ้น จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ที่ถุงพลาสติกชนิดเดียวกัน อุณหภูมิการเก็บเดียวกัน จะพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยจะเห็นความแตกต่างในเดือนที่ 3- 4 ส่วนที่ถุงพลาสติกต่างกัน อุณหภูมิการเก็บต่างกัน จะพบความแตกต่างในเดือนที่ 2 จากการประเมินผลพบว่า ที่อุณหภูมิการเก็บ 38 ° C จะมีระดับคะแนน การยอมรับน้อยที่สุด เนื่องจากการเก็บที่อุณหภูมินี้จะเร่งปฏิกริยาการเหม็นหืนให้เกิดได้เร็วขึ้น ทำให้เกิดการเหม็นหืนได้เร็ว ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (27 ° C) และที่อุณหภูมิ 20 ° จะให้คะแนนการยอมรับที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีระดับคะแนนในเดือนที่ 6 เท่ากับ 6 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสนี้ ใช้ผู้ทดสอบประมาณ 5 คน ซึ่งเป็นผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกหัดมาก่อน การประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ได้จึงไม่ใช่ค่าที่น่าเชื่อถือนัก แต่พอจะบอกได้ว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของข้าวกล้องที่ทำการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิต่างๆ จะเป็นไปในทิศทางใด

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของข้าวกล้องเมื่อระยะเวลาผ่านไป จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ถุงพลาสติกชนิดเดียวกัน อุณหภูมิการเก็บเดียวกัน จะพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ในเดือนที่ 1 ส่วนที่ถุงพลาสติกต่างชนิดกัน อุณหภูมิการเก็บต่างกัน จะเห็นความแตกต่างในเดือนที่ 1 เช่นกัน โดยที่อุณหภูมิ 20 ° C และอุณหภูมิ 38 ° C น้ำหนักของข้าวกล้องเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นแล้ว น้ำหนักจะลดลง เพราะว่าที่อุณหภูมิ 38 ° C อุณหภูมิในการเก็บจะสูง ทำให้ความชื้นภายในเมล็ดข้าวระเหยออกไป ทำให้น้ำหนักลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงไป ส่วนที่อุณหภูมิการเก็บ 20 ° C การเก็บที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้เมล็ดข้าวสูญเสียน้ำภายในเมล็ดข้าวไป ซึ่งทำให้น้ำหนักของข้าวลดลง ส่วนที่อุณหภูมิห้องน้ำหนักเมล็ดข้าวจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นภายในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น

จากการทดลองสรุปว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาข้าวกล้อง คือ อุณหภูมิ 20 ° C เพราะจะมีอัตราการเกิด FFA และ TBA น้อย การประเมินผลทางประสาทสัมผัสให้ค่าคะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือน

5.2 เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นภายในเมล็ดข้าวของถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด เปรียบเทียบกัน จากผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิห้อง (27 ° C) และที่อุณหภูมิ 20 ° C ถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด มีค่าความชื้นภายในเมล็ดข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ส่วนที่อุณหภูมิการเก็บที่ 38 °C ถุงพลาสติก PP มีค่าความชื้นภายในเมล็ดข้าวน้อยกว่าถุง PE สาเหตุอาจเกิดจาก ถุง PP มีตค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) น้อยกว่าถุง PE ทำให้ถุง PE มีการซึมผ่านของไอน้ำเข้าไปในเมล็ดข้าวได้มากกว่า ทำให้มีความชื้นภายในเมล็ดข้าวได้มากกว่า

จากผลการทดลองของค่า FFA พบว่า ระยะเวลาในการเก็บ 6 เดือน ถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด จะให้ค่า FFA ที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยจะพบความแตกต่างกันในเดือนที่ 3 ที่อุณหภูมิการเก็บทั้ง 3 อุณหภูมิ ถุงพลาสติก PE จะให้ค่า FFA น้อยกว่าถุงพลาสติก PP ส่วนในเดือนอื่นไม่พบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเดียวกัน

เมื่อวิเคราะห์ผลของค่า TBA ตลอดระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน พบว่า ถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด มีค่า TBA ที่แตกต่างกันในบางอุณหภูมิของแต่ละเดือน พบว่า การเก็บรักษาข้าวกล้องไว้ในถุงพลาสติก PP จะให้ค่า TBA น้อยกว่าการเก็บในถุงพลาสติก PE

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง การเก็บข้าวกล้องไว้ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด จะพบความแตกต่างกันภายในเดือนที่ 2 และ 3 ที่อุณหภูมิการเก็บเดียวกัน ที่อุณหภูมิ 20 °C และอุณหภูมิห้อง ถุงพลาสติก PP จะให้ค่าคะแนนจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าข้าวกล้องที่เก็บในถุงพลาสติก PE และในเดือนที่ 3 การเก็บที่อุณหภูมิ 27 °C ถุงพลาสติก PP จะให้คะแนนการยอมรับของข้าวกล้องที่เก็บไว้มีคะแนนการยอมรับที่ดีกว่า ส่วนที่การเก็บเดือนที่ 4-6 ของทั้ง 3 อุณหภูมิของถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และจากการสังเกตุดูความเปลี่ยนแปลงของกลิ่นของข้าวกล้อง การเก็บที่อุณหภูมิ 20 °C ซึ่งเก็บในห้องเย็น ข้าวกล้องที่เก็บในถุงพลาสติก PE จะมีการดูดซึมกลิ่นจากภายนอกเข้าไปในถุงได้มาก ทำให้กลิ่นของข้าวกล้องมีกลิ่นจากภายนอก ซึ่งเป็นห้องเย็นที่มีการเก็บผลิตภัณฑ์อื่นไว้ด้วย จึงทำให้มีกลิ่นของผลิตภัณฑ์อื่นปะปนเข้าไป ส่วนถุงพลาสติก PP จะไม่ค่อยมีกลิ่น เมื่อพิจารณาจากค่า WVTR และ GTR จากคุณสมบัติของถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ถุงพลาสติก PE จะมีค่า WVTR และ GTR มากกว่าถุงพลาสติก PP ซึ่งทำให้ถุงพลาสติก PE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมให้ไอน้ำและกาซจากภายนอกซึมเข้าไปได้มากกว่า ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ถุงพลาสติก PE มีการดูดซึมกลิ่นจากภายนอกเข้าไปได้มากกว่าถุงพลาสติก PP

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของข้าวกล้องเมื่อระยะเวลาผ่านไป จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บ 6 เดือน ข้าวกล้องที่เก็บไว้ในถุงพลาสติกทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกันในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไม่มากนัก

จากการทดลองจะพบว่า ข้าวกล้องที่ทำการเก็บรักษาภายในถุงพลาสติก PP จะให้ค่า TBA ที่น้อยกว่าข้าวกล้องที่ทำการเก็บรักษาในถุงพลาสติก PE และถุงพลาสติก PP จะมีการดูดซึมกลิ่นจากภายนอกเข้าไปในถุงได้น้อยกว่าถุงพลาสติก PE ทำให้ข้าวกล้องยังคงมีกลิ่นของข้าวกล้องอยู่มากกว่า โดยไม่มีกลิ่นจากภายนอกเข้ามาปะปน

5.3 จากการทดลองสรุปว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาข้าวกล้องตลอดระยะเวลา 6 เดือน คือ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และถุงที่เหมาะสม คือ ถุงพลาสติก PP

ข้อเสนอแนะ ในการทดลองจะไม่ได้ทำการควบคุมค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ เพราะว่าการที่จะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ จะต้องสร้างตู้ที่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นมา ซึ่งปริมาณตัวอย่างมีมาก การจะสร้างตู้ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ต้องสร้างเป็นตู้ที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สามารถทำในตรงจุดนี้ได้ แต่ในการทดลองได้ทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศในช่วงที่ทำการทดลองนั้น เป็นค่าโดยประมาณในการบอกว่าที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่างๆ มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่าใดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้น สำหรับในการศึกษาขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข . 2520. การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าว. รายงานผลการวิจัยของกองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประจำปี 2520 กรุงเทพ .

บริษัทอินเตอร์เนชันแนล ควอลิตี้แอสชัวแรนซ์ แลบบอราตอรี จำกัด . (IQA) (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) . อายุของอาหาร. เอกสารแนะนำบริษัท.

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. 2533. เคมีอาหาร. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง : 381 หน้า

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. หลักการบรรจุ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ. 587 หน้า

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2534. เคมีอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ. 281 หน้า

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2534. เอกสารประกอบการปฏิบัติการเคมีอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Allen, J.C.,and Hamilton, R.J. 1994 . Rancidity in foods Chapman & Hall : 290 pp

Champange,T.E.1994. Brown Rice Stabilization. in Rice Science and Technology. (eds. Marshall,E.W. and Wadsworth,I., J.,Marcel Dekker) Inc. New york : pp 17-35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Clark, P.K. and H.E., Snyder. 1991 . Hydroperoxide formation in soybean seeds during storage. J.Am.Oil Chem. Soc. 68 (5) : 346

Heiss, R., Eichner, E., 1971. Moisture Content and Shelf Life. Journal of Food Manufacture. 46(6) : pp 37-38, 41-42

Hunter, I.R., Houston, D.F., and Kester,E.B. 1951. Development of free fatty acid during storage of Brown (Husked) Rice. Cereal Chem. 28 : 232-239

Ory, R.L., Delucca, A.J.,St.Angelo,A.J., and Duppy, H.P. 1980. Storage Quality of Brown Rice as Affected by Packaging with and without Carbon dioxide. Journal of Food Protection.43(12) : 929-932

.Sander, T.A.B. 1994 . Nutritional aspects of rancidity. in Rancidity in foods. (eds. J.C.Allenand, R.J., Hamilton) Chapman & Hall, New York : 128-137

Sowbhagya, C.M.,and Bhattacharya, K.R. 1976. Lipid autoxidation in Rice. Journal of Food Science. 41 : pp 1018-1023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

บบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้อง

อ _____ วันที่ทดสอบ _____

ปรดให้คะแนนตามระดับความชอบของท่านที่มีต่อตัวอย่าง โดยให้คะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ะดับความชอบ			
	ชอบมากที่สุด	9	คะแนน
	ชอบมาก	7	คะแนน
	ชอบปานกลาง	5	คะแนน
	ชอบน้อย	3	คะแนน
	ชอบน้อยที่สุด	1	คะแนน

	ลักษณะทางกายภาพ	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
ัส _____	_____	_____	_____
ัส _____	_____	_____	_____
ัส _____	_____	_____	_____
ัส _____	_____	_____	_____
ัส _____	_____	_____	_____
ัส _____	_____	_____	_____
ัส _____	_____	_____	_____
ัส _____	_____	_____	_____
ัส _____	_____	_____	_____

เสนอแนะ _____

_____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข. 1 แสดงผลการทดลองของ % M.C. ที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	% M.C.		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PP 0	10.63	10.63	10.63
2		03/07/1996	PP 1	9.88	9.57	10.15
3		06/07/1996	PP 2	9.23	8.55	8.73
4		09/07/1996	PP 3	9.12	9.15	7.92
5		12/07/1996	PP 4	10.22	11.03	8.94
6	1	15/07/1996	PP 5	11.15	11.35	10.02
7		18/07/1996	PP 6	11.37	11.16	9.29
8		21/07/1996	PP 7	10.61	11.36	9.64
9		24/07/1996	PP 8	11.37	11.4	8.61
10		27/07/1996	PP 9	11.52	10.29	9.62
11		30/07/1996	PP 10	10.63	11.44	9.77
12		03/08/1996	PP 11	11.72	11.68	9.86
13		06/08/1996	PP 12	10.53	11.79	7.46
14		09/08/1996	PP 13	11.22	11.69	8.81
15		12/08/1996	PP 14	11.35	11.85	9.31
16	2	15/08/1996	PP 15	11.78	11.61	9.22
17		18/08/1996	PP 16	11.96	11.61	8.96
18		21/08/1996	PP 17	11.85	11.57	8.84
19		24/08/1996	PP 18	11.64	11.69	9.16
20		27/08/1996	PP 19	11.39	11.38	9.35
21		30/08/1996	PP 20	10.89	11.34	9.62
22		03/09/1996	PP 21	11.23	11.43	9.31
23		06/09/1996	PP 22	11.5	11.65	9.26
24		09/09/1996	PP 23	11.32	11.57	9.27
25		12/09/1996	PP 24	11.29	11.68	8.81
26	3	15/09/1996	PP 25	11.05	11.91	8.64
27		18/09/1996	PP 26	11.64	11.98	9.23
28		21/09/1996	PP 27	11.59	11.86	8.56
29		24/09/1996	PP 28	11.22	12.01	9.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	% M.C.		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
30		27/09/1996	PP 29	11.68	12.23	8.87
31		30/09/1996	PP 30	11.57	12.14	8.66
32		07/10/1996	PP 31	11.21	12.35	8.73
33	4	14/10/1996	PP 32	11.39	12.74	9.68
34		21/10/1996	PP 33	10.58	12.45	9.97
35		28/10/1996	PP 34	11.33	11.93	8.91
36		05/11/1996	PP 35	11.45	12.17	10.49
37	5	12/11/1996	PP 36	11.11	12.85	8.92
38		19/11/1996	PP 37	10.75	11.87	9.71
39		26/11/1996	PP 38	11.47	12.32	9.87
40		02/12/1996	PP 39	10.86	12.43	9.74
41	6	09/12/1996	PP 40	11.37	12.69	9.86
42		16/12/1996	PP 41	11.46	12.73	10.11
43		23/12/1996	PP 42	11.22	12.26	8.95

หมายเหตุ

1. ค่า % M.C. ในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า % M.C. ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 2 แสดงผลการทดลองของ FFAที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	FFA (m mol / 100 g ข้าวตัวอย่าง)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PP 0	0.327	0.327	0.327
2		03/07/1996	PP 1	0.3731	0.3477	0.4038
3		06/07/1996	PP 2	0.4185	0.4046	0.4432
4		09/07/1996	PP 3	0.3872	0.4213	0.4654
5		12/07/1996	PP 4	0.4658	0.5084	0.5935
6	1	15/07/1996	PP 5	0.4595	0.5223	0.5467
7		18/07/1996	PP 6	0.4684	0.6416	0.571
8		21/07/1996	PP 7	0.5154	0.7633	0.565
9		24/07/1996	PP 8	0.5711	0.7398	0.5973
10		27/07/1996	PP 9	0.595	0.7463	0.5464
11		30/07/1996	PP 10	0.5961	0.744	0.5972
12		03/08/1996	PP 11	0.5968	0.8441	0.5462
13		06/08/1996	PP 12	0.5863	0.8944	0.5456
14		09/08/1996	PP 13	0.7466	0.8351	0.5483
15		12/08/1996	PP 14	0.5478	0.5462	0.6688
16	2	15/08/1996	PP 15	0.5457	0.8399	0.712
17		18/08/1996	PP 16	0.6464	0.8445	0.6948
18		21/08/1996	PP 17	0.5967	0.9846	0.6996
19		24/08/1996	PP 18	0.5464	0.9792	0.5981
20		27/08/1996	PP 19	0.6132	1.0453	0.6291
21		30/08/1996	PP 20	0.6474	1.1934	0.6703
22		03/09/1996	PP 21	0.6272	1.11	0.681
23		06/09/1996	PP 22	0.6831	1.123	0.6732
24		09/09/1996	PP 23	0.6951	1.0365	0.7115
25		12/09/1996	PP 24	0.6873	1.21	0.7328
26	3	15/09/1996	PP 25	0.6954	1.195	0.7486
27		18/09/1996	PP 26	0.6938	1.208	0.7956
28		21/09/1996	PP 27	0.7119	1.217	0.8145
29		24/09/1996	PP 28	0.6892	1.225	0.8327
30		27/09/1996	PP 29	0.723	1.31	0.821

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	FFA (m mol / 100 g ข้าวตัวอย่าง)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
31		09/30/1996	PP 30	0.712	1.324	0.843
32		10/07/1996	PP 31	0.6839	1.2642	0.6348
33	4	10/14/1996	PP 32	0.6612	1.0844	0.6125
34		10/21/1996	PP 33	0.6355	1.1558	0.6479
35		10/28/1996	PP 34	0.7699	1.4278	0.6956
36		11/05/1996	PP 35	0.7698	1.3771	0.7075
37	5	11/12/1996	PP 36	0.9438	1.0678	0.7059
38		11/19/1996	PP 37	0.7325	1.1287	0.6953
39		11/26/1996	PP 38	0.6709	1.0458	0.6206
40		12/02/1996	PP 39	0.6968	1.0685	0.6218
41	6	12/09/1996	PP 40	0.747	0.7975	0.6968
42		12/16/1996	PP 41	0.7726	0.7972	0.7458
43		12/23/1996	PP 42	0.7699	0.5961	0.747

หมายเหตุ

1. ค่า FFA ในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า FFA ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 3 แสดงผลการทดลองของ TBA ที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	TBA (mg ของ malonaldehyde/ ตัวอย่าง 1 kg)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PP 0	0.234	0.234	0.234
2		03/07/1996	PP 1	0.3666	0.234	0.234
3		06/07/1996	PP 2	0.6942	0.3978	0.4368
4		09/07/1996	PP 3	0.5382	0.7254	0.7254
5		12/07/1996	PP 4	0.5382	0.7566	0.741
6	1	15/07/1996	PP 5	0.585	0.624	0.702
7		18/07/1996	PP 6	0.6084	0.7644	0.7956
8		21/07/1996	PP 7	0.663	0.78	0.8112
9		24/07/1996	PP 8	0.6942	0.7878	0.858
10		27/07/1996	PP 9	0.741	0.897	0.9048
11		30/07/1996	PP 10	0.7332	0.9048	0.936
12		03/08/1996	PP 11	0.7254	0.897	0.9516
13		06/08/1996	PP 12	0.7566	0.8892	0.9906
14		09/08/1996	PP 13	0.7644	0.7956	1.0452
15		12/08/1996	PP 14	0.8814	0.4992	1.053
16	2	15/08/1996	PP 15	0.7566	0.6864	1.053
17		18/08/1996	PP 16	0.8892	1.0998	1.0764
18		21/08/1996	PP 17	0.8814	0.7956	1.1388
19		24/08/1996	PP 18	0.858	0.858	1.092
20		27/08/1996	PP 19	0.8892	0.7644	1.17
21		30/08/1996	PP 20	0.8346	0.7332	1.1622
22		03/09/1996	PP 21	0.78	0.7566	1.3026
23		06/09/1996	PP 22	0.8736	0.78	1.3104
24		09/09/1996	PP 23	0.8814	0.819	1.326
25		12/09/1996	PP 24	0.9048	0.858	1.3806
26	3	15/09/1996	PP 25	0.8346	0.975	1.287
27		18/09/1996	PP 26	0.7956	0.9984	1.209
28		21/09/1996	PP 27	0.8424	1.0842	1.2402
29		24/09/1996	PP 28	0.8346	1.0452	1.3728
30		27/09/1996	PP 29	0.8502	1.053	1.326
31		30/09/1996	PP 30	0.858	1.0608	1.4196

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	TBA (mg ของ malonaldehyde/ ตัวอย่าง 1 kg)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
32		10/07/1996	PP 31	0.546	0.9672	1.6614
33	4	10/14/1996	PP 32	1.56	1.2415	1.7784
34		10/21/1996	PP 33	1.471	1.4456	1.8751
35		10/28/1996	PP 34	1.4966	1.8087	1.8099
36		11/05/1996	PP 35	1.287	1.8369	2.7573
37	5	11/12/1996	PP 36	1.457	2.7408	3.8883
38		11/19/1996	PP 37	1.5536	2.5772	2.7018
39		11/26/1996	PP 38	2.0103	3.0017	2.9012
40		12/02/1996	PP 39	1.8231	2.4369	3.072
41	6	12/09/1996	PP 40	2.3478	3.1278	3.4256
42		12/16/1996	PP 41	2.0202	3.9702	3.978
43		12/23/1996	PP 42	2.028	2.9882	4.0291

หมายเหตุ

1. ค่า TBA ในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า TBAในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 4 แสดงผลการทดลองของ weight loss & weight gain ที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	weight loss & weight gain (g)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PP 0	0	0	0
2		03/07/1996	PP 1	0.03	0.05	-0.01
3		06/07/1996	PP 2	0.09	0.07	-0.05
4		09/07/1996	PP 3	0.15	0.09	-0.07
5		12/07/1996	PP 4	-0.16	0.096	-0.016
6	1	15/07/1996	PP 5	0.15	0.91	-1.09
7		18/07/1996	PP 6	0.13	0.61	-1.81
8		21/07/1996	PP 7	-0.08	0.54	-1.58
9		24/07/1996	PP 8	-1.38	0.64	-1.9
10		27/07/1996	PP 9	-0.17	1.89	-0.79
11		30/07/1996	PP 10	0.92	1.21	-0.42
12		03/08/1996	PP 11	0.6	1.01	-0.39
13		06/08/1996	PP 12	-0.13	2.17	-2.31
14		09/08/1996	PP 13	-0.08	1.11	-1.31
15		12/08/1996	PP 14	0.05	0.57	-2.87
16	2	15/08/1996	PP 15	-0.22	1.61	-2.78
17		18/08/1996	PP 16	-0.09	1.38	-1.91
18		21/08/1996	PP 17	-0.14	1.06	-3.07
19		24/08/1996	PP 18	-0.07	1.32	-0.28
20		27/08/1996	PP 19	-0.03	1.47	-4.81
21		30/08/1996	PP 20	-0.14	1.61	-2.39
22		03/09/1996	PP 21	-0.05	1.23	-1.15
23		06/09/1996	PP 22	-0.04	1.07	-2.11
24		09/09/1996	PP 23	-0.12	1.32	-1.74
25		12/09/1996	PP 24	-0.17	1.14	-0.97
26	3	15/09/1996	PP 25	-0.09	1.31	-1.33
27		18/09/1996	PP 26	-0.18	1.52	-2.31
28		21/09/1996	PP 27	-0.06	1.03	-1.45
29		24/09/1996	PP 28	-0.23	1.18	-0.83
30		27/09/1996	PP 29	-0.11	1.44	-1.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	weight loss & weight gain (g)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
31		30/09/1996	PP 30	0.05	1.6	-2.1
32		07/10/1996	PP 31	-0.41	1.67	-1.13
33	4	14/10/1996	PP 32	0.076	2.29	-2.29
34		21/10/1996	PP 33	0.29	2.39	0.59
35		28/10/1996	PP 34	-0.39	1.89	-1.92
36		05/11/1996	PP 35	0.35	2.12	-1.45
37	5	12/11/1996	PP 36	-1.33	1.53	-0.81
38		19/11/1996	PP 37	-0.4	1.83	-1.37
39		26/11/1996	PP 38	-0.2	2.08	-1.07
40		02/12/1996	PP 39	0.35	1.93	-1.14
41	6	09/12/1996	PP 40	-0.02	1.75	-1.08
42		16/12/1996	PP 41	-0.21	1.77	-1.2
43		23/12/1996	PP 42	-0.31	2.01	0.06

หมายเหตุ

1. ค่า weight loss & weight gain ในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า weight loss & weight gain ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 5 แสดงผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PP

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	SENSORY TEST (คะแนน)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PP 0	9	9	9
2		03/07/1996	PP 1	9	9	8
3		06/07/1996	PP 2	8	9	7
4		09/07/1996	PP 3	8	8	6
5		12/07/1996	PP 4	8	8	6.4
6	1	15/07/1996	PP 5	7.4	8	3.4
7		18/07/1996	PP 6	7.5	8	3
8		21/07/1996	PP 7	8	8	2
9		24/07/1996	PP 8	8	8	2
10		27/07/1996	PP 9	7.3	8	2
11		30/07/1996	PP 10	8	8	1
12		03/08/1996	PP 11	8	8	1
13		06/08/1996	PP 12	8	8	1
14		09/08/1996	PP 13	8	8	1.33
15		12/08/1996	PP 14	7.34	7.34	1
16	2	15/08/1996	PP 15	7.5	8	1
17		18/08/1996	PP 16	7.67	8	1
18		21/08/1996	PP 17	7	8	1
19		24/08/1996	PP 18	8	8	1
20		27/08/1996	PP 19	8	8	1
21		30/08/1996	PP 20	8	8	1
22		03/09/1996	PP 21	7.5	8	1
23		06/09/1996	PP 22	7.3	8	1
24		09/09/1996	PP 23	7	8	1
25		12/09/1996	PP 24	7	8	1
26	3	15/09/1996	PP 25	7	8	1
27		18/09/1996	PP 26	7	8	1
28		21/09/1996	PP 27	7	8	1
29		24/09/1996	PP 28	7	8	1
30		27/09/1996	PP 29	7	8	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	SENSORY TEST (คะแนน)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
31		09/30/1996	PP 30	7	8	1
32		10/07/1996	PP 31	7	8	1
33	4	10/14/1996	PP 32	7	7	1
34		10/21/1996	PP 33	7	7	1
35		10/28/1996	PP 34	6	7	1
36		11/05/1996	PP 35	7	7	1
37	5	11/12/1996	PP 36	6	7	1
38		11/19/1996	PP 37	6	6	1
39		11/26/1996	PP 38	6	7	1
40		12/02/1996	PP 39	6	6	1
41	6	12/09/1996	PP 40	6	6	1
42		12/16/1996	PP 41	6	6	1
43		12/23/1996	PP 42	6	6	1

หมายเหตุ

1. ค่า Sensory Testในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า Sensory Test ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
3. การประเมินผลให้เป็นระดับคะแนน โดย ชอบมากที่สุด = 9 คะแนน , ชอบมาก = 7 คะแนน , ชอบปานกลาง = 5 คะแนน , ชอบน้อย = 3 คะแนน , ชอบน้อยที่สุด = 1 คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 6 แสดงผลการทดลองของ % M.C. ที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	% M.C.		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PE 0	10.63	10.63	10.63
2		07/03/1996	PE 1	9.56	9.99	10.91
3		07/06/1996	PE 2	9.8	9.84	9.66
4		07/09/1996	PE 3	9.08	9.86	7.92
5		07/12/1996	PE 4	10.48	10.38	8.33
6	1	15/07/1996	PE 5	11.44	11.34	8.83
7		18/07/1996	PE 6	11.32	11.44	10.16
8		21/07/1996	PE 7	10.58	11.72	9.63
9		24/07/1996	PE 8	10.94	11.98	8.34
10		27/07/1996	PE 9	11.17	11.51	9.44
11		30/07/1996	PE 10	10.8	11.41	9.53
12		03/08/1996	PE 11	10.9	11.47	9.67
13		06/08/1996	PE 12	10.46	11.5	7.08
14		09/08/1996	PE 13	10.98	11.31	8.45
15		12/08/1996	PE 14	11.41	11.62	9.87
16	2	15/08/1996	PE 15	11.06	11.88	9.63
17		18/08/1996	PE 16	10.77	11.45	9.38
18		21/08/1996	PE 17	11.32	11.61	8.65
19		24/08/1996	PE 18	11.11	11.38	8.89
20		27/08/1996	PE 19	11.63	11.59	8.64
21		30/08/1996	PE 20	11.3	12.48	8.65
22		03/09/1996	PE 21	11.44	11.98	9.35
23		06/09/1996	PE 22	11.32	11.84	9.46
24		09/09/1996	PE 23	11.56	11.76	8.94
25		12/09/1996	PE 24	11.34	11.53	8.87
26	3	15/09/1996	PE 25	11.29	11.38	8.53
27		18/09/1996	PE 26	10.95	11.66	9.12
28		21/09/1996	PE 27	11.03	11.59	9.06
29		24/09/1996	PE 28	11.44	12.06	8.64
30		27/09/1996	PE 29	10.97	12.37	8.1
31		30/09/1996	PE 30	11.37	12.51	8.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	% M.C.		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
32		10/07/1996	PE 31	11.61	12.66	10.63
33	4	10/14/1996	PE 32	11.72	12.87	10.71
34		10/21/1996	PE 33	11.56	12.58	9.86
35		10/28/1996	PE 34	11.47	12.73	8.98
36		11/05/1996	PE 35	11.07	12.5	10.98
37	5	11/12/1996	PE 36	10.79	11.54	8.92
38		11/19/1996	PE 37	11.06	13.73	9.07
39		11/26/1996	PE 38	11.84	12.11	10.14
40		12/02/1996	PE 39	11.21	12.18	10.21
41	6	12/09/1996	PE 40	11.35	12.51	9.67
42		12/16/1996	PE 41	11.77	12.53	9.11
43		12/23/1996	PE 42	11.39	12.75	8.87

หมายเหตุ

1. ค่า % M.C. ในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า % M.C. ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 7 แสดงผลการทดลองของ FFAที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	FFA (m mol / 100 g ข้าวตัวอย่าง)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PE 0	0.327	0.327	0.327
2		07/03/1996	PE 1	0.3229	0.4139	0.4649
3		07/06/1996	PE 2	0.4149	0.4413	0.4766
4		07/09/1996	PE 3	0.354	0.4393	0.4412
5		07/12/1996	PE 4	0.5321	0.5295	0.5445
6	1	15/07/1996	PE 5	0.41	0.5282	0.5327
7		18/07/1996	PE 6	0.4029	0.4843	0.4718
8		21/07/1996	PE 7	0.6158	0.6322	0.6313
9		24/07/1996	PE 8	0.7067	0.7462	0.546
10		27/07/1996	PE 9	0.6775	0.7428	0.5952
11		30/07/1996	PE 10	0.6878	0.796	0.6972
12		03/08/1996	PE 11	0.6135	0.8958	0.5453
13		06/08/1996	PE 12	0.5861	0.8532	0.547
14		09/08/1996	PE 13	0.6203	0.9434	0.7448
15		12/08/1996	PE 14	0.6113	0.8432	0.7215
16	2	15/08/1996	PE 15	0.546	0.9379	0.7437
17		18/08/1996	PE 16	0.5991	0.8951	0.672
18		21/08/1996	PE 17	0.5475	0.9747	0.5722
19		24/08/1996	PE 18	0.5347	0.7831	0.5478
20		27/08/1996	PE 19	0.5967	0.8217	0.6347
21		30/08/1996	PE 20	0.4484	0.919	0.769
22		03/09/1996	PE 21	0.523	0.952	0.653
23		06/09/1996	PE 22	0.511	0.917	0.689
24		09/09/1996	PE 23	0.586	0.934	0.695
25		12/09/1996	PE 24	0.603	0.966	0.71
26	3	15/09/1996	PE 25	0.599	0.98	0.713
27		18/09/1996	PE 26	0.614	1.021	0.721
28		21/09/1996	PE 27	0.623	1.113	0.703
29		24/09/1996	PE 28	0.657	1.095	0.722
30		27/09/1996	PE 29	0.661	1.132	0.732

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	FFA (m mol / 100 g ข้าวตัวอย่าง)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
31		09/30/1996	PE 30	0.655	1.314	0.741
32		10/07/1996	PE 31	0.6212	1.0567	0.5708
33	4	10/14/1996	PE 32	0.6029	1.1837	0.6521
34		10/21/1996	PE 33	0.6343	0.9847	0.6586
35		10/28/1996	PE 34	0.7073	1.303	0.6822
36		11/05/1996	PE 35	0.7077	1.2775	0.7075
37	5	11/12/1996	PE 36	0.8959	1.2941	0.6951
38		11/19/1996	PE 37	0.7944	1.2314	0.6954
39		11/26/1996	PE 38	0.7217	1.1431	0.6477
40		12/02/1996	PE 39	0.727	1.1898	0.6464
41	6	12/09/1996	PE 40	0.7711	0.8728	0.7462
42		12/16/1996	PE 41	0.8478	0.8212	0.8212
43		12/23/1996	PE 42	0.8478	0.6209	0.7703

หมายเหตุ

1. ค่า FFA ในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า FFA ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 8 แสดงผลการทดลองของ TBA ที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	TBA (mg ของ malonaldehyde/ ตัวอย่าง 1 kg)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PE 0	0.234	0.234	0.234
2		07/03/1996	PE 1	0.234	0.234	0.234
3		07/06/1996	PE 2	0.39	0.4134	0.4368
4		07/09/1996	PE 3	0.7098	0.7254	0.7254
5		07/12/1996	PE 4	0.3978	0.7566	0.741
6	1	15/07/1996	PE 5	0.4212	0.7566	0.78
7		18/07/1996	PE 6	0.4524	0.7722	0.7956
8		21/07/1996	PE 7	0.9828	0.936	0.9672
9		24/07/1996	PE 8	0.468	0.7956	0.8112
10		27/07/1996	PE 9	0.4212	0.858	0.819
11		30/07/1996	PE 10	0.39	0.585	0.7878
12		03/08/1996	PE 11	0.4758	0.858	0.8736
13		06/08/1996	PE 12	0.546	0.8814	0.9594
14		09/08/1996	PE 13	0.6162	1.2012	1.287
15		12/08/1996	PE 14	0.6162	0.8034	1.677
16	2	15/08/1996	PE 15	0.5928	0.6864	0.7956
17		18/08/1996	PE 16	0.7644	1.0998	1.2168
18		21/08/1996	PE 17	0.858	1.1154	1.131
19		24/08/1996	PE 18	0.8346	1.092	1.2246
20		27/08/1996	PE 19	0.8502	0.8736	1.17
21		30/08/1996	PE 20	0.3354	0.9126	0.9906
22		03/09/1996	PE 21	0.702	0.936	0.9984
23		06/09/1996	PE 22	0.7722	0.9594	1.014
24		09/09/1996	PE 23	0.7878	1.014	1.131
25		12/09/1996	PE 24	0.8034	1.131	0.975
26	3	15/09/1996	PE 25	0.819	1..053	1.17
27		18/09/1996	PE 26	0.7878	0.9828	1.1778
28		21/09/1996	PE 27	0.936	1.0842	1.287
29		24/09/1996	PE 28	1.0842	1.5366	1.365
30		27/09/1996	PE 29	1.326	1.56	1.404
31		30/09/1996	PE 30	1.5444	0.9594	1.4898

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	TBA (mg ของ malonaldehyde/ ตัวอย่าง 1 kg)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
32		10/07/1996	PE 31	1.4781	2.0358	2.2561
33	4	10/14/1996	PE 32	1.8642	2.2305	2.5116
34		10/21/1996	PE 33	1.3104	2.8096	2.8215
35		10/28/1996	PE 34	1.5021	1.98832	2.2354
36		11/05/1996	PE 35	1.3338	2.5038	2.7378
37	5	11/12/1996	PE 36	1.404	1.9057	3.4281
38		11/19/1996	PE 37	1.8408	2.8408	3.5878
39		11/26/1996	PE 38	2.0891	2.9478	3.4281
40		12/02/1996	PE 39	2.12	3.2878	3.4444
41	6	12/09/1996	PE 40	2.652	3.276	4.0299
42		12/16/1996	PE 41	2.106	4.0928	4.1002
43		12/23/1996	PE 42	2.046	3.0212	4.1964

หมายเหตุ 1. ค่า TBAในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน
ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

2. ค่า TBA ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน
ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 9 แสดงผลการทดลองของ weight loss & weight gain ที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	weight loss , weight gain (g)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PE 0	0	0	0
2		07/03/1996	PE 1	0.07	0.01	-0.02
3		07/06/1996	PE 2	0.12	0.098	-0.03
4		07/09/1996	PE 3	0.17	0.13	-0.08
5		07/12/1996	PE 4	0.15	0.2	-0.036
6	1	15/07/1996	PE 5	0.14	1.88	-1.37
7		18/07/1996	PE 6	0.86	0.56	-0.53
8		21/07/1996	PE 7	0.53	0.72	-0.68
9		24/07/1996	PE 8	0	0.66	-1.55
10		27/07/1996	PE 9	-0.09	1.96	-1.63
11		30/07/1996	PE 10	0.72	2.02	-1.35
12		03/08/1996	PE 11	-0.07	1.82	-1.81
13		06/08/1996	PE 12	-0.12	1.7	-1.74
14		09/08/1996	PE 13	0.2	0.65	-0.99
15		12/08/1996	PE 14	-0.17	1.57	-2.12
16	2	15/08/1996	PE 15	-0.16	2.77	-0.37
17		18/08/1996	PE 16	-0.18	1.29	-2.2
18		21/08/1996	PE 17	-0.23	1.31	-1.07
19		24/08/1996	PE 18	-0.25	1.65	-1.14
20		27/08/1996	PE 19	-0.2	1	-0.94
21		30/08/1996	PE 20	-0.12	1.19	-1.54
22		03/09/1996	PE 21	-0.11	1.35	-0.35
23		06/09/1996	PE 22	-0.21	1.04	-0.9
24		09/09/1996	PE 23	-0.19	1.43	-1.3
25		12/09/1996	PE 24	-0.2	1.64	-1.11
26	3	15/09/1996	PE 25	-0.18	1.21	-1.14
27		18/09/1996	PE 26	-0.22	1.55	-0.9
28		21/09/1996	PE 27	-0.27	1.17	-1.33
29		24/09/1996	PE 28	-0.16	1.48	-1.42
30		27/09/1996	PE 29	-0.19	1.06	-1.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	weight loss , weight gain (g)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
31		09/30/1996	PE 30	-0.3	1.96	-0.98
32		10/07/1996	PE 31	-0.44	2.64	-0.52
33	4	10/14/1996	PE 32	-0.26	2.9	-3.37
34		10/21/1996	PE 33	0.3	4.32	-1.34
35		10/28/1996	PE 34	-0.42	2.52	-1.32
36		11/05/1996	PE 35	-1.05	2.64	-3.58
37	5	11/12/1996	PE 36	-0.42	3.98	-1.87
38		11/19/1996	PE 37	-0.42	1.01	-1.47
39		11/26/1996	PE 38	-0.31	2.95	-0.62
40		12/02/1996	PE 39	-0.24	1.31	0.01
41	6	12/09/1996	PE 40	0.29	0.49	-0.85
42		12/16/1996	PE 41	-0.22	0.61	-0.73
43		12/23/1996	PE 42	-0.25	6.2	-0.19

หมายเหตุ

1. ค่า weight loss & weight gain ในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า weight loss & weight gain ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 10 แสดงผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวกล้องที่อุณหภูมิการเก็บต่างๆ ในช่วง 6 เดือน ของถุงพลาสติก PE

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	SENSORY TEST (คะแนน)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
1	0	Initial	PE 0	9	9	9
2		03/07/1996	PE 1	9	9	8
3		06/07/1996	PE 2	7	9	7
4		09/07/1996	PE 3	7	8	6
5		12/07/1996	PE 4	7	7.5	6.7
6	1	15/07/1996	PE 5	5.7	7	4.7
7		18/07/1996	PE 6	7	7	4
8		21/07/1996	PE 7	7	7	3.6
9		24/07/1996	PE 8	7	8	4
10		27/07/1996	PE 9	7	7	2.3
11		30/07/1996	PE 10	6..6	7	1
12		03/08/1996	PE 11	6.6	7.3	1
13		06/08/1996	PE 12	7	7	1
14		09/08/1996	PE 13	7	7	1
15		12/08/1996	PE 14	6.34	6.67	1
16	2	15/08/1996	PE 15	7	7	1
17		18/08/1996	PE 16	7	7	1
18		21/08/1996	PE 17	7.5	7.3	1
19		24/08/1996	PE 18	7	7.5	1
20		27/08/1996	PE 19	7	7.36	1
21		30/08/1996	PE 20	7	7	1
22		03/09/1996	PE 21	6.98	7	1
23		06/09/1996	PE 22	6.8	7	1
24		09/09/1996	PE 23	7.2	7	1
25		12/09/1996	PE 24	7	7.4	1
26	3	15/09/1996	PE 25	7.1	7.33	1
27		18/09/1996	PE 26	7	7.5	1
28		21/09/1996	PE 27	7	6.8	1
29		24/09/1996	PE 28	7.2	6.98	1
30		27/09/1996	PE 29	7	7	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO	เดือนที่	วันที่	Sample	SENSORY TEST (คะแนน)		
				20 °C	27 °C (RT)	38 °C
31		09/30/1996	PE 30	7	7	1
32		10/07/1996	PE 31	7	7.3	1
33	4	10/14/1996	PE 32	7	6	1
34		10/21/1996	PE 33	7	7	1
35		10/28/1996	PE 34	7	7	1
36		11/05/1996	PE 35	7	7	1
37	5	11/12/1996	PE 36	7	7	1
38		11/19/1996	PE 37	6	7	1
39		11/26/1996	PE 38	6	6	1
40		12/02/1996	PE 39	6	6	1
41	6	12/09/1996	PE 40	6	6	1
42		12/16/1996	PE 41	6	6	1
43		12/23/1996	PE 42	6	6	1

หมายเหตุ

1. ค่า Sensory Testในเดือนที่ 1 - 3 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 3 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
2. ค่า Sensory Test ในเดือนที่ 4 - 6 มาจากการวิเคราะห์ผลทุก 7 วัน ข้อมูลการทดลองได้จากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ
3. การประเมินผลให้เป็นระดับคะแนน โดย ชอบมากที่สุด = 9 คะแนน , ชอบมาก = 7 คะแนน , ชอบปานกลาง = 5 คะแนน , ชอบน้อย = 3 คะแนน , ชอบน้อยที่สุด = 1 คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ระหว่างการเก็บในช่วง 3 เดือนแรก ของถุงพลาสติก PP

ลักษณะทางกายภาพ	อุณหภูมิในการเก็บ		
	20°C	27°C (RT)	38°C
1. สีของข้าวกล้อง	สีขาวขุ่น	สีขาวขุ่น	เริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
2. การเกิดกลิ่นหืน	ไม่เกิดกลิ่นหืน	ไม่เกิดกลิ่นหืน	เกิดกลิ่นเหม็นหืน
3. การเกิดแมลง	ไม่ปรากฏ	มีจำนวนเล็กน้อย	ไม่ปรากฏ

ตารางที่ ค.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ระหว่างการเก็บในช่วง 3 เดือนแรก ของถุงพลาสติก PE

ลักษณะทางกายภาพ	อุณหภูมิในการเก็บ		
	20°C	27°C (RT)	38°C
1. สีของข้าวกล้อง	สีขาวขุ่น	สีขาวขุ่น	เปลี่ยนเป็นสีเหลือง
2. การเกิดกลิ่นหืน	ไม่เกิดกลิ่นหืน	ไม่เกิดกลิ่นหืน	เกิดกลิ่นเหม็นหืน
3. การเกิดแมลง	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ	ไม่ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ระหว่างการเก็บในช่วง 3 เดือนสุดท้าย ของถุงพลาสติก PP

ลักษณะทางกายภาพ	อุณหภูมิในการเก็บ		
	20°C	27°C (RT)	38°C
1. สีของข้าวกล้อง	สีขาวขุ่น	มีสีเหลืองเล็กน้อย เมล็ดมีลักษณะเป็นขุย ๆ เกิดขึ้น	เมล็ดมีสีเหลืองเข้ม
2. การเกิดกลิ่นหืน	กลิ่นเริ่มแรกเริ่มลดลง และมีกลิ่นจากภายนอกเข้าไปในถุง	เกิดกลิ่นเหม็นหืน	เกิดกลิ่นเหม็นหืนมากขึ้น
3. การเกิดแมลง	ไม่ปรากฏ	เกิดแมลงมากขึ้น	ไม่ปรากฏ

ตารางที่ ค.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ระหว่างการเก็บในช่วง 3 เดือนสุดท้าย ของถุงพลาสติก PE

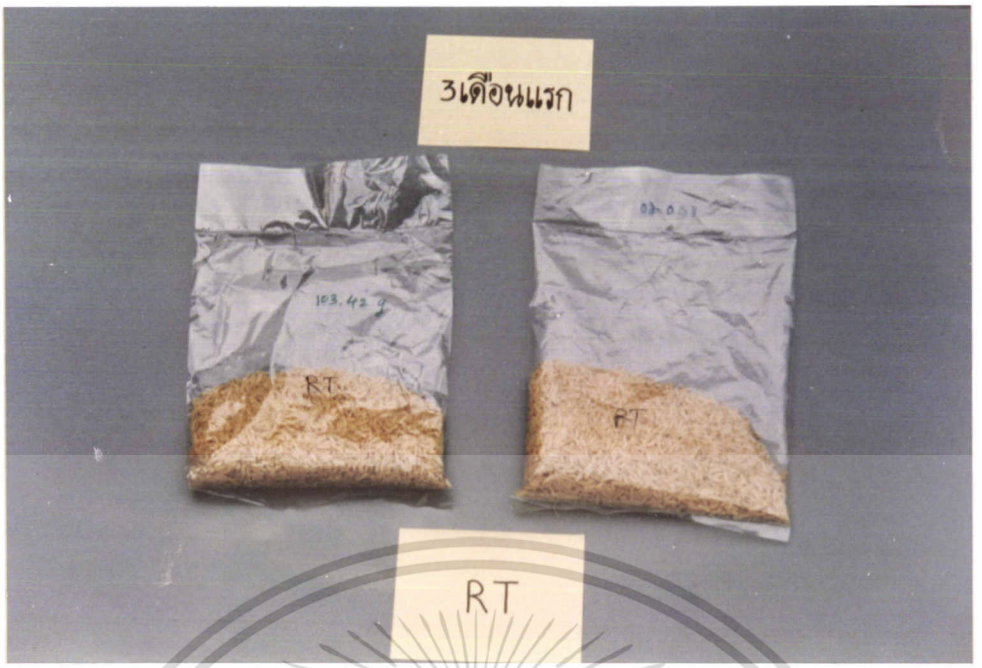
ลักษณะทางกายภาพ	อุณหภูมิในการเก็บ		
	20°C	27°C (RT)	38°C
1. สีของข้าวกล้อง	สีขาวขุ่น	มีสีเหลืองเล็กน้อย เมล็ดไม่มีขุยเกิดขึ้น	เมล็ดมีสีเหลืองเข้ม
2. การเกิดกลิ่นหืน	กลิ่นเริ่มแรกเริ่มลดลง และมีกลิ่นจากภายนอกเข้าไปในถุง	เกิดกลิ่นเหม็นหืน	เกิดกลิ่นเหม็นหืนมากขึ้น
3. การเกิดแมลง	ไม่ปรากฏ	เกิดแมลงเล็กน้อย	ไม่ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวกล้องที่บรรจุในถุงพลาสติก PP และ PE ที่เริ่มต้น

รูปที่ ค.2 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวกล้องที่บรรจุถุงพลาสติก PP และ PE ที่ 20 ° C ในช่วง 3 เดือนแรก

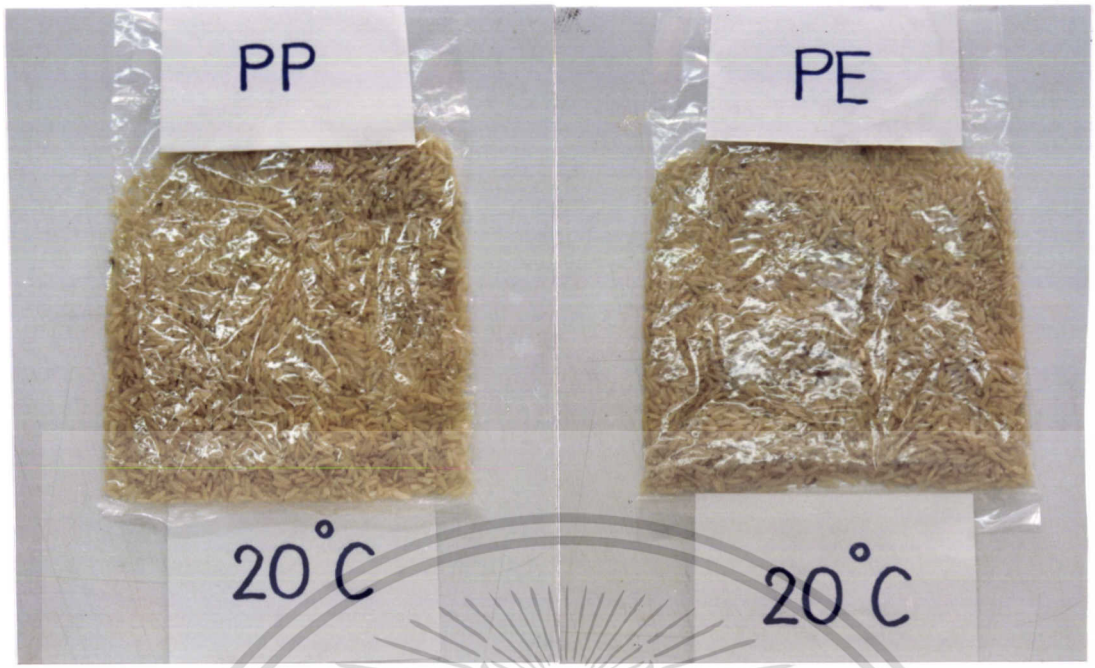
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวกล้องที่บรรจุถุงพลาสติก PP และ PE ที่ 27° C ในช่วง 3 เดือนแรก

รูปที่ ค.4 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวกล้องที่บรรจุถุงพลาสติก PP และ PE ที่ 38 ° C ในช่วง 3 เดือนแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.5 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวกล้องที่บรรจุถุงพลาสติก PP และ PE ที่ 20 ° C ช่วง 3 เดือนสุดท้าย

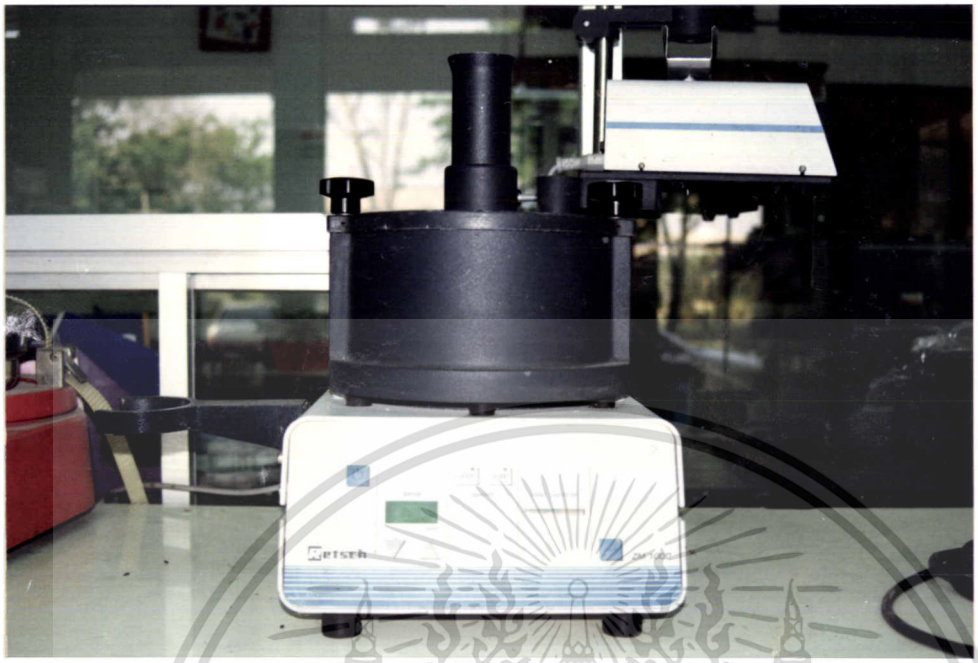
รูปที่ค.6 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวกล้องที่บรรจุถุงพลาสติก PP และ PE ที่ 27 ° C ช่วง 3 เดือนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.7 แสดงการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าวกล้องที่บรรจุถุงพลาสติก PP และ PE ที่ 38 ° C ช่วง 3 เดือนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

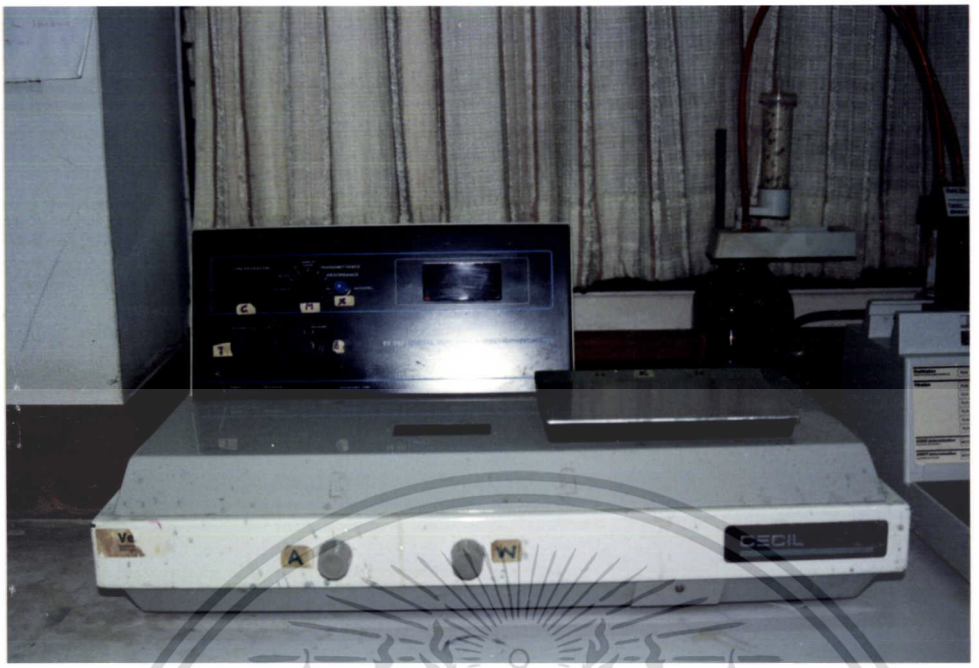
ภาคผนวก ง.



รูปที่ ง.1 แสดงเครื่องบดข้าว (Retsch Miller)

รูปที่ ง.2 แสดงตู้บ่มข้าวที่อุณหภูมิ 38 ° C (Incubate)

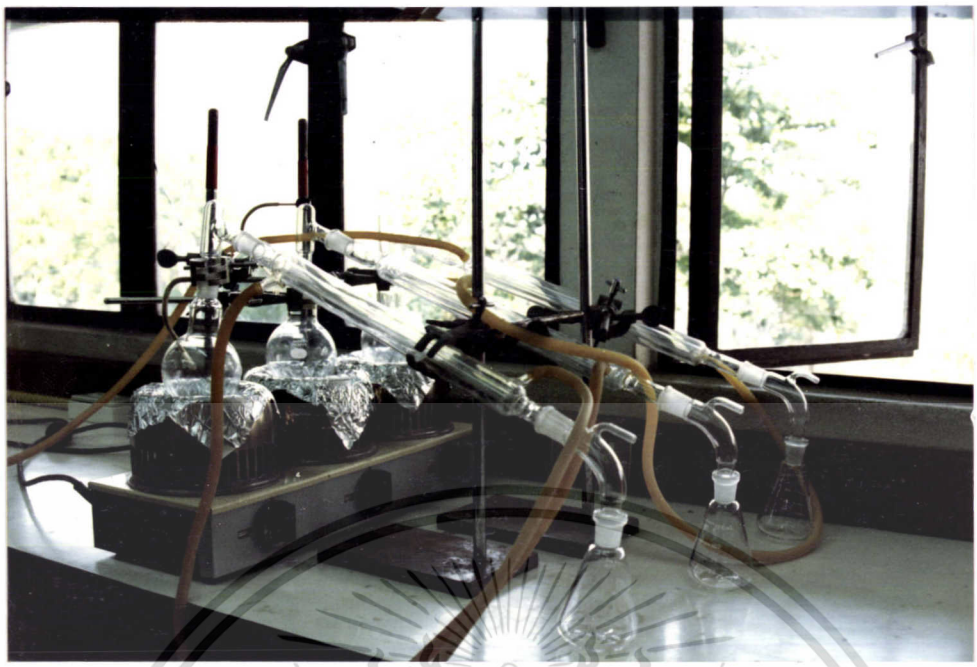
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง. 3 แสดงเครื่องสเปคโตรมิเตอร์ (Spectrophotometer)

รูปที่ ง.4 แสดงเครื่อง Hot air oven

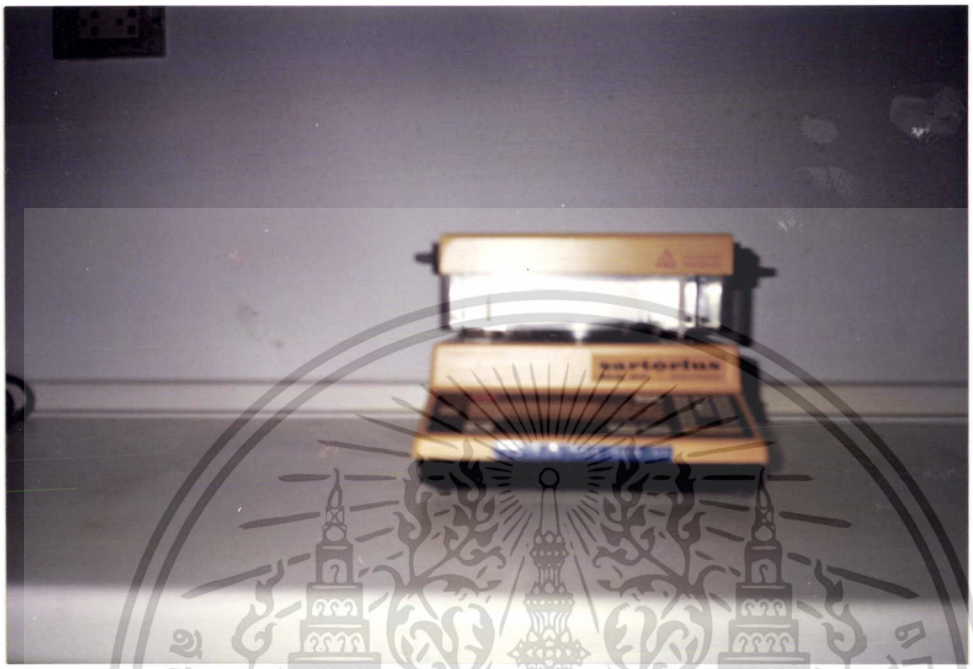
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.5 แสดงชุดเครื่องกลั่น TBA

รูปที่ ง.6 แสดงเครื่องชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.7 เครื่อง Moisture Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายวสวัติ แก้ววังสาร เกิดวันที่ 19 มีนาคม 2515 จังหวัดเพชรบูรณ์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเพชรพิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์ ในปี พ.ศ. 2534 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ ในปี พ.ศ. 2537 และสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปี พ.ศ. 2540 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายองอาจ อธิคมกุลชัย เกิดวันที่ 2 ธันวาคม 2517 จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนศรีวิชัยวิทยา จังหวัดนครปฐม ในปี พ.ศ. 2535 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ ในปี พ.ศ. 2538 และสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปี พ.ศ. 2540 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวอุไรวรรณ นิ่มมาด เกิดวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2517 จังหวัดกรุงเทพมหานคร และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเทพลีลา จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้ ในปี พ.ศ. 2538 และสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปี พ.ศ. 2540 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้