1975-1

การเลือกใช้วัสดุในการบรรจุหีบห่อทุเรียนทอดกรอบโดยอาศัยการใช้สมการจำลองสภาพการเก็บรักษา

(Selection of Packaging Materials for Fried Durian Chip by Athematical Equation)

T096556

นายเกียรติขจร ศรีละออกุล รหัสประจำตัว 43040162
นางสาวสุทธินี ชุมพาลี รหัสประจำตัว 43040203
นางสาวอุไรวรรณ เกรียงไกรวณิช รหัสประจำตัว 43040207

ปพ.
ก851ก
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96556
วัน.เดือน.ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเลือกใช้วัสดุในการบรรจุหีบห่อทุเรียนทอดกรอบโดยอาศัยการใช้สมการจำลองสภาพการเก็บรักษา

(Selection of Packaging Materials for Fried Durian Chip by Athematical Equation)

โดย

นายเกียรติขจร	ศรีละออกุล	รหัสประจำตัว 43040162
นางสาวสุทธินี	ชุมพาลี	รหัสประจำตัว 43040203
นางสาวอุไรวรรณ	เกรียงไกรวณิช	รหัสประจำตัว 43040207

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....8 ก.ย. 47..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายเกียรติขจร ศรีละออกุล , นางสาวสุทธินี ชุมพาลี , นางสาวอุไรวรรณ เกรียงไกรวณิช
: การเลือกใช้วัสดุในการบรรจุหีบห่อทุเรียนทอดกรอบโดยการใช้สมการจำลองสภาพการเก็บรักษา
(Selection of Packaging Materials for Fried Durian Chip by Athematical Equation)
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบสามารถคำนาณได้จากข้อมูลการสูญเสียความกรอบเนื่องจากความชื้น จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 2.32 % dry basis ความชื้นวิกฤติที่ทำให้เริ่มสูญเสียความกรอบเท่ากับ17.63% dry basis และความชื้นสมดุลย์ 18.57 % dry basis การคำนวณอายุการเก็บทุเรียนทอดกรอบในถุงบรรจุชนิดต่างๆ จะต้องหาค่าWVTR ของถุงแต่ละชนิด (โดยค่าWVTR ของถุงที่ความหนาถุง 25 ไมครอน สภาวะ 38 ± 0.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 2 %) ของถุง LDPE = 20 g / cm • d , HDPE = 7 g / cm • d , PP = 11g / cm • d , PE = 18g / cm • d , Metalise = 0.7g/ cm • d , Aluminium = 0.1 g / cm • d อายุการเก็บทุเรียนทอดกรอบในถุงชนิดต่างๆที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาตร์ของ Labuza ที่สภาวะวางขายปกติ (27 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %) ถุงLDPE = 21 วัน , ถุง PE = 24 วัน , ถุง PP = 38 วัน , ถุง HDPE = 60 วัน , ถุง Metalise = 1.65 ปี , ถุง Aluminium = 11.6 ปี แต่ในการใช้ประโยชน์จริงควรเลือกใช้ถุง Metalise เพราะมีอายุการเก็บพอดีกับรอบฤดูการออกผลของทุเรียน ช่วยยืดอายุการเก็บ และลดค่าขนส่งเพราะสามารถใช้เวลาในการขนส่งนานๆได้

.....

.

.....

....

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา วัน / เดือน / ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่องการเลือกใช้วัสดุในการบรรจุหีบห่อทุเรียนทอดกรอบโดยสมการจำลองสภาพการเก็บรักษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ในระหว่างการทำปัญหาพิเศษตลอดแก้ไขข้อบกพร่องจนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ลุล่วงเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. ระดิพร หาเรือนกิจ และดร. กิตติชัย บรรจง ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นคณะกรรมการสำหรับปัญหาพิเศษในครั้งนี้ และยังช่วยให้คำแนะนำ ขอกราบขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ของเจ้าหน้าที่ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย ที่กรุณาอนุเคราะห์ข้อมูลความรู้อันเป็นประโยชน์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ คุณจตุรงค์ หัวหน้าฝ่ายขายของบริษัท Strong pack ที่กรุณาอนุเคราะห์ ถุง Metalite และถุง Laminate aluminium

ขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนกำลังทรัพย์และกำลังใจเสมอมา

ขอขอบใจเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือตลอดการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

นายเกียรติขจร ศรีละออกุล
นางสาวสุทธินี ชุมพาลี
นางสาวอุไรวรรณ เกรียงไกรวณิช
1 มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1 : คำนำ	1
บทที่ 2 : วารสารปริทัศน์	2
บทที่ 3 : วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธการดำเนินงาน	18
บทที่ 4 : ผลการทดลอง	21
บทที่ 5 : สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก ก : วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	35
ภาคผนวก ข : ตารางแสดงค่าความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิต่างๆ	36
ภาคผนวก ค : ชนิดถุงพลาสติกและเครื่องมือในการทดลอง	37
ประวัติผู้เขียน	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ดัชนีการเก็บเกี่ยวของทุเรียน	2
องค์ประกอบของสารอาหารต่อส่วนบริโภค 100 กรัมทุเรียน	3
การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทุเรียนระหว่างบ่ม	4
แสดงปริมาณความชื้นสมดุลย์และวิกฤติที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ	21
แสดงค่า WVTR และ ค่า k_{H_2O} ของถุงพลาสติกทั้ง 6 ชนิด	29
ค่าแรงกดวัดความกรอบ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
การผลิตทุเรียนทอดกรอบ	5
กราฟ Sorption Isotherm ทุเรียนทอด	22
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนไปกับเวลา ของถุงพลาสติก LDPE	24
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนไปกับเวลา ของถุงพลาสติก HDPE	24
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนไปกับเวลา ของถุงพลาสติก PP	25
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนไปกับเวลา ของถุงพลาสติก PE	25
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนไปกับเวลา ของถุงพลาสติก Metalize	26
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนไปกับเวลา ของถุงพลาสติก Laminate Aluminium	26
กราฟ Sorption Isotherm ทุเรียนทอดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 10 – 50%	29
ภาพถุงพลาสติก PP (ซ้าย) ภาพถุงพลาสติก LDPE (ขวา)	39
ภาพถุงพลาสติก PE (ซ้าย) ภาพถุงพลาสติก HDPE (ขวา)	40
ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 38 ^{0}C และความชื้นสัมพัทธ์ 90 $\pm$ 2 %	41
เก็บทุเรียนทอดในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์	41
การทดลองหาค่า WVTR ของถุง	42
เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน	43
การทดลองหาอายุการเก็บจริงของถุงแต่ละชนิด ที่สภาวะวางขาย	43
เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ได้ค่าแรงกด	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ผลิตผลทางการเกษตรมีความสำคัญ และสามารถพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมอาหารที่สำคัญ โดยเฉพาะทุเรียนเป็นผลิตผลที่มีคุณค่าสูงสำหรับประเทศไทย

เมื่อถึงฤดูกาลที่มีทุเรียนมาก ราคาจะถูก เกษตรกรจำหน่ายไม่ทัน ทำให้เกิดการเน่าเสีย การแปรรูปผลิตผลทุเรียนจะช่วยลดการสูญเสียนี้ได้และยังสามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ ซึ่งผลิตจากทุเรียนพันธุ์หมอนทองกำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ และมีรสชาติดี นอกจากนี้ยังมีการะบวนการการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก ทำให้มีผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบออกมาจำหน่ายมาก

ผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบที่วางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดในปัจจุบันมีคุณภาพและอายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต การบรรจุ และการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ และหาอายุการเก็บรักษาตลอดจนศึกษาหาวิธียืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ทำภาชนะบรรจุและประกอบการบรรจุหีบห่อ เพื่อให้การบรรจุหีบห่อนั้นมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุนั้นๆ โดยวัสดุแต่ละชนิดจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ทำให้ความเหมาะสมของวัสดุแต่ละชนิดที่นำมาใช้ทำภาชนะบรรจุและประกอบการบรรจุหีบห่อแตกต่างกันด้วย ดังนั้นในการตัดสินใจที่จะเลือกวัสดุชนิดใดในการบรรจุหีบห่อให้เหมาะสมนับว่าเป็นสิ่งสำคัญโดยอาจเลือกใช้วัสดุชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดร่วมกันก็ได้ เพื่อให้การบรรจุหีบห่อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและราคาพอสมควร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติการดูดความชื้น (Moisture sorption isotherm) ของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ
2. เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติการซึมผ่านไอน้ำ (Water Vapour Trasmission Rate) ของวัสดุในการบรรจุหีบห่อทั้ง 6 ชนิด คือ PP, PE, LDPE, HDPE, Metalize และ Laminate Aluminium
3. เพื่อคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบที่บรรจุในภาชนะบรรจุแล้ว โดยใช้สมการจำลองสภาพการเก็บรักษาทางคณิตศาสตร์แบบที่ 1 คือ Labuza
4. เพื่อเลือกใช้วัสดุในการบรรจุหีบห่อทุเรียนทอดกรอบได้อย่างเหมาะสมและสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

1. ทุเรียน

ทุเรียนมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Durio Zibethinus* Linn เป็นผลไม้ขนาดกลางถึงค่อนข้างสูง มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศมาเลเซีย ปัจจุบันปลูกกันทั่วไปในประเทศพม่า อินโดนีเซีย อินเดีย ศรีลังกา และไทย

ในประเทศไทยนิยมปลูกกันมากที่จังหวัด นนทบุรี จันทบุรี ตราด ระยอง ปราจีนบุรี และบางจังหวัดของภาคใต้ ทุเรียนไทยสามารถจำแนกออกได้เป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มกบ กลุ่มลวง กลุ่มก้านยาว กลุ่มกำปั่น กลุ่มทองย้อย และกลุ่มเบ็ดเตล็ด (หิรัญและคณะ 2541) แต่พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกเพื่อเป็นการค้าได้แก่ พันธุ์ชะนี ก้านยาว หมอนทอง และกระดุม ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มลวง ก้านยาว กำปั่น และเบ็ดเตล็ดตามลำดับ (Nanthachai , 1994)

ทุเรียนเป็นผลไม้ประเภท Climacteric fruits ซึ่งในขณะสุกจะมีอัตราการหายใจสูง ทุเรียนพันธุ์ชะนีจะมีการสุกเร็วกว่าพันธุ์หมอนทองภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากทุเรียนพันธุ์ชะนีมีเอนไซม์ที่สำคัญในการกระตุ้นปฏิกิริยาการสุกมากกว่า โดยทั่วไปทุเรียนจะเริ่มสุกในวันที่ 6 หลังการเก็บเกี่ยว (มานิตย์ 2538) และดัชนีการเก็บเกี่ยวจะนับวันหลังจากดอกบาน ดังแสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1 ดัชนีการเก็บเกี่ยวหลังดอกบานของทุเรียน 4 พันธุ์ ใน 2 จังหวัด (วัน)

พันธุ์ทุเรียน	จังหวัด	
	ระยอง	จันทบุรี
กระดุม	90 – 100	90 – 110
ชะนี	100 – 110	100 – 115
ก้านยาว	120 – 135	115 – 130
หมอนทอง	120 - 135	115 - 130

ที่มา : สุรพงษ์ (2538)

ทุเรียนประกอบด้วยน้ำและคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ (ตารางที่ 2) คาร์โบไฮเดรตที่พบมีแป้งและน้ำตาลในปริมาณเท่าๆ กันคือประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด คาร์โบไฮเดรตที่เหลือจะเป็นพวกเฮมิเซลลูโลส เพคติน และกัม เมื่อทุเรียนสุกเนื้อจะนิ่ม มีรสหวานมากขึ้น และมีกลิ่นแรงขึ้น รวมทั้งเนื้อทุเรียนจะมีสีเหลืองเข้มขึ้น ซึ่งมีผลมาจากการที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล สารประกอบเพคตินถูกย่อยสลาย และเบต้า – แคโรทีนถูกสังเคราะห์ขึ้นมา ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณ soluble solid, total reducing sugar, B – carotein และปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณแป้งกลับลดลง (ตารางที่ 3) กลิ่นของทุเรียนเกิดจากสารประกอบของกำมะถัน เช่น thiol, thioether และ ester (เบญจมาสม 2538) นอกจากนี้ยังพบว่าทุเรียนแก่จะปล่อยก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกมาด้วย (Brown, 2001)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของสารอาหารต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม ของทุเรียนพันธ์ชะนีและหมอนทอง

องค์ประกอบของสารอาหาร	พันธุ์ทุเรียน	
	หมอนทอง	ชะนี
ความชื้น (กรัม)	62.5	67.3
โปรตีน (กรัม)	2.1	2.5
ไขมัน (กรัม)	3.3	4.4
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	29.6	22.3
เส้นใยหยาบ (กรัม)	1.4	2.4
เถ้า (กรัม)	0.9	1.1
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	29	8
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	34	35
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.1	1.1
เบต้า-แคโรทีน (ไมโครกรัม)	46	244
วิตามินเอรวม (ไมโครกรัม)	8	41
ไทอะมิน (มิลลิกรัม)	0.16	0.15
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.23	0.18
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	2.5	3.1
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	35	28

ที่มา : นิรนาม (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของทุเรียนพันธุ์ชะนี และหมอนทองในระหว่างการบ่ม

องค์ประกอบ	พันธุ์ชะนี		พันธุ์หมอนทอง	
	เมื่อเก็บเกี่ยว	หลังเก็บเกี่ยว 12 วันที่ 20°C	เมื่อเก็บเกี่ยว	หลังเก็บเกี่ยว 12 วันที่ 20°C
น้ำ (%)	41.1	68.0	36.9	65.5
สตาร์ช (%)	9.0	1.5	11.6	5.1
น้ำตาลรีดิวซิงทั้งหมด (%)	7.7	24.9	9.3	29.3
น้ำตาลรีดิวซิง (%)	3.1	4.3	1.4	4.1
ของแข็งละลายได้ (%)	13.9	25.9	13.9	29.3
ไขมัน (%)	3.1	4.9	2.2	2.6
เบต้า-แคโรทีน (%)	245	678	42	174

ที่มา : Nanthachai (1994)

คนไทยนิยมบริโภคทุเรียนที่เริ่มสุก เนื่องจากมีรสหวานไม่มาก มันและเนื้อไม่เละ มีกลิ่นทุเรียนไม่มากนัก แต่ถ้าปล่อยให้สุกเนื้อจะนิ่มและมีกลิ่นแรงมากขึ้น ชาวมาเลเซียและสิงค์โปรนิยมบริโภคทุเรียนสุก เนื่องจากมีรสหวาน และกลิ่นทุเรียนแรง

ทุเรียนสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น ทุเรียนกวน ทุเรียนทอดกรอบ การผลิตทุเรียนกวน มีการผลิตโดยผสมเนื้อทุเรียนสุกกับน้ำตาลประมาณร้อยละ 18 – 20 กวนโดยใช้ไฟอ่อน เพื่อระเหยน้ำ จนมีค่า water activity น้อยกว่า 0.8 ทุเรียนกวนจะมีสีน้ำตาล เนื่องจากปฏิกิริยา caramelisation ในระหว่างการกวน (Nanthachai , 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ

1. ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ปอกเปลือก คัดเลือก

2. นำมาแกะเมล็ดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หั่นเนื้อทุเรียนดิบให้เป็นชิ้นบางๆ

4. นำมาทอดในน้ำมันจนเหลืองกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำมาสะเด็ดน้ำมัน

6. บรรจุลงในภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ

ผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ

รูปชุดที่ 1 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การบรรจุหีบห่อ (Packaging)

การบรรจุหีบห่อ หมายถึง วิทยาการ หรือวิธีการที่ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ และศิลปะมาผสมผสานกัน เพื่อที่จะนำผลิตภัณฑ์บรรจุลงในภาชนะบรรจุโดยกรรมวิธีการบรรจุ การขนถ่าย การเก็บรักษา รวมถึงการจัดจำหน่ายที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ นอกจากนี้ยังรวมถึง การปิดผนึก การพิมพ์ หรือการติดฉลาก และเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ต่างๆ เพื่อวัตถุประสงค์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นปลอดภัยจากการเสื่อมเสีย หรือเสียหาย เนื่องจากปัจจัยต่างๆ อีกทั้งยังทำให้เกิดความสะดวกในการขนส่ง และเป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคที่จะสามารถบริโภคผลิตภัณฑ์นั้นอย่างถูกสุขลักษณะ

ภาชนะบรรจุ หมายถึง สิ่งที่ใช้เพื่อการบรรจุผลิตภัณฑ์หรือสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายๆ ชนิด ภาชนะบรรจุเป็นหน่วยหนึ่งของผลิตภัณฑ์ด้วย เพราะเป็นส่วนที่จะต้องผ่านกระบวนการต่างๆ ร่วมกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายใน

Packaging material หมายถึง วัสดุใดๆ ก็ตามที่นำมาใช้ในการทำเป็นภาชนะบรรจุได้ซึ่งจะรวมถึงวัสดุที่นำมาใช้ประกอบเพื่อทำให้ได้ภาชนะบรรจุที่สมบูรณ์อีกด้วย

2.1 ความสำคัญในการบรรจุหีบห่อ

การบรรจุหีบห่อมีความสำคัญขั้นพื้นฐาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ข้อคือ

2.1.1 เพื่อการรวบรวมผลิตผลมาบรรจุรวมกันเป็นหน่วยเดียวเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการขนถ่าย และง่ายในการเก็บรักษา

2.1.2 เพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการขนย้าย และเก็บรักษา การป้องกันที่ได้ผลจะช่วยลดการสูญเสียที่อาจเกิดจากการกระแทก และความสูญเสียที่เกิดกับสรีระของผลิตผล หรือผลิตภัณฑ์

2.1.3 เพื่อเป็นการบอกลายละเอียดของผลิตผล เช่น คุณภาพ ขนาด แหล่งผลิต จุดปลายทาง รายละเอียดดังกล่าวใช้ในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ ในบางกรณีช่วยให้การจัดการและหาตลาดง่ายขึ้น

2.2 หน้าที่ของภาชนะบรรจุ

2.2.1 รักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ภายหลังจากการแปรรูป และการบรรจุให้ปลอดภัยจากปัจจัย หรือสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตกต่ำลง เช่น ความชื้น ก๊าซ หรือ ไอน้ำ ความร้อน ความเย็น จุลินทรีย์ สัตว์ หรือแมลง การตกกระแทกในระหว่างการขนถ่าย หรือขนส่ง

2.2.2 ภาชนะบรรจุจะให้ความสะดวกสบาย และง่ายในการใช้งานในขบวนการผลิต และการขนส่งผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ภาชนะบรรจุจะทำหน้าที่เป็นสื่อ และโฆษณา โดยภาชนะบรรจุจะสื่อความหมายระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมทั้งโฆษณาขายสินค้าที่บรรจุอยู่ภายในด้วย ลักษณะรูปร่าง เครื่องหมายการค้า รวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ในฉลากภาชนะบรรจุ

2.2.4 ภาชนะบรรจุจะช่วยป้องกันผู้บริโภคจากอันตรายของผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษในขณะที่กำลังใช้ผลิตภัณฑ์นั้นๆ

2.2.5 ภาชนะบรรจุจะช่วยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ให้สามารถมีอายุการเก็บรักษาได้ตามระยะเวลาที่ต้องการ

3.การเลือกวัสดุที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุให้มีความสอดคล้องกับเวลาสูงสุดที่ต้องการวางขายผลิตภัณฑ์นั้นๆ

ในการเลือกวัสดุ (Flexible Packaging Material) ชนิดใดสำหรับสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

3.1 ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะบรรจุต่อหน่วย (ซอง, ถุง, กล่อง) เป็น W กรัม

3.2 ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะทราบปริมาตร ทั้งนี้จะนำไปสู่การคำนวณหามิติของ package หรืออีกนัยหนึ่ง พื้นที่ผิวของ package , S cm^2

3.3 ความชื้นของผลิตภัณฑ์ขณะบรรจุ , Mo %

3.4 ความชื้นวิกฤติ ของผลิตภัณฑ์ , Mc %

3.5 จำนวนของถุง, ซองหรือกล่อง ต่อหีบห่อใหญ่

3.6 วิธีการนำไปขายว่าสามารถเก็บไว้ในกล่องบรรจุเพื่อการขนส่ง หรือนำออกไปวางขายทันที

3.7 เวลาที่ต้องการจะเก็บ หรือเวลาที่ต้องการจำหน่าย , D วัน

3.8 สภาพในการขายที่อุณหภูมิ t ^{0}F และความชื้นสัมพัทธ์ H %

4. การหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันความปลอดภัยของอาหาร สภาวะการแข่งขัน ข้อกฎหมายที่บังคับและลงโทษ ต่างมีบทบาทในการสร้างความกดดันต่อผู้ประกอบการมีผลให้ผู้ประกอบการให้ความสนใจในด้านนี้มากยิ่งขึ้น ผู้ประกอบการมีความมุ่งมั่นที่จะผลิตอาหารที่มีความปลอดภัย คุณภาพสม่ำเสมอ มีคุณค่าทางโภชนาการ ต้องมีวิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้ถูกต้อง และสามารถผลิตอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้ในระยะเวลาที่กำหนด

อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร คือ ช่วงระยะเวลาที่สินค้าบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์และสามารถคงคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ภายใต้สภาวะการเก็บหนึ่งๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้รับการแปรรูปและผ่านกระบวนการผลิตแล้ว พบว่า องค์ประกอบของอายุผลิตภัณฑ์อาหารแปรผันกับ 3 ปัจจัยหลัก คือ ตัวผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ และสิ่งแวดล้อม

4.1 ตัวผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตผลทางการเกษตรจะเกิดการเสื่อมเสีย การเสื่อมเสียนี้หมายถึง การที่อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณลักษณะ คุณภาพ ซึ่งรวมถึงสี กลิ่น รส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการ ตลอดจนความปลอดภัยในการบริโภค

สาเหตุการเสื่อมเสียของอาหาร

การเสื่อมเสียของอาหารเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

4.1.1 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียได้แก่ บัคเตรี ยีสต์ และรา ซึ่งจะพบอยู่ทั่วไปในดิน น้ำ และอากาศ รวมทั้งในอาหาร เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตอาหาร ผิวหนังและเสื้อผ้าของผู้ผลิตอาหาร เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม กล่าวคือ มีอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด – ด่าง และอาหารของจุลินทรีย์เพียงพอ มีผลทำให้อาหารนั้นเสื่อมคุณภาพ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์

1. ปริมาณความชื้นของอาหาร

ปริมาณความชื้นที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ นิยมกำหนดในเทอมของ water activity โดยมีนิยามว่า

$$Aw = \frac{\text{ความดันไอของน้ำที่เกิดในอาหารนั้น}}{\text{ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน}}$$

จุลินทรีย์แต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารที่มีระดับของ Aw แตกต่างกัน

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหาร

โดยทั่วไปราจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความเป็นกรด-ด่างที่กว้างในช่วง pH 4 – 6 และสามารถทนความเป็นกรดสูงๆ ได้ดีกว่ายีสต์และบัคเตรี สำหรับยีสต์โดยทั่วไปจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความเป็นกรด – ด่าง ประมาณ 4 – 4.5 ซึ่งเป็นระดับเดียวกับความเป็นกรดด่างของน้ำผลไม้หลายชนิดแต่จะไม่เจริญในอาหารที่มีความเป็นด่าง ส่วนบักเตรีส่วนมากจะเจริญได้ดีที่สุดในช่วงความเป็นกรด – ด่างที่เป็นกลาง pH 6.5 – 7.5 แต่มีบัคเตรีบางชนิดชอบความเป็นกรดเล็กน้อย เช่น พวกที่สร้างกรดแลคติคสามารถเจริญได้ดีในช่วงความเป็นกรดประมาณ pH 4 – 5 นอกจากนี้ยังมีบัคเตรีบางพวกที่สามารถย่อยสลายโปรตีนได้ดี เช่น Pseudomonas, Achromobactor, Proteus และ Salmonella สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารที่ค่อนข้างเป็นด่าง

3. ชนิดและปริมาณสารที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร

ซึ่งอาจจะมีอยู่ตามธรรมชาติแล้ว หรืออาจถูกเติมลงไปด้วยความตั้งใจ หรือจุลินทรีย์ในอาหารนั้นสร้างขึ้น จัดว่ามีส่วนในการป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร เนื่องจากสามารถป้องกันการเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติบโตของจุลินทรีย์ได้ แต่ชนิดและปริมาณของสารเคมีเหล่านี้จะต้องเป็นไปตามที่กฎหมายควบคุมมาตรฐานอาหารได้กำหนดไว้ ส่วนสารประกอบที่เกิดจากกระบวนการหมักโดย จุลินทรีย์ พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นไม่ให้เจริญเติบโตได้

4. ปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจน

บัคเตรีที่ต้องการออกซิเจนเพื่อการเจริญเติบโต เรียกว่า Aerobic bacteria บัคเตรีที่เจริญได้ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เรียกว่า Anaerobic bacteria ส่วนบัคเตรีที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน เรียกว่า Facultative Anaerobic bacteria

ดังนั้น หากเก็บอาหารไว้ในสภาวะที่ทำให้มีปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนแตกต่างชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่จะเจริญและทำให้อาหารเสื่อมเสียย่อมแตกต่างกันด้วย

5. อุณหภูมิ

เนื่องจากระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเจริญเติบโตจากต่ำสุดไปถึงสูงสุดที่จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งๆ สามารถเจริญได้มีความแตกต่างกัน ดังนั้น ในการเก็บรักษาอาหารไว้ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จะมีจำนวนชนิด และอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แตกต่างกันไป ตลอดจนระยะเวลาที่จะทำให้อาหารนั้นเสื่อมเสียต่างกันด้วย

4.1.2 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางเคมี

ผลิตภัณฑ์อาหารอาจเกิดการเสื่อมเสียได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยไม่เกี่ยวข้องกับการเจริญของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิดสารสีน้ำตาล (Browning reaction)ในผลิตภัณฑ์อาหารและการเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิดการเหม็นหืน (Rancidity)

1. การเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิดสารสีน้ำตาล

เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอาหารหลายชนิด ซึ่งมีผลทำให้สีของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ตั้งแต่สีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ การเปลี่ยนแปลงนี้อาจทำให้รส และกลิ่นของอาหารนั้นผิดไปจากเดิมด้วย ซึ่งบางครั้งก็เป็นสิ่งที่ต้องการ โดยจะทำให้อาหารนั้นมีสี รส และกลิ่นที่ดีขึ้น

ปฏิกิริยาเคมีที่ก่อให้เกิดสารสีน้ำตาลนี้ เกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ

1.1 ปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Enzymatic browning) เอนไซม์เป็นสารที่จะไปเร่งปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้สารหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปเป็นอีกสารหนึ่ง ซึ่งมักจะทำให้สีของอาหารเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดี และเสื่อมเสีย การทำงานของเอนไซม์จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับสารเริ่มต้น อุณหภูมิ ความเป็นกรด – ด่าง รวมทั้งปริมาณหรือความเข้มข้นของเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารนั้นๆ เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องนี้มีหลายชนิดแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Non - Enzymatic browning) ปฏิกิริยาที่สำคัญได้แก่

1.2.1 การรวมตัวของกรดอะมิโน กับน้ำตาลโดยเฉพาะพวกน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งจะทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาล และมีกลิ่นรสเปลี่ยนไป

1.2.2 การเผาไหม้ของน้ำตาลที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง เนื่องจากน้ำในโมเลกุลของน้ำตาลระเหยไป จึงทำให้เกิดสารที่มีสีน้ำตาลไหม้ เรียกว่าคาราเมล เช่น การทำขนมหวาน หรือลูกอมบางอย่าง

1.2.3 การเกิดออกซิเดชั่นของวิตามินซี โดยวิตามินซี เมื่อถูกอากาศจะเปลี่ยนแปลงให้เป็นสารสีน้ำตาลเกิดขึ้น

1.3 การเหม็นหืน (Rancidity)

การเหม็นหืนนี้มักเกิดกับอาหารพวกไขมัน และน้ำมัน รวมทั้งผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเกิดขึ้นโดย

1.3.1 การเกิดออกซิเดชั่นโดยมีเอนไซม์เกี่ยวข้อง เอนไซม์สำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยานี้คือไลปอกซิเดส ซึ่งทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวแตกตัวออกเป็นสารที่ให้กลิ่นเหม็นหืนขึ้น ส่วนไลเปสจะทำให้ไขมันแตกตัวออกเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล ส่งผลให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติไป

1.3.2 การเหม็นหืนเนื่องจากการเกิดออกซิไดซ์ ปฏิกิริยานี้เกิดจากการที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวรับออกซิเจนเข้าไป เกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสลายตัวต่อไปเป็นสารที่ระเหยง่ายมีกลิ่นเหม็นหืน และมักจะทำให้วิตามินที่ละลายได้ในไขมันถูกทำลายด้วย

4.1.3 การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางกายภาพ

การเสื่อมเสียนี้มักเกิดจากการขนส่ง การถ่ายเทวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์โดยไม่ถูกวิธี หรือใช้ภาชนะบรรจุไม่เหมาะสม ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์ หรือปฏิกิริยาเคมีต่อไป นอกจากนี้ยังเกิดจากกรรมวิธีการแปรรูปก็อาจเป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์เข้าไปเจริญเติบโตหรือเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้เช่นกัน

เมื่อสามารถหาสาเหตุการเสื่อมคุณภาพของอาหารได้แล้ว จะต้องกำหนดว่ามาตรฐานหรือระดับคุณภาพขนาดไหนจะไม่เป็นที่ยอมรับ การกำหนดระดับคุณภาพที่ไม่สามารถยอมรับได้นี้จำเป็นต้องให้ชิม และสัมภาษณ์จากกลุ่มเป้าหมาย ที่เรียกว่า sensory panel กลุ่มเป้าหมายที่จะทดสอบการยอมรับของคุณภาพสินค้า จำเป็นต้องใกล้เคียงกับกลุ่มผู้บริโภคที่จะซื้อ เมื่อวางจำหน่ายสินค้า

อาหารที่จะนำมาประเมินอายุต้องบรรยายส่วนประกอบของอาหาร และกระบวนการผลิตอย่างละเอียด เนื่องจากการแปรเปลี่ยนองค์ประกอบใดๆ องค์ประกอบหนึ่งย่อมมีผลกระทบต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุของอาหาร และรสชาติในการทดสอบเพื่อประเมิน จำต้องเขียนองค์ประกอบต่างๆ กำกับไว้ให้ชัดเจน

4.2 บรรจุภัณฑ์

ตัวบรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สินค้าเสื่อมคุณภาพเร็วจนเกินไป อาหารบางชนิดไวต่อความชื้น วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้จะต้องมีความสามารถป้องกันความชื้นได้ ซึ่งวัดเป็นค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapour Transmittion Rate : WVTR) ส่วนอาหารบางชนิดที่มีไขมันมาก จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศแล้วเกิดการเหม็นหืน ดังนั้นต้องเลือกวัสดุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน ที่วัดด้วยค่าอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน ระดับการป้องกันของอาหารชนิดเดียวกันจะแตกต่างกัน ถ้าเลือกใช้วัสดุภัณฑ์ไม่เหมือนกัน นอกจากความชื้นและออกซิเจนซึ่งสำคัญต่ออาหารแล้ว อัตราการซึมผ่านของกลิ่นหรือก๊าซอื่นๆ ก็จะมีผลต่อคุณภาพของอาหาร แต่ไม่ร้ายแรงเท่าความชื้นและออกซิเจน

วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่จะให้ทดสอบประเมินหาอายุอาหาร จำเป็นต้องกำหนดรายละเอียดให้ชัดเจน ตั้งแต่โครงสร้างจนกระทั่งถึงแหล่งผลิต รายละเอียดที่จำเป็นต้องทราบ คือ อัตราการซึมผ่านของสารที่มีโอกาสทำปฏิกิริยา แล้วส่งผลให้สินค้าเสื่อมคุณภาพ พื้นที่ผิวบรรจุภัณฑ์ น้ำหนักสินค้า และวิธีการปิดผนึกของบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

4.3 สิ่งแวดล้อม

การขนย้ายสินค้าอาหารจากแหล่งผลิตไปยังจุดขาย ย่อมมีโอกาสทำให้อาหารบอบช้ำและอาจเสียหายจนขายไม่ได้ ในทางปฏิบัติสินค้าพวกอาหารจะยินยอมให้เกิดความเสียหายได้ประมาณ 3–10% แปรตามมูลค่าของอาหาร อายุของอาหารแปรผกผันกับประสิทธิภาพในการขนส่ง สินค้าที่มีอายุสั้นยิ่งจำเป็นต้องใช้การขนส่งที่มีประสิทธิภาพและใช้พาหนะที่มีความเร็วสูง เช่น การใช้เครื่องบินในการขนผักผลไม้ที่มีอายุสั้นมาก นอกจากนี้สินค้าอาหารที่เหมาะสมกับการขนส่งที่ใช้เวลา เช่น เรือและรถยนต์จำเป็นต้องมีอายุสินค้ายาวนาน

ภายใต้กระแสความต้องการของสังคมที่จะประหยัดพลังงาน การขนส่งด้วยตู้ขนส่งที่มีการปรับอากาศก็จะมีโอกาสใช้น้อยลง และหันมาพัฒนาบรรจุภัณฑ์และสินค้าที่ไม่ต้องแช่เย็นมากขึ้นหรือที่เรียกว่า Shelf Stable Products ซึ่งสินค้าพวกนี้มีอายุการเก็บยาวนานขึ้น ความจำเป็นในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ และวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีสูงจะมีมากขึ้น

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาองค์ประกอบภายใน และภายนอกของผลิตภัณฑ์อาหารออกจากกัน กล่าวคือ ถ้าผลิตภัณฑ์มีสูตรอาหารที่ดี และใช้วัตถุดิบคุณภาพคัดเลือกอย่างดีย่อมเก็บได้นาน เมื่อทราบสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพพร้อมสาเหตุรองย่อมทำให้สามารถเลือกการะบวนการผลิตที่ช่วยลดโอกาสการเสื่อมคุณภาพก่อนออกจากโรงงาน เมื่อบรรลุเสร็จเรียบร้อยเดินทางออกจากโรงงาน ย่อมทำหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ที่จะต้องปกป้องรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารให้ถึงมือผู้บริโภค โดยให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับคุณภาพที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกจากกระบวนการผลิตหรือบรรจุในทางกลับกัน ถ้าสูตรอาหารไม่ได้รับการจัดการและควบคุมให้ดี คุณภาพของวัตถุดิบไม่แน่นอนไม่มีการตรวจคุณภาพอย่างเคร่งครัด การระบวนการผลิตก็ใช้แบบตามมีตามเกิดด้วยตัวแปรในการผลิตที่แปรปรวนไปเรื่อยๆ องค์ประกอยภายในตัวผลิตภัณฑ์อาหารย่อมไม่ได้รับการควบคุมที่ดี การเลือกใช้ระบบบรรจุภัณฑ์ที่ดีมาก มีราคาสูงเท่าไรย่อมไม่สามารถพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีอายุยาวได้ และเป็นการสิ้นเปลืองโดยใช่เหตุอีกด้วย

5. การคาดคะเนอายุการเก็บรักษา

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษานอกจากจะทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้แล้วยังช่วยในการเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ในระยะเวลาการเก็บที่กำหนด ช่วยลดค่าใช้จ่ายของวัสดุที่มากเกินความจำเป็น และป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียคุณภาพก่อนกำหนด

การคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุแล้ว สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

5.1 วิธีเร่งการเก็บรักษา (Accelerated Storage Condition)

เป็นวิธีที่ใช้คาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะบรรจุ จากนั้นนำมาเก็บรักษาไว้ที่สภาวะแวดล้อมที่รุนแรง (Extreme Environment Condition) เช่น ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าปกติ ข้อพึงระวังสำหรับวิธีนี้คือ แม้จะใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบสั้น แต่ในการตรวจสอบไม่อาจเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดได้ นอกจากนี้องค์ประกอบและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน อาจทำให้ค่าที่คาดคะเนผิดพลาดได้ และสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก คือ ความเร็วของปฏิกิริยาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุเกิดการเสื่อมเสีย

5.2 วิธีการจำลองสภาพการเก็บรักษา (Simulation Modeling)

การสิมูเลชันหรือการจำลองสภาพการเก็บรักษา โดยการนำเอาสมการทางคณิตศาสตร์มาประมาณ หรือคาดคะเนอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะพิจารณาจากระบบทั้งหมดซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์ ระบบการบรรจุ และสภาพแวดล้อมภายนอกต่างๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความชื้นจะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องมาจากความชื้นเป็นเป็นสำคัญ ดังนั้นในการเลือกใช้รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์จะเลือกใช้สมการของ Labuza *el.al.* (1972)

โดยสมการทางคณิตศาสตร์ของ Labuza

$$\text{Shelf} - \text{Life} = \frac{X}{k H_2O} \times \frac{Ws}{A} \times \frac{b}{P_0} \times \ln \frac{M_e - M_i}{M_e - M_c}$$

โดยที่ Shelf - life = อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุแล้ว ณ สภาวะการวางขาย (วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X = ความหนาของฟิล์มพลาสติก , มิลลิเมตร

$k H_2O$ = Permeability constant ของฟิล์มพลาสติก , กรัมของน้ำ . มม. / ม^2.วัน.มม.ของปรอท

Ws = น้ำหนักแห้งของผลิตภัณฑ์ ที่บรรจุต่อถุง

A = พื้นที่ผิวบรรจุของถุง (ม^2)

b = ความชันของเส้นตรงที่ได้จาก Sorption isotherm curve ในช่วงความสัมพัทธ์ 10-50% (กรัมของน้ำ / 100 กรัมอาหารแห้ง) / % ความชื้นสัมพัทธ์

P_0 = ความดันไอน้ำอิ่มตัว ณ สภาวะวางขาย , มม. ปรอท

M_e = ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารเมื่อสัมผัสกับสภาวะการวางขาย, กรัมของน้ำ / 100 กรัมอาหารแห้ง

M_i = ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ เริ่มแรกเมื่อบรรจุ , กรัมของน้ำ / 100 กรัมอาหารแห้ง

M_c = ปริมาณความชื้นวิกฤติของของผลิตภัณฑ์อาหาร , กรัมของน้ำ / 100 กรัมอาหารแห้ง

โดยข้อมูลที่ใช้ในการจำลองสภาพการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ มีดังนี้

1. คุณสมบัติการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหาร (Moisture sorption isotherm)

การศึกษาถึงคุณสมบัติการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยนำผลิตภัณฑ์อาหารวางในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ กันหลายระดับ ภายใต้อุณหภูมิที่กำหนดเป็นระยะเวลาหนึ่ง ผลิตภัณฑ์อาหารจะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นจนกระทั่งถึงภาวะสมดุล ซึ่งค่าที่ได้จะต่างกันตามระดับความชื้นสัมพัทธ์ จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่จุดสมดุลและความชื้นสัมพัทธ์ เรียกว่า ซอร์ปชันไอโซเทอม (Sorption Isotherm Curve)

2. คุณสมบัติของฟิล์มที่ใช้บรรจุ คือ คุณสมบัติการซึมผ่านไอน้ำ (Water vapour transmission rate)

คุณสมบัติการซึมผ่านไอน้ำ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากของวัสดุหีบห่อประเภท flexible sheet สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมาก ค่านี้หมายถึงน้ำหนักของไอน้ำที่ผ่านจากผิวด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งของแผ่นทดสอบ ภายใต้สภาวะความดันไอน้ำคงที่ทั้งสองด้าน มีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร ต่อ วัน (gm / m^2 d) ในสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นและอุณหภูมิที่กำหนดให้ทั้ง 2 ด้านของแผ่นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ คือ

1. ความชื้นสัมพัทธ์ กล่าวคือ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เกิดการเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อการละลายของไอน้ำที่ผิวของภาชนะบรรจุ ความแข็งแรงของภาชนะบรรจุ เช่น ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นจะทำให้การละลายของไอน้ำที่ผิวของภาชนะบรรจุมีมากขึ้น ส่งผลให้ภาชนะบรรจุอ่อนตัว เป็นต้น

2. อุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปปลงจะมีผลต่อโครงสร้างของภาชนะบรรจุ เช่น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้โครงสร้างที่เป็น amorphous ถูกเปลี่ยนเป็นโครงสร้าง crystalline เป็นต้น

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อมรรัตน์ สวัสดิทัต และ วิวัธน์ ปฐมโยธิน (2522) ได้ทำการศึกษาการเลือกใช้วัสดุ (flexible packaging materials) ให้สอดคล้องกับเวลาที่ต้องการเก็บผลิตภัณฑ์อาหาร โดยผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ในการทดลอง คือ อาหารประเภทขบเคี้ยว และเครื่องดื่มผง ซึ่งมีความชื้น 2 ถึง 2.7% และ 5.1% ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าอาหารประเภทขบเคี้ยว และเครื่องดื่มผงมีความชื้นวิกฤติประมาณ 7 และ 6.5% ตามลำดับ ในการคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลีน ที่อุณหภูมิ 38^{0}C และความชื้นสัมพัทธ์ 90% พบว่าอาหารประเภทขบเคี้ยวเก็บได้นานถึง 21 วัน ส่วนเครื่องดื่มผงเก็บได้นาน 9 วัน แต่ถ้านำไปเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิ 38^{0}C และและความชื้นสัมพัทธ์ 65% อาหารทั้ง 2 ประเภทสามารถเก็บได้นานขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องดื่มผงเก็บไว้ได้นานประมาณ 38 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากเครื่องดื่มผงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อความชื้นมาก เมื่อความชื้นลดลงจากเดิมประมาณ 25% จึงเก็บได้นานขึ้น

มยุรี ภาคลำเจียก(2525) ได้ทำการคาดคะเนอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุในถุงโพลีโพรพิลี 2ขนาด ที่มีความหนาของฟิล์มต่างกัน ที่อุณหภูมิ 27^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 80% โดยวิธีการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์(Nathematical model) 2 รูปแบบ ได้ผลใกล้เคียงกัน คือ ถุงใหญ่ที่ทำด้วยฟิล์มหนา 54.1 μพื้นที่ผิวบรรจุ 1080 ซม.^{2} และบรรจุผลิตภัณฑ์ 250 กรัม เก็บได้นาน 62 – 63 วัน ส่วนถุงเล็กซึ่งทำด้วยฟิล์มหนา 77.8 μ พื้นที่ผิวบรรจุ 450 ซม.^{2} และบรรจุผลิตภัณฑ์ 75 กรัม และสามารถเก็บได้นาน 77 - 79 วัน

จตุพล ยางสูง(2542) ได้ทำการศึกษาและทดลองหาซอร์ปชันไอโซเทอมของมะขามหวาน 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ศรีชมภู สีทอง และพันธุ์ขันตี โดยวิธี Gravimetric method ที่อุณหภูมิ 36 , 45 และ 60 องศาเซลเซียส ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 30 –90 % พบว่ามะขามพันธุ์สีทองจะมีการดูดซึมน้ำสูงที่สุดที่ความชื้นสัมพัทธ์เดียวกันในทุกอุณหภูมิ และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำของมะขามทั้ง 3 พันธุ์จะมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C6556

ซอร์ปชั่นไอโซเทอมของมะขามหวาน พบว่าแบบจำลองของ Henderson สามารถใช้ในการทำนายผลการทดลองข้างต้นได้ดี

G. Mazza (1982) ได้ทำการศึกษาและทดลองหาไอโซเทอมของมันฝรั่งแผ่น สามพันธ์ และหาโดยวิธีใช้สารละลายเกลือ โดยทำการทดลองที่ 3 อุณหภูมิ คือ 10 , 25 และ 40 ^{0}C เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไป พล็อตกราฟระหว่างปริมาณความชื้น(มาตรฐานแห้ง) กับวอเตอร์แอกทิวิทิ ได้กราฟไอโซเทอมที่มีรูปร่างคล้ายตัว C หรือตัว S ซึ่งเป็นผลมาจากวิธีการอบแห้ง อุณหภูมิและการเพิ่มน้ำตาลผลิตภัณฑ์แช่แข็งแห้งสามารถดูดซับไอน้ำได้มากกว่าวัสดุอบแห้งสุญญากาศ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการเพิ่มกลูโคส ซูโครส หรือ แลกโตส ในมันฝรั่งทำให้ ความชื้นสมดุลลดลง ในช่วงวอเตอร์แอกทิวิทิต่ำ และปานกลาง และพันธ์ของมันฝรั่งไม่มีผลต่อการทดลอง

R.J. Aguerre, C. Suarez และ P.E Viollaz (1983) ได้ทำการศึกษาและทดลองหาไอโซเทอมของข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70^{0}C ในช่วงวอเตอร์แอกทิวิทิจาก 0.036 ถึง 0.823 โดยใช้สมการวิเคราะห์ของ Henderson พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำจะลดลงและความชื้นสัมพัทธ์ก็เช่นเดียวกัน

G. Mazza(1986) ได้ทำการศึกษาและทดลองเกี่ยวกับ ไอโซเทอร์ม และความชื้นที่โมโนเลเยอร์ของถั่วดิบและถั่วที่สูญเสียน้ำหลังจากให้ความร้อนโดยความดัน โดยในการทดลองได้ใช้ถั่วทดลอง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ เซนจูรี่, เอ็มพี888 และ , เอ็มพี889 จากผลการทดลองพบว่า ไอโซเทอร์มของถั่วดิบกับถั่วที่ให้ความร้อนโดยความดัน ที่อุณหภูมิ 10, 25 และ 40 องศาเซลเซียส สามารถหาได้โดยใช้เทคนิคสารละลายเกลือมาตรฐาน ถึงแม้ว่าถั่วที่ใช้ในแต่ละพันธุ์จะมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันแต่ความชื้นสมดุลไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และวอเตอร์แอกทิวิทิ 0.50 –0.90 ความสามารถในการดูดน้ำและคายน้ำของไอโซเทอร์มที่ได้ทั้งหมดจะเป็นรูปโค้งกลับคล้ายตัว C หรือ S และปริมาณการดูดซึมน้ำที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดให้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ จากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี

3.1.2 ถุงพลาสติกจากบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด สยามเทคนิคพลาสติก

- ถุงพลาสติกชนิด PP มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร
- ถุงพลาสติกชนิด PE มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร
- ถุงพลาสติกชนิด HDPE มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร
- ถุงพลาสติกชนิด LDPE มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร
- ถุงพลาสติกชนิด Metalize มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร
- ถุงพลาสติกชนิด Laminate Aluminium มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร

3.2 สารเคมี

- Lithium Chioride (Analytical grade) บริษัท Ajax Chemicals
- Magnesium Chloride (Commercial grade) บริษัท Carlo Erba Reagenti
- Sodium Dichromate (Commercial grade) บริษัท Carlo Erba Reagenti
- Sodium Acetate (Commercial grade) บริษัท Carlo Erba Reagenti
- Ammonium Dihydrogen Orthophosphate(Ammonium Monophosphate) (Analytical grade) บริษัท Fluka Chemika AG
- Anhydrous Calcium Chloride ในรูป granular ขนาด 1.6 – 4 มม. หรือ 6 – 12 ม. (Analytical grade) บริษัท Fluka Chemika AG

3.3 อุปกรณ์

- กล่องพลาสติกขนาด 27 x 18 x 11 เซนติเมตร
- เดซิเคเตอร์
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 38 ^{0}C และความชื้นสัมพัทธ์ 90 $\pm$ 2 %
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- ตู้อบความร้อน 0 – 300 ^{0}C เพื่อใช้หาความชื้นของผลิตภัณฑ์ ยี่ห้อ memmert รุ่น854
- เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส
- เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Test dishes ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 7.985 เซนติเมตร ลึก 3.085 เซนติเมตร
- Waxing template
- Cutting template
- Weighing covera (Lida)
- อ่างน้ำร้อน (water bath)
- เครื่องมือเทขี้ผึ้ง, Pipette ที่มีอัตราการไหลเร็ว เส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 3 มม.
- Micrometer
- Packaging materials ที่ใช้ทดสอบ
- วัสดุที่ใช้ในการผนึก (wax) ใช้ 60 microcrystalline wax และ 40 refined crystalline paraffin wax

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษา Moisture sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ

1. วิเคราะห์หาความชื้นของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1995) ซึ่งจะเป็น Initial moisture content (Mo)

2.เตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว 5 ชนิด ใส่ลงในกล่องพลาสติกชนิดละใบที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 11 – 92% ดังนี้ คือ

- Lithium Chioride	มีความชื้นสัมพัทธ์	11.1 %
- Magnesium Chloride	มีความชื้นสัมพัทธ์	31.9 %
- Sodium Dichromate	มีความชื้นสัมพัทธ์	50.5 %
- Sodium Acetate	มีความชื้นสัมพัทธ์	67.7 %
- Ammonium Monophosphate	มีความชื้นสัมพัทธ์	91.1 %

3. นำผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบมาชั่งใส่ในถึงพลาสติกชนิด PP โดยให้มีน้ำหนักซึ่งชั่งละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 นำมาใส่ในกล่องพลาสติกที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัว ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เก็บกล่องพลาสติกไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (ที่อุณหภูมิ 38^{0}C ; RH 90%) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุกวันจนกระทั่งสมดุล น้ำหนักตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลงติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน (น้ำหนักแตกต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม) และในขณะเดียวกันสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ เช่น ราขึ้น เหม็นหืน หรือสูญเสียความกรอบ แล้วแต่ว่าปรากฏการณ์ใดจะเกิดขึ้นก่อน นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบหาความชื้นโดยวิธีอบในตู้หาความชื้นที่อุณหภูมิ 130$\pm$2^{0}C จนน้ำหนักคงที่ (AOAC,1995) ซึ่งความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้เป็น Critical moisture content (Mc) (dry basis)

4. คำนวณหา Equilibrium moisture content(%)(dry basis) ที่ความชื้นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เขียนกราฟโดยให้ Equilibrium moisture content(%) เป็นแกน y และ ความชื้นสัมพัทธ์(%) เป็นแกน x ซึ่งจะได้ Sigmoid curve และ curve ที่ได้เรียกว่า Sorption isotherm และจาก Sorption isotherm จะได้ Relative humidity ที่ Initial moisture content (Mo) และ Critical moisture content (Mc) ของผลิตภัณฑ์

3.4.2 ศึกษาถึงคุณสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapour Transmission Rate) ของถุงพลาสติกทั้ง 6 ชนิด คือ PP, PE, HDPE, LDPE, Metalize และ Laminate Aluminium

1. ทำความสะอาด test dishes และอุปกรณ์ต่างๆ ให้สะอาด อบแห้ง นำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ 38^{0}C และ 90%RH ตามลำดับ

2. นำส่วนผสมของ wax มาหลอมละลายใน water bath นำ pipette มาอังไฟให้ร้อนทั่วๆกัน

3. ตัดแผ่นทดสอบด้วย Cutting template เป็นแบบให้ได้ขนาดตามต้องการและจัดการทา ring template ด้วยน้ำมัน

4 นำ test dishes มาใส่สารดูดความชื้นจนเกือบถึงแผ่นทดสอบประมาณ 75 กรัม วางแผ่นทดสอบและ ring template ทับด้วยก้อนน้ำหนัก 1 กก. โดยจัดแผ่นทดสอบให้อยู่กลาง dish นำ pipette ที่อังไฟจนร้อนดูดขี้ผึ้งผสมที่หลอมเหลวแล้วเทรอบร่อง ring template เมื่อขี้ผึ้งแข็งตัวยก ring template ออก

5. นำ test dish ชั่งแล้วนำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จากนั้นนำออกมาชั่งเป็นครั้งคราว (ชั่งละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4) คำนวณหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

6. เขียนกราฟโดยให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น(กรัม)เป็นแกน x และเวลา(วัน) เป็นแกน y จากกราฟหาค่า slope ได้เป็นหน่วยกรัมต่อพื้นที่ผิวของแผ่นทดสอบต่อวัน

7. นำค่าความชัน มาคำนวณค่า Water Vapour Transmission Rate มีหน่วยเป็นกรัมต่อ ตร.ม. ต่อวัน

3.4.3 คำนวณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ โดยการจำลองสภาพการเก็บรักษาในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของ Labuza *el.al* (1972)

3.4.4 ศึกษาการเก็บผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบในถุงพลาสติกหลายชนิด

1. ชั่งผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบประมาณ 10 กรัม โดยชั่งละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 ใส่ในถุงพลาสติก 6 ชนิดคือ PP , PE , HDPE, LDPE, Metalize และ Laminate Aluminium ชนิดละ 3 ซ้ำ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกแล้ว นำมาเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ 38^{0}C และ 90%RH

2. นำผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบมาวัดค่าแรงกด (ความกรอบ) ทุกๆ 15 วัน จนกระทั่งถึง 60 วัน โดยใช้เครื่องวัด Texture analyzer ชนิดหัว ball probe

3.4.5 เลือกวัสดุในการบรรจุหีบห่อทุเรียนทอดให้มีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19759

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 คุณสมบัติการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ

ทุเรียนทอดกรอบจัดเป็นอาหารที่ไวต่อความชื้น พบว่า เมื่อนำทุเรียนทอดกรอบไปหาความชื้นเริ่มต้นจะได้เท่ากับ 2.32 %dry basis และนำไปวางไว้ที่สภาวะที่มีความชื้นสูง ทุเรียนทอดกรอบจะสามารถดูดซับความชื้นจากสภาวะดังกล่าวได้ จนกระทั่งเกิดการเสื่อมเสียขึ้น เรียกสภาวะดังกล่าวว่า สภาวะวิกฤติ และค่าความชื้นวิกฤติเท่ากับ 17.63 %dry basis พบว่าดัชนีที่เป็นตัวชี้บ่งการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบ คือ การสูญเสียความกรอบ และผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบยังคงดูดซับความชื้นต่อไปเรื่อยๆ จนน้ำหนักของทุเรียนทอดกรอบคงที่อยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง เรียนสภาวะดังกล่าวว่า สภาวะสมดุลย์ ซึ่งค่าความชื้นสมมูลเท่ากับ 18.5700 %dry basis ซึ่งแสดงค่าความชื้นสมดุลย์และความชื้นวิกฤติของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 4

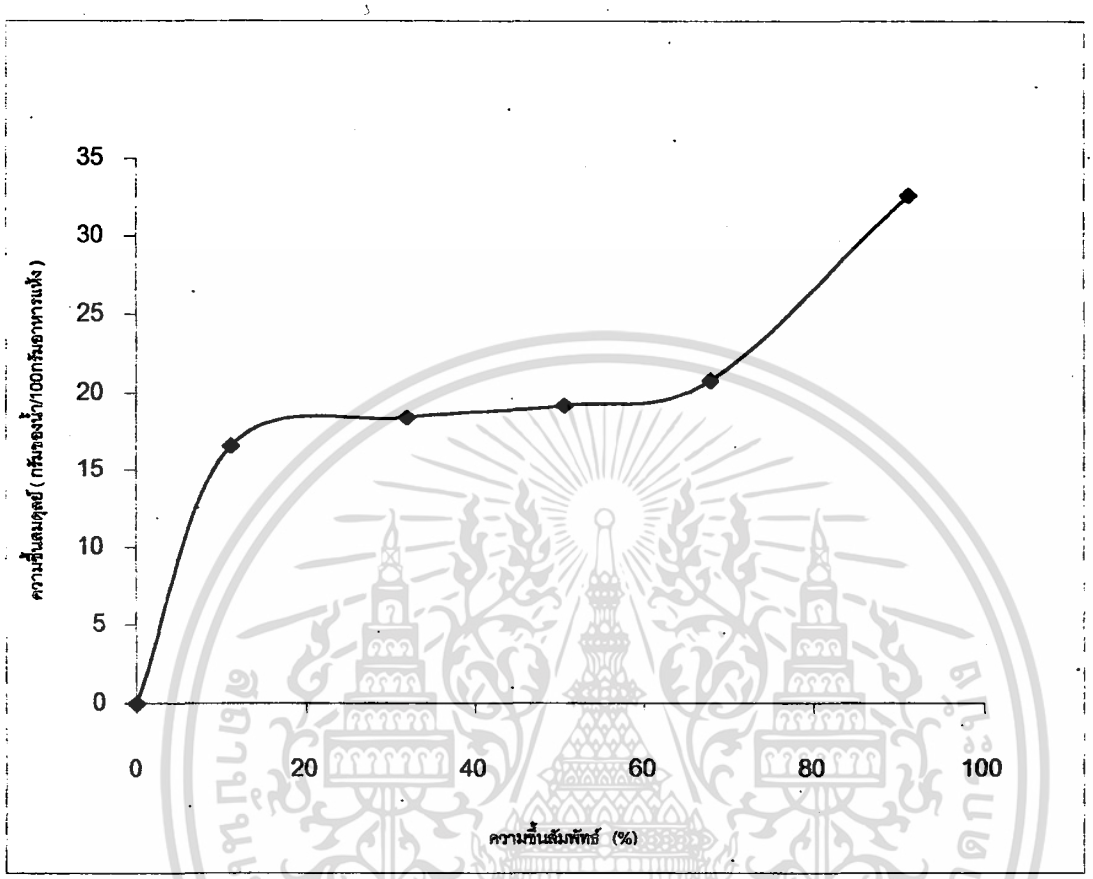
ตารางที่ 4 แสดงปริมาณความชื้นสมดุลย์และความชื้นวิกฤติที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ

สารละลายเกลืออิ่มตัว	ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ที่ 38 องศาเซลเซียส	ความชื้นสมดุลย์ (กรัมของน้ำ/100กรัมของอาหารแห้ง)	ความชื้นวิกฤติ (กรัมของน้ำ/100กรัมของอาหารแห้ง)
LiCl	11.1	16.5759	-
$MgCl_2$	31.9	18.3762	-
$Na_2Cr_2O_7$	50.5	19.1667	-
$NaC_2H_3O_2$	67.7	20.7933	-
$NH_4H_2PO_4$	91.1	32.6110	17.6300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



รูปที่ 2 กราฟ Sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์ทูเรียนทอดกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยจำลองสภาพการเก็บสภาวะจากสมการทางคณิตศาสตร์ Labuza *el.al* (1972)

$$\text{Shelf} - \text{Life} = \frac{X}{k H_2O} \times \frac{Ws}{A} \times \frac{b}{P_0} \times \ln \frac{M_e - M_i}{M_e - M_c}$$

โดยที่ Shelf - life = อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุแล้ว ณ สภาวะการวางขาย (วัน)

X = ความหนาของฟิล์มพลาสติก , มิลลิเมตร

$k H_2O$ = Permeability constant ของฟิล์มพลาสติก , $\frac{\text{กรัมของน้ำ . มม.}}{\text{ม}^2\text{.วัน.มม.ของปรอท}}$

Ws = น้ำหนักแห้งของผลิตภัณฑ์ ที่บรรจุต่อถุง

A = พื้นที่ผิวบรรจุของถุง ($ม^2$)

b = ความชันของเส้นตรงที่ได้จาก Sorption isotherm curve ในช่วงความสัมพัทธ์ 10-50% (กรัมของน้ำ / 100 กรัมอาหารแห้ง) / % ความชื้นสัมพัทธ์

P_0 = ความดันไอน้ำอิ่มตัว ณ สภาวะวางขาย , มม. ปรอท

M_e = ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารเมื่อสัมผัสกับสภาวะการวางขาย, กรัมของน้ำ / 100 กรัมอาหารแห้ง

M_i = ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ เริ่มแรกเมื่อบรรจุ , กรัมของน้ำ / 100 กรัมอาหารแห้ง

M_c = ปริมาณความชื้นวิกฤติของของผลิตภัณฑ์อาหาร , กรัมของน้ำ / 100 กรัมอาหารแห้ง

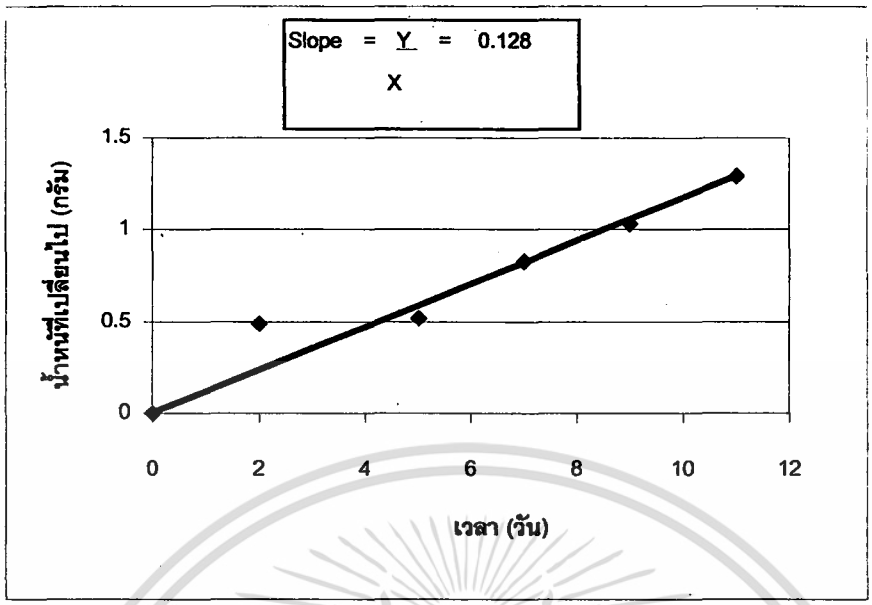
4.2.1 ค่า $k H_2O$ = $\frac{\text{WVTR} \times \text{ความหนาของถุง}}{\text{ผลต่างของความดัน}}$

และ WVTR = $\frac{\text{ความชัน}}{a}$

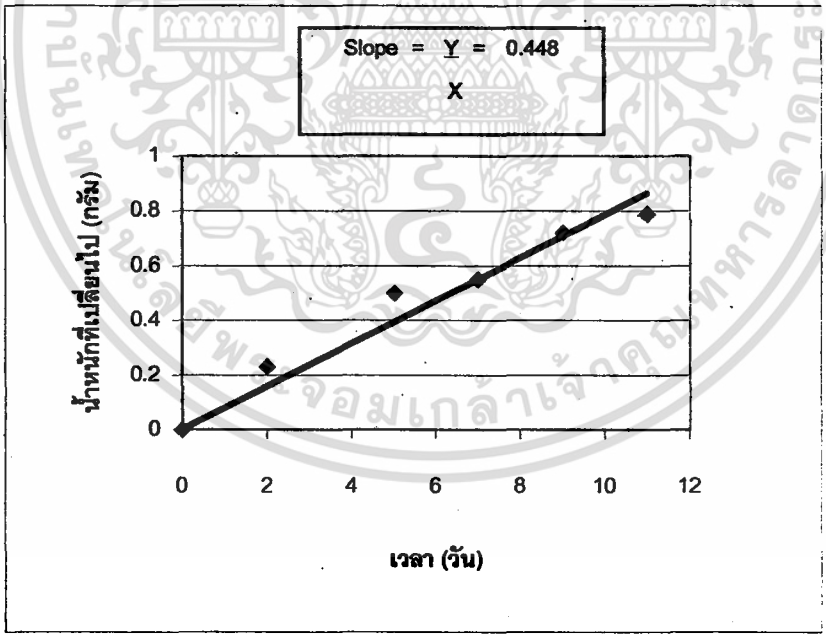
เมื่อ a คือ พื้นที่ผิวของแผ่นทดสอบ

ผลต่างความดันคือ ผลต่างความดันบรรยากาศภายใน Test dish (กำหนดให้เป็น 0) และภายนอก Test dish เท่ากับสภาวะภายในตู้ 38^0C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

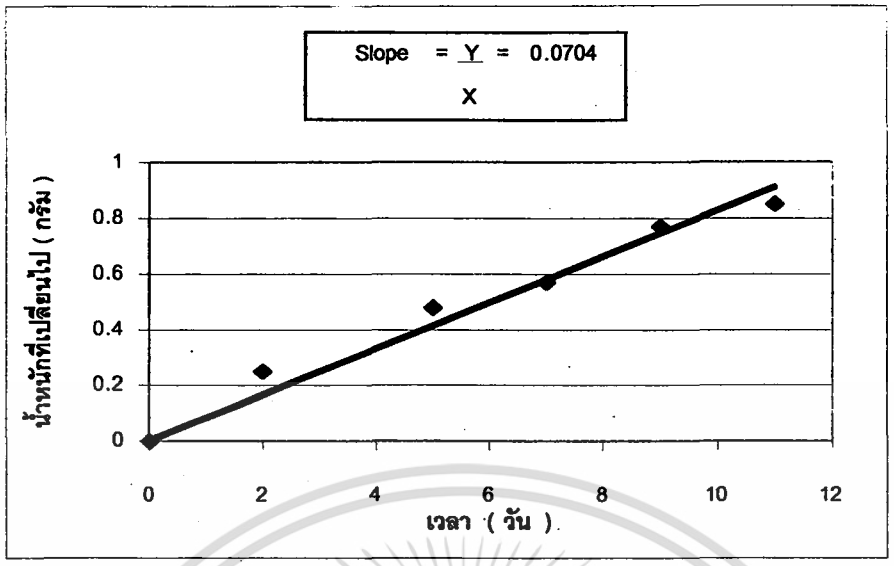


รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาของถุงพลาสติกชนิด LDPE

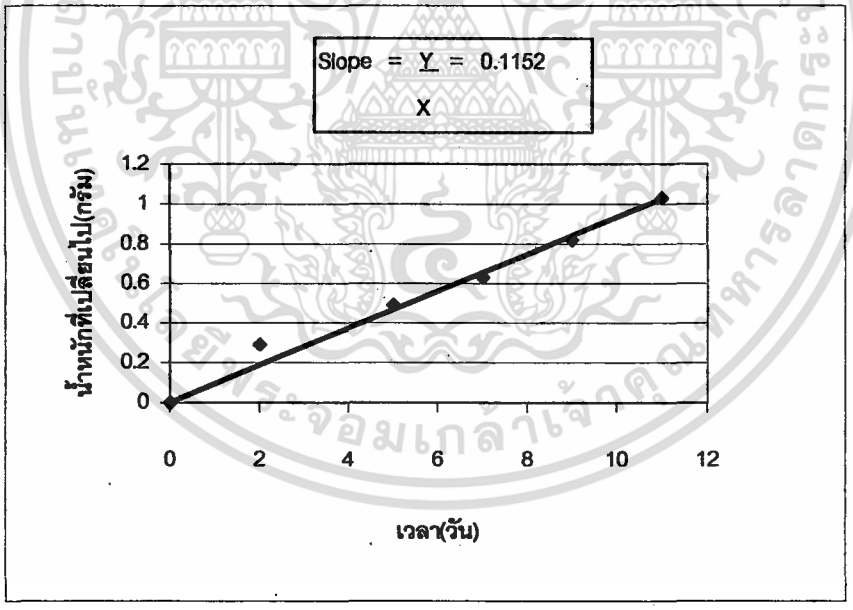


รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาของถุงพลาสติกชนิด HDPE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

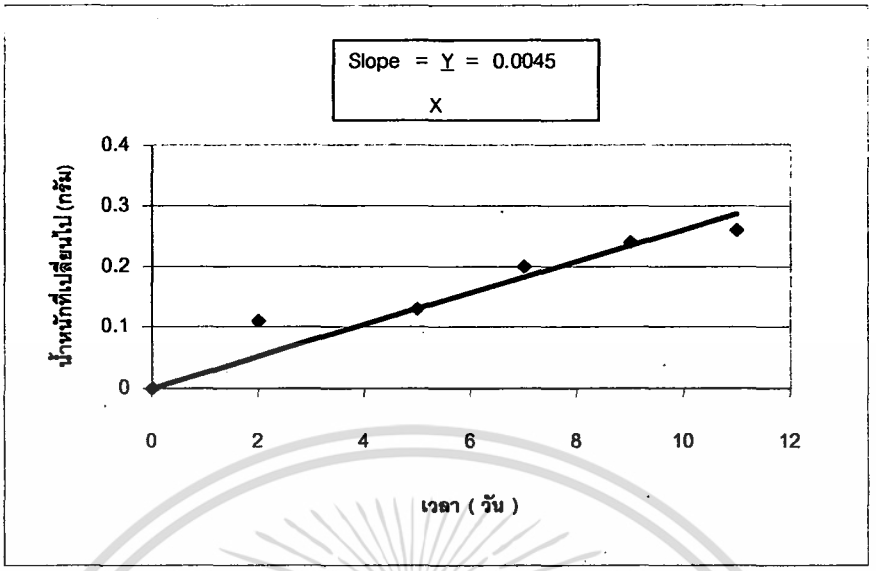


รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาของถุงพลาสติกชนิด PP

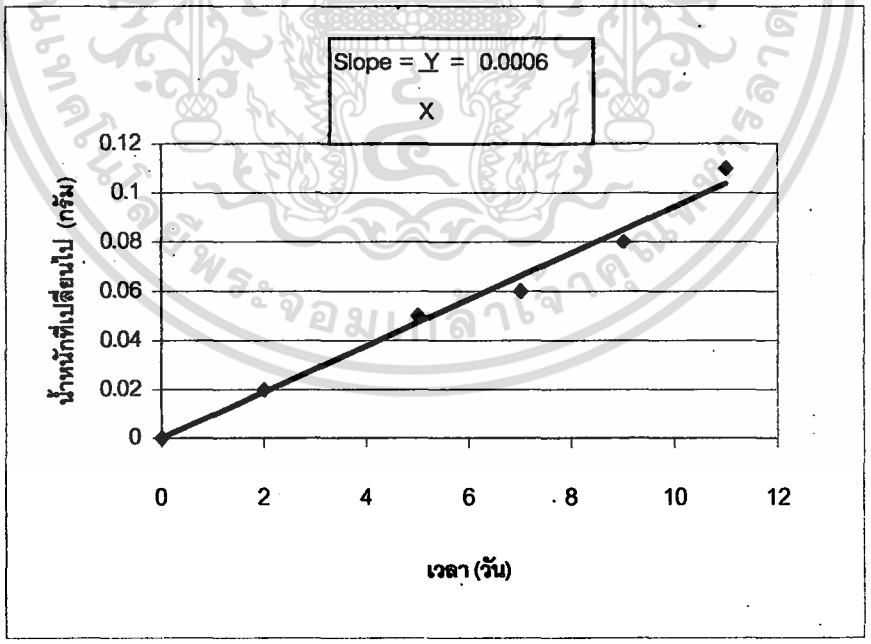


รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาของถุงพลาสติกชนิด PE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาของถุงพลาสติกชนิด Metalize



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาของถุงพลาสติกชนิด Laminate aluminium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$WVTR = \frac{Slope}{a}$$

LDPE : $WVTR = \frac{0.125}{0.0064} = 20 \frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{ตารางเมตรxวัน}}$

HDPE : $WVTR = \frac{0.0448}{0.0064} = 7 \frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{ตารางเมตรxวัน}}$

PP : $WVTR = \frac{0.0704}{0.0064} = 11 \frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{ตารางเมตรxวัน}}$

PE : $WVTR = \frac{0.1152}{0.0064} = 18 \frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{ตารางเมตรxวัน}}$

Metalize : $WVTR = \frac{0.0045}{0.0064} = 0.7 \frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{ตารางเมตรxวัน}}$

Laminate Aluminium : $WVTR = \frac{0.0006}{0.0064} = 0.1 \frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{ตารางเมตรxวัน}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้น นำค่า WVTR มาแปลงเป็นค่า $k H_2O$

$$k H_2O = \frac{\text{WVTR x ความหนาของถุง}}{\text{ผลต่างของความดัน}}$$

LDPE : $k H_2O = \frac{20 \times 0.025}{49.99}$

$= 0.01$ กรัมของน้ำ / ตารางเมตรxวันxmm.Hg

HDPE : $k H_2O = \frac{7 \times 0.025}{49.99}$

$= 0.0035$ กรัมของน้ำ / ตารางเมตรxวันxmm.Hg

PP : $k H_2O = \frac{11 \times 0.025}{49.99}$

$= 0.0055$ กรัมของน้ำ / ตารางเมตรxวันxmm.Hg

PE : $k H_2O = \frac{18 \times 0.025}{49.99}$

$= 0.0090$ กรัมของน้ำ / ตารางเมตรxวันxmm.Hg

Metalize : $k H_2O = \frac{0.7 \times 0.025}{49.99}$

$= 0.0004$ กรัมของน้ำ / ตารางเมตรxวันxmm.Hg

Laminate Aluminium : $k H_2O = \frac{0.1 \times 0.025}{49.99}$

$= 0.0001$ กรัมของน้ำ / ตารางเมตรxวันxmm.Hg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

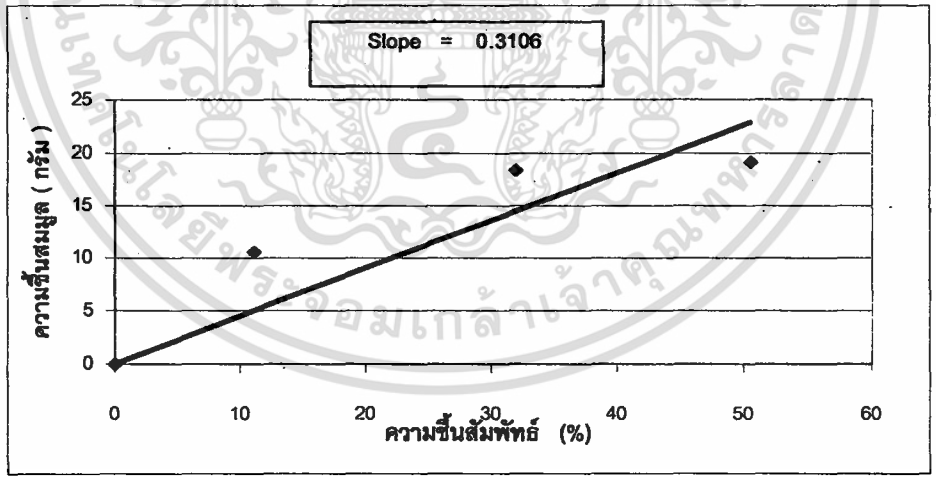
ตารางที่ 5 แสดงค่า WVTR และค่า k H_2O ของถุงพลาสติกทั้ง 6 ชนิด

ชนิดถุงพลาสติก	ค่า WVTR	k H_2O $\frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{ตารางเมตรxวันxmm.Hg}}$
LDPE	20.00	0.010
HDPE	7.00	0.0035
PP	11.00	0.0055
PE	18.00	0.0090
Metalize	0.700	0.0004
Laminate Aluminium	0.100	0.0001

4.2.2 ค่า Me ของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอด

Mi = ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอด = 2.3200 g.H_2O/100g.

Mc = ปริมาณความชื้นวิกฤตของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอด = 17.6300 g.H_2O/100g.



รูปที่ 9 กราฟแสดงส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟ Sorption isotheme ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 10 – 50 %

Me = 18.5700

Me = ปริมาณความชื้นสมดุลย์ของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอด เมื่อสัมผัสกับสภาวะวางขาย ซึ่งได้จากการแทนค่าความชันกราฟ Sorption isotheme ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 10 – 50 %

, Me = 18.5700 g.H_2O/100g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การคาดคะเนอายุการเก็บรักษา Labuza *el.al* (1972)

$$\text{Shelf-Life} = \frac{X}{k H_2O} \times \frac{Ws}{A} \times \frac{b}{P_0} \times \ln \frac{M_e - M_i}{M_e - M_c}$$

LDPE : Shelf – Life = 21 วัน

HDPE : Shelf – Life = 60 วัน

PP : Shelf – Life = 38 วัน

PE : Shelf – Life = 23 วัน

Metalize : Shelf – Life > 1 ปี

Laminate Aluminium : Shelf – Life > 5 ปี

จากการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดพบว่า วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาเรียงลำดับจากมากไปน้อย

Laminate Aluminium , Metalize , HDPE , PP , PE , LDPE

4.3 การรักษาความกรอบของผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบในถุงพลาสติกทั้ง 6 ชนิด โดยวัดจากค่าแรงกด (ค่าแรงกดมาก แสดงว่าไม่กรอบ)

ตารางที่ 6 แสดงค่าแรงกดต่อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกทั้ง 6 ชนิด

เวลาเก็บ(วัน)	ค่าแรงกด (กิโลกรัม)					
	Laminate Aluminium	Metalise	HDPE	PP	PE	LDPE
15	0.382	0.384	0.385	0.381	0.388	0.389
30	0.383	0.385	0.386	0.392	0.452	0.455
45	0.385	0.387	0.388	0.451	0.455	0.459
60	0.388	0.389	0.389	0.466	0.473	0.477

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบในถุงพลาสติกทั้ง 6 ชนิดพบว่า

ทุเรียนทอดกรอบที่บรรจุในพลาสติกชนิด LDPE

- จะเริ่มสูญเสียความกรอบหลังจากเวลาผ่านไปเกิน 30 วัน

ทุเรียนทอดกรอบที่บรรจุในพลาสติกชนิด PE

- จะเริ่มสูญเสียความกรอบหลังจากเวลาผ่านไปเกิน 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุเรียนทอดกรอบที่บรรจุในพลาสติกชนิด PP

- จะเริ่มสูญเสียความกรอบหลังจากเวลาผ่านไปเกิน 45 วัน

ทุเรียนทอดกรอบที่บรรจุในพลาสติกชนิด HDPE

- ไม่สูญเสียความกรอบแม้ว่าเวลาผ่านไปถึง 60 วัน

ทุเรียนทอดกรอบที่บรรจุในพลาสติกชนิด Metalize

- ไม่สูญเสียความกรอบแม้ว่าเวลาผ่านไปถึง 60 วัน

ทุเรียนทอดกรอบที่บรรจุในพลาสติกชนิด Laminate Aluminium

- ไม่สูญเสียความกรอบแม้ว่าเวลาผ่านไปถึง 60 วัน

ระยะเวลาในการเก็บที่ได้จากการทดลองในการเก็บรักษาจริงที่สภาวะวางขาย มีผลสอดคล้องกับผล ที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การเลือกใช้วัสดุในการบรรจุหีบห่อทุเรียนทอดกรอบโดยใช้สมการจำลองสภาพการเก็บรักษา ซึ่งจะพิจารณาจากผลิตภัณฑ์ ระบบการบรรจุ และสภาพแวดล้อมภายนอกต่างๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบจะสูญเสียความกรอบเนื่องจากความชื้นเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกใช้รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของ Labuza *el.al.* (1972) มาคาดคะเนอายุการเก็บรักษา จากการศึกษาพบว่าถุงพลาสติกชนิด Laminate Aluminium สามารถป้องกันผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบจากความชื้นได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีค่า WVTR ต่ำมาก ทำให้การเข้าออกของไอน้ำเป็นไปได้ยากมาก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คงความกรอบได้นาน แต่เนื่องจากมีราคาสูง และอายุการเก็บรักษานานเกินไป อาจทำให้คุณลักษณะบางประการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ถุงพลาสติกชนิด Metalize ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบเพื่อป้องกันความชื้น เนื่องจากมีค่า WVTR ต่ำมาก ส่งผลให้ทุเรียนทอดกรอบสามารถคงคุณภาพ และยังมีอายุการเก็บในระยะเวลาที่เหมาะสม อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพราะมีอายุการเก็บนานไม่จำเป็นต้องส่งด้วยเครื่องบิน เป็นผลทำให้ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จตุพล ยางสูง และคณะ. 2542. "การหาค่าวอเตอร์แอกทิวิทีและซอร์ปชันไอโซเทอมของมะขามหวาน พันธุ์ศรีชมพู สีทอง และขันตี." ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิรนาม. 2535. "ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทย" กองโภชนาการ. กรมอนามัย

นิรนาม. 2537. "เทคโนโลยีการแปรรูปทุเรียนและเงาะ กองส่งเสริมเทคโนโลยี" สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม หน้า 21 .

ไพศาล วุฒิจำนงค์. 2543. "การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตในประเทศไทยอย่างครบวงจร โครงการย่อยที่ 1 การศึกษาอายุการเก็บของผลไม้ไทยทอดกรอบ." โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปีงบประมาณ . 2543

มยุรี ภาคลำเจียก. 2525. "การคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารโดยการใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์." **รายงานฉบับที่ 10 โครงการวิจัยที่ ภ. 21-22.** ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. หน้า 1-14.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2538."ดัชนีการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยว การบ่มและการใช้ประโยชน์ ผลทุเรียน." **การเก็บเกี่ยวและการดำเนินการภายหลังจากการเก็บเกี่ยว.** กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพ. หน้า 8 – 23.

หิรัญ หิรัญประดิษฐ์, สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก และเสริมสุข สลักเพ็ชร์. 2541. "ประวัติการปลูกและการแพร่ขยายตัวของทุเรียนในประเทศไทย." **เทคโนโลยีการผลิตทุเรียน.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ. หน้า 190

อมรรัตน์ สวัสดิทัต. 2528. "อายุของผลิตภัณฑ์อาหาร." **รายงานสัมมนาฟิล์มพลาสติกเพื่อการบรรจุผลิตภัณฑ์.** ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. หน้า 1-12.

อมรรัตน์ สวัสดิทัต และวิวัธน์ ปฐมโยธิน. 2522. "การเลือกใช้วัสดุ (Flexible Packaging Materials) ให้สอดคล้องกับเวลาที่ต้องการเก็บผลิตภัณฑ์อาหาร." **รายงานฉบับที่ 5 โครงการวิจัยที่ ภ. 21-22.** ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. หน้า 1-14.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis 32nd ed. Association of Official Analysis Chemists. Ralph H. Lane.

AOCS. 1997. Official Method Cd 8-53. American Oil Chemists' Society.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aguerre, R.J.,C. Suarez and P.E. Viollaz .1983. Moisture desorption isotherms of rough rice. **J.food Technol.**18.pp.345-351.

Brown, M. J. 2001. Durio. A Bibliographic Review. Plant Genetic Resources in Asia, Pacific and Oceanic. http://www.ipgri.cgiar.org/regions/apo/publications/durio/durio.htm : August 4, 2001

Labuza, T.P. *et al.* 1972. "Mathematical Model for Optimization of Flexible Film Packaging of food for Storage." **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers.** 15(1) : 150-155.

Mazza,G. 1982. Moisture sorption isotherm of potato slices. **J. Food technol.** 17. pp 47-54

Mazza,G. 1986 . Technical note : Sorption isotherm and monolayer moisture content of rawpear, and peas dehydrated after pressure cooking. **J Food Technol.** 21. pp 503 –507

Nonthachi, S. 1994. Durian Cultivars in Asian. **Durian Horticulture Research Institute, Department of Agriculture,** Bangkok. pp 4 - 139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. วิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (1995)

1.1 ชั่งน้ำหนักอะลูมิเนียมแคนพร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาแล้ว

1.2 นำผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบใส่อะลูมิเนียมแคนประมาณ 3 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง

1.3 นำไปอบในตู้อบลมร้อนโดยเปิดฝาอะลูมิเนียมแคนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 4 – 6 ชั่วโมง

1.4 เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบปิดฝาอะลูมิเนียมแคนอยู่ นำมาทำให้เย็นใน desicator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก

1.5 นำอะลูมิเนียมแคนที่บรรจุผลิตภัณฑ์ทุเรียนทอดกรอบไปอบในตู้อบลมร้อน โดยเปิดฝาอะลูมิเนียมแคนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส อีกครั้งแล้วนำมาทำให้เย็นใน desicator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก

1.6 ทำซ้ำตามข้อ 1.5 จนกระทั่งน้ำหนักคงที่หรือแตกต่างกันประมาณ 0.003 – 0.005 กรัมเท่านั้น

1.7 คำนวณเปอร์เซนต์ความชื้นจาก

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักทุเรียนทอดก่อนอบ} - \text{น้ำหนักทุเรียนทอดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักทุเรียนหลังอบ}} \times 100$$

รูปที่ 10 ตู้อบ Hot air oven

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงค่าความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)	ความดันไอน้ำอิ่มตัว (kPa)
0.01	0.6113
3	0.7577
6	0.9349
9	1.1477
12	1.4022
15	1.7051
18	2.0640
21	2.487
24	2.985
27	3.567
30	4.246

Source : Abridged from Keenn et al. (1969)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ชนิดถุงพลาสติกและเครื่องมือในการทดลอง

"พลาสติก" มาจากรากศัพท์ภาษากรีกว่า plastikas ซึ่งหมายความว่า หล่อหรือหลอมเป็นรูปร่างได้ง่าย ทั้งนี้เพราะพลาสติกสามารถนำมาหล่อให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามแบบโดยใช้ความร้อนและแรงอัดเพียงเล็กน้อย จุดหลอมตัวของพลาสติกอยู่ระหว่าง ๘๐-๓๕๐ องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก จะเห็นได้ว่าจุดหลอมตัวของพลาสติกต่ำกว่าโลหะมาก วัตถุเครื่องใช้ที่ทำด้วยพลาสติกและเราเห็นคุ้นเคยอย่างดีได้แก่ ตู้วิทยุ ตู้โทรทัศน์ โทรศัพท์ หวี กรอบแว่นตา ถุงพลาสติกใส่ของ ของเล่นเด็ก ผ้าปูโต๊ะ เป็นต้น นอกจากนี้พลาสติกยังใช้ประโยชน์กับโลหะหรือวัตถุบางชนิด เช่น ทำพวงมาลัยรถยนต์ ใช้พลาสติกหุ้มเหล็กทำให้ไม่เป็นสนิมและกระชับมือยิ่งขึ้น พลาสติกใช้ทำไส้กลางระหว่างกระจกสองแผ่นประกบกัน เรียกว่า กระจกนิรภัย ใช้เป็นกระจกรถยนต์ เพราะเมื่อกระจกแตกจะไม่กระจาย พลาสติกใช้หุ้มสายไฟเป็นฉนวนไฟฟ้า

พลาสติกที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากปฏิกิริยาสังเคราะห์ทางเคมี ส่วนพลาสติกที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและใช้มากคือ เชลแล็ก (shellac) พลาสติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ (สารอินทรีย์หมายถึงสารซึ่งในโมเลกุลมีธาตุไฮโดรเจน และคาร์บอนรวมกันอยู่ อาจมีเพียงอะตอมของธาตุทั้งสองหรือมีอะตอมของธาตุอื่นรวมอยู่ด้วย เช่น มีเทน CH_4 เป็นสารอินทรีย์ที่มีแต่อะตอมของไฮโดรเจน และคาร์บอน กรดน้ำส้ม CH_3COOH มีอะตอมของไฮโดรเจน คาร์บอน และออกซิเจนรวมอยู่ด้วย เป็นต้น)

พลาสติกประกอบไปด้วยโมเลกุลของธาตุหลาย ๆ ธาตุจับกันเป็นโมเลกุลใหญ่ที่เรียกว่า พอลีเมอร์ ลักษณะที่เด่นชัดของพลาสติกอยู่ตรงที่โมเลกุลของพลาสติกมีขนาดใหญ่โตกว่าสารอื่น ๆ มาก

เราสามารถแบ่งพลาสติกออกได้เป็น ๒ พวกใหญ่ ๆ คือ

๑. เทอร์มอเซตติงพลาสติก (thermosetting plastic) เป็นพลาสติกชนิดที่จะแข็งตัวคงรูปอยู่ได้ โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นโดยอาศัยความร้อนและความกดดัน ภายหลังปฏิกิริยาเคมีมันก็จะแข็งตัว และเราจะไม่สามารถเปลี่ยนรูปของมันโดยไม่เปลี่ยนคุณสมบัติของมันได้กล่าวคือ เมื่อได้รับความร้อนมาก ๆ มันจะสลายตัวเสียรูปไป

๒. เทอร์มอพลาสติกพลาสติก (thermoplastic plastic) เป็นพลาสติกที่แข็งตัวโดยไม่อาศัยปฏิกิริยาทางเคมี แต่อาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ เมื่อทำพลาสติกชนิดนี้ให้ร้อนขึ้นแล้วเทลงในเบ้าหรือแบบมันก็จะเปลี่ยนรูปร่างไปตามแบบนั้น และเมื่อเย็นลงก็จะแข็งตัวคงรูปอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ และเมื่อเป็นรูปแล้วเราสามารถที่จะหลอมและเปลี่ยนรูปเป็นอย่างอื่นได้อีก เพราะคุณสมบัติทางเคมีของมันยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

กรรมวิธีการหล่อพลาสติกสองอย่างนี้จะต่างกันคือ เทอร์มอเซตติงพลาสติก จะต้องเอาออกจากแบบเวลาร้อน ส่วนเทอร์มอพลาสติกพลาสติก จะต้องทิ้งไว้ให้เย็นในแบบก่อนนำออกมาใช้

กรรมวิธีแปรรูปพลาสติก

พลาสติกที่ผลิตจากโรงงานจะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ หรือเป็นผงจากนี้จึงจะนำไปแปรรูปเป็นเครื่องใช้ต่าง ๆ เราสามารถเปลี่ยนรูปมาเป็นเครื่องใช้ไม้สอยต่าง ๆ ได้หลายวิธี เช่น

๑. หล่อแบบฉีดอัด (injection moulding) เม็ดหรือผงพลาสติกชนิดเทอร์มอพลาสติกจะถูกเทลงปากกรวย (feed hopper) ลงสู่กระบอกสูบที่ทำให้ร้อน พลาสติกที่อ่อนตัวลงจะถูกอัดด้วยลูกสูบให้เข้าไปในแบบที่เย็น ทำให้พลาสติกเย็นลง สามารถคงรูปอยู่ได้เมื่อแกะออกจากแบบ

๒. หล่อแบบเป่า (blow moulding) วิธีนี้ใช้ในการทำขวดหรือภาชนะกลวงต่าง ๆ ที่มีปากแคบ โดยหย่อนให้หลอดพลาสติกที่อ่อนตัวลงแล้วในแบบที่แยกออกเป็น ๒ ซีกตามแนวตั้ง เมื่อประกบแบบเข้าด้วยกันจะเป็นโพรงรูปขวดอยู่ภายใน ส่วนตอนบนที่เป็นช่องสำหรับปล่อยให้อากาศอัดผ่านเข้าไปเป่าให้พลาสติกพองออกเหมือนกับลูกโป่ง จนกระทั่งเกิดเป็นรูปขวดหรือภาชนะตามแบบ

๓. การเข้ารูปโดยอาศัยสุญญากาศ (vacuum forming) แผ่นพลาสติกร้อน ๆ จะถูกดึงให้เข้ารูปตามแบบ จากนั้นจะทำให้เกิดสุญญากาศระหว่างแผ่นพลาสติกกับแบบเพื่อที่จะดูดแผ่นพลาสติกให้เข้าแนบแน่นกับแบบ

ถุง PP : โปร่งใส มีความเหนียว ทนต่อสารเคมี คงรูป ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ต่ำ ป้องกันการซึมผ่านของน้ำและไขมันได้ดี สามารถใช้งานได้ในอุณหภูมิสูงถึง 120 ^{o}C

ถุง PE : โปร่งใส นิ่มและยืดหยุ่น มีความเหนียวสูง พวกที่มีความหนาแน่นต่ำจะใสมากแต่จะขุ่นเมื่อมีความหนาแน่นสูง ดูดซึมน้ำ ก๊าซและ ไขมันได้ต่ำ ป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ดี เหมาะกับอุณหภูมิตั้งแต่ -40 ^{o}C ถึง 80 ^{o}C และมีความคงรูปต่ำ

ถุง HDPE : HDPE ย่อมาจาก High Density Poly Ethylene เป็น Polyethylene ที่ถูกทำให้มีความหนาแน่นสูงขึ้นจนเกือบเท่าน้ำ โดยทั่วไปใช้ทำขวดใส่ผลิตภัณฑ์น้ำนม ใส่แชมพู ใส่สบู่เหลว เป็นต้น ที่เป็นขวดนมจะไม่มีการเติมหรือผสมสีหรือรงควัตถุ เนื้อมีลักษณะขาว ไม่ทึบ-ไม่โปร่งแสง คือแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลค่าสำหรับการรีไซเคิลสูงสุด เนื่องจากผู้นำไปรีไซเคิลสามารถจะทำเป็นสีอะไรก็ได้ในภายหลัง ส่วนภาชนะ HDPE ที่มีสีจะถูกหลอมรวมกันในโรงงานรีไซเคิลและนำไปผลิตเป็นภาชนะที่มีสีดำ

ถุง LDPE : LDPE ย่อมาจาก Low Density Poly Ethylene มีโครงสร้างทางเคมีแล้วเหมือนกับ HDPE แต่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และอ่อนตัวกว่า แผ่นพลาสติก PE (Polyethylene) ที่เห็นทั่วไป เช่นถุงพลาสติกเป็น LDPE มีทั้งที่ใส่สีและไม่ใส่สี ซึ่งโรงงานรีไซเคิลจะแยกออกจากกัน

ถุง Metalize : เอาแผ่น film สองแผ่นที่ต่างกันมาประกบติดกันโดยพวก adhesive เราเรียกว่า laminate film แต่ถ้า extruude ออกมาพร้อมกันเรียกว่า composite film เพื่อให้วัสดุที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น เช่น สามารถป้องกันความชื้น ออกซิเจน หรือช่วยให้การ seal ได้ดีขึ้น จึงนิยมใช้รวม (Laminate) ด้วยวัสดุอย่างอื่น

ถุง Laminate Aluminium : อลูมิเนียมที่นำมาใช้ทำ foil จะมีความบริสุทธิ์ประมาณ 99.5% ที่เหลือเป็น Iron ประมาณ 0.4% และ Silicon ประมาณ 0.1% Aluminium foil สามารถป้องกันความชื้น ออกซิเจน และแสงได้ดี

รูปที่11 ภาพถุงพลาสติก PP (ซ้าย) ภาพถุงพลาสติก LDPE (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่12 ภาพถุงพลาสติก PE (ซ้าย) ภาพถุงพลาสติก HDPE (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เครื่องมือในการทดลอง</u>

ตอนที่1 สร้างกราฟ Sorption isoterm

รูปที่ 13 ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 38 ^{0}C และความชื้นสัมพัทธ์ 90 $\pm$ 2 %

รูปที่ 14 เก็บทุเรียนทอดในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 หาค่า WVTR ของถุงแต่ละชนิด

รูปที่ 15 การทดลองหาค่า WVTR ของถุง PP , PE , HDPE , LDPE

รูปที่ 16 การทดลองหาค่า WVTR ของถุง Laminate Aluminium , Metalize

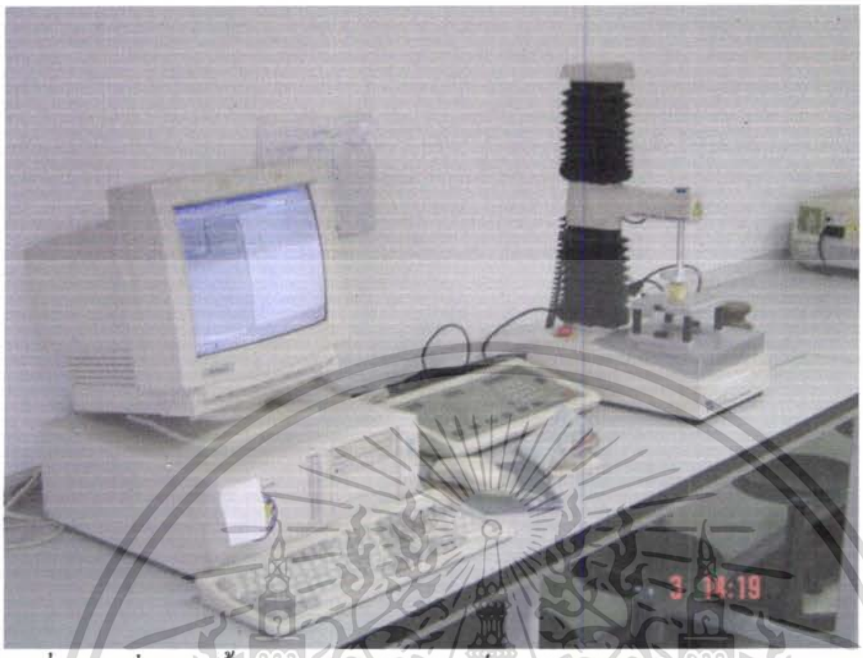
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 หาอายุการเก็บจริงในถุงแต่ละชนิด ในช่วงเวลา 60 วัน เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้

รูปที่17 เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน ใช้ปิดผนึกถุงเพื่อใช้หาอายุการเก็บจริง

รูปที่ 18 การทดลองหาอายุการเก็บจริงของถุงต่ละชนิด ที่สภาวะวางขาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ได้ค่าแรงกด ซึ่งสามารถบอกถึงความกรอบ หลังจากการเก็บจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอุไรวรรณ เกรียงไกรวณิช เกิดวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2524 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย เมื่อปี 2542 จากโรงเรียนสตรีวิทยา 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร และปีพุทธศักราช 2547 จบการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

นางสาวสุทธินี ชุมพาลี เกิดวันที่ 27 มีนาคม 2525 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย เมื่อปี 2543 จากโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร และปีพุทธศักราช 2547 จบการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

นายเกียรติขจร ศรีละออกุล เกิดวันที่ 12 มิถุนายน 2525 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย เมื่อปี 2543 จากโรงเรียนนวมินทร์ เตรียมน้อมฯ จังหวัดกรุงเทพมหานคร และปีพุทธศักราช 2547 จบการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้